



Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Manual para Cálculo da Relação Custo Benefício de Projetos de Saneamento para o PEE da ANEEL

Outubro 2016



MINISTÉRIO DAS
CIDADES



Título: Cálculo da Relação Custo Benefício de Projetos de Saneamento para o Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

Elaborado por: AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner

USt-ID DE 227 840 440

Autores: Frederico Ferreira de Vasconcelos

Revisão: Rita Cavaleiro de Ferreira; Sheyla Maria das Neves Damasceno (ANEEL)

Para: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Encargo: Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água, GIZ Brasil

No. do Encargo: PN 2013.2079.5

Coordenação: Arnd Helmke Coordenador do Programa Energias Renováveis e Eficiência Energética (GIZ).

Ernani Ciríaco de Miranda, Diretor do Departamento de Articulação Institucional, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades.

Outubro 2016

Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

Índice

Sumario Executivo Português	4
Executive Summary English	5
Siglas e Acrônimos	6
1. Introdução	7
2. Medidas de Eficiência Energética	9
Medidas com necessidade de investimento significativo.....	9
<i>Aumento do volume reservado</i>	9
<i>Reabilitação ou substituição de motor-bombas</i>	9
<i>Substituição e renovação de adutoras para a redução das perdas de carga</i>	10
<i>Alteração na disposição do sistema de abastecimento</i>	11
<i>Redução de perdas de água, reabilitação da rede de distribuição, controle de pressões na rede</i>	11
<i>Instrumentação e automação</i>	11
Medidas operacionais com reduzido custo com investimento	12
<i>Banco de capacitores - correção do fator de potência</i>	12
<i>Alteração nas instalações elétricas - tensão de alimentação</i>	13
<i>Inversores de frequência - variação da velocidade de rotação dos conjuntos motor-bomba ou melhoria no fator de carga</i>	13
<i>Remoção da formação de vórtices</i>	14
Medidas operacionais sem necessidade de investimento	14
<i>Gestão de energia elétrica e boas práticas</i>	14
3. Programa de Eficiência Energética - PEE	16
Descrição.....	16
Procedimentos - PROPEE	17
4. Cálculo da Viabilidade	20
Conceitos.....	20
Avaliações Necessárias	21
<i>Avaliação Ex Ante</i>	22
<i>Avaliação Ex Post</i>	23
<i>Outras Avaliações Necessárias</i>	24
Dados de Entrada	24
<i>Custo Unitário Evitado de Demanda</i>	26
<i>Custo Unitário Evitado de Energia</i>	26
<i>Dados a serem levantados</i>	27
Critérios de Viabilidade	28
<i>Cálculo da RCB</i>	29
<i>Memória de Cálculo</i>	30
<i>Dados de Entrada e de Saída</i>	30
5. Planilha para Cálculo da RCB	32

6. Outros Benefícios	35
Benefícios Mensuráveis	35
Benefícios Não Mensuráveis.....	35
7. Etapas para Cadastramento de Projetos	36
Tipologia do Projeto	36
Parâmetros Gerais de Projeto.....	36
Medição e Verificação de Resultados	39
<i>Etapa 1 - Estratégia de Medição e Verificação</i>	39
<i>Etapa 2 - Plano de Medição e Verificação</i>	39
<i>Etapa 3 - Relatório de Medição e Verificação</i>	40
<i>Recomendações para Metodologia das Medições</i>	40
Treinamento e Capacitação	42
Cronograma.....	42
Pré-Diagnóstico	42
Diagnóstico Energético	43
Resumo das Etapas	44
8. Bibliografia	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Projetos p/ Poder Público e Serviços Públicos via PEE	19
Tabela 2 - Projetos Típicos de EE para financiamento pelo PEE.....	21
Tabela 3 - Constantes de Perda (para $k=0,15$).....	25
Tabela 4 - Dados de Entrada e Fontes de Informação	27
Tabela 5 - Dados de Entrada e de Saída.....	30
Tabela 6 – Custos por categoria contábil e origem dos recursos.....	38

Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa Mental-Sequência de Cálculo da RCB	31
Figura 2 – Dados de Entrada Levantados	33
Figura 3 – Dados de Entrada Calculados	33
Figura 4 – Cálculo da RCB.....	34
Figura 5 – Etapas para consumidores com fins lucrativos	45
Figura 6 – Etapas para consumidores sem fins lucrativos	46

Índice de Equações

Equação 1 - Fator de Perda	25
Equação 2- CED Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrânea	26
Equação 3- CED Baixa Tensão Aéreo (s/tarifa diferenciada).....	26
Equação 4 - CED Baixa Tensão Aéreo (c/tarifa branca homologada)	26
Equação 5 - CEE Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrâneo	26
Equação 6 - CEE Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrâneo c/bandeira tarifária	27
Equação 7 - Cálculo do LE_p	27
Equação 8 - Cálculo do LE_{fp}	27
Equação 9 - Cálculo da RCB	29
Equação 10 - Cálculo do Custo Anualizado Total.....	29
Equação 11 – Cálculo do Custo Anualizado p/Equipamento	29
Equação 12 - Cálculo do Custo Total em Equipamentos	29
Equação 13 - Cálculo do Fator de Recuperação de Capital.....	29
Equação 14 - Cálculo do Benefício Anualizado	29

Sumario Executivo Português

Este documento tem por objetivo disponibilizar para as empresas prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do país uma ferramenta intuitiva, autoexplicativa e de fácil entendimento para preparação de projetos de eficiência energética a serem apresentados para a Concessionária ou Permissionária de Distribuição de Energia local, com vistas a submeter o projeto para financiamento através dos recursos disponíveis no fundo do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que devem ser elaborados conforme as diretrizes estabelecidas na Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000 e na Resolução Normativa nº 556 de 18 de junho de 2013.

O texto apresenta uma série de projetos típicos elegíveis ao PEE de eficiência energética no saneamento, permitindo ao prestador de serviços ampliar sua carteira de projetos com um impacto significativo na redução do uso de energia elétrica e dos custos operacionais.

São apresentados os conceitos e critérios para o cálculo da viabilidade de projetos de eficiência energética a serem financiados pelo PEE definidos pela ANEEL no documento Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE.

Tendo em vista as particularidades dos prestadores de serviços de água e esgoto brasileiros, o texto traz recomendações para preparação das avaliações, das composições de custos a serem apresentados e do cálculo dos benefícios, deixando à disposição desses prestadores um manual para facilitar o enquadramento de seus projetos de eficiência energética no PEE.

Estão descritos e explicados cada dado de entrada necessário, cada método de cálculo, como e quando cada um deles deve ser considerado para o cálculo de viabilidade da Relação Custo Benefício (RCB). Acompanha este documento uma planilha elaborada em Excel® de acordo com as exigências do PEE que poderá ser utilizada pelos prestadores de serviços para calcular a RCB de seus projetos e apresentá-los junto com os demais documentos necessários para enquadramento do projeto ao PEE.

Executive Summary English

This document aims to provide to Brazilian water utilities an intuitive tool, self-explanatory and easy to understand for the preparation of energy efficiency projects to be presented to the dealership or permittee local Power Distribution with the focus on submitting the project for funding through the available resources of the Energy Efficiency Program (PEE) of the National Electric Energy Agency (ANEEL) according to the guidelines of the Law n.º 9.991 of 24 July of 2000 and the Resolution Norm n.º 556 of 18 June 2013.

A list is presented with typical energy efficiency projects that are eligible to PEE. The water service provider is invited to expand his portfolio of projects that have a significant reduction on energy use and operating costs.

The text presents the concepts and criteria for calculating the viability of energy efficiency projects to be financed by PEE defined by ANEEL in the document Energy Efficiency Program Procedures – PROPEE.

In considering the characteristics of Brazilian water and sewer services utilities, the text provides recommendations for preparation of evaluations, the cost of compositions to be presented and the calculation of benefits, making available to such providers a guide to facilitate the framework of their energy efficiency projects in the PEE.

Each required input data, method of calculation, how and when each should be considered for the feasibility of calculating the ratio cost benefit (RCB) are described and explained.

Accompanies this document a worksheet prepared in Excel according to the PEE requirements that can be used by service providers to calculate the RCB of their projects and present them along with other documents required to access the funds of PEE.

Siglas e Acrônimos

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BDI	Bonificações e Despesas Indiretas
BMZ	Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento da Alemanha
CED	Custo Evitado de Demanda
CEE	Custo Evitado de Energia
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
ESCO	Empresas Serviços de Conservação de Energia Elétrica
EMBASA	Empresa Baiana de Saneamento
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EVO	Efficiency Valuation Organization
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Cooperação Alemã)
MCIDADES	Ministério das Cidades
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PLAMGE	Plano de Gestão Municipal de Energia Elétrica
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PM&V	Plano de Medição e Verificação
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa de Conservação de Energia Elétrica da Eletrobrás
ProEESA	Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIEM	Sistema de Informação Energética Municipal
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SGPEE	Sistema de Gestão de Eficiência Energética
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

1. Introdução

A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades do Brasil (MCIDADES) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, cooperam no projeto de **Eficiência Energética no Abastecimento de Água – ProEESA**. A coordenação do parceiro alemão está a cargo da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), sendo a entidade executora o consórcio AKUT/SKAT.

O **ProEESA** atua na melhoria das condições para implantação de medidas nas entidades prestadoras de serviço, com o intuito de aproveitar o potencial de poupança existente nos sistemas de abastecimento. O objetivo central do projeto é proporcionar reduções significativas nas despesas de eletricidade, nos consumos energéticos e nas perdas de água, melhorando a conservação das redes de distribuição e das instalações de bombeamento.

Dentre os objetivos do **ProEESA**, figuram:

- Facilitar o acesso às linhas de financiamentos ou instrumentos de fomento de projetos de eficiência energética para o setor de saneamento.
- Desenvolver ferramentas para avaliação de potenciais de eficiência energética.
- Incentivar iniciativas de eficiência energética em sistemas de abastecimento de água.
- Melhorar o uso e a qualidade de instrumentos para o desenvolvimento da eficiência energética nos sistemas de abastecimento de água.

Tendo esses objetivos em vista, complementando o documento **Análise de Linhas de Financiamento para Projetos de Eficiência Energética nos Prestadores de Serviços de Saneamento Brasileiros** (disponível na página do MCidades em <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa>), elaborado e publicado pelo **ProEESA** em 2016, o presente documento tem por função disponibilizar para as empresas prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do país uma ferramenta intuitiva, autoexplicativa e de fácil entendimento para preparação de projetos de eficiência energética a serem apresentados para a Concessionária ou Permissionária de Distribuição de Energia local, com vistas a financiar o projeto através dos recursos disponíveis no fundo do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

O documento, no capítulo 2, apresenta medidas de eficiência energética em unidades de sistemas de saneamento elegíveis ao PEE. No capítulo 3, apresenta brevemente o conceito do PEE, a legislação que o rege e os Procedimentos do PEE (PROPEE) que devem ser seguidos para apresentação de projetos de eficiência energética a serem financiados por este mecanismo. No capítulo 4, estão descritos os detalhes a respeito da viabilidade dos projetos, do ponto de vista do PEE, destacando os termos essenciais para o cálculo da Relação Custo Benefício (RCB), os dados que devem ser levantados, as expressões a serem utilizadas e a forma de apresentação dos resultados. No capítulo 5, estão apresentadas as premissas para preenchimento de uma planilha em Excel® de acordo com as exigências do PEE que poderá ser utilizada sem restrições, desde que citada a fonte, pelos prestadores de serviços de saneamento para calcular a RCB de seus projetos e apresentá-los junto com os demais documentos necessários para enquadramento do projeto ao PEE. No capítulo 6, são tecidas algumas considerações sobre possíveis outros benefícios além daqueles usados para cálculo da RCB. Por fim, no capítulo 7, estão descritas as etapas para cadastramento de projetos no PEE conforme uma Chamada Pública atual.

2. Medidas de Eficiência Energética

O presente capítulo apresenta uma série de medidas de eficiência energética elegíveis ao PEE. Pretende-se, com isso, destacar os projetos de eficiência energética típicos em sistemas de saneamento na perspectiva do setor elétrico, de forma a ampliar a carteira de projetos dos prestadores de serviço de saneamento que possam proporcionar impactos na redução do uso da energia elétrica e dos custos operacionais.

As medidas aqui apresentadas estão divididas em 3 grupos, de acordo com a sua necessidade de investimento. O primeiro grupo reúne medidas que requerem algum recurso financeiro. O segundo e terceiro grupos reúnem medidas com características mais operacionais. Por requererem menos investimento, as medidas operacionais se enquadram melhor em planos de gestão de energia, também elegíveis ao PEE, desde que executadas de forma estruturada e coerente. Nada impede, portanto, que o prestador de serviços sem recursos financeiros disponíveis avalie seu potencial de economia e implemente medidas menos onerosas.

Medidas com necessidade de investimento significativo

Medidas típicas que reduzem o consumo de energia ou de demanda são: aumento do volume reservado, reabilitação ou substituição de conjuntos motor-bombas, substituição e renovação de adutoras, alteração na disposição do sistema de abastecimento, redução de perdas de água, instrumentação e automação.

Em seguida são descritas algumas considerações sobre como cada medida contribui para reduzir o consumo de energia ou a necessidade de demanda de potência.

Aumento do volume reservado

Para efeitos de eficiência energética, o aumento do volume reservado nos principais reservatórios de distribuição de um sistema de abastecimento permite evitar o funcionamento das estações de bombeamento durante os horários de ponta, nos quais os custos das tarifas de consumo e demanda são muito maiores, principalmente nos casos em que a medição é feita em alta tensão e as tarifas contratadas são horárias (modalidades azul e verde).

O horário de ponta é determinado pela concessionária distribuidora de energia elétrica em um período de 3 horas contínuas que pode variar entre 17:30 e 21:59, dependendo da região e da época do ano (altera com o horário de verão). Para se evitar o bombeamento durante esse horário, é necessário manter um volume de água reservado capaz de atender à demanda de consumo de água pela população durante as três horas do horário de ponta, sem causar riscos de desabastecimentos em casos fortuitos como incêndios, defeitos, rompimentos em adutoras e falta de energia elétrica.

Portanto, os estudos e projetos para esses casos devem considerar os custos de construção de novos reservatórios frente aos custos evitados com energia elétrica, consumo e demanda, no horário de ponta.

Reabilitação ou substituição de motor-bombas

Projetos típicos para aumento do rendimento dos conjuntos motor-bomba são: troca de motores, troca de bombas, troca dos conjuntos, rebobinagem do motor.

A substituição ou renovação do conjunto motor-bomba, visando condições de operação de maior rendimento, constitui uma medida de eficiência energética.

Com o passar dos anos, os conjuntos motor-bomba sofrem um desgaste natural que conduz a uma queda gradual do rendimento. Assim, eles podem, eventualmente, podem estar a funcionar em condições de ineficiência, sem que haja conhecimento por parte do prestador de serviços responsável por sua operação. A sua reabilitação ou substituição, em muitos casos, evita custos de tal ordem que a medida se autofinanciaria em poucos meses. Frequentemente, nos sistemas de abastecimento de água, há motor-bombas que operam por mais de 40 anos, sendo que a vida útil habitual de equipamentos eletromecânicos varia entre 5 e 15 anos.

Outra medida que pode aumentar o rendimento de conjuntos motor-bomba em poços profundos é a reabilitação e limpeza dos mesmos periodicamente. A colmatação das paredes do poço, do filtro e do próprio solo tende a reduzir o rendimento do conjunto motor-bomba na extração de água ao longo do tempo de operação.

Substituição e renovação de adutoras para a redução das perdas de carga

As perdas de carga nas adutoras representam perdas energéticas. Elas variam em função do material da tubulação, do seu revestimento interno, do comprimento do trecho de recalque, do diâmetro da tubulação de recalque e da velocidade de escoamento.

Projetos típicos para redução das perdas de carga nas adutoras são: duplicação de tubulações; modificação de traçado; aumento de diâmetro; substituição de tubulações por outras de material de menor coeficiente de atrito; limpeza e reconstituição de adutora (passagem de “*polly-pig*” ou raspador de arraste hidráulico); instalação de equipamentos para remoção de ar (ventosas), etc.

O coeficiente de atrito é função da rugosidade das paredes internas do tubo. Consequentemente, tubos mais lisos oporão menos resistência ao escoamento e apresentarão menos perda de carga. Velocidades de escoamento mais lentas também reduzem a perda de carga.

Fatores que aumentam o atrito nos tubos são: idade, principalmente em tubos de ferro e aço, devido à corrosão, incrustações (águas duras ou básicas) e surgimento de tubérculos (águas ácidas). Outro fator que afeta a rugosidade interna e as perdas de carga por atrito em uma canalização se relaciona às bolhas de ar no interior das mesmas, que obstruem a passagem do fluido e aumentam a resistência contra o escoamento. Portanto, o dimensionamento criterioso e a instalação de equipamentos para a expulsão do ar de trechos adutores, principalmente de comprimentos maiores, são importantes nos projetos de tubulações.

A velocidade de escoamento é função da vazão e do diâmetro. Para uma mesma vazão, quanto maior o diâmetro, menor será a velocidade e, portanto, menores serão as perdas de carga.

Recomenda-se que projetos dessa natureza sejam simulados em modelos hidráulicos durante sua avaliação.

Alteração na disposição do sistema de abastecimento

Alterações na disposição do sistema de abastecimento, de forma que prestem o mesmo serviço utilizando menos energia elétrica, são medidas de eficiência energética.

Projetos típicos são: seleção de captações que tenham um índice de consumo específico menor (kWh/m^3); alteração na disposição de reservatórios ou novos traçados de adutoras para beneficiar-se do potencial gravitacional existente e zoneamento de pressões na rede de abastecimento; etc.

Geralmente estas medidas exigem a remodelagem da infraestrutura de abastecimento de água e a adequação do crescimento urbano da cidade aos consumos de água e às respectivas cotas. Obviamente, as ações devem manter o atendimento de parâmetros mínimos e máximos (pressões, velocidades, qualidade da água), conforme os valores estabelecidos nas normas de engenharia vigentes.

Redução de perdas de água, reabilitação da rede de distribuição, controle de pressões na rede

Uma forma de se reduzir o consumo de energia necessária está na redução de perdas reais da água bombeada. Projetos típicos de redução de perdas de água e do volume bombeado são: substituição de redes de distribuição; controle de pressões (setorização, instalação de válvulas redutoras de pressão, controle automatizado); detecção ativa de vazamentos.

Quanto menores as perdas, menor será o volume de água bombeado, estando este mais ajustado à real demanda de consumo. A redução das perdas reduz sobremaneira os custos de produção e de distribuição de água, assim como aumenta a geração de receita do prestador de serviços através da melhoria na eficiência da medição e do faturamento.

Medidas adicionais que podem integrar um plano de gestão de energia são: setorização, pesquisa de vazamentos (equipamentos e serviços), implantação de cadastro georreferenciado (para reduzir o tempo de localização e reparo de vazamentos), implantação de modelagem hidráulica (para identificar zonas críticas de alta pressão), implantação de sistemas de automação de bombeamentos e reservatórios, implantação de macromedidores (volume produzido e distribuído), implantação de micromedidores (volume faturado), implantação de sistema de gestão comercial (cadastro de consumidores), desenvolvimento e implantação de plano de redução e controle de perdas, desenvolvimento e implantação de programas de uso racional da água junto aos consumidores.

Instrumentação e automação

A operação dos sistemas de abastecimento de água, no Brasil, ainda é majoritariamente manual. Isso significa que os funcionários dos prestadores de serviço são responsáveis pelo acompanhamento das grandezas (vazões, pressões, níveis e demais variáveis hidráulicas, mecânicas e elétricas) das instalações do sistema, pela operação dessas instalações (abrir e fechar válvulas, partir e parar estações de bombeamento, operar as estações de tratamento, etc.) e pelos demais serviços relacionados, como monitoramento de vazamentos, rompimentos e faltas d'água, manutenção, limpeza e conservação das unidades.

O fato de estações elevatórias não estarem equipadas com a instrumentação mínima (medições do nível dinâmico da água, da pressão a montante, da pressão a jusante e da vazão) impede que o prestador de serviço conheça o nível de rendimento dos conjuntos motor-

bombas. Assim, sucede que bombas com um rendimento insatisfatório continuem a operar sem gerar informação operacional suficiente para desencadear ações de eficiência energética.

Muitas vezes, essa operação manual requer intervenções em locais de difícil acesso (caixas subterrâneas, captações em locais não urbanizados, locais de risco) e em horários não convencionais (fora do horário normal de trabalho, em momentos chuvas fortes e tempestades elétricas).

Por esses motivos, associados à natural possibilidade de falha humana, a operação manual acarreta diversos equívocos que levam a: extravasamento de reservatórios (não desligamento da estação de bombeamento a montante), excesso de pressão nas redes (não fechamento de válvulas em horas de baixo consumo), imprecisões e intermitências no abastecimento (devido à ausência ou imprecisão de informações), o que prejudica a qualidade e a quantidade no abastecimento de água. Assim, a operação manual acaba sendo ineficiente sob o ponto de vista do controle de perdas de água e energia.

A automação do processo produtivo e de distribuição de água potável traz confiabilidade na aquisição das informações, agilidade nos comandos e controles do processo, flexibilidade operacional através do conhecimento do processo e precisão na operação devido à supervisão e controle à distância, em tempo real.

Existem vários níveis de automação, conforme preconiza a literatura técnica. Quanto maior o porte e mais complexo o sistema, maior a necessidade de se subir nesta escalada hierárquica de supervisão e controle.

Especificamente para sistemas de abastecimento de água, um sistema de automação completo pode controlar estações de bombeamento e válvulas de controle em função das variáveis de pressão, vazão e nível, monitorar status de funcionamento de equipamentos (ligado/desligado, temperatura, vibração, grandezas elétricas), gerar alarmes de qualquer variável medida ou dispositivo controlado (alto, baixo, tempo de operação, intrusão, manutenção), controlar e monitorar processos de tratamento físico-químicos, lavagens de filtros, descargas de decantadores, monitoramentos de qualidade da água, incorporar em seu sistema de comunicação de dados voz e imagem, armazenar e disponibilizar banco de dados correlacional e históricos das variáveis monitoradas para relatórios, gráficos ou outros sistemas de informação, como softwares de modelagens hidráulicas, sistemas de informações geográficas, etc.

Medidas operacionais com reduzido custo com investimento

As ações operacionais são de simples implantação. Todavia, costumam exigir investimentos em equipamentos e instalações, embora não muito significativos frente ao valor global dos equipamentos consumidores nas unidades operacionais. Podem ser necessários pequenos estudos e projetos antes de sua implantação, porém, nada de grande complexidade técnica.

As ações mais comuns são: correção do fator de potência, alteração da tensão de alimentação e melhoria do fator de carga.

Banco de capacitores - correção do fator de potência

Um baixo fator de potência constitui uma ineficiência energética. Em circuitos indutivos, a corrente resultante é relativamente alta, aumentando as perdas na instalação. Por conta destas perdas, as concessionárias de distribuição de energia cobram multa caso o fator de potência da instalação fique abaixo de 0,92.

Causas de baixo fator de potência são: motores operando a vazio ou superdimensionados, transformadores operando a vazio ou superdimensionados, tensão acima do normal, grande quantidade de motores de pequena potência (maior folga no dimensionamento).

Projetos típicos para corrigir o fator de potência são: instalação ou substituição periódica do banco de capacitores junto aos motores ou junto ao transformador de entrada e/ou instalação de transformador auxiliar para alimentar pequenas cargas.

Especificamente para financiamentos via PEE, medidas para correção de fator de potência não são possíveis de serem contempladas.

Alteração nas instalações elétricas - tensão de alimentação

A mudança na tensão de alimentação na entrada da unidade consumidora justifica-se quanto há necessidade de aumento da potência instalada e da demanda. Nesses casos, a tensão de alimentação é alterada de baixa para alta tensão. A economia com custos de energia advém do fato de que a tarifação em alta tensão, horária, pode resultar em uma fatura mais barata que em baixa tensão.

Projetos típicos são: instalação de entrada de energia elétrica em alta tensão, aquisição de transformador próprio, substituição de painéis de entrada e alimentação de motores, substituição de motores.

Especificamente para financiamentos via PEE, medidas para alteração da tensão de alimentação não são possíveis de serem contempladas.

Inversores de frequência - variação da velocidade de rotação dos conjuntos motor-bomba ou melhoria no fator de carga

A utilização de dispositivos de variação da velocidade dos conjuntos motor-bomba justifica-se nos casos em que há necessidade de variação da vazão de bombeamento em função da variação da demanda ao longo do período de funcionamento.

A situação mais usual é encontrada na operação de boosters, estações de bombeamento que recalcam diretamente para a rede de abastecimento, sem a presença de poços de sucção e reservatórios de distribuição capazes de amortecer vazões maiores nos períodos de maior consumo. Esses casos são ainda mais significativos quando a altura geométrica é pequena frente às perdas de carga nas canalizações. Mesmo em sistemas de abastecimento que possuem reservatórios de jusante, capazes de absorver os excessos de vazão nos períodos de baixa demanda e fornecer o complemento de vazão necessário durante os horários de alta demanda, o uso de variadores de velocidade são importantes para se controlar (manter ou variar) a pressão (plano piezométrico) na rede de distribuição, evitando-se vazamentos por alta pressão em momentos de baixo consumo e intermitência de abastecimento por pressão baixa em momentos de alto consumo.

Pode-se obter uma condição operacional aceitável para vazões variáveis combinando-se diversas bombas, normalmente iguais, em paralelo. Todavia, essa solução requer uma análise cuidadosa para seleção de bombas capazes de funcionar em paralelo sem perdas significativas de rendimento. Adicionalmente, essa solução pode afetar parâmetros elétricos como o fator de carga e o fator de potência da instalação, não sendo recomendável a associação de mais de quatro bombas em paralelo. Finalmente, essa solução permite o controle de vazão escalonadamente, sem ajuste contínuo, e cada bomba adicionada à associação contribui com um volume cada vez menor relativamente ao volume fornecido

individualmente por uma bomba na mesma canalização, devido à inclinação crescente da curva do sistema hidráulico.

Por fim, pode-se ajustar a vazão, de forma contínua, variando a velocidade de rotação dos motores e/ou das bombas. A variação da velocidade de rotação da bomba (n) permite variar a vazão (Q) e a altura manométrica (H), i.e., deslocar a curva da bomba de forma “paralela” à curva em rotação nominal, relativamente à da canalização, deslocando o ponto de operação de forma contínua em cima desta última.

Remoção da formação de vórtices

Pequenas alterações em infraestruturas existentes podem eliminar perdas de carga causadas por vórtices, gerados pelo movimento rotacional da água, principalmente em regimes turbulentos. A formação de vórtices em reservatórios e poços de sucção causa: a entrada de ar nas bombas, reduzindo a eficiência das mesmas (1% de ar resulta em redução de 15% do rendimento); modificação da distribuição das velocidades no rotor, com desempenho insatisfatório e redução da vazão; vibrações estruturais que causam desgastes e rupturas em componentes das bombas; variação rápida da pressão no centro do vórtice, provocando vibração e cavitação.

Projetos típicos para redução de vórtices são: modificações estruturais em poços de sucção, com construção de paredes divisórias e instalação de aparelhos direcionadores e redutores de velocidade (grades e refletores) e/ou aumento/rebaixamento do poço/canal e do diâmetro das tubulações de sucção para redução da velocidade ($v < 0,6\text{m/s}$).

Medidas operacionais sem necessidade de investimento

Ações administrativas e boas práticas permitem minimizar o custo sem reduzir o consumo de eletricidade e sem investir em infraestrutura (equipamentos, obras ou instalações). Elas costumam ser de simples implantação e, normalmente, exigem apenas a dedicação do pessoal (horas de técnico ou engenheiro capacitado) para avaliar os contratos e as faturas da concessionária de distribuição de energia elétrica.

Gestão de energia elétrica e boas práticas

Na gestão de energia elétrica é necessário o acompanhamento mensal de indicadores operacionais e de todas as faturas das unidades consumidoras cadastradas, seja manualmente, em planilha (Excel, por exemplo) ou por meio de software específico. Através da comparação com as séries históricas, podem ser detectadas as anomalias que geram custos adicionais na conta de energia e necessitam de correção operacional interna ou externa junto da concessionária.

As correções mais comuns são a regularização da demanda contratada, a alteração de estrutura tarifária, o monitoramento dos postos tarifários e dos indicadores operacionais, a desativação de unidade consumidora e a checagem de erros de leitura. Esse monitoramento evita o pagamento de multas e o desperdício de dinheiro por: consumo de energia reativa (indutiva e capacitiva) excedente; baixo fator de potência; baixo fator de carga; ultrapassagem de demanda contratada (ponta e fora de ponta); excesso de consumo em horário de ponta (tarifa duas vezes mais cara); procedimentos operacionais equivocados; etc.

O **ProEESA** disponibiliza o Manual de Tarifação de Energia Elétrica para Prestadores de Serviços de Saneamento no site <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa>. Essa ferramenta apresenta os conceitos e critérios de avaliação e disponibiliza um aplicativo

em planilha de Excel® para realizar simulações tarifárias em alta e baixa tensão nas modalidades azul, verde, convencional (grupo A) e convencional e branca (grupo B) com vistas a verificar as oportunidades de redução de custos através da análise das faturas de energia elétrica das unidades consumidoras de sistemas de saneamento.

Outro aspecto importante é a revisão periódica da oferta de fornecedores de energia elétrica alternativos, como migrar do mercado cativo para o mercado livre, ou até mesmo equacionar a geração própria de energia através de fontes renováveis (fotovoltaicas, hídricas, eólicas, biogás etc.)

3. Programa de Eficiência Energética - PEE¹

Este capítulo apresenta a descrição do PEE, a legislação que o rege e os Procedimentos do PEE (PROPEE) para melhor entendimento dos prestadores a respeito do programa.

Descrição

“Os contratos de concessão firmados pelas empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica com a ANEEL estabelecem obrigações e encargos perante o poder concedente. Uma dessas obrigações consiste em aplicar anualmente o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, o que consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição (PEE). Para o cumprimento desta obrigação as distribuidoras devem apresentar à ANEEL a qualquer tempo, por meio de arquivos eletrônicos, projetos de Eficiência Energética e Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, observadas as diretrizes estabelecidas para a sua elaboração (...). As diretrizes para elaboração dos Programas são aquelas definidas na Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, bem como aquelas contidas nas resoluções da ANEEL específicas para eficiência energética”².

O texto acima, define o mecanismo compulsório que mantém o fundo do PEE. Cada concessionária ou permissionária, através da lei supracitada, deve manter uma Conta Contábil de Eficiência Energética.

A Lei nº 13.280³, de 3 de maio de 2016, alterou a Lei nº 9.991/00 a fim de disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética, determinando que *“80% (oitenta por cento) serão aplicados pelas próprias concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica, conforme regulamentos estabelecidos pela Aneel; e 20% (vinte por cento) serão destinados ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), instituído pela Portaria Interministerial nº 1.877, de 30 de dezembro de 1985, e ratificado pelo Decreto de 18 de julho de 1991”*.

Dessa maneira, a Conta Contábil de Eficiência Energética de cada concessionária é mantida através do depósito compulsório correspondente a **0,4%** da receita operacional líquida, pois 0,1% está destinado ao PROCEL.

O valor estimado para 2017 de recursos disponíveis a partir deste mecanismo é de **R\$ 500 milhões**. Deste valor, conforme a Lei nº 13.280/2016, **R\$ 400 milhões** estariam disponibilizados para o PEE e **R\$ 100 milhões** para o PROCEL.

Os projetos de eficiência energética devem ser elaborados conforme as diretrizes estabelecidas na Lei nº 9.991⁴ de 24 de julho de 2000 e na Resolução Normativa nº 556⁵ de 18 de junho de 2013.

Essa Resolução Normativa aprovou os *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE)*⁶, que substituiu o antigo Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética.

¹ Adaptado de *Análise de Linhas de Financiamento para Projetos de Eficiência Energética nos Prestadores de Serviços de Saneamento Brasileiros* (Vasconcelos, 2016).

² <http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27&idPerfil=2&idiomaAtual=0>

³ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2015-2018/2016/Lei/L13280.htm

⁴ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm

⁵ <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013556.pdf>

Para a realização dos projetos, as concessionárias e permissionárias devem realizar Chamadas Públicas anualmente e os projetos podem ser apresentados por Empresas de Serviços de Conservação de Energia Elétrica (ESCO), fabricantes, comerciantes e consumidores.

Esses projetos são selecionados por um sistema de qualidade e preço, considerando o disposto no documento Critérios para Elaboração de Chamada Pública de Projetos, elaborado e publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)⁷.

Procedimentos - PROPEE

O objetivo do PEE é *“promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica”*⁸.

Para tanto, além de projetos de substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes, pode-se também financiar, através desse mecanismo, projetos de eficiência energética de:

- a) Treinamento e Capacitação;
- b) Projetos Educacionais;
- c) Projetos de Gestão Energética;
- d) Projetos Especiais, com ações demonstrativas em Projetos Prioritários, Pilotos, Grande Relevância e Cooperativos;
- e) Avaliação Constante e Sistemática e;
- f) Divulgação do PEE;

O documento Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, ou PROPEE, é um guia determinativo de procedimentos dirigido às distribuidoras, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL e a estrutura e a forma de apresentação dos projetos, os critérios de avaliação e de fiscalização e os tipos de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE, além dos procedimentos para contabilização dos custos e apropriação dos investimentos realizados. Este documento é dividido em 10 módulos, conforme a seguir:

- a) Módulo 1 – Introdução;
- b) Módulo 2 – Gestão do Programa;
- c) Módulo 3 – Seleção e Implantação de Projetos;
- d) Módulo 4 – Tipologias de Projeto;
- e) Módulo 5 – Projetos Especiais;
- f) Módulo 6 – Projetos com Fontes Incentivadas;
- g) Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade;
- h) Módulo 8 – Medição e verificação de Resultados;
- i) Módulo 9 – Avaliação dos Projetos e Programas;
- j) Módulo 10 – Controle e Fiscalização.

⁶ <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/zip/PROPEEv1.zip>

⁷ <http://www2.aneel.gov.br/>

⁸ Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Procedimentos do Programa de Eficiência Energética. ANEEL; Brasília: 2013.

Cada Módulo descreve em detalhes todas as etapas e procedimentos que devem ser seguidos pela concessionária, permissionária ou entidade que estiver apresentando o projeto para que o mesmo seja aprovado e implantado.

De toda maneira, os prestadores de serviços públicos de saneamento podem acessar o PEE para financiar, preferencialmente – mas não obrigatoriamente – através de Contrato de Desempenho, projetos de Melhoria de Instalação (equipamentos e serviços), inclusive aquisição de equipamentos e contratação de serviços, e projetos de Gestão Energética, baseando-se nas determinações da norma ISO 50.001 – Sistema de Gestão de Energia. Entidades públicas sem fins lucrativos, caso das autarquias municipais, estão isentas da obrigatoriedade de retornar o investimento, i.e., podem acessar esses recursos “a fundo perdido”. Esses projetos devem se encaixar nas modalidades Poder Público e Serviços Públicos. No entanto, o custo da implantação da ISO não pode ser financiado pelo PEE. Somente as ações voltadas à gestão da energia elétrica podem ser custeadas pelo Programa.

Também existem Ações de Eficiência Energética - Gestão Energética Municipal possível para prestadores de serviços da administração direta ou indireta de municípios, como as autarquias municipais. Nestas ações se enquadram⁹:

- *Capacitação dos Técnicos Municipais em Gestão Energética Municipal.*
- *Criação de uma Unidade de Gestão Energética Municipal (UGEM) capaz de gerir o consumo de energia elétrica do Município.*
- *Aplicação de um sistema computacional para apoio à gestão (exemplo: SIEM¹⁰).*
- *Web-Sistema de Informação Energética Municipal da ELETROBRAS PROCEL.*
- *Elaboração de um planejamento do uso da energia elétrica do Município, com base na Metodologia de Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGE¹¹) da ELETROBRAS PROCEL.*
- *Divulgação dos resultados.*

A Tabela 1 mostra um quadro resumo das possibilidades de financiamento via PEE para os prestadores de serviços de saneamento.

Os capítulos seguintes dedicam-se a apresentar os requisitos de viabilidade para acessar os recursos do PEE com o objetivo de financiar, sobretudo, projetos visando a melhoria de instalação (equipamentos e serviços), com foco nas unidades de bombeamento (estações elevatórias). Isso se justifica uma vez que a parcela principal do consumo e do custo de energia elétrica nos prestadores de serviços de saneamento residem nos sistemas de bombeamento. Além disso, a implantação de sistemas de gestão requer a avaliação inicial da ANEEL, o que já os classifica como projetos especiais que deverão ser tratados individualmente, fugindo ao enquadramento genérico que se busca através da ferramenta aqui disponibilizada.

Recomenda-se fortemente que qualquer prestador de serviços de saneamento interessado em apresentar projetos de eficiência energética à Concessionária ou Permissionária de energia elétrica local para acesso aos recursos do PEE leia todos os Módulos do PROPEE antes de calcular a Relação Custo Benefício (RCB).

⁹ PEE – Módulo 4 – Tipologias de Projeto

¹⁰ <http://www.rce.org.br/siem.html>

¹¹ <http://www.rce.org.br/plamge.html>

Ademais, cada projeto terá suas especificidades e características inerentes. Os dados de entrada na planilha de Excel® disponível deverão ser calibrados e ajustados conforme o caso.

Tabela 1 - Projetos p/ Poder Público e Serviços Públicos via PEE

Projetos para Poder Público e Serviços Públicos via PEE					
Ação	Tipologias	Implantação	Apoio PEE	Retorno do Investimento	Prospecção preferencial
Melhoria de instalação (equipamentos e serviços)	Iluminação, condicionamento ambiental, sistemas motrizes.	Contrato de desempenho opcional	Gestão, pré-diagnóstico, diagnóstico, implantação parcial ou total	Não é obrigatório	Chamada Pública de Projetos (preferencial)
Gestão energética (ref: ISO 50001)	Conscientização, treinamento, capacitação, mobilização, divulgação, sistema de controle, alteração em instalações.	Contrato de desempenho opcional	Implantação parcial	Não (fundo perdido)	Chamada Pública de Projetos (preferencial). Requer avaliação inicial pela ANEEL.
Nota: Serviços públicos municipais de saneamento prestados por administração direta ou indireta (autarquias), podem ser contemplados em projetos de gestão energética através de Gestão Energética Municipal (PLAMGE/SIEM).					

4. Cálculo da Viabilidade

Este capítulo apresenta os conceitos para o cálculo da viabilidade para o PEE, as avaliações que devem ser realizadas na candidatura do projeto ao financiamento e após a implantação do mesmo.

Em seguida, apresenta os dados de entrada e os critérios de viabilidade, mostrando todas as fórmulas e expressões que são utilizadas para os cálculos, conforme as exigências do PROPEE.

Conceitos

Esta seção tem por objetivo apresentar os critérios para o cálculo da viabilidade de projetos de eficiência energética candidatos a financiamento através dos recursos do PEE.

Espera-se esclarecer os conceitos e os requisitos do programa do ponto de vista dos projetos típicos de eficiência energética para unidades de bombeamento, de maneira que qualquer prestador de serviços de saneamento possa preencher a planilha de Excel® que faz parte deste documento com os dados extraídos do seu projeto particular.

O cálculo da viabilidade não é a única documentação exigida pelo PEE para aprovação do projeto. No entanto, o cálculo da RCB é crucial para que o projeto seja viável sob o ponto de vista do PEE, ou seja, pela ótica do sistema elétrico. Portanto, recomenda-se antes de qualquer ação verificar a viabilidade do projeto que se pretende financiar através do PEE.

Duas variáveis são primordiais para viabilização do projeto. São elas:

- **Energia Economizada, medida em MWh.**
- **Redução da demanda no horário de ponta (posto tarifário ponta), medida em kW.**

Outros benefícios, sejam mensuráveis ou não, podem ser levados em consideração em *situações específicas*. Portanto, eles poderão ser utilizados como informações complementares para viabilização do projeto, mas não serão considerados como variáveis ou benefícios chave para financiamento através do PEE.

Assim, recomenda-se que o desenvolvimento do projeto tenha como foco as duas variáveis apresentadas anteriormente, ou seja, **consumo de energia evitado e redução da demanda na ponta**.

Benefícios inerentes a projetos de abastecimento de água como redução do volume bombeado, redução e controle de pressões na rede de distribuição, redução das perdas de água, redução do consumo de produtos químicos e de água bruta, aumento na qualidade da água, redução de pessoal de operação devido às melhorias no controle operacional, embora óbvios, não terão peso na análise de viabilidade do PEE, sendo apenas complementares em casos específicos.

Eles poderão ser utilizados quando *a RCB do projeto for maior que o limite fixado*. No entanto, os mesmos deverão permitir sua avaliação *pelas mesmas técnicas empregadas para Medição e Verificação dos benefícios energéticos* e deverão ser contabilizados *através de uma metodologia existente ou aprovada pela ANEEL*.

No entanto, o PROPEE não apresenta nenhuma metodologia existente ou aprovada pela ANEEL para quantificação desses benefícios complementares, particulares de sistemas

de saneamento. Dessa forma, a ANEEL deverá ser consultada caso se deseje incluí-los no cálculo do RCB.

Portanto, recomenda-se concentrar os esforços em quantificar da melhor forma possível quantos **MWh** e quantos **kW na ponta** o projeto em questão permitirá evitar, pois serão eles que, necessariamente, viabilizarão o financiamento através do PEE.

Vale destacar que, inerentemente, projetos de redução de perdas causam redução da necessidade de bombeamento, provocando, portanto, redução de consumo e demanda de potência na ponta. Por outro lado, projetos que visam o aumento da capacidade de reservatórios, embora não necessariamente causem redução do consumo, podem causar significativa redução de demanda na ponta, sendo fortes candidatos a acessar recursos do programa.

Outros projetos típicos podem causar reduções no consumo e na demanda de ponta. Na Tabela 2, está apresentada uma coletânea desses projetos, para nortear o desenvolvimento de projetos de eficiência energética cuja implantação tenha como objetivo o financiamento através do PEE (adaptado de Tsutiya, 2001):

Tabela 2 - Projetos Típicos de EE para financiamento pelo PEE

PROJETOS TÍPICOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
A.	Diminuição da potência dos equipamentos
·	Aumento da eficiência de motores e bombas
·	Aumento do diâmetro e redução da velocidade de escoamento nas tubulações
·	Redução das perdas de água
B.	Redução da Rugosidade e da Perda de Carga de Tubulações
·	Passagem de raspadores (Polly-Pig)
·	Limpeza e Revestimento
·	Substituição de tubulações
·	Sequestrantes Químicos (ortopolifosfato, por exemplo)
C.	Redução de Perdas Eletromecânicas
·	Perdas elétricas nos Transformadores Próprios
·	Perdas elétricas nos Motores
·	Perdas mecânicas nos Motores e Bombas
D.	Aumento do Rendimento dos Conjuntos motor-bomba
·	Motor - Motores de maior eficiência
·	Bomba - Ponto de Operação e Rendimento da Bomba
·	Bomba - Adequação do Rotor
E.	Controle Operacional
·	Adequação da setorização do sistema de distribuição
·	Bombeamentos com ajuste de vazão e pressão através de inversores de frequência
·	Redução de bombeamento durante o horário de ponta com aumento da reservação
·	Redução de bombeamento durante o horário de ponta com o uso de Gerador
F.	Automação
·	Automação de sistemas bombeamento e reservação

Nota: Para projetos de cogeração de energia como aproveitamentos hidráulicos, geração fotovoltaica, geração eólica e aproveitamento de bigás, deve-se observar os critérios estabelecidos no Módulo 6 – Projetos com Fontes Incentivadas do PROPEE.

Avaliações Necessárias

Ao se configurar um projeto de eficiência energética para enquadramento ao PEE, deve-se ter em mente que a ANEEL exige dois tipos de avaliações. São elas:

- *Ex ante*: com valores estimados a partir do diagnóstico, baseados em análises de campo, experiências anteriores, cálculos de engenharia e avaliações de preços no mercado.
- *Ex post*: com valores mensurados pelas ações de Medição e Verificação e os custos realmente despendidos.

Avaliação Ex Ante

Esta é a avaliação que será apresentada à Concessionária ou Permissionária de energia elétrica, ou diretamente à ANEEL, na candidatura do projeto para acesso aos recursos do PEE, ou seja, na etapa de Seleção.

Recomenda-se que os valores de custos e benefícios utilizados nessa avaliação sejam aqueles extraídos do estudo de viabilidade ou projeto, básico ou executivo. Quanto maior o nível de detalhamento do projeto, maior será o nível de precisão desses valores.

As estimativas de custos podem ser realizadas conforme as premissas de contratações públicas com recursos do FGTS, ou seja, com composições de custos unitários baseados nas planilhas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), cujas planilhas estão disponíveis na internet através do endereço <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>.

Para serviços não constantes no SINAPI, específicos para o projeto, recomenda-se montar uma composição de custos particular com os custos unitários existentes naquele sistema.

Para equipamentos e materiais não constantes no SINAPI, recomenda-se solicitar ao menos três propostas distintas de fornecedores do mercado nacional, desde que sejam atendidas as especificações mínimas constantes das folhas de dados do projeto, utilizando-se o menor valor entre as propostas para composição do orçamento dos custos de implantação.

Esses custos serão dados de entrada da planilha de cálculo da RCB, a ser apresentada na avaliação *ex ante*. Sendo importante destacar que, nesta planilha, os custos com equipamentos devem estar destacados dos custos com serviços e demais custos indiretos. Assim, recomenda-se que a planilha orçamentária do projeto seja desenvolvida com esse mesmo critério, destacando-se os custos com equipamentos dos custos com serviços, materiais e despesas indiretas.

Não há na planilha de cálculo da RCB campo específico para se incluir impostos, encargos sociais, lucro e despesas indiretas (BDI), como custos administrativos. Portanto, recomenda-se embutir nos custos componentes da planilha essas despesas e índices incidentes, principalmente os encargos sociais e o BDI. Recomenda-se fortemente a utilização dos índices disponíveis no SINAPI para essas despesas.

Para os benefícios, que serão os dados seguintes de entrada da planilha de cálculo da RCB, esses deverão ser calculados com a melhor precisão possível. Devido às especificidades das estações de bombeamento, recomenda-se que esses benefícios sejam comprovados através da opção *cálculos de engenharia* em detrimento das outras opções elencadas pela ANEEL no PROPEE.

A **linha-base** para cálculos dos benefícios deve ser determinada a partir do diagnóstico, utilizando-se de medições existentes ou realizadas especificamente para desenvolvimento do projeto. Quanto maior o intervalo de tempo disponível dessas medições e quanto maior a precisão dos medidores melhor. Recomenda-se a avaliação de, pelo menos, os

últimos 12 meses de consumo, podendo-se utilizar a memória de massa dos medidores da própria Concessionária ou Permissionária de energia elétrica. Não se recomenda estimativas genéricas sem comprovação prática ou justificativa substancial. Esses valores deverão, obrigatoriamente, ser cadastrados no Sistema de Gestão de Eficiência Energética (SGPEE) da ANEEL, conforme descrito no PROPEE.

Para determinação dos novos índices de consumo e de demanda de ponta, **recomenda-se cálculos hidráulicos e elétricos detalhados, considerando-se todas as variáveis que possam influenciar nos resultados finais.** Recomenda-se justificar claramente todas as soluções, fórmulas e valores de constantes considerados, baseando-se em literatura técnica reconhecida no meio acadêmico, como os manuais de engenharia hidráulica e elétrica utilizados nos currículos das universidades. As memórias de cálculo devem apresentar o maior nível de detalhamento possível, a fim de não gerar dúvidas ou questionamentos dos resultados esperados, calculados no projeto.

Os cálculos resultantes devem estimar de maneira clara **a redução do consumo de energia, em MWh, e a redução de demanda na ponta, em kW**, conforme determinado pela ANEEL no PROPEE. Isso tem por objetivo facilitar o entendimento do setor elétrico quanto aos benefícios do projeto de eficiência energética no saneamento.

Avaliação Ex Post

Esta é a avaliação que será apresentada à ANEEL na etapa de Verificação. Será, portanto, realizada através dos valores medidos e registrados pelas ações do Plano de Medição e Verificação (PM&V). A função dessa avaliação é comprovar os resultados do projeto.

A ANEEL realiza a *Validação da Medição & Verificação* e a *Avaliação Final* para aprovar ou reprovar o projeto, após a sua implantação, partida e operação assistida. Esses procedimentos são obrigatórios e têm por objetivo verificar e documentar os resultados e impactos do PEE e embasar o planejamento de futuras edições do programa, auxiliando a melhoria contínua do mesmo.

Recomenda-se, portanto, o desenvolvimento de um PM&V sólido, embasado de acordo com as recomendações do *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance* (PIMVP), editado e publicado pela *Efficiency Valuation Organization* (EVO), disponível para download no endereço <http://evo-world.org/en/>.

É fortemente recomendável a leitura desse Protocolo, traduzido para a língua portuguesa, para compreensão do mecanismo utilizado pela ANEEL no PROPEE para desenvolvimento do PM&V.

Outra fonte formidável de referência para o PM&V é a própria ANEEL que, em conjunto com a GIZ, desenvolveu uma capacitação à distância a respeito do tema, com apostilas e vídeos. Essa capacitação está disponível em <http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=847&idPerfil=6>.

Os custos de equipamentos, serviços e custos indiretos serão aqueles efetivamente medidos e pagos ao(s) fornecedor(es) do projeto (no caso de contratos de desempenho, serão os pagamentos efetuados à ESCO) e os benefícios serão calculados a partir da diferença entre os valores de consumo e demanda na ponta determinados pela linha-base e os valores efetivamente medidos do consumo de energia e da demanda de potência no horário de ponta através dos equipamentos e procedimentos implantados pelo PM&V.

Recomenda-se o registro metódico de todas as medições e de todos os pagamentos realizados para a implantação do projeto e a implantação de um sistema de informações (considerá-lo no PM&V e incluir seus custos de implantação na planilha orçamentária do projeto) capaz de armazenar e disponibilizar de forma clara e imediata todas as medições a partir da partida e do comissionamento do projeto. Esse sistema de informações também poderá ser especificado para realizar as operações matemáticas necessárias para se obter diretamente, todo mês, os resultados aferidos pelo projeto, i.e., economia de energia em MWh e redução de demanda na ponta em kW para composição da avaliação *ex post*.

Outras Avaliações Necessárias

Para ambas as avaliações acima descritas, deverão ser avaliadas duas situações quanto aos recursos considerados para execução do projeto:

- Avaliação do ponto de vista do PEE: onde os benefícios são comparados aos custos aportados pelo PEE.
- Avaliação do ponto de vista do projeto: onde os benefícios são comparados aos custos totais aportados, tanto pelo PEE quanto por outros agentes, como, por exemplo, valores oriundos de contrapartida do prestador de serviços de saneamento.

Caso se almeje o financiamento integral do projeto através dos recursos do PEE, possível para projetos de *Melhoria de Instalações para Serviços Públicos*, não há necessidade de se realizar a segunda avaliação.

Em ambos os casos, será utilizada a mesma planilha de cálculo da viabilidade, alterando-se, apenas, os aportes de recursos, que serão refletidos na parcela de custos a serem pagos pelos recursos do PEE na primeira avaliação e os custos totais na segunda avaliação.

Serão apresentadas, portanto, duas planilhas para cada etapa de avaliação, *ex ante* e *ex post*, sendo a primeira delas considerando apenas a parcela de custos paga com recursos do PEE e a segunda considerando os custos totais, pagos com a soma dos recursos utilizados para implantação do projeto (PEE, contrapartida e outros recursos).

Dados de Entrada

Para se realizar o *Cálculo de Viabilidade*, deve-se levantar os dados de entrada de maneira a se calcular:

- **O Custo Unitário Evitado de Demanda (CED).**
- **O Custo Unitário Evitado de Energia (CEE).**

Esses dois indicadores são fundamentais para obtenção do valor dos benefícios, que será utilizado para obtenção do RCB.

Para cálculo desses indicadores, será necessário levantar junto à ANEEL ou à Distribuidora local de energia elétrica:

- O Fator de Carga (F_C) médio da Concessionária ou Permissionária Distribuidora dos últimos 12 meses.
- A resolução tarifária na tarifa horária azul, para projetos em alta tensão e baixa tensão subterrâneo, vigente na data de apresentação do projeto ou vigente até 30 dias antes dessa. Caso esteja vigente o sistema de bandeiras, o custo

unitário de energia no horário de ponta e fora de ponta a ser considerado no cálculo será aquele da tarifa azul na bandeira verde. Caso a distribuidora local não disponha de tarifa azul, deverá ser adotada a tarifa azul da empresa supridora.

- Para projetos em baixa tensão de sistema aéreo, a tarifa a ser considerada será a tarifa horária branca. Caso essa última não esteja ainda homologada, será considerada a tarifa vigente, com o CED e o CEE calculados a partir da tarifa A4 multiplicando o CED por 1,2 e o CEE por 1,08¹².

Os métodos de cálculo para o CED e o CEE irão depender da tarifação e das constantes de perda de demanda (LP) e de energia (LE₁, LE₂, LE₃ e LE₄) no posto de ponta e fora de ponta de períodos secos e úmidos, considerando 1kW de perda de demanda do sistema elétrico no horário de ponta e fora de ponta.

A determinação dessas constantes, que serão multiplicadas pelos custos unitários de demanda e de energia na ponta e fora de ponta, em períodos secos e úmidos, depende do F_C. Por isso é fundamental levantar esse indicador médio para os últimos 12 meses da distribuidora local.

Esse “método se baseia no cálculo do custo unitário de perdas técnicas no sistema elétrico (...) a energia e a demanda evitadas correspondem a uma redução de perdas no sistema e o benefício de evitar uma unidade de perdas é numericamente igual ao custo de fornecer uma unidade adicional de carga¹³”. Por isso, o cálculo da viabilidade de projetos de eficiência energética para o PEE baseia-se na redução do consumo e na redução da potência de demanda contratada na ponta.

O Fator de Perda (F_P) é simulado pela expressão:

$$\text{Equação 1 - Fator de Perda}$$

$$F_P = k \times F_C + (1 - k) \times F_C^2$$

O valor de k varia de 0,15 a 0,30, sendo recomendável utilizar 0,15 pelo PROPEE. Caso se queira utilizar outro valor de k, deve-se justificar.

Assim, definido o F_C, obtém-se as constantes de perda conforme a tabela abaixo, considerando k=0,15¹⁴:

Tabela 3 - Constantes de Perda (para k=0,15)

F _C	LP	LE ₁	LE ₂	LE ₃	LE ₄
0,30	0,2500	0,27315	0,19121	0,35166	0,24832
0,35	0,2809	0,28494	0,19946	0,52026	0,36738
0,40	0,3136	0,29727	0,20809	0,71014	0,50146
0,45	0,3481	0,31014	0,21710	0,92130	0,65057
0,50	0,3844	0,32355	0,22649	1,15375	0,81472
0,55	0,4225	0,33750	0,23625	1,40748	0,99389
0,60	0,4624	0,35199	0,24639	1,68249	1,18808
0,65	0,5041	0,36950	0,25865	1,97632	1,39557
0,70	0,5476	0,38516	0,26961	2,29381	1,61977

¹² Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, p.8-9.

¹³ Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, p.6-7.

¹⁴ Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, p.7

Custo Unitário Evitado de Demanda

O CED será calculado conforme a classe de tensão, seguindo os procedimentos abaixo:

Alta Tensão Tarifa Horária Azul e Baixa Tensão Subterrâneo

O CED será calculado pela expressão:

Equação 2- CED Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrânea

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP)$$

Onde C_1 é o custo unitário da demanda no horário de ponta e C_2 custo unitário da demanda no horário fora de ponta, em R\$/kW,mês.

Baixa Tensão de Sistema Aéreo

Caso a distribuidora não possua tarifa diferenciada para baixa tensão, ou seja, Tarifa Branca Homologada, o CED será obtido conforme a expressão da Equação 2 acima multiplicada por 1,2¹⁵, considerando os custos unitários de demanda da Tarifa Azul (A4):

Equação 3- CED Baixa Tensão Aéreo (s/tarifa diferenciada)

$$CED = 1,2 \times [(12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP)]$$

Caso a distribuidora possua Tarifa Branca homologada, o CED será calculado conforme a expressão:

Equação 4 - CED Baixa Tensão Aéreo (c/tarifa branca homologada)

$$CED = (12 \times C_1 \times h_p \times F_c \times 10^{-3}) + (12 \times C_2 \times h_{fp} \times F_c \times 10^{-3} \times LP)$$

Onde h_p é o número de horas na ponta em um mês considerando apenas os dias úteis e h_{fp} o número de horas fora da ponta, C_1 é o custo unitário do uso do sistema de distribuição no horário de ponta e C_2 é o custo unitário do uso do sistema de distribuição no horário fora de ponta (R\$/MWh). Isso porque a Tarifa Branca diferencia os valores apenas em dias úteis. Em fins de semana e feriados, o valor é o mesmo daquele estabelecido para fora de ponta. Os demais termos da equação são os mesmos já apresentados anteriormente.

Custo Unitário Evitado de Energia

O CEE também será calculado conforme a classe de tensão, seguindo os procedimentos abaixo:

Alta Tensão Tarifa Horária Azul e Baixa Tensão Subterrâneo

Caso a distribuidora não possua sistema de bandeira tarifária de energia, o CEE será calculado pela expressão:

Equação 5 - CEE Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrâneo

$$CEE = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) \times (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4}$$

Onde C_3 é o custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos, C_4 é o custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos, C_5 é o custo unitário da

¹⁵ Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, p.8.

energia no horário fora de ponta de períodos secos e C_6 é o custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos úmidos, em R\$/MWh.

Caso a distribuidora possua sistema de bandeira tarifária de energia, o CEE será calculado pela expressão:

Equação 6 - CEE Alta Tensão e Baixa Tensão Subterrâneo c/bandeira tarifária

$$CEE = \frac{(C_p \times LE_p) + (C_{fp} \times LE_{fp})}{LE_p + LE_{fp}}$$

Equação 7 - Cálculo do LE_p

$$LE_p = \frac{(7 \times LE_1) + (5 \times LE_2)}{12}$$

Equação 8 - Cálculo do LE_{fp}

$$LE_{fp} = \frac{(7 \times LE_3) + (5 \times LE_4)}{12}$$

Onde C_p é o custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde e C_{fp} é o custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde, em R\$/MWh.

Baixa Tensão de Sistema Aéreo

Caso a distribuidora não possua tarifa diferenciada para baixa tensão, ou seja, Tarifa Branca Homologada, o CEE será obtido conforme as expressões das Equações 5 e 6 acima multiplicada por $1,08^{16}$, considerando os custos unitários de energia da Tarifa Azul (A4), sendo 0,08, ou 8%, o índice de perda de energia no segmento baixa tensão. Caso a distribuidora possua outro índice que expresse essa perda na sua rede, esse valor alternativo pode ser utilizado, desde que justificado.

Caso a distribuidora possua Tarifa Branca homologada, o CEE será calculado exatamente conforme as expressões das Equações 5 e 6.

Casos Excepcionais

Para projetos nas tensões de distribuição em *Sistema Térmicos Isolados* ou *Sistemas Mistos Isolados* há regras específicas para obtenção dos valores de CED e CEE.

Para esses casos, favor consultar o documento *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, página 9*.

Dados a serem levantados

De forma a facilitar o levantamento dos dados de entrada necessários, apresenta-se a na Tabela 4 um *check-list* dessas informações e da fonte provável para obtenção das mesmas.

Tabela 4 - Dados de Entrada e Fontes de Informação

Dado de Entrada	Fonte de Informação
Taxa de desconto ou de juros (i).	Plano Nacional de Energia (PNE) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) ¹⁷ .
Vida útil dos equipamentos a serem implantados pelo projeto (u).	Fabricantes e fornecedores dos equipamentos (catálogos).

¹⁶ Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, p.8.

¹⁷ <http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>

Fator de carga do sistema a montante da unidade consumidora a ser beneficiada pelo projeto (F_c)	Concessionária ou permissionária local de distribuição de energia.
Tarifas vigentes para a unidade consumidora a ser beneficiada pelo projeto (R\$/MWh e R\$/kW).	Resolução tarifária vigente para a concessionária ou permissionária local de distribuição de energia*.
Custos de equipamentos, materiais e mão de obra do projeto (R\$).	Empresa projetista e/ou prestador de serviços de saneamento.
Energia a ser economizada pelo projeto (MWh).	Empresa projetista e/ou prestador de serviços de saneamento.
Demanda na ponta a ser evitada pelo projeto (kW).	Empresa projetista e/ou prestador de serviços de saneamento.
Outros benefícios (mensuráveis e não mensuráveis).	Empresa projetista e/ou prestador de serviços de saneamento.

*Nota: Devem ser levantados os valores das tarifas na modalidade Azul A4 (Alta Tensão), em bandeira verde (se o sistema de bandeiras estiver vigente), ou para a modalidade Branca (Baixa Tensão), se homologada. Para unidades consumidoras em baixa tensão sem a modalidade Branca homologada serão considerados os preços para a modalidade Azul A4. Devem ser levantados os preços unitários de demanda e energia para ponta e fora de ponta, tanto em períodos secos quanto em períodos úmidos.

Critérios de Viabilidade

A análise de viabilidade deve ser feita sob o ponto de vista do PEE e do setor elétrico. Ou seja, os benefícios são comparados aos custos aportados pelo PEE, valorando as economias de energia e redução de demanda pelo custo marginal de ampliação do sistema ou tarifa azul ou tarifa do sistema de bandeiras.

Os projetos deverão apresentar RCB menor ou igual a **0,8** para serem viáveis sob o ponto de vista do PEE. Isso significa que o benefício apurado pelo projeto com energia e demanda, reduzidos ao custo unitário marginal de expansão do sistema elétrico, deve ser no mínimo maior que 25% do custo do projeto.

Exceções à essa regra são:

- *Contratos de Desempenho*, onde a RCB pode ser igual ou menor que 0,9.
- *Projetos Piloto*, que necessariamente passarão por *Avaliação Inicial* da ANEEL.
- *Projetos de Grande Relevância*, que passarão por *Avaliação Inicial* da ANEEL para apurar outros benefícios.
- *Projetos Educacionais*, que passarão por *Avaliação Inicial* da ANEEL.
- *Projetos de Gestão Energética Municipal*, que passarão por *Avaliação Inicial* da ANEEL para verificar a capacidade de atendimento às metas definidas para a tipologia em questão.
- *Fontes Incentivadas*, que passarão por *Avaliação Inicial* da ANEEL para apurar benefício adicional da central geradora.

Portanto, para os projetos em estações de bombeamento, deve-se considerar sempre a viabilidade para projetos que apresentem RCB menor ou igual a 0,8, principalmente para empresas públicas prestadoras de serviços de saneamento sem fins lucrativos, como as autarquias (departamentos e serviços municipais de água e esgoto). Para empresas privadas e empresas de capital aberto (misto, público e privado), a RCB poderá ser igual ou menor que 0,9, desde que se opte pela realização do projeto através de *Contrato de Desempenho*. Para maiores informações sobre Contratos de Desempenho, segure-se consultar o documento **Análise de Linhas de Financiamento para Projetos de Eficiência Energética nos Prestadores de Serviços de Saneamento Brasileiros** (disponível na página do MCidades em <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/prooesa>).

Cálculo da RCB

A RCB é calculada pela expressão:

Equação 9 - Cálculo da RCB

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T}$$

Onde CA_T é o *custo anualizado total* e BA_T o *benefício anualizado*, em R\$/ano.

Cálculo do Custo Anualizado Total

O CA_T é calculado da seguinte forma:

Equação 10 - Cálculo do Custo Anualizado Total

$$CA_T = \sum_n CA_n$$

Onde CA_n é o *custo anualizado de cada equipamento*, incluindo mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e despesas indiretas, calculado pela expressão:

Equação 11 – Cálculo do Custo Anualizado p/Equipamento

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u$$

Onde CE_n é o *custo de cada equipamento*, CE_T é o *custo total em equipamentos*, CT é o *custo total do projeto*, FRC_u é o *fator de recuperação do capital em u anos*, sendo u a *vida útil dos equipamentos*.

CE_T é calculado pela expressão:

Equação 12 - Cálculo do Custo Total em Equipamentos

$$CE_T = \sum_n CE_n$$

FRC_u é calculado pela expressão:

Equação 13 - Cálculo do Fator de Recuperação de Capital

$$FRC_u = \frac{i \times (1 + i)^u}{(1 + i)^u - 1}$$

Sendo i a *taxa de desconto* (juros) considerada para o projeto, que deve ser aquela especificada no Plano Nacional de Energia (PNE), publicado pela EPE, vigente na data de submissão do projeto no PEE. *Para o ano de 2016, a taxa de desconto recomendada é de 8% ao ano.*

A vida útil deve ser definida conforme dados técnicos do fabricante.

Cálculo do Benefício Anualizado

O BA_T será calculado da seguinte forma:

Equação 14 - Cálculo do Benefício Anualizado

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$$

Onde, EE é a *energia anual economizada* em MWh/ano e RDP é a *demanda evitada na ponta* em kW/ano.

Projetos Plurianuais

Caso a implantação do projeto seja feita em um período superior a um ano, caso raro para projetos eficiência energética em sistemas de bombeamento, os custos de cada ano deverão ser trazidos a valor presente conforme especificado no documento *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, página 12*.

Memória de Cálculo

Deverão ser apresentados quatro Memórias de Cálculo da RCB, em formato de tabela (ver arquivo em Excel® anexo), duas na fase de *Seleção* do projeto e duas na fase de *Avaliação Final*, conforme a seguir:

- RCB *Ex Ante* para o investimento total.
- RCB *Ex Ante* para o investimento somente da parcela do PEE (quando houver contrapartida ou outros aportes de investimentos).
- RCB *Ex Post* para o investimento total.
- RCB *Ex Post* para o investimento somente da parcela do PEE (quando houver contrapartida ou outros aportes de investimentos).

O modelo da planilha está apresentado no documento *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, Módulo 7-Cálculo da Viabilidade, página 14*. A planilha de Excel® anexa segue este mesmo modelo.

Dados de Entrada e de Saída

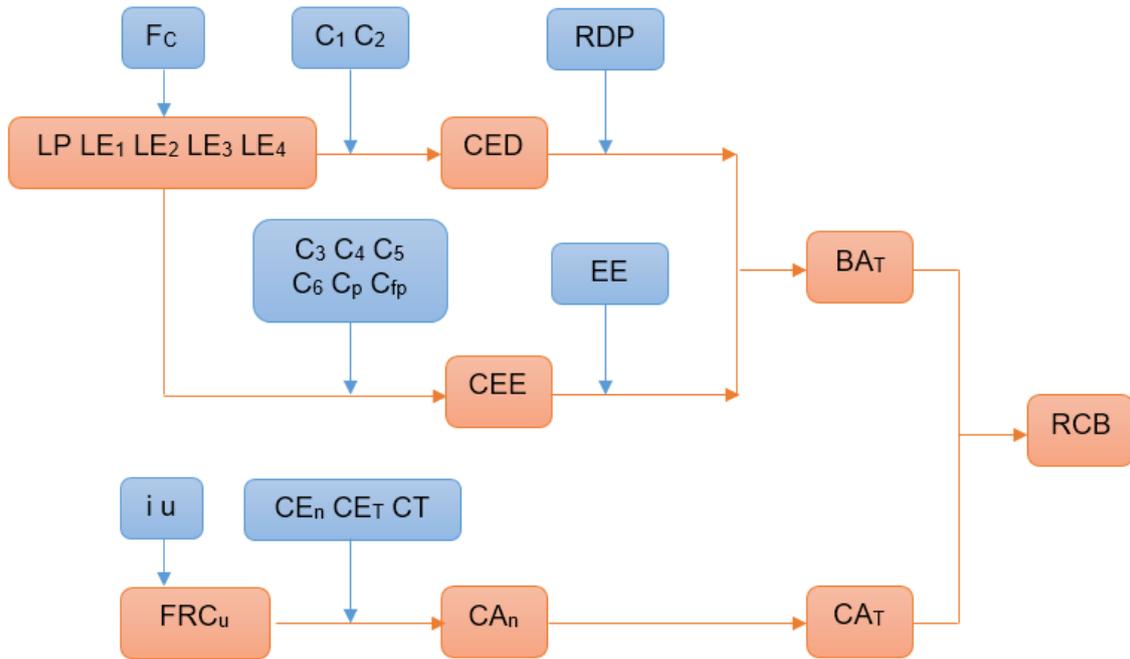
A Tabela 5 apresenta os dados de entrada e os dados de saída, calculados a partir dos primeiros, para obtenção da Relação Custo-Benefício (RCB) para análise da viabilidade, conforme as expressões apresentadas:

Tabela 5 - Dados de Entrada e de Saída

Dados de Entrada	Dados de Saída (a serem calculados)
Fator de Carga (F_C)	Constantes de perda de demanda (LP) e energia (LE_1, LE_2, LE_3 & LE_4)
Custos Unitários de Demanda (C_1 & C_2), F_C e LP	Custo Unitário Evitado de Demanda (CED)
Custos Unitários de Energia (C_3, C_4, C_5, C_6, C_p & C_{fp}), LE_1, LE_2, LE_3 & LE_4, LE_p & LE_{fp} (calculados)	Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)
Taxa de Desconto (i) e Vida Útil dos Equipamentos (u)	Fator de Recuperação de Capital (FRC_u)
Custos de Equipamentos (CE_n & CE_T), Custo Total do Projeto (CT) e FRC_u	Custos Anualizados por Equipamento (CA_n)
CA_n	Custo Anualizado Total (CA_T)
Energia Economizada (EE), CEE, Demanda Evitada na Ponta (RDP) e CED	Benefício Anualizado (BA_T)
CA_T & BA_T	Relação Custo Benefício (RCB)

A Figura 1 apresenta um Mapa Mental da sequência de cálculo da Relação Custo-Benefício (RCB).

Figura 1 – Mapa Mental-Sequência de Cálculo da RCB



LEGENDA



F_c	Fator de Carga
$C_1 C_2$	Custo Unitário de Demanda no horário de ponta e fora de ponta
RDP	Demanda Evitada na Ponta
LP LE ₁ LE ₂ LE ₃ LE ₄	Perda de demanda e de energia , ponta e fora de ponta, períodos seco e úmido
CED	Custo Unitário Evitado de Demanda
$C_3 C_4 C_5 C_6 C_p C_{fp}$	Custo Unitário de Energia, ponta e fora de ponta, períodos seco e úmido
CEE	Custo Unitário Evitado de Energia
EE	Energia Evitada
BA _T	Benefício Anualizado
$i u$	Taxa de Juros e Vida Útil
FRC _u	Fator de Recuperação do Capital
CE _n CE _T CT	Custo de Cada Equipamento, Custo Total de equipamentos e Custo Total do Projeto
CA _n	Custo Anualizado por Equipamento
CA _T	Custo Anualizado Total
RCB	Relação Custo Benefício

5. Planilha para Cálculo da RCB

Este capítulo apresenta as etapas para preenchimento, ou construção, da planilha fornecida como anexo a este documento, capaz de calcular a RCB conforme as exigências do PEE.

Ela está estruturada de maneira que seu aspecto final é idêntico ao modelo apresentado na página 14 do Módulo 7 do PROPEE, de forma que o usuário tenha em mãos uma planilha “pronta” para ser apresentada à concessionária na avaliação *ex ante*.

Essa planilha também pode ser utilizada para verificar a viabilidade do projeto a ser financiado pelo mecanismo do PEE antes de submetê-lo a uma Chamada Pública ou enviá-lo à concessionária. Assim, pode-se simular custos e benefícios, bem como compor recursos de fontes combinadas para financiar um projeto, acessando de maneira rápida os resultados para comparação.

O primeiro passo é preencher a planilha ‘*Dados de Entrada*’ (Figura 2). Esse primeiro conjunto diz respeito às informações que terão de ser colhidas junto à concessionária, ao Plano Nacional de Energia (PNE) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), aos fabricantes dos equipamentos que serão instalados, à Resolução Tarifária da ANEEL para a concessionária ou permissionária que fornece energia para a unidade consumidora, ao projeto e à operação.

Na primeira coluna, estão descritas as variáveis que formam o conjunto ‘*Dados de Entrada*’. Na segunda, o símbolo da variável, conforme descrito neste documento. Na terceira, a unidade da variável. Na quarta, o valor da variável, que deve ser digitado pelo usuário. Na quinta e última coluna, está informada a fonte da variável, para facilitar a busca e obtenção da mesma pelo usuário da planilha.

Pode-se observar que os Custos Unitários de Demanda e os Custos Unitários de Energia irão variar conforme o contrato de fornecimento de energia elétrica para a unidade consumidora. Os campos deverão ser preenchidos conforme o contrato seja em alta ou baixa tensão, tenha ou não bandeiras tarifárias, ou tarifa Branca homologada.

Na segunda página da planilha (Figura 3), em uma tabela com a mesma formatação da anterior, estão calculadas as variáveis que dependem dos dados de entrada como: as constantes de perdas, o Fator de Recuperação de Capital, o Custo Unitário Evitado de Demanda e o Custo Unitário Evitado de Energia. Na quinta coluna, estão informadas as equações utilizadas no cálculo, que são exatamente aquelas apresentadas no capítulo 4 deste documento.

Na planilha ‘*Cálculo da RCB*’ (Figura 4), nas duas primeiras tabelas, devem ser informados os custos com equipamentos, com serviços e com demais custos indiretos para que seja calculado o Custo Anualizado Total. Na terceira e última tabela está demonstrado o cálculo dos Benefícios Anualizados e, na última célula (H24, neste caso), está calculada a RCB. Todas as equações utilizadas no cálculo são aquelas apresentadas no capítulo 4 deste documento e essa planilha está idêntica àquela apresentada na página 14 do Módulo 7 do PROPEE

Na planilha ‘*Fator de Carga*’, está representada a tabela da página 7 do Módulo 7 do PROPEE e estão traçadas as curvas com as equações linearizadas (de segunda ordem), para que o cálculo das constantes de perdas seja efetuado automaticamente em função do fator de carga, sem necessidade de consulta ou extrapolação por parte do usuário para obter essas informações.

Figura 2 – Dados de Entrada Levantados

	A	B	C	D	E
3	Dados de Entrada - Descrição	Símbolo	Unidade	Valor	Fonte
4	Fator de Carga	Fc	N/A	0,5	Concessionária
5	Taxa de desconto ou de juros	i	%	14,25%	PNE da EPE
6	Vida útil dos equipamentos	u	anos	10	Fabricante
7	Demanda Evitada na Ponta	RDP	kW/ano	300	Projeto
8	Energia Anual Economizada	EE	MWh/ano	100	Projeto
9	Para Alta Tensão/Baixa Tensão Subterrâneo ou Aéreo s/Tarifa Branca - Valores Tarifa Azul (A4)				
10	Custo Unitário de Demanda no horário de ponta	C1	R\$/kW	17,97	Resolução Tarifária
11	Custo Unitário de Demanda no horário fora de ponta	C2	R\$/kW	5,99	Resolução Tarifária
12	Para Baixa Tensão c/Tarifa Branca Homologada- Valores Tarifa Branca				
13	Custo Unitário de uso do SD no horário de ponta	C1	R\$/MWh		Resolução Tarifária
14	Custo Unitário de uso do SD no horário fora de ponta	C2	R\$/MWh		Resolução Tarifária
15	Número de horas na ponta no mês considerando os dias úteis	hp	horas		Operação
16	Número de horas fora da ponta no mês	hfp	horas		Operação
17	Para Alta Tensão/Baixa Tensão s/bandeira - Valores Tarifa Azul (A4)				
18	Custo Unitário de Energia no horário de ponta, período seco	C3	R\$/MWh		Resolução Tarifária
19	Custo Unitário de Energia no horário de ponta, período úmido	C4	R\$/MWh		Resolução Tarifária
20	Custo Unitário de Energia no horário fora de ponta, período seco	C5	R\$/MWh		Resolução Tarifária
21	Custo Unitário de Energia no horário fora de ponta, período úmido	C6	R\$/MWh		Resolução Tarifária
22	Para Alta Tensão/Baixa Tensão c/bandeira - Valores Tarifa Azul (A4)				
23	Custo Unitário de Energia no horário de ponta, bandeira verde	Cp	R\$/MWh	301,26	Resolução Tarifária
24	Custo Unitário de Energia no horário fora de ponta, bandeira verde	Cfp	R\$/MWh	183,72	Resolução Tarifária

Figura 3 – Dados de Entrada Calculados

	A	B	C	D	E
28	Dados de Entrada - Descrição	Símbolo	Unidade	Valor	Fonte
29	Constante de Perda de Demanda fora de ponta	LP	N/A	0,3844	Tabela 3
30	Constante de Perda de Energia na ponta, período seco	LE1	N/A	0,3235	Tabela 3
31	Constante de Perda de Energia na ponta, período úmido	LE2	N/A	0,2265	Tabela 3
32	Constante de Perda de Energia fora de ponta, período seco	LE3	N/A	1,1538	Tabela 3
33	Constante de Perda de Energia fora de ponta, período úmido	LE4	N/A	0,8147	Tabela 3
34	Fator de Recuperação de Capital	FRCu	N/A	0,1936	Equação 13
35	Para Alta Tensão/Baixa Tensão Subterrâneo				
36	Custo Unitário Evitado de Demanda	CED	R\$/kW.ano	243,2707	Equação 2
37	Para Baixa Tensão s/Tarifa Branca Homologada				
38	Custo Unitário Evitado de Demanda	CED	R\$/kW.ano	291,9248	Equação 3
39	Para Baixa Tensão c/Tarifa Branca Homologada				
40	Custo Unitário Evitado de Demanda	CED	R\$/kW.ano	0	Equação 4
41	Para Alta Tensão/Baixa Tensão Subterrâneo s/bandeira tarifária				
42	Custo Unitário Evitado de Energia	CEE	R\$/MWh	0	Equação 5
43	Para Alta Tensão/Baixa Tensão Subterrâneo c/bandeira tarifária				
44	Constante de Perda de Energia na ponta	LEp	N/A	0,2831	Equação 7
45	Constante de Perda de Energia fora de ponta	LEfp	N/A	1,0125	Equação 8
46	Custo Unitário Evitado de Energia	CEE	R\$/MWh	209,4007	Equação 6
47	Para Baixa Tensão Aéreo s/Tarifa Branca Homologada				
48	Custo Unitário Evitado de Energia s/bandeira tarifária	CEE	R\$/MWh	0	Equação 5x1,08
49	Custo Unitário Evitado de Energia c/bandeira tarifária	CEE	R\$/MWh	226,1527	Equação 6x1,08
50	Para Baixa Tensão Aéreo c/Tarifa Branca Homologada				
51	Custo Unitário Evitado de Energia s/bandeira tarifária	CEE	R\$/MWh	0	Equação 5
52	Custo Unitário Evitado de Energia c/bandeira tarifária	CEE	R\$/MWh	209,4007	Equação 6

Figura 4 – Cálculo da RCB

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Custos							
2	Equipamentos							
3	Item	Equipamento	Custo	Qtd	Custo Total	Vida Útil	FRCu	Custo Anualizado
4	1	Motor	R\$ 10.000,00	4	R\$ 40.000,00	10	0,1936	R\$ 10.201,22
5	2	Bomba	R\$ 22.500,00	4	R\$ 90.000,00	10	0,1936	R\$ 22.952,75
6	3	Reservatório	R\$ 100.000,00	1	R\$ 100.000,00	10	0,1936	R\$ 25.503,06
7								
8	Total Equipamentos (CET)				R\$ 230.000,00		CAT	R\$ 58.657,04
9								
10	Serviços e demais custos indiretos							
11	Item	Descrição	Custo	Qtd	Custo Total			
12	1	Demolição	R\$ 2.250,00	4	R\$ 9.000,00			
13	2	Instalação	R\$ 3.500,00	4	R\$ 14.000,00			
14	3	Partida	R\$ 50.000,00	1	R\$ 50.000,00			
15								
16	Total serviços e demais indiretos (CS)				R\$ 73.000,00			
17	Custo Total do projeto (CT)				R\$ 303.000,00			
18								
19	Benefícios							
20	Item	Descrição	Valor	Unidade	Descrição2	Valor3	Benefício	Coluna4
21	1	EE		100 MWh/ano	CEE	209,40	Energia	R\$ 20.940,07
22	2	RDP		300 kW/ano	CDE	243,27	Demanda	R\$ 72.981,20
23							BAT	R\$ 93.921,27
24							RCB	0,624534141

O resultado obtido na célula H24 é a RCB do projeto e deve ser avaliado pelo prestador de serviços. Caso ele seja menor que 0,8, como no caso deste exemplo mostrado (RCB=0,62) o projeto é viável sob o ponto de vista do PEE e poderá ser apresentado na Chamada Pública ou diretamente à concessionária para candidatar-se ao financiamento.

Em casos que a RCB esteja entre 0,8 e 0,9, o projeto ainda será viável, porém a contratação deverá ser via contrato de desempenho.

Se a RCB estiver entre 0,8 e 1,0 e houverem outros benefícios, o projeto deverá ser avaliado junto à concessionária e a ANEEL para averiguar sua viabilidade.

Finalmente, se a RCB for maior que 1,0, recomenda-se buscar uma contrapartida para o financiamento de maneira que a RCB, considerando apenas os recursos do PEE, seja menor que 0,8, tornando-o viável.

Por outro lado, pode-se também financiar apenas uma parte dos equipamentos com o PEE para reduzir o valor dos Custos Anualizados, reduzindo-se a RCB para menos que 0,8.

Cabe ao usuário da planilha, portanto, realizar as simulações necessárias para buscar a melhor combinação de investimentos (custos) e benefícios para que a RCB do projeto apresentado esteja dentro da exigência do PROPEE.

6. Outros Benefícios

Este capítulo apresenta os conceitos sobre outros benefícios que não entram no cálculo da RCB, mas podem ser utilizados para reforçar os resultados do projeto.

Benefícios Mensuráveis

Esses benefícios podem ser:

- Economias com insumos, por exemplo: redução de bombeamento e do uso de água bruta, água tratada e produtos químicos, decorrentes do controle de pressões na rede de distribuição, redução das perdas de água, automação e controle de processos de tratamento de qualidade da água.
- Economias com ganhos de produtividade, como: redução de mão de obra na operação ou aumento do indicador ligações/ empregado devido às melhorias em automação e controle operacional.
- Melhoria da qualidade do produto ou do serviço prestado, como: fim ou redução da intermitência no abastecimento de água, pressurização adequada do serviço de abastecimento.
- Impactos socioambientais positivos, como: aumento do número de ligações e cobertura do serviço, universalização do acesso à água, melhoria da saúde pública, melhoras no atendimento, melhoria da salubridade ambiental.

No entanto, esses benefícios têm que ser avaliados por técnicas semelhantes aos benefícios energéticos, através de metodologia existente ou aprovada pela ANEEL. Sugere-se consultar a ANEEL para esses procedimentos antes de submeter o projeto à *Seleção*. Esses benefícios também deverão estar contemplados no PM&V.

Benefícios Não Mensuráveis

Benefícios não mensuráveis são aqueles decorrentes de projetos que causam impacto no uso da energia, como projetos educacionais.

Podem ser considerados em situações específicas para justificar a viabilidade do projeto.

Recomenda-se consultar a ANEEL caso se queira considerar benefícios dessa natureza em projetos de eficiência energética em sistemas de saneamento.

7. Etapas para Cadastramento de Projetos

Este capítulo apresenta as etapas gerais a serem cumpridas para cadastrar um projeto no PEE junto à concessionária ou permissionária de energia elétrica. A sequência apresentada a seguir baseou-se no Edital de Chamada Pública de Projetos REE 002/2016 da COELBA/NEOENERGIA.

Vale ressaltar que outros editais de outras concessionárias ou permissionárias podem conter etapas e critérios a serem seguidos que diferem das etapas aqui descritas. Em todo caso, recomenda-se utilizar as informações deste capítulo como orientações gerais, devendo o prestador de serviço de saneamento procurar os detalhes e as exigências específicas de sua concessionária ou permissionária ao candidatar o seu projeto ao financiamento do PEE.

Tipologia do Projeto

Projetos de eficiência energética em unidades consumidoras de prestadores de serviços de saneamento enquadram-se na tipologia **Serviço Público**.

Parâmetros Gerais de Projeto

Caso a proposta de projeto contemple diferentes unidades consumidoras, com níveis de tensão de fornecimento distintos ou não, o detalhamento dos resultados esperados deverá ser apresentado, individualmente, por unidade consumidora.

Uma única unidade consumidora não poderá fazer parte de mais de 1 (uma) proposta de projeto. Caso sejam apresentadas 2 (duas) ou mais propostas de projetos, objetivando a eficiência energética da mesma unidade consumidora, será considerada somente aquela melhor classificada.

Propostas de projetos que contemplem deslocamento de cargas ou automação de processos são permitidas, desde que também contemplem a eficiência energética dos usos finais envolvidos.

As Propostas de Projetos deverão contemplar a medição e verificação dos resultados em conformidade com o Guia de M&V da ANEEL, lançado em 27/07/2014 e disponível no site da ANEEL, obedecendo os requisitos mínimos estabelecidos no Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE e ao Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP.

Para cada proposta de projeto selecionada, será firmado um *CONTRATO DE DESEMPENHO*. Excepcionalmente, para as unidades do poder público, dos condomínios residenciais situados em comunidades de baixa renda e das instituições sem fins lucrativos com atendimento na área da saúde, será firmado um *TERMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA*. Caso sejam enviadas propostas de projetos que beneficiem simultaneamente consumidores com fins lucrativos e sem fins lucrativos, o projeto será classificado automaticamente como *com fins lucrativos*.

Não é permitido a eficiência energética de usos finais através de aquisição de equipamento eficiente por meio de aluguel ou leasing, ou seja, os equipamentos a serem instalados deverão ser comprados e fazerem parte do patrimônio do proponente.

O consumidor que possuir outra fonte de geração de energia elétrica, além da energia elétrica disponibilizada pela Distribuidora, deverá considerar *apenas* a energia economizada e a redução de demanda na ponta da energia suprida pela Distribuidora, no cálculo do RCB.

Nas propostas de projeto somente são permitidos os custos relacionados às ações de eficiência energética a serem executadas, ficando vetados os custos para manutenção dos sistemas.

Caso a proposta de projeto contemple a substituição de um equipamento que foi instalado com recursos oriundos do PEE que ainda esteja dentro do seu período de vida útil, a proposta apresentada será automaticamente desqualificada. Quando a proposta de projeto tratar de uma unidade consumidora beneficiada em um financiamento do PEE anterior, deve ser comprovado dentro do *pré-diagnóstico energético*, que os equipamentos existentes já superaram suas vidas úteis ou não foram adquiridos com recursos advindos do PEE.

Os equipamentos de uso final de energia elétrica utilizados nas propostas de projetos devem ser, obrigatoriamente, energeticamente eficientes, i.e.: possuir o selo PROCEL de economia de energia ou; possuir etiqueta A de desempenho energético (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE), do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE ou; devem ser adquiridos os equipamentos mais eficientes dentro da listagem do PBE, devendo escolher obrigatoriamente o equipamento mais eficiente disponível. Neste caso, a escolha do equipamento deverá ser devidamente justificada, apresentando a tabela do PBE mais recente ou; devem ser utilizados os equipamentos mais eficientes disponíveis. A eficiência deverá ser comprovada.

Proposta de projeto que contemple o uso final sistemas motrizes, como é o caso de conjuntos motor-bomba, o rendimento nominal e o rendimento no ponto de carregamento do equipamento existente poderão ser obtidos através de dados de medições realizadas, procedendo a estimativa através do software “BDmotor”, disponível no endereço eletrônico do PROCEL INFO, na seção simuladores (www.procelinfo.com.br). No caso de obtenção através de medições, deverão ser apresentadas, na proposta de projeto, as medições gráficas, realizadas com equipamento analisador de energia durante um período maior ou igual a 24 (vinte e quatro) horas; detalhamento das condições de apuração, certificado de calibração do equipamento de medição emitido com data não inferior a 1 (um) ano da medição; procedimentos de medição utilizada, bem como todas as informações necessárias para comprovar o regime de utilização do sistema a ser contemplado.

Todos os materiais e equipamentos que vierem a ser substituídos nas propostas de projetos deverão, obrigatoriamente, serem descartados de acordo com as regras estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (porém vedada a reutilização), estabelecido pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e demais normas aplicáveis.

Deverá ser apresentado o Certificado de Destinação Final de Resíduos. Dessa maneira, a empresa contratada para a realização da destinação e/ou descontaminação dos resíduos e/ou produtos substituídos deverá possuir os seguintes documentos: Alvará de funcionamento; Licença Ambiental junto aos Órgãos competentes; Registro no Cadastro Técnico Federal – IBAMA; Certidão Negativa de Débito emitida pelo IBAMA; Atender o disposto na ABNT NBR 15833.

Os custos inerentes ao projeto são classificados de acordo com as categorias contábeis descritas na Tabela 6:

Tabela 6 – Custos por categoria contábil e origem dos recursos

Tipo de Custo	Custos Totais		Origem dos Recursos		
	R\$	%	Recursos Próprios PEE	Recursos de Terceiros	Recursos do consumidor
Custos Diretos					
Materiais/Equipamentos	Previsto				
Mão de Obra Própria	Previsto				
Mão de Obra de terceiros	Previsto				
Transporte	Previsto				
Custos Indiretos					
Administração Própria	Previsto				
Marketing	Previsto				
Treinamento e Capacitação	Previsto				
Descarte de Materiais	Previsto				
Medição e Verificação	Previsto				
Outros Custos Indiretos	Previsto				
TOTAL	100%				

Para todos os **materiais e equipamentos** a serem utilizados nas propostas de projetos, deverão ser apresentados, **obrigatoriamente**, pesquisa de preço através de, no mínimo, 3 empresas, devendo utilizar o orçamento de menor valor. A distribuidora poderá incluir outras empresas na coleta de preço. Para os custos de *Mão de Obra de Terceiros, marketing, Treinamento e Capacitação, Medição e Verificação e Descarte de Materiais* deverão ser considerados, no mínimo, 3 (três) orçamentos. Deverá ser utilizado na proposta de projeto o orçamento de menor valor.

Nas propostas de projeto devem constar os valores estimados para todas as etapas obrigatórias do PROPEE, quais sejam: elaboração de diagnóstico energético; elaboração do projeto executivo; Plano de M&V; gerenciamento e aquisição de materiais e equipamentos; execução da obra; descarte dos materiais e equipamentos substituídos; Relatório de M&V; treinamento e capacitação e relatório final ANEEL.

Para os custos computados como contrapartida nas propostas de projeto, deverão ser apresentadas as devidas comprovações destes custos. Esta comprovação se dará através de 3 (três) orçamentos ou, no caso de uso da mão de obra do próprio consumidor, 2 (dois) orçamentos mais a estimativa de custo do uso da mão de obra do próprio consumidor, através da apresentação dos profissionais envolvidos, acompanhado de uma estimativa de horas de trabalho de cada um e do respectivo custo de homem-hora. No caso da utilização da mão de obra do próprio consumidor, os custos advindos da utilização desta mão de obra não serão de forma alguma remunerados ou reembolsados com recursos do PEE, devendo ser computados obrigatoriamente como contrapartida.

A soma dos custos totais com *administração própria e marketing* não poderá ser maior que 5% (cinco por cento) do custo total da proposta de projeto.

O investimento do projeto poderá ser composto por recurso exclusivo do PEE ou por recurso do PEE com o aporte de contrapartida. O cálculo da viabilidade deverá ser realizado

tanto para o fator global do projeto como para o montante investido pelo PEE, sendo que só deverá ser contabilizado para fins de apuração da contabilidade o cálculo sobre o montante aportado pelo PEE.

Medição e Verificação de Resultados

O processo de M&V é dividido em 3 (três) etapas principais a serem executadas em diferentes estágios do projeto de eficiência energética:

Etapa 1 - Estratégia de Medição e Verificação

A estratégia de M&V deverá ser elaborada de forma preliminar na fase de *pré-diagnóstico energético*, uma vez que se dispõe do conhecimento obtido sobre a estrutura (materiais e equipamentos) e o funcionamento da instalação e se conhece o uso da energia e sua relação com a rotina da instalação. Neste ponto devem ser definidas as bases para as atividades de M&V, conforme a seguir:

- Variáveis independentes: Verificar quais variáveis (clima, produção, ocupação, etc.) explicam a variação da energia e como poderão ser medidas para a determinação da economia (local, equipamentos, períodos de medição – linha de base).
- Fronteira de medição: Determina o limite, dentro da instalação, onde serão observados os efeitos da ação de eficiência energética, isolado por medidores, e eventuais efeitos interativos com o resto da instalação.
- Opção do PIMVP: Adotar, preferencialmente as opções A ou B do PIMVP. Opção C: Admite-se seu uso quando for substituído um único equipamento em uma instalação e quando o consumo deste for igual ou maior a 10% (dez por cento) do total da instalação. Esta opção também poderá ser utilizada quando o desempenho energético de toda a instalação estiver sendo avaliado, não apenas o da ação de eficiência energética. Opção D: Admite-se nos casos em que nenhuma outra opção seja praticável, atendendo a todas as disposições constantes no PIMVP.
- Modelo do consumo da linha de base: Em geral, uma análise de regressão entre a energia medida e as variáveis independentes.
- Amostragem: O processo de amostragem cria erros, uma vez que nem todas as unidades em estudo são medidas, portanto deve-se obter os níveis de precisão (10%) e de confiança (95%).
- Cálculo das economias: definir como será calculada a economia de energia e a redução de demanda na ponta (*consumo evitado* ou *economia normalizada*).

Se a proposta de projeto for aprovada e passar para a fase de *diagnóstico energético*, a estratégia de M&V proposta deverá ser consolidada a partir dos novos dados coletados. A estratégia de M&V deverá fazer parte do *relatório de diagnóstico energético*.

Etapa 2 - Plano de Medição e Verificação

Após as medições do período de referência (período de linha de base) e o estabelecimento completo do modelo do consumo e demanda da linha de base, deve-se elaborar o plano de M&V, contendo todos os procedimentos e considerações para o cálculo das economias, conforme o Capítulo 5 do PIMVP e demais disposições da ANEEL sobre o assunto.

Em resumo, o plano de M&V deve ser estabelecido após a realização das medições dos equipamentos existentes nas instalações beneficiadas pela propostas de projetos, seguindo os procedimentos estabelecidos na estratégia de M&V, devendo incluir a discussão dos seguintes tópicos, os quais estão descritos com maior profundidade no PIMVP:

- Objetivo das ações de eficiência energética.
- Opção do PIMVP selecionada e fronteira de medição.
- Linha de base, período, energia e condições.
- Período de determinação da economia.
- Bases para o ajuste.
- Procedimento de análise.
- Preço da energia.
- Especificações dos medidores.
- Responsabilidades de monitoramento.
- Precisão esperada (conforme definido pela ANEEL, neste caso deverá ser perseguida uma meta “95/10”, ou seja, 10% de precisão com 95% de confiabilidade).
- Orçamento.
- Formato de relatório.
- Procedimentos de Garantia de qualidade que serão utilizados para apresentação dos resultados nos relatórios de economia.

Também deverão ser incluídos os tópicos específicos adicionais previstos no Capítulo 5 do PIMVP, referentes à utilização da opção A e da opção D, quando uma destas opções forem escolhidas.

Etapa 3 - Relatório de Medição e Verificação

Uma vez terminada a implantação das ações de eficiência energética, devem ser procedidas as medições de consumo e demanda e das variáveis independentes relativas ao mesmo período, observando o estabelecido na estratégia de M&V e no plano de M&V, de acordo com o Capítulo 6 do PIMVP e demais documentos pertinentes.

Em resumo, o relatório de M&V deve ser estabelecido após a realização das medições dos equipamentos propostos na instalação beneficiada pela proposta de projeto, seguindo os procedimentos estabelecidos na estratégia e no plano de M&V, devendo conter uma análise completa dos dados observando as seguintes questões, as quais estão descritas com maior profundidade no PIMVP:

- Observação dos dados durante o período de determinação da economia.
- Descrição e justificativa de quaisquer correções feitas aos dados observados.
- Para a Opção A deverão ser apresentados os valores estimados acordados.
- Informação de preços utilizados de demanda e energia elétrica.
- Todos os pormenores de qualquer ajuste não periódico da linha de base efetuado.
- A economia calculada em unidades de energia e monetárias (conforme definição da ANEEL, as economias deverão ser valoradas sob os pontos de vista do sistema elétrico e do consumidor).
- Justificativas (caso sejam observados desvios em relação à avaliação *ex ante*, os mesmos deverão ser considerados e devidamente justificados).

Recomendações para Metodologia das Medições

A metodologia das medições estabelece as condições de contorno antes e depois da implantação das medidas de eficiência energética para verificar e comprovar os resultados previstos em projeto. Deve-se, portanto, definir as grandezas a serem medidas, o intervalo de medições, os instrumentos de medição e os equipamentos de aquisição, transmissão e tratamento dos dados de forma que se possa verificar, sem margem a dúvidas, as economias resultantes das ações implantadas.

Simultaneidade entre as medições

As grandezas monitoradas por diferentes medidores devem ser sincronizadas; é imprescindível que as medições elétricas (corrente, tensão, potência ativa e reativa, etc.), hidráulicas (vazão, pressão, nível) e mecânicas (vibrações, temperaturas) escolhidas para a avaliação sejam simultâneas. Da mesma forma, os relógios desses medidores deverão estar sincronizados com os relógios dos equipamentos de aquisição e registro de dados (data loggers, controladores, computadores).

Correta instalação dos medidores

Cada medidor requer um cuidado quanto à instalação para que a grandeza medida corresponda com aquela que se quer analisar. Exemplos: caso se queira analisar um conjunto motor-bomba, as grandezas elétricas deverão ser medidas no ramal de alimentação do motor; medidores de vazão são afetados por turbulências inesperadas no fluxo, portanto, devem ser respeitados os comprimentos retilíneos antes e depois de cada medidor exigidos pelo fabricante.

Precisão das medições

Cada medidor deve ter sua precisão conhecida e considerada nos cálculos. Idealmente, os mesmos medidores devem ser utilizados na avaliação do diagnóstico e na verificação dos resultados, de maneira a se garantir a mesma precisão.

Calibração dos medidores

Deve-se ter o cuidado de garantir que todos os medidores estejam devidamente calibrados, com certificados de calibração e rastreabilidade pela Rede Brasileira de Calibração (RBC). O uso de medidores não calibrados não garante a confiabilidade nos dados obtidos, prejudicando as estimativas de economias no diagnóstico e a verificação dos resultados após a implantação do projeto.

Manutenção das condições de contorno

De forma que os benefícios possam ser auferidos com clareza, as condições de contorno estabelecidas no diagnóstico devem ser mantidas, ou ao menos identificadas e expurgadas, durante a verificação dos resultados. Ou seja, as condições operacionais da unidade que recebeu as melhorias de eficiência devem ser mantidas idênticas. Caso isso não seja possível como, por exemplo, uma estação de bombeamento que passa a atender uma quantidade maior de ligações após o projeto, essa modificação deve ser determinada e compensada na análise e quantificação dos resultados de maneira a não prejudicar a verificação das economias obtidas.

Utilização de indicadores rastreáveis

Deve-se ter o cuidado de identificar quais os indicadores que relacionam os insumos que se pretende economizar (água ou energia, por exemplo) com a capacidade produtiva (nº de ligações atendidas ou m³ de água produzida). Para estações de bombeamento, o consumo específico, em kWh/m³, costuma ser um excelente indicador de consumo energético pela capacidade produtiva da unidade.

O Projeto COM+ÁGUA (2008) do Ministério das Cidades recomenda que, ao utilizar este indicador após expansão do sistema de abastecimento, a avaliação seja feita da seguinte forma:

$$\text{Economia} = \left[\left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \text{antes do projeto} - \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \text{após o projeto} \right] \times \text{m}^3 \text{antes do projeto}$$

Por outro lado, ao se utilizar esse indicador após melhoria operacional, sem expansão do sistema, recomenda-se avaliar o resultado da seguinte maneira:

$$Economia = \left[\left(\frac{kWh}{m^3} \right)_{antes\ do\ projeto} - \left(\frac{kWh}{m^3} \right)_{após\ o\ projeto} \right] \times m^3_{depois\ do\ projeto}$$

Treinamento e Capacitação

As ações de treinamento e capacitação visam estimular e consolidar as práticas de eficiência energética nas instalações onde existiram projetos do PEE, bem como difundir os seus conceitos. A execução de ações de treinamento e capacitação caracteriza-se como uma atividade obrigatória, devendo estar prevista em toda e qualquer proposta de projeto.

Toda e qualquer ação de treinamento e capacitação deverá seguir as regras estabelecidas pelo PROPEE, observando especialmente o disposto no *Módulo 4 - Tipologias de Projeto, Seção 4.3 - Outras Ações Integrantes de Projeto, Item 3 - Treinamento e Capacitação*.

Cronograma

Recomenda-se que o prazo de implantação do projeto seja igual ou inferior a 12 (doze) meses. Os cronogramas físico e financeiro para execução deverão conter, no mínimo, as seguintes etapas:

- Etapa 1: Ações de medição e verificação - M&V e entrega do Plano de M&V.
- Etapa 2: Aquisição de equipamentos e materiais.
- Etapa 3: Contratação de serviços e/ou mão de obra de terceiros.
- Etapa 4: Execução da obra (substituição dos equipamentos)
- Etapa 5: Descarte de materiais substituídos e/ou retirados.
- Etapa 6: Acompanhamento do projeto pela concessionária ou permissionária (corresponde a soma dos custos de mão de obra própria, transporte e administração própria).
- Etapa 7: Treinamento e capacitação
- Etapa 8: Ações de medição e verificação - M&V e entrega do Relatório de M&V.
- Etapa 9: Marketing e Divulgação.
- Etapa 10: Elaboração de relatórios mensais de acompanhamento.
- Etapa 11: Avaliação de resultados do projeto e entrega do relatório final para envio à ANEEL.

Pré-Diagnóstico

O *pré-diagnóstico energético* é uma etapa que antecede à elaboração do projeto e deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Apresentação do consumidor e informações sobre suas atividades, bem como o horário de funcionamento de cada unidade consumidora pertencente a proposta de projeto.
- Apresentação da empresa responsável pela elaboração do conteúdo da proposta de projeto (razão social, CNPJ, nome do responsável técnico, endereço completo, telefone fixo e celular), se for o caso.
- Apresentação dos objetivos do *pré-diagnóstico* energético.
- Apresentação dos insumos energéticos utilizados, quando for o caso.
- Apresentação da avaliação preliminar das instalações físicas e dos procedimentos operacionais da unidade consumidora com foco no consumo de energia elétrica.

- Apresentação do histórico de consumo de, pelo menos, os últimos 12 (doze) meses de cada unidade consumidora a ser beneficiada.
- Apresentação da estimativa da participação de cada uso final de energia elétrica existente, (por exemplo: iluminação, condicionamento ambiental, sistemas motrizes, refrigeração, etc) no consumo mensal de energia elétrica da unidade consumidora.
- Apresentação da análise preliminar das possíveis oportunidades de economia de energia para os usos finais de energia elétrica escolhidos, descrevendo a situação atual e a proposta.
- Apresentação da avaliação da economia de energia e redução de demanda na ponta com base nas ações de eficiência energética identificadas. Calcular o percentual de economia do consumo de energia elétrica previsto em relação ao consumo anual apurado no histórico de consumo apresentado dos últimos 12 (doze) meses.
- Realizar a avaliação *ex ante* preliminar, ou seja, calcular a relação custo-benefício (RCB) do projeto com base na avaliação realizada, de acordo com a metodologia estabelecida pela ANEEL e descrito neste Manual. Deverá ser apresentado um cronograma das etapas necessárias para a execução do projeto de eficiência energética.
- Apresentação da descrição detalhada do horário de funcionamento de cada ambiente que irá receber ações de eficiência energética.
- Apresentação da estratégia de M&V preliminar.
- Apresentação dos custos para realização do *diagnóstico energético*.

Diagnóstico Energético

O *diagnóstico energético* é uma avaliação detalhada das ações de eficiência energética na instalação da unidade consumidora de energia, resultando em um relatório contendo a descrição detalhada de cada ação de eficiência energética e sua implantação, o valor do investimento, economia de energia e/ou redução de demanda na ponta relacionada, análise de viabilidade e estratégia de medição e verificação a ser adotada. Entende-se o *diagnóstico energético* como a consolidação da avaliação *ex ante*, apresentada de forma preliminar no *pré-diagnóstico*. Normalmente, essa fase só é executada após a aprovação do *pré-diagnóstico*.

As informações mínimas que deverão ser apresentadas no *diagnóstico energético* estão detalhadas no Módulo 4-Tipologias de Projeto do PROPEE, Seção 4.4-Dados de Projeto, Item 3.2 - Roteiro Básico para Elaboração de Projetos. Também deverá ser consolidada a estratégia de M&V, a qual foi enviada de forma preliminar na fase de *pré-diagnóstico*.

O *diagnóstico energético* está sujeito à aprovação da *concessionária ou permissionária*, podendo demandar correções de modo a atender exigências e determinações da ANEEL.

O cronograma físico-financeiro apresentado no *diagnóstico energético* e aprovado pela *concessionária ou permissionária* é considerado como definitivo, sendo, portanto utilizado como base para estabelecer as obrigações contratuais referentes ao prazo de execução do projeto de eficiência energética.

A diferença máxima admitida (relativa aos custos para realização do projeto de eficiência energética e as metas de economia de energia e redução de demanda em horário de ponta) entre o *pré-diagnóstico* e o *diagnóstico energético* é de **5%** (cinco por cento).

Não serão aceitas mudanças que descaracterizem a proposta de projeto original. Ou seja, não serão aceitos *diagnósticos energéticos* que objetivem ações de eficiência energética em usos finais ou em unidades consumidoras diferentes daqueles apresentados originalmente no *pré-diagnóstico*.

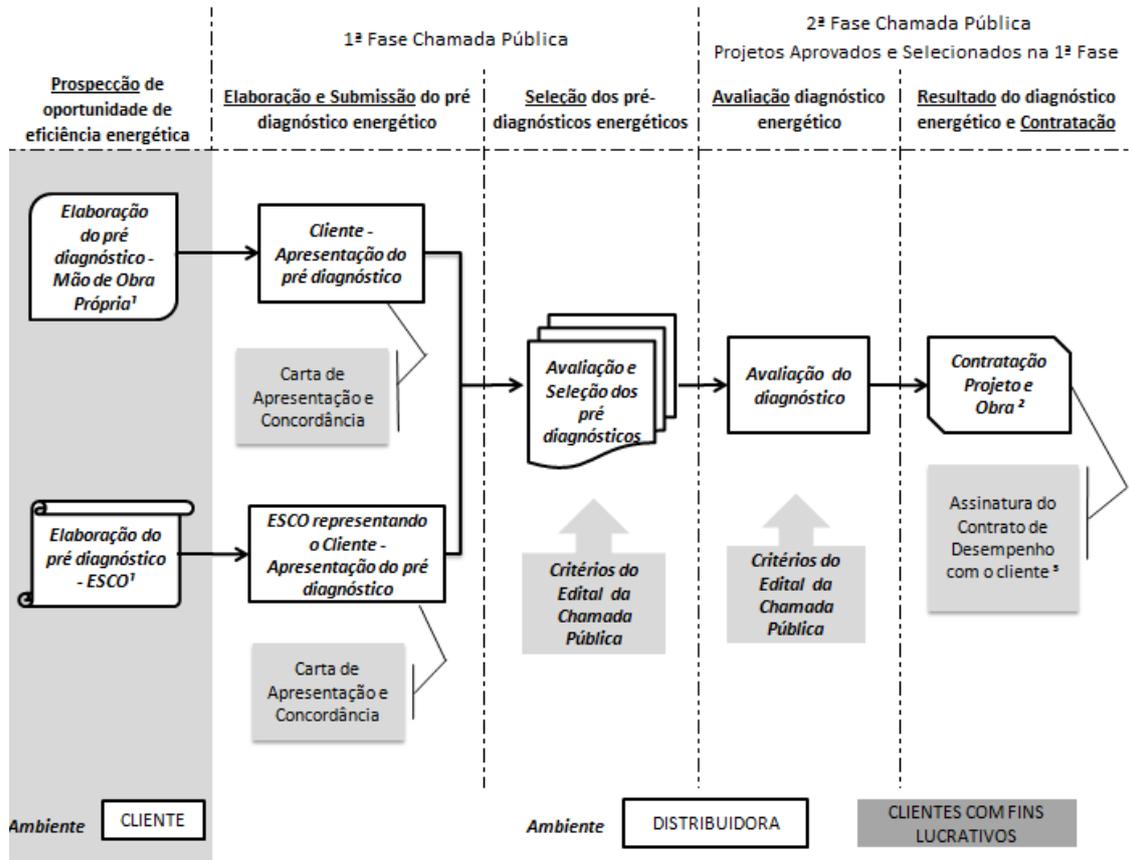
No caso de consumidores com fins lucrativos, os custos de elaboração do *diagnóstico energético* dos projetos que forem selecionados e implantados serão custeados pelo consumidor e reembolsados pela *concessionária ou permissionária* após a assinatura do contrato de desempenho e carregamento do projeto na ANEEL.

Para as propostas de projetos apresentadas e selecionadas por consumidores sem fins lucrativos, a *concessionária ou permissionária* irá realizar coleta de preços para contratação de empresa responsável pela elaboração do *diagnóstico energético* e implantação do projeto. A empresa vencedora da coleta de preços realizada pela *concessionária ou permissionária* será reembolsada pelo custo de elaboração do *diagnóstico energético*, após assinatura do contrato *turn key* e carregamento do projeto na Aneel.

Resumo das Etapas

Tendo como base uma Chamada Pública, a Figura 5 mostra as etapas de apresentação de uma proposta de projeto para financiamento via PEE para consumidores com fins lucrativos, obrigatoriamente implantado via Contrato de Desempenho e a Figura 6 mostra essas etapas para consumidores sem fins lucrativos.

Figura 5 – Etapas para consumidores com fins lucrativos

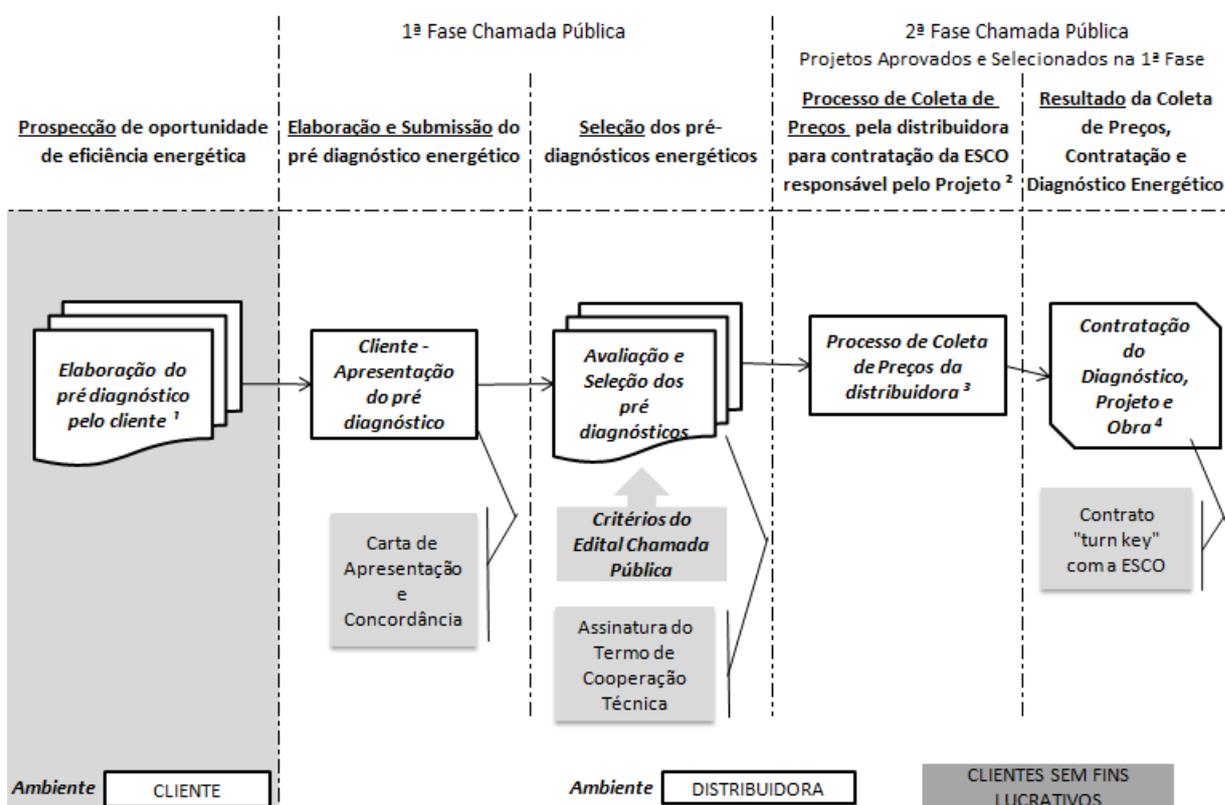


Nota 1 - Os custos decorrentes da elaboração do pré diagnóstico energético serão de responsabilidade do cliente e não serão remunerados ou reembolsados pela distribuidora.

Nota 2 - Entende-se por Projeto a realização das seguintes etapas: Projeto Executivo; Plano de M&V; Gerenciamento e Aquisição de Materiais e Equipamentos; Execução da Obra; Descarte de Materiais e Equipamentos Substituídos; Relatórios de M&V; Treinamento e Capacitação; Relatório Final ANEEL.

Nota 3 - Para os contratos de desempenho, caso o Projeto seja implantado no âmbito dessa Chamada Pública, o diagnóstico energético não será considerado um custo do cliente quando do reembolso do investimento do PEE, apenas será contabilizado para o efeito do cálculo da Relação Custo Benefício do Projeto.

Figura 6 – Etapas para consumidores sem fins lucrativos



Nota 1 - Os custos decorrentes da elaboração do pré diagnóstico energético serão de responsabilidade do cliente e não serão remunerados ou reembolsados pela distribuidora.

Nota 2 - Entende-se por **Projeto** a realização das seguintes etapas: Diagnóstico; Projeto Executivo; Plano de M&V; Gerenciamento e Aquisição de Materiais e Equipamentos; Execução da Obra; Descarte de Materiais e Equipamentos Substituídos; Relatórios de M&V; Treinamento e Capacitação; Relatório Final ANEEL.

Nota 3 - As empresas proponentes (ESCOs) devem enviar declaração de validação dos resultados apresentados no pré-diagnóstico, especialmente a sua viabilidade (o pré diagnóstico fará parte do edital de coleta de preços), ou reapresentação de um novo pré diagnóstico energético.

Nota 4 - A empresa vencedora da coleta de preços será reembolsada pelo custo de elaboração do diagnóstico energético, caso o mesmo seja viável dentro do critério de viabilidade econômica do PEE ($RCB \leq 0,8$). Caso o diagnóstico não seja viável o mesmo não será remunerado ou reembolsado pela distribuidora e o **Projeto** não será implantado.

8. Bibliografia

BRASIL. Ministério das Cidades (MCIDADES). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS). Projeto COM+ÁGUA. **Sistematização das Metodologias Empregadas**. Brasília: MCIDADES, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética**, 1ª Edição. Brasília: MME, 2013.

COELBA/ GRUPO NEOENERGIA. **Chamada Pública de Projetos REE 002/2016**. Salvador: COELBA, 2016.

EVO – Efficiency Valuation Organization. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – Conceitos e Opções para Determinação de Economias de Energia e de Água – Vol.1**. Sofia: EVO, 2012.

VASCONCELOS, F.F. **Análise de Linhas de Financiamento para Projetos de Eficiência Energética nos Prestadores de Serviços de Saneamento Brasileiros**, 1ª Edição. Brasília: ProEESA, 2016.

VASCONCELOS, F.F. **Manual de Tarifação de Energia Elétrica para Prestadores de Serviços de Saneamento**, 1ª Edição. Brasília: ProEESA, 2016.

TSUTIYA, M.T. **Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**, 1ª Edição. São Paulo: ABES, 2001.