

XI-049 GESTÃO DE MONITORAMENTO DE ENERGIA ATIVA E REATIVA

Marcello Cardoso Silva Almeida⁽¹⁾

Engenheiro Civil pelo Centro de Estudos Superiores de Maceió. Pós-graduado em Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotos Sanitários (SES) pelo IPOG - Instituto De Pós-Graduação E Graduação. Diretor de Operações da Agreste Saneamento S.A.

Emílio Lima do Nascimento⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrado em Gestão da Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná. Pós-graduado em Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotos Sanitários (SES) pelo IPOG - Instituto De Pós-Graduação e Graduação. Gerente Operacional da Agreste Saneamento S.A

Endereço⁽¹⁾: Endereço(1): Rua Antônio Estevão da Silva, 274 – Jardim Esperança - Arapiraca - AL - CEP: 57.307-600 - Brasil - Tel: (82) 98106-6279 - e-mail: malmeyda@igua.com.br

RESUMO

O programa abrange o monitoramento em tempo real da energia ativa e reativa em seis unidades operacionais distribuídas nas captações e elevatórias nos municípios de Traipu, Campo Grande e São Brás onde são acompanhadas através do Centro de Controle Operacional (CCO) localizado no município de Arapiraca, todas as pertencentes ao estado de Alagoas.

A implantação do programa gerou consequências positivas diretas e indiretas para companhia, sociedade e meio ambiente. Dentre elas, podemos destacar:

- A redução no consumo de energia reativa nas unidades operacionais. Como a geração de energia depende da exploração de recursos naturais, a redução no consumo tem impacto positivo no meio ambiente e na redução do CO₂. Para sociedade, a redução de energia elétrica diminui os custos com a operação que é refletido no valor da tarifa. Outro ponto importante que se pode destacar é que recentemente o Brasil enfrentou uma crise hídrica onde resultou também uma crise energética, e a redução no consumo de energia é uma das grandes formas de enfrentar crises energéticas.

- O consumo de combustível utilizado no deslocamento da equipe por centenas de km para acompanhar nas seis unidades os dados sobre os valores do fator de potência, e a emissão de gases poluentes oriundos da utilização de automóveis com combustível fóssil. Com a implantação de uma tela de alarme no supervisor do CCO com os valores do fator de potência, foram reduzidos os deslocamentos e a emissão de gases poluentes que contribuem para o efeito estufa.

- Redução de custos com as multas pela utilização da energia reativa acima do limite quando há falha no sistema de banco capacitor com a identificação tardia somente quando recebida a fatura das concessionárias.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento, Energia Ativa e Reativa, Manutenção, Automação, Fator de Potência, Multa, Banco Capacitor.

INTRODUÇÃO

O baixo fator de potência é um distúrbio de energia que ocorre quando a operação de máquinas com motores elétricos produz excesso de energia reativa. Essa energia reativa gera desperdícios de eletricidade e ocasionam penalidades impostas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Em resumo, demonstra como a energia está sendo aproveitada pela unidade consumidora.

A multa por energia reativa ocorre a fim de combater o desperdício de energia no Brasil. De acordo com a Normativa Nº 414, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a multa é aplicada para empresas cujo fator de potência no consumo de energia esteja abaixo de 92%.

Na Agreste Saneamento o resultado do indicador é acompanhado mensalmente nas seis unidades operacionais, duas captações de água bruta e quatro elevatórias. Como as unidades operacionais são localizadas em locais distantes, o maior desafio era acompanhar de perto aos valores de fator de potência.

O programa de monitoramento de energia ativa e reativa foi criado pelos setores de automação e manutenção elétrica com objetivo de reduzir em 80% as despesas com as multas de baixo fator de potência e redução consumo de Kwh de energia reativa em 90%.

Como solução, foi implantado o monitoramento de energia elétrica ativa e reativa em tempo real no supervisório do Centro de Controle Operacional.

DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

O objetivo da implantação é identificar com maior rapidez as anomalias elétricas nas unidades de operação, reduzir o tempo de ação para normalizar desvios e reduzir custos operacionais por problemas no fornecimento de energia. Tudo em função da eficiência energética para consumo de energia próximo de 100% ativa e reduzindo ao máximo a energia reativa, que causa impurezas e perturbações na rede da concessionária de fornecimento de energia elétrica, podendo ocasionar perdas de receitas para a companhia e penalizações elevadas.

Para que fosse possível, houve uma sessão de idealização e ações a serem desenvolvidas no programa de eficiência energética resultando em um diagnóstico das instalações operacionais e modus operandis pelas equipes da automação e manutenção elétrica.

O programa foi estabelecido em quatro etapas seguindo o ciclo do PDCA (Plan – Planejar; DO – Fazer; CHECK – Verificar; Act – Corrigir).

A primeira etapa iniciou no segundo semestre de 2019, quando foram analisadas as principais oportunidades de melhorias, definindo o plano de ação com a ferramenta de 5W2H, onde foram traçadas também as metas dos indicadores a serem atingidos.

A Tabela 1 demonstra quais foram as principais mudanças na rotina operacional e melhorias realizadas para que fosse possível atingir os resultados esperados.

Tabela 1: Principais mudanças nos processos do programa

Processo	Antes	Depois
Monitoramento do fator de potência	Mensalmente in loco	Quinzenal, semanal e por último implantado o monitoramento online no supervisório com telas de alarmes
Banco capacitores	Substituição quando identificada falha na inspeção	Manutenção preventiva mensal e quando monitoramento apontar falha na eficiência
Multas por baixo fator de potência	Não havia acompanhamento	Acompanhamento da evolução mensal na fatura de energia
Tensões de entrada nas subestações	Não havia acompanhamento	Acompanhamento em tempo real das tensões entregues pela concessionária pelo supervisório
Dados das variáveis que impactam no fator de potência	Não havia acompanhamento	Emissão de relatório exportados dos supervisório

Com as mudanças implantadas, houve melhor acompanhamento do fator de potência nas unidades operacionais. As telas de alarmes exibem no supervisório de forma objetiva e simplificada anomalias na qualidade da energia elétrica, com essa metodologia pode ser analisado minuciosamente o comportamento de cada entrega de energia elétrica, aumentando a confiabilidade nas tomadas de decisões. Foi criado o Plano de Gestão de Energia (PL-COR-ENE-001), onde constam os procedimentos que definem os valores de alarmes do fator de potência.

Todos os procedimentos são registrados no SoftExpert, sistema de controle e gerenciamento eletrônico de documentos, utilizado para elaboração, revisão e aprovação de documentos corporativos, operacionais, técnicos e de projetos.

As possibilidades de gestão que a implantação do programa geraram:

- Acompanhamento em tempo real da falta de energia nas subestações e unidades de operação;
- Acompanhamento em tempo real da subtensão ou sobretensão no fornecimento da concessionária de energia;
- Acompanhamento em tempo real do desbalanceamento de tensão no fornecimento da concessionária de energia;
- Acompanhamento em tempo real do fator de potência no fornecimento da concessionária de energia;
- Acompanhamento das informações elétricas analisadas e gravadas em base de dados;
- Emissão de relatório que podem ser exportados em Excel, CSV, PDF e geração de gráficos;
- Acompanhamento em tempo real se há energia nas unidades operacionais;
- Telas de alarmes no supervísório;

Durante o programa, algumas ações relacionadas a manutenções corretivas e preventivas também foram sendo geradas, como:

- Manutenção mensal das preventivas e preditivas dos bancos capacitores;
- Retrofit com a modernização dos painéis elétricos;
- Recuperação dos bancos capacitores com a substituição parcial de componentes mais atualizados.

Para um melhor detalhamento sobre as etapas para implantação no supervísório do monitoramento de energia reativa, destaca-se que ocorre com a coleta automática de informações das unidades operacionais onde são armazenadas no banco de dados do supervísório, e para que isso aconteça de forma dinâmica e interativa, foram utilizadas as tecnologias apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Detalhamento das etapas e tecnologias de implantação

Tecnologia Incorporada	Benefício
Automação do supervísório	Criação da tela do indicador de fator de potência e alarmes que exibe de forma objetiva e simplificada os valores apresentados em tempo real e quando estão fora do limite são gerados alarmes de identificação.
Multimedidores	Equipamento para medir diferentes grandezas elétricas em tempo real, como tensão, corrente, potências (ativa e reativa), fator de potência, entre outras.
Modem de comunicação GPRS	Redundância para não perder comunicação com queda de Ethernet das unidades mais distantes.
Ferramentas de Gestão	Gráficos e relatórios extraídos para melhor acompanhamento para gestão do projeto e aumento de produtividade dos colaboradores.
Utilização de capacitímetros	Equipamentos para realização das manutenções preventivas dos capacitores.

Na implantação do programa houve a realização de teste piloto no momento de adicionar as telas de alarmes do fator de potência no supervísório. Foi realizada a programação do supervísório e implantado em apenas uma unidade, as simulações foram realizadas para identificar se os valores in loco estavam iguais ao do supervísório. Com as análises e retorno positivo, foram implantadas nas outras cinco unidades.

Para a implantação do programa foram seguidas as normas de utilização de fator de potência da Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021 da ANEEL. A utilização desse ato administrativo ocorreu devido ele ser o regulador dos valores do fator de potência referência de 0,92 e estabelecer as regras de prestação do Serviço Público de distribuição de Energia Elétrica, nas quais estão dispostos os direitos e deveres do consumidor e demais usuários do serviço.

Uma das lições aprendidas é que o fator de potência também está relacionado a conformidade da tensão entregue pela distribuidora. As unidades consumidoras da Agreste Saneamento recebem tensões trifásica de 13,8 kV, quando não há conformidade nessas tensões de entrada, ocorre distúrbios no fator de potência. Com base no Resolução Normativa nº 956, de 7 de dezembro de 2021 da ANEEL, foi criado no supervisório uma tela de alarmes informando a qualidade no fornecimento de energia elétrica da distribuidora.

Como forma de assegurar a integridade dos resultados dos indicadores de medição de eficiência energética das unidades operacionais, são utilizados equipamentos calibrados periodicamente pela concessionária de distribuição de energia elétrica.

Os valores dos indicadores da multa por baixo fator de potência (R\$) e consumo de energia reativa (Kwh) são extraídos a partir das contas de energia de cada unidade, informações essas que são compartilhadas e registradas pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL), sendo impossível obter valores divergentes.

O do fator de potência está ligado fortemente com a automação, os resultados obtidos no supervisório são comparados periodicamente com os resultados in loco mostrados nos Multimeditores da concessionária de energia elétrica.

Os resultados dos indicadores são acompanhados através de planilhas de excel e no PowerBi e, mensalmente, são apresentados a diretoria, acionistas e CASAL, sendo mais uma forma de assegurar a integridade das informações.

INVESTIMENTOS APLICADOS E MELHORIAS

No decorrer do projeto, foi realizado a implantação de manutenção preventiva e preditiva com termografia dos painéis elétricos e a padronização dos multimeditores de todas as unidades operacionais.

Assim, foi iniciado a implantação do acompanhamento em tempo real do fator de potência e suas variáveis, onde os dados são exibidos de forma online no supervisório do CCO.

As telas apresentam os registros de ocorrências, os valores atuais e históricos do fator de potência, geração de gráficos e a emissão de relatório que podem ser exportados em Excel, CSV ou PDF. Com as informações detalhadas, é possível ter mais assertividades e eficácia nas atuações, quando necessário.

Levando em consideração o custo total para implantação do projeto, foi realizado um investimento de R\$ 67.896,70 com aquisições de novos bancos, multimeditores, programação do supervisório e pequenas melhorias nos painéis. O custo-benefício, utilizando como referência o ano de 2022, teve um B/C de 3,73 e o Payback de 3,8 meses.

Figura 1: Tela de alarmes

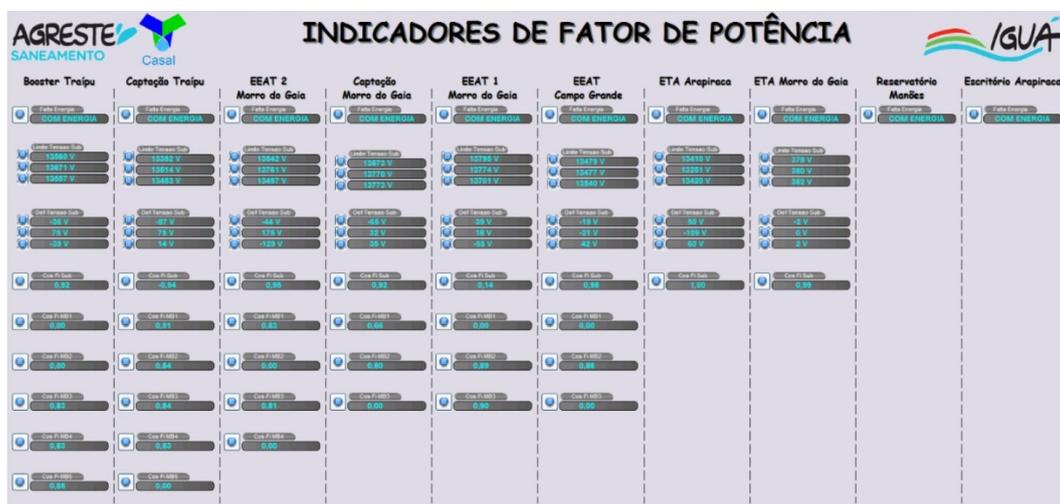
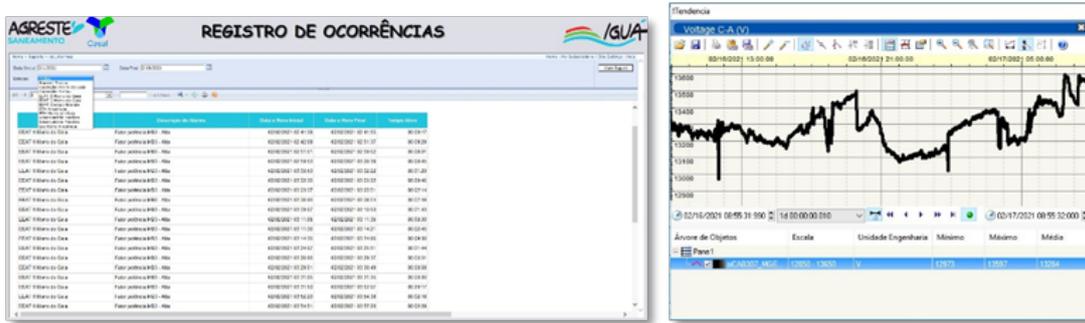


Figura 2 – Relatório com base de dados e gráficos acompanhados no supervisor do CCO.



RESULTADOS DO PROGRAMA

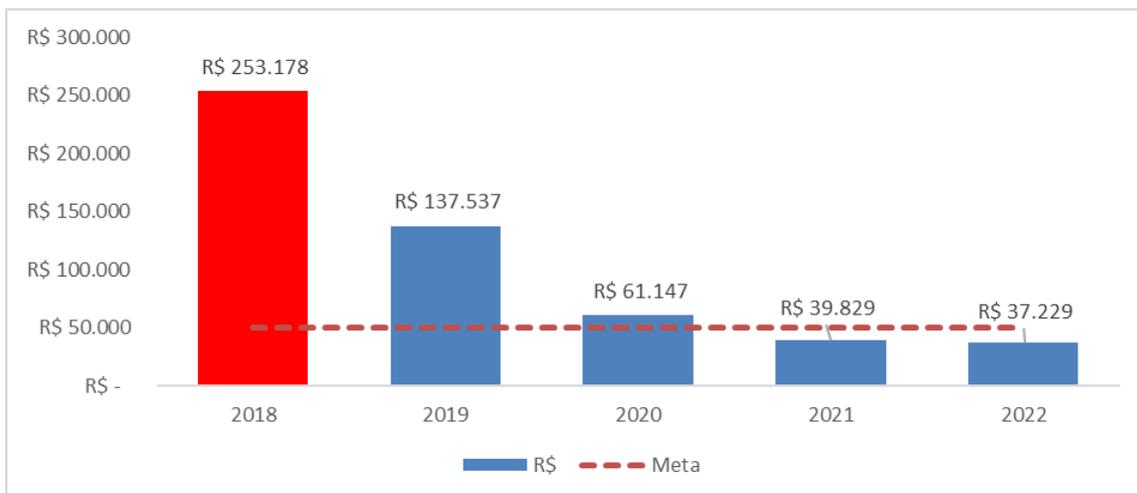
O programa tem como principais fundamentos a gestão da eficiência energética, redução de multas e redução no consumo de energia. De acordo com o contrato da Parceria Público-Privado (PPP), a CASAL faz o pagamento íntegro das contas de energia (com as multas inclusas) das unidades operacionais e a Agreste Saneamento faz o ressarcimento das multas com um acréscimo de 10%. De forma indireta, a sociedade é impactada positivamente com benefícios na redução do consumo de energia e elétrica e consequentemente a redução na emissão de gases de efeito estufa.

As principais melhorias decorrentes do programa são a redução de multa por baixo fator de potência e a redução de consumo de energia elétrica, não havendo mudanças no serviço prestado ao cliente. Apesar de não haver mudança na forma da prestação dos serviços, as melhorias implantadas são informadas mensalmente, para os clientes internos nas reuniões e para os clientes externos em reuniões, relatórios ou ofícios.

Em comparação entre o ano de 2018 (ano antes do início das implantações) e 2022 (dado mais atual) houve uma redução de 85% na multa por baixo fator de potência, um valor anual economizado de R\$ 215.949,00 (duzentos e quinze mil novecentos e quarenta e nove reais).

O resultado financeiro da multa pode ser visto no gráfico abaixo:

Gráfico 1 – Multas por baixo fator ao longo dos anos.



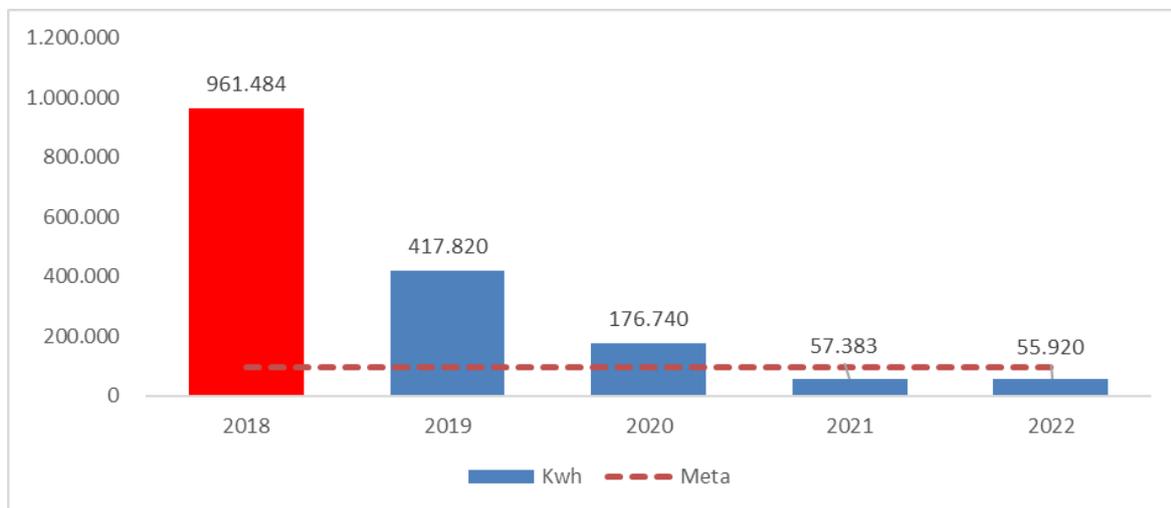
A energia reativa é o componente da energia elétrica que não realiza trabalho, mas é consumida pelos equipamentos com a finalidade de formar os campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento, porém quando consumida em excesso exige condutor de maior seção, transformador de maior capacidade, provocar perdas de energia por aquecimentos e provocar queda de tensão. Em resumo, a energia reativa irá sempre existir no sistema elétrico, mas quando em excesso, acarreta prejuízos aos equipamentos, financeiros e socioambiental.

Consumir energia reativa em excesso faz com que a unidade consuma mais energia elétrica para realizar o mesmo serviço ou trabalho.

Em 2018, o consumo de energia reativa foi de 961.484 KWh, em comparação a 2022, tivemos uma redução de 94%, uma diferença de 905.564 kWh, energia suficiente para abastecer cerca de 500 residências/mês. Essa economia de energia elétrica contribui com uma diminuição no impacto da grave crise energética que o Brasil o mundo vem passando. Esse resultado demonstra o impacto positivo tanto nas questões socioambientais.

O gráfico abaixo demonstra a diminuição contínua do consumo de energia reativa das unidades operacionais..

Gráfico 2 – Consumo de energia reativa longo dos anos.



Outro referencial comparativo para multa do baixo fator de potência está presente no indicador EE5 do ProEESA (Projeto de Eficiência Energética em sistemas de Abastecimento de Água) que é um projeto que constitui uma cooperação entre o Ministério das Cidades por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha sendo a parceria executada pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável.

O indicador pode ser compreendido abaixo:

Baixo fator de potência (%)

Ficha de Indicador 7 - Baixo fator de potência (%)

Baixo fator de potência (%)

Faturas de unidades consumidoras de energia que tiveram o pagamento de energia reativa por baixo fator de potência das instalações.

$$EE5 = \frac{dE9}{dE10} \times 100$$

dE9 – Número de faturas onde o valor do pagamento de energia reativa ultrapasse 2% do valor total da fatura (nº./ano)

dE10 – Número de faturas de unidades consumidoras existentes (nº./ano)

Período de referência – um ano completo

Meta e valores de referência

Meta: 0 no ano [valor a definir]

Valor bom: inferior a 5%

Valor mediano: entre 5% e 10%

Valor insatisfatório: superior a 10%

A evolução dos resultados pode ser vista na tabela abaixo.

Tabela 3 – Resultado do indicador referencial do baixo fator de potência.

	2018	2019	2020	2021	2022
dE9	19	13	12	4	1
dE10	96	96	96	96	96
EE5	19,79%	13,54%	12,50%	4,17%	1,04%

Observasse que até 2020 os valores eram insatisfatórios, estavam acima de 10% e em 2021 o valor enquadrado como inferior a 5% e se enquadrado como valor bom.

A distribuição de energia acontece com o funcionamento de dois componentes que se complementam: a energia ativa e a energia reativa. Ambas sempre vão existir, mas é necessário que haja um equilíbrio funcional entre elas. O consumo de energia reativa implica em multas por baixo fator de potência, é a quantidade de energia reativa consumida que irá determinar o valor aplicado da multa. Alguns estudos apontam que a multa do baixo fator de potência não deve ultrapassar de 0,4% do valor da conta de energia para ser considerado bom, mas nada comprovado. Porém, é certo dizer que quanto menor o valor, melhor para saúde financeira da empresa. Abaixo, segue a porcentagem da relação entre valor de multa por baixo fator de potência e valor total da conta de energia.

Tabela 4 – Comparativo entre valor da multa e da conta de energia

Multa por baixo fator de potência x valor total da conta de energia				
2018	2019	2020	2021	2022
1,71%	0,85%	0,34%	0,15%	0,15%

Em 2018 o valor pago com multas de baixo fator de potência ultrapassou 1,7% do valor pago com contas de energia e em 2021 o valor pago ficou em apenas 0,15%, uma redução com grandes impactos positivos para companhia.

CONCLUSÃO

O programa demonstrou que a implantação de um sistema capaz de identificar as anormalidades para que as manutenções sejam realizadas com agilidade tem êxito na redução de custos operacionais e consumo de energia desnecessária.

A principal mudança e evolução criada no grupo foram as formas de trabalho utilizando o pensamento mais crítico e analítico na resolução dos problemas, tendo uma visão global nas buscas dos resultados.

À medida que o projeto foi sendo executado, os integrantes proporcionaram soluções inovadoras com ganhos reais ao projeto, a recuperação dos bancos capacitores na própria oficina é um exemplo prático dessa multifuncionalidade. Os integrantes realizaram manutenções em banco capacitores reutilizando peças de bancos capacitores que já estavam fora de uso, agregando ainda mais valor nos resultados do projeto.

Para os anos futuros, a previsão de mantermos os valores da meta, podendo ser revisada a meta a partir de novas melhorias implantadas.

É importante destacar, que para o programa funcionar se faz necessário ter um sistema de banco capacitores instalados nas unidades, que o que por si só geram resultados, mas que nas falhas vão ficar consumindo uma energia desnecessária até a sua identificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOMES, H. P. Sistemas de Saneamento - Eficiência Energética. João Pessoa-PB. Editora Universitária,
2. 2010. 1. Ed. 366 p.
3. Propostas para abordar a EFICIÊNCIA ENERGÉTICA em Normas de Referência Nacionais de Saneamento. ProEESA, 2021.
4. Eficiência Energética. Volume 5, Versão revisada. SNSA, 2018.
5. Lei Federal 14.026/2020
6. Portaria GM/MS nº 888/21
7. Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021, Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL)