



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Projeto e Implementação de um Banco De Capacitores em um Ambiente Hospitalar da Grande Vitória – ES

André Antônio Massaria
Faculdade Brasileira Multivix – Vitória

Adan Lucio Pereira
Faculdade Brasileira Multivix – Vitória

Resumo: Os ambientes hospitalares dependendo da tecnologia utilizada pode ter um valor agregado maior caso estes não se preocupem com a questão de eficiência energética. Assim o mesmo destina recursos para pagamento de um tipo de energia que não produz trabalho, sendo que esse recurso poderia ser investido em melhorias para assistência ao paciente. Este estudo tem por objetivo apresentar uma forma de redução do consumo de energia reativa através da implantação de um projeto piloto de banco de capacitores, que visa a correção do fator de potência de uma instalação elétrica de um hospital de grande porte. O estudo foi realizado através de levantamento de dados diretamente na instalação elétrica, cálculos matemáticos, levantamento de custos de aplicação e avaliação de custo benefício de implantação do sistema. O projeto mostrou-se efetivo no que tange a redução do consumo de energia reativa e melhora do fator de potência da instalação validando o estudo proposto e trazendo retorno financeiro para a instituição.

Palavras-chave: Hospital, eficiência energética, energia reativa.

Design and Implementation of a Capacitor Bank in a Hospital Environment of Grande Vitória - Es

Abstract: Hospital environments depending on the technology used can have a higher added value if they are not concerned with the issue of energy efficiency. Thus, it allocates resources to pay for a type of energy that does not produce work, and this resource could be invested in improvements for patient care. This study aims to present a way to reduce reactive energy consumption through the implementation of a capacitor bank pilot project, which aims to correct the power factor of an electrical installation in a large hospital. The study was carried out through data collection directly in the electrical installation, mathematical calculations, survey of application costs and cost benefit evaluation of the system implementation. The project proved to be effective in terms of reducing reactive energy consumption and improving the installation's power factor, validating the proposed study and bringing financial returns to the institution.

Keywords: Hospital, energy efficiency, reactive energy.

1. Introdução

Com o crescimento populacional e desenvolvimento urbanização a demanda de recursos ocorre em uma maior quantidade, principalmente no setor energético. Diante da realidade de crescimento do número de usuários de recursos energéticos faz-se necessário maior eficiência na distribuição de energia, sendo a energia reativa um dos problemas que refletem diretamente nessa questão (CARDOSO, 2019).

Conhecida por ser uma energia que não produz trabalho, a energia reativa é necessária para que alguns equipamentos executem seu funcionamento. Entre os principais equipamentos estão os motores de indução trifásicos, além de computadores, transformadores, geladeiras, ar condicionado, entre outros (CARDOSO, 2019).

A energia reativa é responsável por produzir o fluxo magnético necessário nos enrolamentos das bobinas dos equipamentos indutivos, para que movimento de giro do eixo dos motores possa ser iniciado. Mesmo sendo necessária, conforme mencionado anteriormente, a utilização de energia reativa no sistema elétrico deve ser a mínima possível, visto que a sua utilização em excesso acaba trazendo prejuízos para a instalação elétrica. Sendo que estes podem ser financeiros, devido à necessidade utilização de condutores de maior seção e transformadores de maior potência, e de eficiência do sistema, queda de tensão na instalação e até perdas por aquecimento (COELBA, 2020).

Quando a energia reativa tem um aumento de seu tráfego no sistema elétrico, a rede tem sua capacidade de distribuição diminuída. A redução da capacidade de distribuição da rede, oriunda da energia reativa, traz ônus cobrados pelas concessionárias distribuidoras de energia sobre o excedente de consumo de energia reativa. A cobrança tem caráter obrigatório para consumidores enquadrados no grupo A (Alta Tensão - Superior a 2,3 KV), tem caráter facultativo para consumidores que se enquadram nos subgrupos B2, B3 e B4 que pertencem ao grupo B mas possuem tensão de alimentação inferior a 2,3 KV. E por fim tem caráter de proibição para consumidores do subgrupo B1, também pertencente ao grupo B, mas correspondente a tensões residências. Toda essa classificação entre grupos e subgrupos, para cobrança sobre o excedente, segue em acordo com a Resolução Normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010 (ANEEL, 2010).

Considerando os prejuízos trazidos pelo excesso de energia reativa nas redes de distribuição, as grandes empresas de produtos e equipamentos que dependem de energia elétrica para o seu funcionamento, vem buscando aprimorar a construção de seus produtos no ponto de vista energético e conseqüentemente reduzir o consumo de energia reativa requerido para o funcionamento de seus bens. Isso traz melhora para a rede de geração e distribuição de energia, pois a busca pela construção do produto com melhor fator de potência, defasagem entre a tensão e corrente, faz com que se tenha produtos mais eficientes do ponto de vista energético (CARDOSO, 2019).

Os denominados grandes consumidores enquadrados no grupo A, indústrias, hospitais e estabelecimentos comerciais de grande porte, já possuem mecanismos inseridos em suas instalações elétricas a fim de reduzir, ou até mesmo mitigar o consumo e efeitos da energia reativa em suas instalações elétricas. Fato esse que não ocorre para pequenos consumidos, enquadrados no subgrupo B1 do grupo B, que muitas vezes desconhecem a existência desse tipo de energia, não possuem essa tarifa em sua conta, visto que não são tarifados para tal grandeza e também não existem veiculadas informações que exponham a informação ao pequeno consumidor e o incentive a buscar bens que não consumam esse tipo de energia (CARDOSO, 2019).

Sendo assim, siga as instruções e formate seu artigo de acordo com este padrão. Recomenda-se, para isso, o uso dos estilos de formatação pré-definidos que constam deste

documento. Para tanto, basta copiar e colar os textos do seu trabalho original diretamente em uma cópia deste modelo que está sendo apresentado.

2. Metodologia da Pesquisa

O estudo foi realizado através de pesquisa em campo, análise de contas de energia elétricas, cálculos matemáticos e implantação de projeto piloto. O caso que será apresentado neste trabalho foi implementado em um hospital da Região Metropolitana da Grande Vitória.

A estrutura do hospital tem como tensão de entrada na subestação $11,4kV$ sendo essa tensão transformada em $220V$ trifásicos. A transformação ocorre dentro da subestação através de transformadores de $750kVA$. Portanto, levando em consideração a tensão de entrada da subestação, o hospital enquadra-se no grupo A de consumidores e precisa ter no mínimo um fator de potência de 0,92. (ANEEL, 2013).

Este ambiente tem uma demanda de carga energética contratada junto a concessionária de $570kWh$. Essa demanda é oriunda da grande quantidade de equipamentos que utilizam de energia elétrica para seu funcionamento. Com um setor de imagem próprio, o hospital tem grande consumo energético requerido por duas tomografias computadorizadas de $290kVA$ e dois aparelhos de raio-X de $300kVA$.

Outros dois grandes consumidores de energia são os *Chiller's* (equipamentos destinados a refrigeração de água utilizada em equipamentos de ar condicionado do tipo Hidrônico) que com uma capacidade de carga demandada de $1,336MW$ são grandes consumidores de energia ativa e reativa.

Para atender a todas essas demandas energéticas a instituição possui uma subestação responsável pelo recebimento de energia elétrica da concessionária, transformação e distribuição de energia pelos setores do hospital. A energia chega através das cabines primária a uma tensão de $11,4kV$. A energia passa pelos barramentos de proteção e alimenta dois transformadores (um de $750kVA$ e outro de $500kVA$), que são responsáveis por abaixar o nível de tensão de entrada para as tensões utilizadas ($380/220/127V$) nos equipamentos consumidores de carga do hospital. Saída dos transformadores a tensão alimenta os quadros de barramentos de distribuição geral que por sua vez alimenta todos os 58 quadros elétricos distribuídos pelos diversos ambientes da instituição.

2.1. Estrutura de Recebimento, Transformação e Distribuição de Energia

A Figura 01 representa o estado do fator de potência através do multimedidor paramétrico MULT-K PLUS da fabricante KRON. Esse medidor permite monitoramento de parâmetros de fornecimento de energia tais como tensão de fase, corrente de fase, fator de potência, potência ativa, potência reativa, aparente, etc. (KRON, 2017).

Figura 01 – Instrumento de Medição



Fonte: Autoria própria

A entrada de energia fornecida pela concessionária é de $11,4kV$, esta entra nos cubículos e é direcionada aos transformadores. Saindo dos cubículos, a alimentação é direcionada para os transformadores de $750kVA$ e $500kVA$. Os transformadores são do tipo a seco da fabricante Romagnole (2020)

Após ter sua tensão abaixada de 11,4 kV para 220 – 127 V nos transformadores, a alimentação entra no QGBT onde está aplicado o medidor, e de onde sai a distribuição para os quadros elétricos dentro da edificação. O QGBT fornece alimentação para todas as cargas da edificação, incluindo as principais cargas indutivas.

2.2. Cargas Principais Consumidoras de Energia Reativa

As cargas da edificação responsáveis pelo maior consumo de energia reativa são três equipamentos de resfriamento de água (Chiller) e bombas de recirculação de água gelada, ambos apresentados na Figura 02.

Figura 02 – Cargas, em (a) Chiller, em (b) Bombas de recirculação de água gelada



Fonte: Autoria própria (2019)

Os chillers são da fabricante Carrier com modelo 30RBA com 190 toneladas de refrigeração, necessitando de grande quantidade de energia com potência de trabalho podendo atingir valores acima de 230kW (CARRIER, 2020). O conjunto composto por oito motores, responsável pela recirculação de água gelada, são da fabricante WEG e possuem características de trabalho conforme Tabela 1

Tabela 1 – Levantamento de dados de motores

Equipamento	Fabricante	Potência (kW)	Fator de Potência	Alimentação (V)	Corrente (A)
Motor Trifásico	WEG	3,70	0,80	220	13,80
Motor Trifásico	WEG	5,50	0,82	220	19,60
Motor Trifásico	WEG	15,00	0,80	220	53,30
Motor Trifásico	WEG	15,00	0,80	220	53,30
Motor Trifásico	WEG	15,00	0,80	220	53,30
Motor Trifásico	WEG	15,00	0,80	220	53,30
Motor Trifásico	WEG	5,50	0,82	220	19,60
Motor Trifásico	WEG	5,50	0,82	220	19,60

Fonte: Autoria Própria

A concessionária de energia cobra da instituição o consumo de energia reativa, sendo este de grande impacto no orçamento mensal, além de desperdício energético e impacto causados ao meio ambiente pela produção de dióxido de carbono oriunda da geração de energia.

Foi realizado o estudo do histórico de contas de energia a fim de mensurar a quantidade de energia reativa consumida pelo hospital em um período de 12 meses e também realizado o levantamento de custos gerados oriundos desse consumo. Assim foi possível mensurar

a quantidade e valor gasto com energia reativa pela instituição. O período de 12 meses escolhido para estudo está compreendido de janeiro a dezembro de 2017.

2.2. Projeto Piloto e Dimensionamento do Banco de Capacitores

Quando se fala em instalações e/ou equipamentos elétricos, a primeira coisa que se pensa é em potência. Desde uma lâmpada a um equipamento de ar condicionado existe consumo de potência. A potência pode ser medida instantaneamente ao longo do tempo, através do produto entre a corrente instantânea e tensão da fonte de alimentação no circuito.

O Hospital bem como a maioria das instalações residenciais é composto por circuitos que são alimentados por fontes de correntes alternadas. Em circuitos de corrente alternadas existem três tipos diferentes de potência: ativa, reativa e aparente. Sendo que o valor de cada uma delas dependerá do tipo de carga alimentada pela fonte de corrente alternada.

Capacitores são usados dentro de um sistema elétrico com dispositivos que permitem a correção do fator de potência. São dispositivos com preços relativamente baixos e que trazem melhoras no sistema de energia além de economia quando aplicados de forma correta. Estes equipamentos, quando instalados em condições normais, podem ter uma vida útil prolongada, contudo em circuitos não lineares podem ser danificados e ter sua vida útil reduzida (SOUSA, 2019).

Os capacitores ou bancos de capacitores podem ser ligados em paralelo ou seria ao sistema elétrico, dependendo da configuração do sistema. O Banco pode ter ligação em estrela ou delta, isso dependerá exclusivamente da instalação. Em instalações de até 2,4 kV a ligação em delta é mais utilizada. Já para tensões superiores recomenda-se o uso de ligação em triangulo, pois os custos de proteção do sistema seriam elevados, inviabilizando a instalação (SOUSA, 2019).

O dimensionamento do banco de capacitores foi realizado levando em consideração os dados históricos de consumo de energia reativa em um período de 12 meses dentro do ano de 2017, sendo estes valores de consumo obtidos das faturas de energia do período. Através dos dados foi possível realizar o cálculo matemático da potência reativa necessária para corrigir o fator de potência.

Tendo informações concretas sobre a quantidade de potência requerida para correção do fator de potência, foi realizado a pesquisa de mercado para levantar os tipos de capacitores comercializados e seus respectivos custos. Considerando o cálculo do banco de capacitores para tornar o fator de potência da unidade analisada em 0,92, e avaliando os custos de aquisição dos mesmos, foi apresentado a direção do hospital o custo benefício de investimento em um projeto piloto e o prazo para retorno do investimento.

3. Resultados

Tendo os dados iniciais das potencias e fator de potência da instalação, e aplicando cálculos matemáticos, tem-se, conforme Tabela 02 o seguinte resultado de energia reativa necessária para que o fator de potência seja corrigido ao valor mínimo de 0,92.

Analisando a necessidade de potência a ser instalada e o custo inicial para implantação do projeto em sua totalidade, optou-se por implantar o projeto de forma parcial. Foi disponibilizado recurso para investimento em quatro capacitores de 10kVAr, conforme mostrado na Figura 3, totalizando assim uma potência de 40kVAr. O valor para aquisição desses capacitores foi de R\$ 1.000,00.

no consumo de energia reativa, conforme mostrado em comparativo na Figura 18, na qual é mostrado o cenário antes e depois da instalação do banco de capacitores.

Figura 05 – Fator de potência após a aplicação do banco de capacitores



Fonte: Autoria Própria

Figura 06 – Comparativo de consumo: (a) Energia Reativa antes em (b) Energia Reativa depois



(a)



(b)

Fonte: Autoria Própria

A implantação do projeto piloto foi executada no dia 25/07/2018. Com a implantação do desse banco conseguiu-se atingir um fator de potência de 0,87, logo houve uma melhoria significativa no que tange ao fator de potência e consumo de energia reativa.

A melhora do fator de potência trouxe retorno financeiro para o hospital e redução no consumo de energia reativa, conforme mostrado nas Tabelas 03 e 04. Nestas tabelas foram obtidos através de tabulação de valores obtidos dos históricos de contas de energia junto a concessionaria EDP. Analisando as contas mostradas pode-se mensurar o ganho obtido com a inserção do banco de capacitores do circuito.

Os períodos comparativos são de junho a dezembro de 2017 (período antes da instalação do banco de capacitores) e junho a dezembro de 2018 (período após a instalação do banco de capacitores).

Tabela 3 – Valores gastos com energia reativa

Valor Total Mensal Total de Reativa excedente			
Ano	2017	2018	2019
Janeiro	R\$ 3.653,29	R\$ 3.915,77	R\$ 1.387,83
Fevereiro	R\$ 3.158,27	R\$ 3.545,23	R\$ 1.094,10
Março	R\$ 3.706,86	R\$ 3.678,52	R\$ 1.274,48
Abril	R\$ 3.188,96	R\$ 3.195,25	R\$ 1.151,10
Mai	R\$ 2.298,00	R\$ 3.509,30	R\$ 855,08
Junho	R\$ 2.723,36	R\$ 2.879,87	R\$ 544,65
Julho	R\$ 2.276,26	R\$ 2.514,76	R\$ 273,63
Agosto	R\$ 2.852,51	R\$ 906,57	R\$ 83,40
Setembro	R\$ 2.838,62	R\$ 574,68	R\$ 678,90
Outubro	R\$ 3.594,86	R\$ 1.940,99	R\$ 911,23
Novembro	R\$ 3.277,87	R\$ 2.880,15	R\$ 435,79
Dezembro	R\$ 4.317,67	R\$ 2.416,41	R\$ 710,58

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4 – Consumo de energia reativa

Consumo Mensal Total de Energia Reativa em KWh			
Janeiro	2017	2018	2019
Fevereiro	15.638,40	14.794,92	4.575,60
Março	13.519,44	13.394,88	3.607,20
Abril	15.867,72	13.898,52	4.201,92
Mai	16.441,56	12.072,60	3.795,12
Junho	10.533,60	13.259,16	2.819,16
Julho	11.948,76	10.881,00	1.795,68
Agosto	9.987,12	9.501,48	902,16
Setembro	11.609,64	3.146,40	306,00
Outubro	10.725,12	1.894,68	2.700,36
Novembro	13.582,44	6.399,36	3.624,48
Dezembro	12.384,72	9.495,72	1.733,40
Janeiro	16.313,40	7.966,80	2.826,36

Fonte: Autoria Própria

No gráfico apresentado na Figura 07, é possível ter uma visão macro da redução de valores

Figura 07 -Comparativo de Gastos Anuais com Energia Reativa



Fonte: Autoria Própria

O gráfico da Figura 08 mostra o valor gasto com energia reativa no mesmo período, porem em anos diferentes. Em 2017 no período acima mencionado o banco de capacitores não havia sido instalado.

Já no ano de 2018 analisando o mesmo período após a instalação do banco de capacitores é possível notar uma redução de mais de 35% no valor gasto com energia reativa. Considerando o valor médio mensal do período tem-se uma redução de mais de 54% comparando 2017 e 2018.

Figura 08 -Comparativo de Gastos Anuais com Energia Reativa



Fonte: Autoria Própria

A Figura 09 mostra o valor de consumo com energia reativa no mesmo período, porém em anos diferentes. Em 2017 no período acima mencionado o banco de capacitores não havia sido instalado.

Já no ano de 2018 analisando o mesmo período após a instalação do banco de capacitores é possível notar uma redução de mais de 75% no consumo com energia reativa. Considerando o valor médio de consumo mensal do período tem-se uma redução de mais de 75% comparando 2017 e 2018.

Figura 09 -Comparativo de Gastos Anuais com Energia Reativa



Fonte: Autoria Própria

4. Considerações Finais

O projeto piloto proposto neste trabalho apresentou resultados eficientes quanto a redução dos custos, dessa forma, com um pequeno valor investido, o retorno financeiro com a redução de valores pagos com energia reativa ultrapassou 200% comparando os valores gastos em 2017 e 2019.

Houve a melhora no fator de potência da instalação elétrica da instituição, conseqüentemente o desperdício de energia reativa e de recursos que puderam ser destinados definitivamente a outras áreas envolvidas diretamente na assistência ao paciente. Além de tornar o hospital mais sustentável, visto que a redução do consumo de energia reativa está diretamente ligado a emissão de dióxido de carbono produzido na geração da energia elétrica.

Os resultados apresentados mostram que o projeto se faz efetivo alcançando valores satisfatórios, tornando o custo benéfico de grande valia para a instituição. O investimento inicial foi pago com a redução no consumo de energia reativa. Com este projeto piloto conseguiu-se mensurar o retorno e a viabilidade de implantação do projeto em 100% de sua plenitude.

Referências

ANEEL, 2010 – **Resolução Normativa nº 414** – disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>

ANEEL, 2013 - **Resolução normativa nº 569, Art.: 95** - disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013569.pdf>

CARDOSO, J. V. N.; DE SOUZA, N. N.; DOS SANTOS, N. G. T.; RABELLO, M.O.; PIRES, P. V. L.; COELLI, P. H. S.; ... & MAGRI, L. P. (2019). **Análise crítica do fator de potência em lâmpadas fluorescentes compactas**. ANALECTA-Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, 4(4).

CARRIER, 2020 – **Folha de dados de equipamentos** – disponível em https://img.carriero brasil.com.br/downloads_docs/d3453-CT-30RB-080-300---P---06-18--view-.pdf

COELBA, 2020 – **Energia reativa. O que é energia reativa?** Disponível em: <http://servicos.coelba.com.br/comercial-industrial/Pages/energia-reativa.aspx>

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 13 ed. Rio de Janeiro, 1995. 517p

EDMINISTER, J.A. **Circuitos Elétricos**. 2 ed. São Paulo, 1991. 579p.

KRON, 2017 – **Manual técnico de equipamento** – disponível em - [www.kronweb.com.br > download2](http://www.kronweb.com.br/download2)

NISKIER, J.; MACINTYRE, A.J. **Instalações elétricas**. 4 ed. Rio de Janeiro, 1996. 545p

ROMAGNOLE, 2020 – **Catalogo técnico de equipamentos** – disponível em (https://www.romagnole.com.br/uploads/filemanager/produtos/2689200322/download/br/Catalogo_de_Transformadores.pdf)

SOUSA, L. M. O. D. (2019). **Análise da qualidade de energia de um banco de capacitores de uma indústria em Sobral-Ceará**.