

## EFICIÊNCIA E QUALIDADE ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS – ESTUDO DE CASO NAS INSTALAÇÕES DO IFC – CAMPUS LUZERNA

**Autores:** João Pedro SCHEURICH, Marcos FIORIN, Jessé de PELEGRIN, Tiago DEQUIGIOVANI.

**Identificação autores:** Bolsista FAPESC/IFC; Orientador IFC-Campus Luzerna; Colaboradores IFC-Campus Luzerna.

### Introdução

Nas últimas décadas a demanda por energia elétrica tem crescido significativamente, e para suprir tal necessidade, foram realizados grandes investimentos em novas fontes energéticas. Também há grande incentivo para uso de técnicas/métodos de economia de energia, nos mais variados tipos de consumidores, especialmente os consumidores públicos. De acordo com a EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS (2015), o setor público representa 6,4% do consumo de energia elétrica do país, e segundo ELETROBRÁS et al. (2006) um dos maiores responsáveis por esse consumo são os sistemas de iluminação e de climatização.

Alinhado a este tema, o presente trabalho está focado na análise da qualidade e eficiência energética das instalações do Instituto Federal Catarinense *Campus Luzerna* – IFC, que ao longo de seus 6 anos de existência vem sendo estruturado. Novas edificações e ampliações, novos equipamentos, e o aumento no número de servidores e estudantes demandam adequações no seu sistema elétrico. Atualmente o *campus* possui dois blocos de ensino, denominados blocos A e B, com áreas de 1.787,67 m<sup>2</sup> divididos em 2 pavimentos e 2.808,99 m<sup>2</sup> divididos em 3 pavimentos respectivamente, onde são exercidas todas as atividades de ensino.

A realização deste trabalho baseia-se nos estudos apresentados por Pinto (2011), Fernandes (2012) e Nunes (2010), que propuseram uma análise de eficiência e/ou qualidade energética de consumidores e apresentaram planos de ações que viabilizam a melhora dos índices. Dentre as adequações sugeridas pelos autores estão o estudo da eficiência dos sistemas de iluminação e climatização e ainda, a análise tarifária e correção do fator de potência. Especificamente na obra de Pinto (2011), o autor apresenta a análise do retorno do investimento das ações corretivas propostas e o resultado é favorável às adequações.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa apresentada consiste em analisar a eficiência e a qualidade energética dos blocos de ensino do IFC - *Campus Luzerna*, a fim de que se possa identificar com detalhes os problemas relatados. A análise tem a finalidade de determinar o perfil de consumo de energia elétrica, de modo a detectar eventuais cargas problemáticas, consumo excessivo e/ou baixo aproveitamento de energia elétrica. Além disso, deseja-se determinar o perfil da tensão elétrica, quantificar distorções harmônicas e o fator de potência das instalações elétricas, entre outros, e se necessário subsidiar possíveis adequações nas instalações do *campus*. Neste resumo proposto são apresentados alguns resultados preliminares da pesquisa que está em andamento.

### Material e Métodos

Para o desenvolvimento desse projeto dados de consumo de energia e dados inerentes à qualidade da energia foram obtidos através de um analisador de energia com

memória de massa (modelo ET-5060C-1102), e também de um multimedidor de grandezas (modelo PM5330) com comunicação em rede industrial via protocolo Modbus RTU, associado a 3 transformadores de corrente 300/5A 0,6C5. Os dados foram coletados com o auxílio de um sistema de supervisão e aquisição de dados.

Instalou-se o multimedidor de grandezas na cabine elétrica de alimentação do IFC, junto ao quadro de distribuição geral, conectado ao barramento geral, onde efetuou-se a aquisição das grandezas elétricas do lado da baixa tensão do transformador. Já o analisador de energia, que é portátil, já realizou, até o momento, a aquisição nos circuitos gerais do bloco B, e encontra-se em processo de aquisição das grandezas do circuito geral do bloco A.

O período de aquisição das grandezas elétricas adotado, para o analisador de energia, é de 15 dias seguidos para cada circuito, desprezando semanas com feriados. Já o multimedidor é estático e mede continuamente as grandezas elétricas no barramento geral. O período de integração é de 10 minutos, conforme a norma internacional EN 50160. Durante a etapa de aquisição de dados, foram armazenados dados de corrente, tensão, frequência, as potências, ativa, reativa e aparente, fator de potência, níveis de cintilação luminosa (*flicker*), índices de distorção harmônica, consumo máximo, entre outros. A análise dos dados é feita através software do próprio equipamento e planilhas.

Os resultados apresentados neste documento consideram os períodos de funcionamento da instituição. O início das atividades no *campus* ocorre às 6h da manhã com as atividades de limpeza, e as atividades de ensino ocorrem das 7h30 às 12h, 13h às 17h30h e 18h30 às 22h30. Esse padrão se repete semanalmente de segunda a sexta-feira, aos sábados esporadicamente ocorrem atividades, e aos domingos o *campus* mantém-se fechado.

## Resultados e discussão

Nos primeiros meses do ano de 2016 foram realizadas medições de diversas grandezas elétricas no IFC *Campus* Luzerna com o intuito de identificar o perfil de consumo elétrico e nortear a pesquisa em busca de indicadores da eficiência e da qualidade da energia elétrica. O início da análise deu-se pela curva de carga típica, ilustrada na Fig. 1. Para isso, obteve-se a curva de potência ativa, referida em p.u., com potência base igual à demanda máxima observada no período de Janeiro a Abril (109,06 kW), através da média do consumo de 21 dias úteis do mês de Março de 2016. Naturalmente o aspecto da curva reflete os horários das atividades do *campus*, e têm o pico de consumo em aproximadamente 14h. A análise das faturas de energia verificou que a demanda de 130 kW contratada na modalidade de tarifação horo-sazonal verde mostra-se adequada ao perfil atual do *campus*.

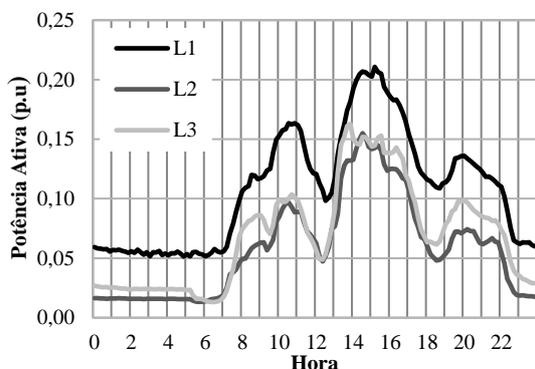


Figura 1. Curva de carga típica do *campus*.

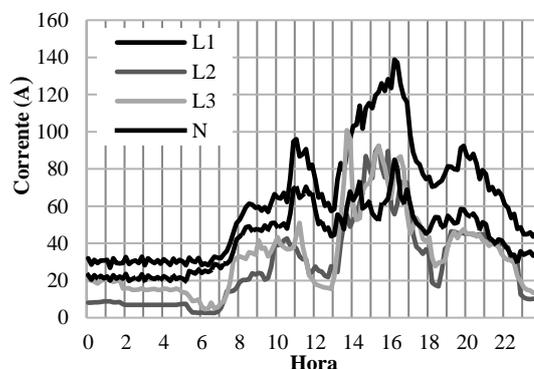


Figura 2. Correntes de Fase e de Neutro no circuito geral.

A análise da curva de carga também mostra a alta densidade de cargas monofásicas mal distribuídas entre as fases. Na análise dos dados de corrente amostrados verificou-se que durante o expediente do *campus* podem ser observados desequilíbrios de corrente da ordem

de 70% com relação à fase mais carregada que é a fase L1. Sabe-se que sistemas trifásicos desequilibrados tem como consequência a circulação de correntes de neutro. A Fig. 2 ilustra o perfil das correntes das 3 fases e do neutro durante um período de 24h de um dia típico. Percebe-se que a corrente de neutro, em grande parte do dia, tem amplitude superior à das correntes L2 e L3. Desse modo, é essencial fazer o refinamento da análise para que se possa redistribuir as cargas de forma equilibrada. Certamente uma parcela da corrente de neutro verificada na Fig. 2 é também proveniente de correntes harmônicas geradas pelo excesso de cargas eletrônicas, principalmente reatores de lâmpadas fluorescentes e computadores.

Para complementar a análise é apresentada na Fig. 3 o comportamento da distorção harmônica total de corrente durante um período de 30 dias de expediente no *campus*. Na figura observa-se que do total de amostras, as fases L1, L2, e L3 permanecem a maior parte do tempo com THD de corrente na ordem de 40%, 20%, e 20% respectivamente. Para minimizar os índices de harmônicos, é necessária a investigação das componentes harmônicas mais significativas e propor a instalação de filtros harmônicos. Uma recomendação presente na norma internacional IEEE Std. 1159-1995 sugere que o nível THD de corrente seja de no máximo 20% para pequenos consumidores, entretanto a atualização da norma ocorrida em 2009 deixou de estabelecer limites de THD de corrente.

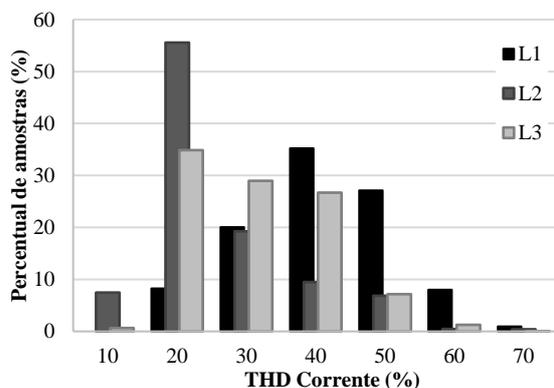


Figura 3. Histograma do THD de corrente durante período de 30 dias.

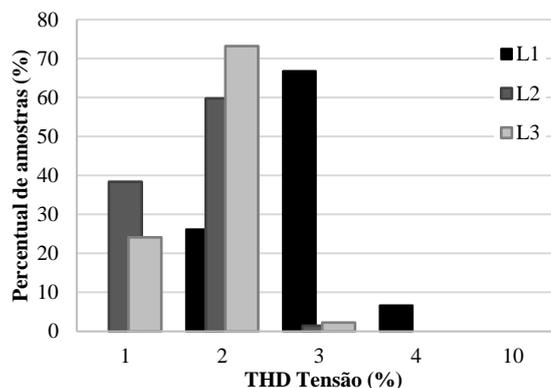


Figura 4. Histograma da THD de tensão durante período de 30 dias.

O índice de distorção harmônica total (THD) sobre a tensão também foi avaliado. De acordo com o PRODIST (2011) o percentual máximo de THD sobre a forma de onda da tensão é de 10%. Já de acordo com a norma internacional EN 50160, o nível máximo aceitável de THD de tensão é de 8%. A Fig. 4 apresenta os níveis mensurados de THD no decorrer de 30 dias úteis, e nesta é possível verificar que o nível máximo de THD é de 3,57% do valor eficaz da tensão fundamental, ocorrida na fase mais carregada, L1. Com base nos valores apresentados, comprova-se que neste critério estão atendidas ambas normas citadas.

Com relação à amplitude da tensão, o módulo 8 do PRODIST (2011) impõe que os níveis aceitáveis para a tensão nominal de fase 220V devem estar compreendidos entre 202 V e 231 V. Após a aquisição dos níveis de tensão durante 30 dias úteis foi possível notar que todas as medições se concentram dentro da faixa aceitável, e cerca de 80% das leituras compreendem a faixa entre 215 V e 225 V. Os níveis de tensão, com base na análise exposta, estão dentro níveis aceitáveis atendendo ao PRODIST, o que elimina a necessidade de troca de tap do transformador.

O próximo fator relacionado à qualidade de energia analisado é o fator de potência, que no Brasil é regulamentado pela ANEEL, e deve estar compreendido entre  $0,92 \leq FP \leq 1$ , seja ele capacitivo ou indutivo. A Fig. 5 traz o histograma do fator de potência de deslocamento observado no mês de Maio. O fator de potência de deslocamento considera

somente a componente fundamental da tensão e corrente, sem considerar distorções harmônicas na corrente e tensão.

Na Fig. 6 é apresentado o fator de potência real das 3 fases obtidos no mês de Março de 2016, e verifica-se que o índice atende parcialmente a resolução nº 414 da ANEEL, e consequentemente o *campus* está sujeito a multa a ser aplicada pela concessionária de energia elétrica devido ao baixo fator de potência. As análises das últimas 4 faturas de energia elétrica mostram que a instituição pagou R\$ 45,72 à concessionária em razão do excedente de energia reativa.

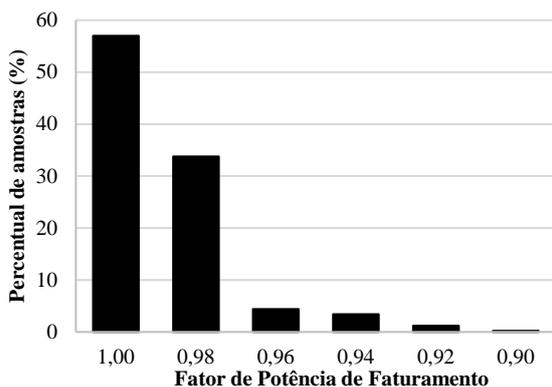


Figura 5. Histograma do fator de potência de faturamento amostrado no período de 30 dias corridos.

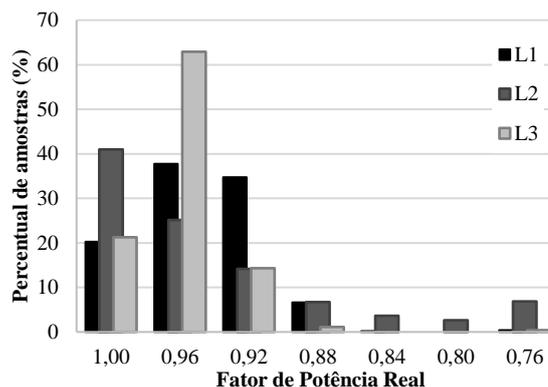


Figura 6. Histograma do fator de potência real amostrado no período de 30 dias corridos.

Atualmente o fator de potência é corrigido através de um sistema de bancos capacitivos. Um controlador automático (modelo RVC 12 – 1/5 A da ABB) comanda a interligação de 11 módulos capacitivos trifásicos de 2,5 kVAr cada ao barramento geral. O controlador utiliza somente os parâmetros de tensão e corrente de uma linha para realizar o controle do fator de potência. Isto pode resultar em muitos problemas em instalações onde a maior parte das cargas são monofásicas e não uniformemente distribuídas, como é o caso do *campus*. Este modo de operação faz com que a correção do fator de potência seja imprecisa. Durante os estudos também verificou-se um erro de configuração do controlador, que exigia um número excessivo de manobras dos módulos capacitivos.

O estudo da qualidade da energia no *campus* também considerou a análise das cintilações luminosas (*flicker*) para severidade de curta duração (Pst) e severidade de longa duração (Plt). Conforme o PRODIST (2011), os índices de Pst e Plt devem ser menores que 1,0 p.u. para 95% das medidas, e menores que 0,8 p.u. para 95% das medidas em uma semana, respectivamente. Após 1008 amostras tomadas em uma semana considerada se constatou que ambos os níveis ficaram na faixa adequada de flutuação de tensão.

De modo geral, a análise dos índices apresentados mostra que intervenções são necessárias para corrigir os grandes níveis de distorção harmônica total presente, assim como a elevada corrente de neutro. Após, o baixo fator de potência real deve ser reavaliado, e o aumento da potência total do sistema de correção do FP, bem como sua divisão em módulos deve ser considerado. Por outro lado, os níveis de tensão, THD de tensão e flutuação de tensão são aceitáveis, e sugere-se apenas o acompanhamento.

Os próximos passos consistem em realizar as medições e análises do bloco A. Também é necessário realizar o levantamento das cargas que prejudicam a qualidade de energia e pouco eficientes. Ainda, é necessário verificar se o contrato de tarifação permanecerá adequado frente ao aumento do número de alunos e de cargas, através de análises do consumo mensal por um período mínimo de um ano. A diminuição do consumo

de energia também pode ser alcançada através da substituição da iluminação fluorescentes e de descarga por lâmpadas de LED e reatores mais eficientes, dentre outras ações.

Sendo assim, as discussões relatadas são de grande valia, principalmente para embasar e ajudar a refinar as investigações até encontrarmos a(s) fonte(s) dos problemas citados. As soluções podem consistir num simples remanejamento das cargas, até a instalação de filtros ou troca de equipamentos deteriorados de energia, obviamente considerando a relação custo benefício destas operações para a instituição. A boa qualidade de energia é imprescindível para o campus, de área tecnológica, que possui desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisas que dependem da energia elétrica para seu correto funcionamento. Um nível adequado de eficiência energética é importante para a redução de consumo energético, para nos aproximarmos da sustentabilidade e para remanejar recursos em investimentos necessários ao campus.

### Conclusão

Este trabalho propôs-se a apresentar os resultados parciais de um projeto de pesquisa em andamento que analisa a qualidade e eficiência energética das instalações do IFC *Campus Luzerna*. O estudo das instalações elétricas apresentado comprova que existem problemas, dentre eles estão as distorções harmônicas e a má distribuição de cargas entre as fases.

Apesar da necessidade de um período maior de aquisição de dados para então identificar todos os problemas e os eventuais causadores, esta fase inicial mostrou-se de grande importância e irá contribuir significativamente para determinar as futuras ações corretivas.

### Referências

- IEEE. *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, Std. 1159. Nova York, 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada*. Resolução n. 414, de 9 de setembro de 2011.
- ELETOBRÁS; PROCEL EDUCAÇÃO; UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. *Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações*, 3ª ed. Itajubá, 2006.
- EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015*. Rio de Janeiro, BR: EPE, 2015.
- PINTO, P. M. M. *Análise do potencial de conservação de energia elétrica no setor de serviços: O caso do setor bancário*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de planejamento energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- FERNANDES, T. D. M. *Análise da qualidade de energia elétrica em instalações de grande complexidade*. 2012. Dissertação (Mestrado) – Mestrado integrado em engenharia eletrotécnica e de computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.
- NUNES, A. L. R. *Eficiência energética em prédios públicos*. 2010. Graduação – Engenharia elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. 4. ed. Brasília: ANEEL, 2011.