

ESTUDO DE CASO: GERENCIAMENTO DE ENERGIA DE UM EDIFÍCIO POR MEIO DO MODELO PDCA

Cristiane Krüger

Lucas Feksa Ramos

PPGA/UFSM

Grupo de Pesquisa em Gestão Empreendedora e

Comportamento Humano nas Organizações/UFSM

Email: cris.kruger@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Cristiane Krüger y Lucas Feksa Ramos (2016): “Estudo de caso: gerenciamento de energia de um edifício por meio do modelo PDCA”, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Brasil, (noviembre 2016). En línea: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/16/pdca.html>

Resumo: O modelo PDCA (Plan-Do-Check-Act) pode propiciar às instituições um meio de estabelecer um sistema para melhorar seu desempenho energético, o que inclui o uso e consumo da eletricidade, a eficiência energética, entre outros. Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é realizar o gerenciamento de energia de um edifício, a fim de verificar se por meio do modelo PDCA demonstra-se melhora no desempenho energético. A metodologia consiste em um estudo de caso, com dados reais, onde foi analisado a utilização do método PDCA para o gerenciamento de energia. Concluiu-se que o método PDCA, no caso estudado, obteve resultados positivos, gerando redução de custos após o período estipulado e eficiência energética. A pesquisa contribui para o avanço na literatura sobre o tema, construção do saber e pode servir de base para estudos futuros. O estudo contemplou dados reais, mas o PDCA não foi implantado, o estudo limitou-se a analisar uma possível utilização do PDCA. Sugere-se que em estudos posteriores contemple-se um caso onde o PDCA já seja utilizado.

Palavras-Chave: Gestão. Sistemas de energia. Energia elétrica.

CASE STUDY: POWER MANAGEMENT OF A BUILDING THROUGH THE PDCA MODEL

Abstract: PDCA (Plan-Do-Check-Act) can provide the institutions a means of establishing a system to improve energy performance, including the use and consumption of electricity, energy efficiency, among others. In this sense, the objective of this article is to power management of a building in order to verify that through the PDCA model is demonstrated improvement in energy performance. The methodology consists of a case study with real data, which was analyzed using the PDCA method for power management. It was concluded that Proceedings of the XII SIBGRAPI (October 1999) 101-104

the PDCA method in the case studied, obtained positive results, generating cost savings after the stipulated time and energy efficiency. The research contributes to the advancement in the literature on the subject, construction of knowledge and can be the basis for future studies. The study included real data, but the PDCA was not deployed, the study was limited to examining a possible use of the PDCA. It is suggested that in future studies include a case where the PDCA is already used.

Keywords: Electricity. Management. Power systems.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica trouxe muitas facilidades para a vida humana, como a climatização e iluminação de ambientes, possibilidade de conferências online, facilidade de comunicação, etc. Essas atividades tornam-se possíveis somente através do uso de mais de uma forma de energia, por isso deve ser utilizada de forma racional. Programas aplicados para efficientização de energia trazem muitos benefícios, não somente no local aplicado, mas de uma forma mais ampla, como na diminuição da necessidade de expansão do setor energético, redução de custos da energia em instituições e ainda contribui com a minimização da emissão de gases de efeito estufa (FROZZA, 2012; LIGHT, 2015).

Com a primeira crise do petróleo, na década de 70, passou a ser amplamente discutido no Brasil a questão da eficiência energética e conservação de energia. Daí em diante, foram-se criados órgãos, Leis, Decretos, Resoluções e incentivos, em respeito a eficiência energética, podendo ser citado o PROCEL (Programa Nacional de Eficiência Energética), CONPET (Programa Nacional de Racionalização de uso de derivados de Petróleo e Gás Natural), e PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem). Tais programas mostraram um retorno gratificante desde a sua implantação.

Dado os programas, estes, em muitas vezes só podem ser aplicados em casos pontuais, como eficiência energética em climatização, refrigeração, etc. onde a obtenção do retorno é de forma lenta. Assim no que se refere a empresas de pequeno e médio porte, existe a possibilidade de a instituição aplicar um sistema de gestão energética (SGE), com o intuito de conhecer o fluxo de energia do local, verificar características e influências de uso da eletricidade, possíveis desperdícios e, assim, obter-se ações corretivas sobre o sistema aplicado.

Em 2011, no Brasil, foi lançada a norma ABNT NBR-50001 – Sistemas de Gestão de Energia-Requisitos com orientações para uso (FROZZA, 2012). A norma baseia-se no modelo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), com intenção de propiciar às instituições um meio de

estabelecerem um sistema para melhorar seu desempenho energético, o que inclui o uso e consumo da eletricidade, a eficiência energética, entre outros.

A possibilidade de redução de gastos com energia elétrica e o monitoramento da qualidade de energia recebida pelo consumidor são dois motivos básicos de interesse em gerenciamento de energia, em especial consumidores de grande porte, como indústrias. Com os dados reais de consumo em um determinado intervalo de tempo, pode-se efetivamente controlar esse consumo, a demanda e o seu fator de potência, evitando multas e minimizando desperdícios. Esse controle foi incentivado também pela crise do setor elétrico, em 2001. Na época, foram feitas diversas campanhas de conscientização a respeito do consumo de energia, o que surtiu efeito e é posto em prática até hoje (AMARAL, 2006).

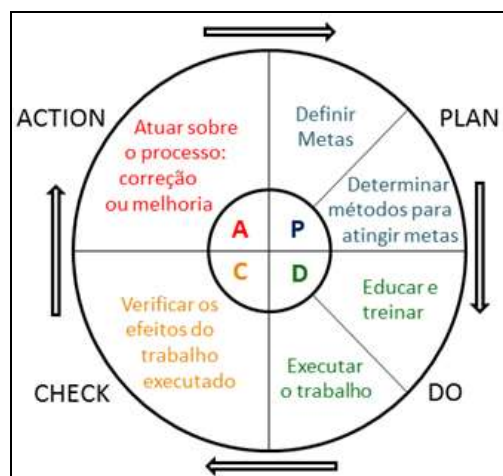
Com a intenção de aperfeiçoar o uso da energia elétrica, ou seja, reduzir o consumo de energia e ao mesmo tempo buscar redução de custos, este trabalho tem como premissa aplicar um Sistema de Gestão de Energia, aplicando o método PDCA no edifício NUPEDDEE (Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica), buscando estratégias que estimulem a redução de consumo de energia elétrica. Tal edifício abrange laboratórios de ensino prático dos cursos de graduação da Engenharia Elétrica, sendo parte do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria.

Um programa de Gestão Energética requer mudanças de hábitos, procedimentos e rotinas de trabalho, sendo um obstáculo difícil de ser superado. Por isso, exige que toda a direção e seu corpo funcional se engajem na busca de um objetivo comum, através de um trabalho conjunto (ELETROBRÁS, 2005).

O MÉTODO PDCA

O método PDCA é um processo para tomada de decisão, utilizado como ferramenta para o gerenciamento para o alcance de metas. Também é considerado um método de solução de problemas, onde a cada meta de melhoria é originado um problema que deve ser solucionado (MACHADO, 2007). É composto por quatro etapas: *Plan*, *Do*, *Check* e *Action*, ou seja: Planejar, Executar, Verificar e Agir. As etapas fazem parte de um ciclo que é demonstrado na F.

Figura 1 - Ciclo da Metodologia PDCA



Fonte: baseado em Ishikawa (1985).

O planejamento é a etapa mais importante do processo, sendo esta etapa que se organizam todos os objetivos que se pretende alcançar conforme os dados adquiridos. É necessário analisar e observar o problema a ser resolvido e descobrir suas causas. Esta etapa possui grande complexidade, pois se houver erros na identificação do problema e no cumprimento das ações haverá dificuldade para atingir os objetivos.

O executar consiste na realização de um plano de ação sendo desenvolvida a partir das metas elaboradas na fase anterior, planejamento. Nesta etapa é necessária iniciativa, educação e treinamento. O objetivo principal corresponde ao cumprimento das metas estabelecidas para que se alcance o melhor uso da energia, com as reduções desejadas.

Na etapa de verificação há a comparação entre o resultado conquistado e a meta delineada através dos dados coletados na etapa de execução. Se a meta não foi atingida, então é necessário retornar a fase de planejamento para analisar o problema novamente e elaborar um novo plano de ação, se a meta estipulada foi atingida, deve-se passar para a etapa seguinte.

Na etapa agir são realizadas as ações em relação ao resultado obtido, como a execução e padronização das ações que foram bem-sucedidas nas etapas anteriores. São priorizadas as atividades de padronização e treinamento para a manutenção dos bons resultados obtidos. Se a meta não foi atingida então é necessário elaborar um plano de ação complementar e girar novamente o PDCA (PERUCHI, 2013).

METODOLOGIA

O escopo deste estudo consiste em um estudo de caso sobre a utilização do método PDCA para o gerenciamento de energia e resolução de situações problema. Os estudos de

caso são descrições ricas e empíricas de casos particulares associados a fenômenos, e normalmente são baseados em uma variedade de fontes de dados (YIN, 2015).

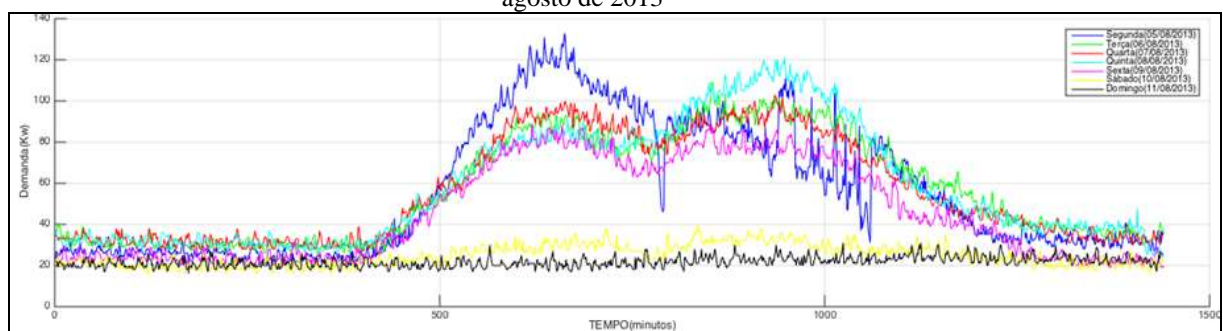
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Planejamento - Análise do local em estudo

A primeira ação do planejamento consistiu na solicitação do banco de dados de consumo do local em estudo, por meio do diagnóstico energético realizado no edifício do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica (NUPEDEE), onde o método PDCA será analisado. O NUPEDEE, faz parte das instalações do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Iniciou suas instalações com somente duas salas, hoje conta com uma área de 888 m², distribuídas em diversas salas e laboratórios.

A concessionária responsável é a AES Sul, a tensão de fornecimento é do Grupo A4-23kV. Enquadra-se na tarifa classificada azul e a classe de consumo é Poder público. Foram levantados dados de uma semana, compreendendo de cinco a 11 de agosto de 2013. Na **!Error! No se encuentra el origen de la referencia.** apresenta-se a demanda de energia elétrica consumida no local estudado. O eixo vertical representa a demanda em quilowatts e o eixo horizontal apresenta o tempo em minutos, evidenciando o consumo diário para a semana estudada.

Figura 2 - Curva de carga média diária em um alimentador do transformador do NUPEDEE, de 5 à 11 de agosto de 2013



Fonte: elaborado pelos autores.

Percebe-se que a maior necessidade de eletricidade de segunda a sexta-feira corresponde ao período das 8:30 às 20:00 horas, e nos sábados e domingos o consumo é relativamente baixo. O consumo diário pode ser explicado, além da utilização pela iluminação, pela utilização de equipamentos de climatização, ligados ao longo da semana. Tendo em vista que o NUPEDEE conta com diversos laboratórios e equipamentos.

A partir dessa observação estabelece-se algumas possibilidades de redução do consumo de energia elétrica, sendo:

- Levantamento e características referentes ao local e sistema elétrico, visando identificar possíveis melhorias;
- Levantamento dos principais usos da energia elétrica;
- Promover o uso mais eficiente dos recursos energéticos, conduzindo assim a redução do custo pago pela energia elétrica;
- Identificar situações de desperdícios de energia elétrica;
- Promover a conscientização do pessoal conforme o uso da eletricidade;
- Viabilidade de equipamentos mais eficientes;
- Viabilidade de GD.

Para encontrar possíveis oportunidades de redução do consumo energético no NUPEDDEE, realizou-se uma visita em suas instalações, observando os tipos de carga existentes. A partir disso, identificou-se que o local conta com aproximadamente 125 luminárias, cada uma contendo duas lâmpadas de 32W. O sistema de condicionamento de ar é diversificado e contempla 6 máquinas tipo split, de 18.000 Btu, 2 máquinas tipo split, de 12.000 Btu e 7 máquinas tipo janela, de 12.000 Btu. Os condicionadores de ar do tipo janela não possuíam selo de informações técnicas visível, a atribuição ocorreu conforme informações fornecidas pelo responsável do setor, dessa forma, todos os condicionadores de ar do tipo janela são de 12.000 Btu. Os condicionadores do tipo split possuíam selo de informação técnica visível, contendo inclusive o selo Procel, informando a classe de eficiência do equipamento, sendo que a maioria deles da classe A, o maior nível listado pelo programa.

As condições arquitetônicas do local não contam com uma boa iluminação natural, contam basicamente com iluminação artificial. Algumas luminárias já possuem reatores eletrônicos, o que diminui significativamente as perdas comparado aos reatores eletromagnéticos. A troca de reatores eletromagnéticos é realizada conforme demanda.

Os aparelhos condicionadores de ar, percebeu-se que alguns estão superdimensionados, diante do tamanho da sala e da quantidade de ocupantes. Os aparelhos somente são ligados nas salas quando ocupadas, com exceção de uma máquina (tipo janela), que se encontra na sala onde consta um computador tipo servidor, evitando superaquecimento.

Execução - Avaliação das metas sugeridas

A partir das informações do planejamento apresenta-se um “plano de ação” referente ao uso da eletricidade:

1. Mapeamento do perfil de consumo de energia;
2. Treinamento e educação do pessoal envolvido, para o uso eficiente da eletricidade;
3. Análise da inserção de uma energia complementar, no caso a energia solar.

Inicialmente identificou-se práticas simples que podem oferecer uma redução no consumo da energia elétrica, exigindo um investimento quase nulo - treinamento do pessoal que ocupa as instalações. Nesse sentido o plano de ação consiste em mudanças de hábitos, listadas abaixo:

- Desligar monitores/computadores no horário de almoço e demais intervalos;
- Desligar as luzes ao sair da sala por longos períodos;
- Manter janelas/portas fechadas quando o ar condicionado estiver ligado;
- Desligar os condicionadores de ar sempre que ausentar-se do ambiente por períodos longos (mais de duas horas);
- Utilizar os condicionadores de ar de uma mesma sala com temperaturas similares;
- Verificar a real necessidade da utilização de ar condicionados;
- Limpar periodicamente os filtros dos condicionadores de ar, porque a sujeira diminui a eficiência do equipamento e prejudica a qualidade do ar no ambiente;
- Verificar, ao sair da sala, seja no término do expediente ou de aula, se todos os equipamentos estão desligados.

A partir das metas listadas é necessário a implantação de um programa de economia de energia, objetivando a colaboração de todos. Para que as metas sejam cumpridas faz-se necessário que fique claro a todos os setores envolvidos que:

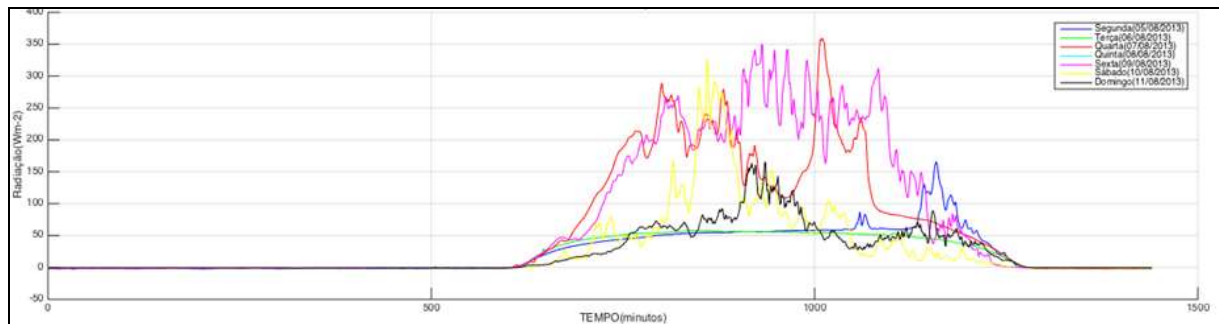
- A economia de energia não implica em redução da qualidade de vida e conforto;
- Significa eliminar desperdícios com inteligência;
- Significa utilização racional da energia, sabendo que, ao utilizar-se a energia, deve-se gastar apenas o necessário, buscando o máximo desempenho e o mínimo consumo;
- Contribui decisivamente para diminuir os impactos ambientais.

Sabe-se que a mudança de hábitos, especialmente em local de trabalho, é difícil. Porém pequenas ações podem fazer diferenças positivas. Posteriormente é analisada a possibilidade de instalação de uma fonte de energia complementar, dando prioridade a

geração de energia renovável. No intuito de reduzir a demanda, realizou-se análise da instalação de painéis fotovoltaicos, que demandam pouca manutenção e tornam-se uma alternativa para instalação em lugares de difícil acesso.

Na Figura 3 apresenta-se a curva média de radiação solar diária.

Figura 3 - Média da radiação solar no período estudado

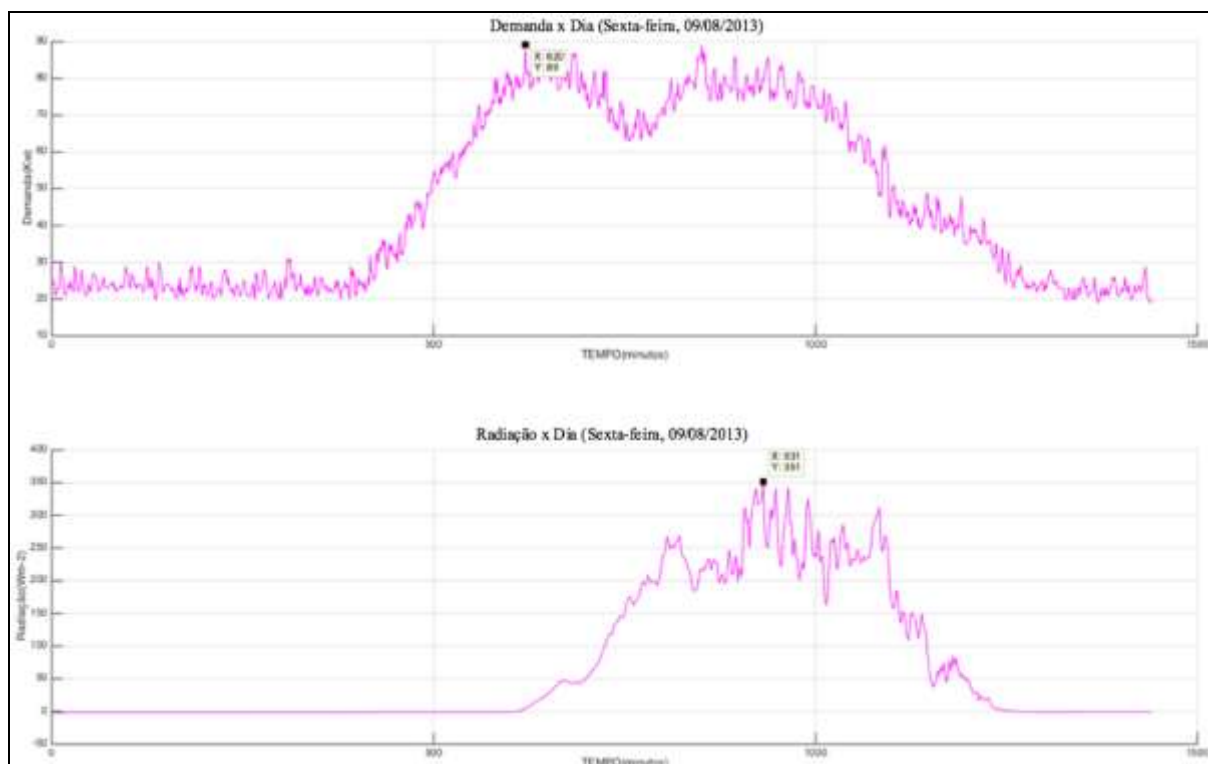


Fonte: elaborado pelos autores.

A partir das informações de consumo de energia realizou-se a análise para o período do dia 5 a 11 de agosto de 2013, com dados disponibilizados pelo SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais), do município de São Martin da Serra (cidade próxima ao local estudado) evidenciados na Figura 3. As simulações foram realizadas no software *MATLAB*.

O estudo considerou uma semana do mês de agosto onde o nível de radiação solar não é alto por ser inverno. Um sistema fotovoltaico está diretamente ligado à quantidade de radiação solar que os painéis recebem, quanto maior a quantidade de luz, mais energia será gerada. Observou-se que a sexta-feira, do período avaliado, é a que apresenta melhor condição para geração fotovoltaica, conforme apresenta-se na **Figura 3**. a curva de radiação para esse dia.

Figura 4 - Demanda consumida e radiação solar no dia 9 de agosto de 2013



Fonte: elaborado pelos autores.

Escolheu-se o painel solar do modelo KD250GH-4FB2, de 250W, da marca *Kyocera*. Como a demanda máxima do NUPEDEE é próxima de 100kW, levando em conta a potência dos geradores e as perdas, foram considerados 5 painéis de 250W. A partir das informações obtidas fora realizada a modelagem do painel, tendo como base a curva de radiação da sexta-feira (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Verificação dos resultados - Check

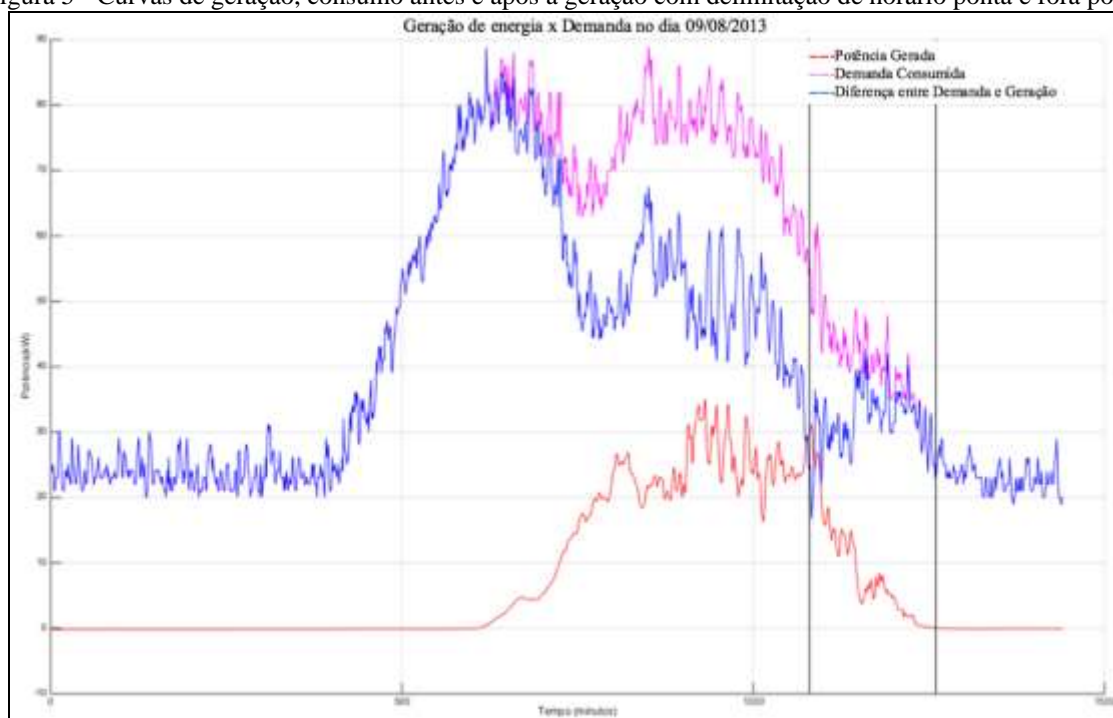
Após a execução, inicia-se a etapa de verificação dos resultados, observa-se o impacto das mudanças propostas no local estudado. Prossegue-se com os seguintes tópicos: Analisar, avaliar e instituir melhorias; Estudo de racionalização: estudo técnico e econômico; e, Avaliar a viabilidade das alternativas sugeridas no item anterior.

Para demais análises foi considerada uma fatura de energia disponibilizada pela instituição. Conforme a Resolução da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) nº 414/2010, o deslocamento da carga para horários de menor carregamento e consumo possui preços diferenciados, permitindo ao consumidor gerenciar suas despesas. Os preços de demanda e consumo variam de acordo com determinados horários do dia e períodos do ano.

O horário de ponta é composto de três horas consecutivas, compreendendo o período entre as 18:00 e 21:00 horas, incluindo feriado, e o valor pago pela energia consumida, na bandeira tarifária vermelha é de R\$ 0,536107 no momento do estudo. Já o horário fora de ponta é composto por um período de 21 horas diárias complementares ao horário de ponta, incluindo sábados e domingos, e o valor referente a bandeira tarifária vermelha nesse momento é de R\$ 0,372614.

Na Figura 5 apresenta-se a curva resultante e a inserção da geração solar no consumo do local estudado.

Figura 5 - Curvas de geração, consumo antes e após a geração com delimitação de horário ponta e fora de ponta

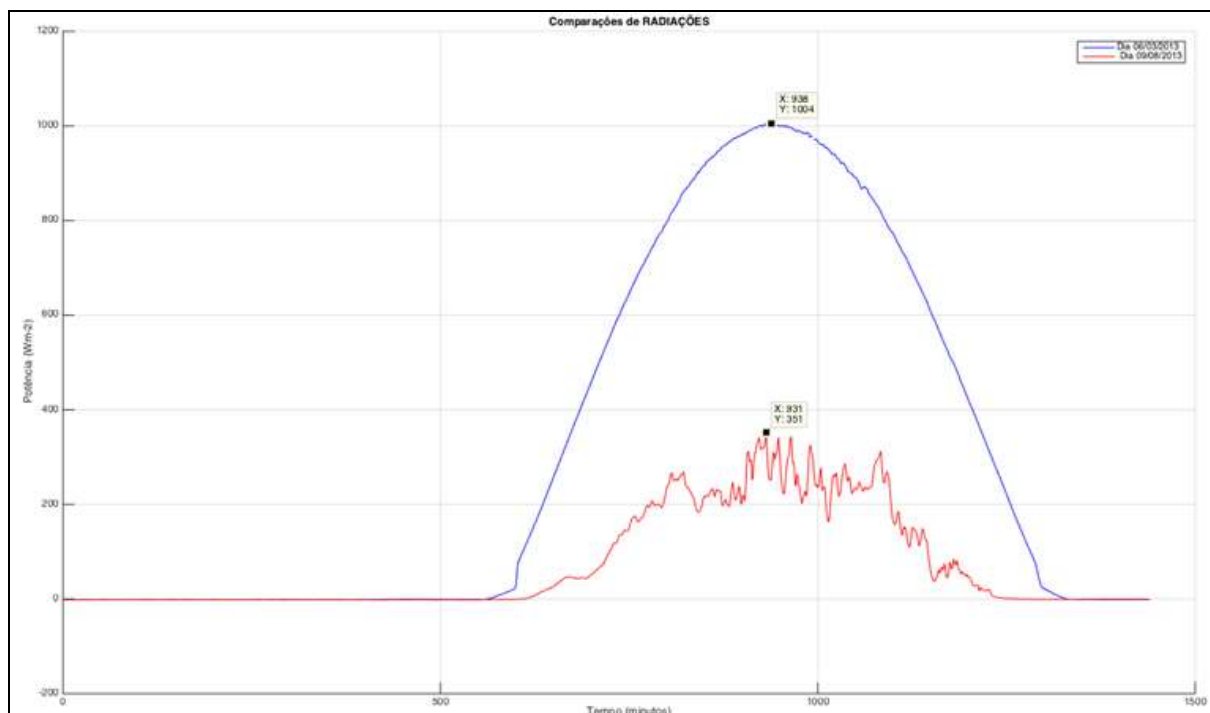


Fonte: elaborado pelos autores.

Verifica-se, a partir da Figura 5, que o consumo diminui significativamente entre às 12:00 horas e às 18:30 horas. Ressalta-se que a análise é realizada no período de agosto, não sendo o mês com melhores índices de radiação solar. Na curva em rosa verifica-se o consumo total para a sexta-feira, dia 9 de agosto de 2013. A partir daí calculou-se o quanto deve ser pago por esse dia, obtendo R\$ 434,81, sendo que o valor na ponta foi de R\$ 65,60 e fora de ponta R\$ 369,21.

Comparou-se a radiação no dia 6 de março de 2013 (mês na qual a radiação é maior) com o dia analisado (9 de agosto). Na Figura 6 apresenta-se a respectiva comparação.

Figura 6 - Níveis de radiação solar dias 9 de agosto (vermelho) e 6 de março (azul)

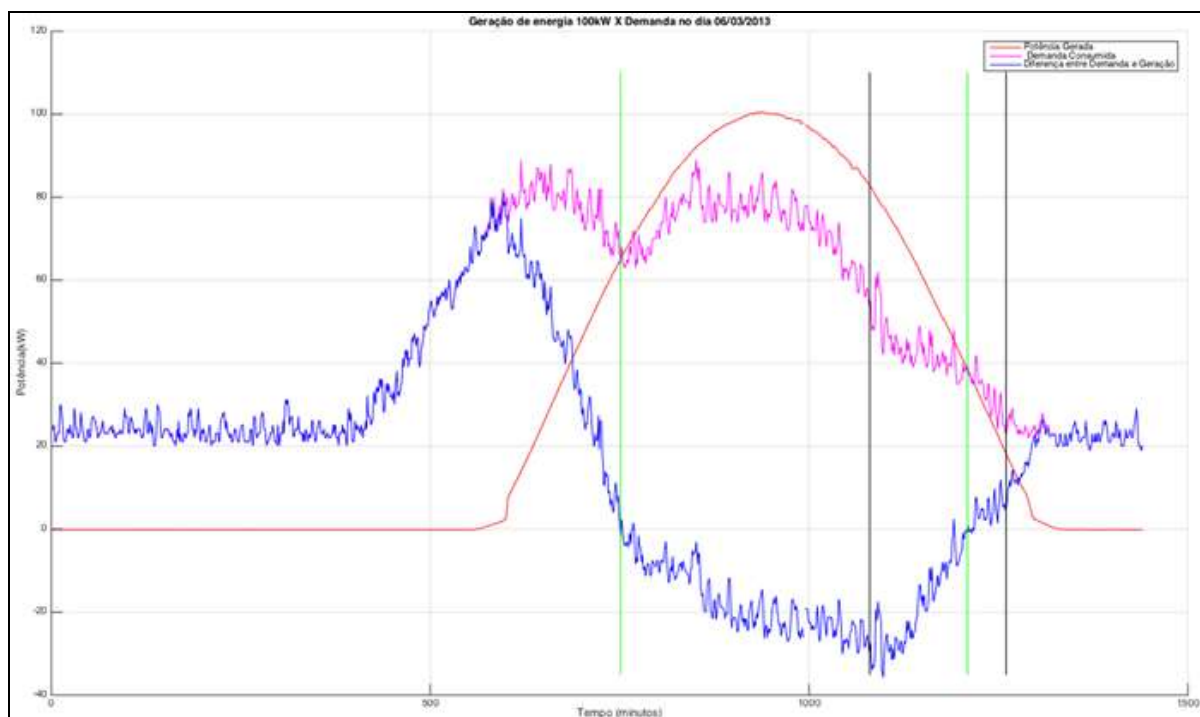


Fonte: elaborado pelos autores.

Percebe-se, a partir da Figura 6, que a radiação de março (azul) é expressivamente superior à radiação de agosto (vermelho), o que interfere na geração de energia, que em março seria muito maior.

Na Figura 7 apresenta-se as curvas de consumo (rosa), geração (vermelha) e a curva de energia consumida vista pela rede (azul), conforme a radiação do dia 6 de março de 2013.

Figura 7 - Curvas de geração, consumo e curva final de consumo de energia para o mês de março



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da Figura 7 percebe-se uma alteração ao comparar o dia do mês de agosto. Na delimitação sinalizada em preto é representado o horário de ponta, enquanto o traço verde, compreende um período de 7 horas e meia, quando a demanda consumida é totalmente suprida pela geração solar, “restando” cerca de 20kW de energia, que pode ser vendida à distribuidora, se inserida à rede.

Análise de Viabilidade

Além dos painéis solares são necessários microinversores. Cada kit de 250W custa aproximadamente R\$106.090,00. Como a demanda máxima do NUPEDDE é de aproximadamente 100kW, considerando-se a potência dos painéis e as perdas, são necessários 5 kits, somando um custo total de R\$ 530.450,00.

Considerando-se a energia gerada, a energia gerada vendida à rede, a energia consumida (todas presumidas em função dos dados obtidos) e a energia consumida da rede, após a geração solar, tanto de março quanto de agosto, sendo considerados 6 meses de menor radiação solar e 6 meses de maior radiação, calculou-se o tempo médio necessário para que o investimento na instalação dos painéis tenha retorno.

Na Figura 8 apresenta-se os valores em R\$ da geração de energia, conforme as informações do SONDA e do manual dos kits de geração solar. No primeiro quadro consta o

valor negativo, significa que se gerou mais energia do que fora consumido, logo é possível vender a energia restante (considerando o valor de venda igual ao valor de compra).

No terceiro quadro da Figura 8 verifica-se o tempo de retorno do investimento, igual a aproximadamente 17 anos. Os painéis solares possuem vida útil de aproximadamente 25 anos, nesse sentido, o resultado pode ser considerado positivo, pois em menos de 17 anos recupera-se o valor investido. A partir da metade do 17º ano de instalação dos painéis, toda a geração passa a significar ganho financeiro, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Menor radiação, maior radiação e tempo de retorno do investimento

Geração de energia fotovoltaica - 6 meses de menor radiação solar		Geração de energia fotovoltaica - 6 meses de maior radiação solar		Tempo de retorno do investimento	
Geração com 400 PVs 09/08/2013		Geração com 400 PVs 08/03/2013		Geração Valores: jan/fev/mar/abr/mai/jun R\$ 122.266,80	
Valor da Geração de Ponta	R\$ 51,23	Valor da Geração de Ponta	R\$ 84,79	Geração Valores: jul/ago/set/out/nov/dez R\$ 66.195,00	
Valor da Geração Fora de Ponta	R\$ 316,52	Valor da Geração Fora de Ponta	R\$ 857,52	Total em reais anual da geração: R\$ 188.461,80	
Valor TOTAL	R\$ 367,75	Valor TOTAL	R\$ 679,26	Total da conta Luz ANUAL do NUPEDEE R\$ 156.531,60	
Valor total Mensal	R\$ 11.032,50	Valor total Mensal	R\$ 20.377,80	Conta de Luz - Geração: -R\$ 31.930,20	
Valor pago para AESSUL	R\$ 67,06	Valor pago para AESSUL	-R\$ 244,45	Tempo em Anos para se pagar o KIT 16,61779917	

Fonte: elaborado pelos autores.

Ação

A etapa final, ação/agir, consiste em ajustar as etapas que já foram planejadas, executadas e verificadas. A partir das análises anteriores, desenvolve-se um novo procedimento, de maneira a aprimorar o que já estava sendo aplicado. Assim, pode-se:

- Estruturar e priorizar as ações de melhoria desenvolvida;
- Analisar o investimento e tempo de retorno esperado;
- Cronograma de atividades;
- Elaborar uma estratégia de implantação do plano de ação.

Como o local analisado refere-se a uma instituição de ensino, além do edifício contar com laboratórios e demais equipamentos elétricos, não existe um controle no consumo de energia elétrica. Logo, conforme descrito anteriormente, o primeiro passo é propor a conscientização aos sujeitos transitantes no local, visando o uso eficiente da energia elétrica, demandando pouco investimento e proporcionando benefícios a curto e longo prazo. Essa proposta abrange melhoria de hábitos dos frequentadores das dependências do NUPEDEE.

No que se refere ao sistema de iluminação, pode-se investir na troca dos reatores que ainda são eletromagnéticos por eletrônicos, além da substituição das 125 luminárias não eficientes por 125 luminárias de alta eficiência com refletor parabólico, fornecendo assim um maior índice de iluminância, o que exigirá um cálculo de viabilidade, que não foi contemplado nesse estudo.

Existe ainda a possibilidade de instalação de dispositivos de controle da iluminação, como interruptores, sensores de presença, dentre outros. Contudo, conforme visitas no local, percebeu-se que sensores de presença não seriam vantajosos, pois o local tem um fluxo relativamente grande de pessoas ao longo do dia, o que acarretaria em uma diminuição da vida útil das lâmpadas, que iriam ligar e desligar muitas vezes. Em relação ao melhor aproveitamento da iluminação natural, é outra alternativa de difícil aplicação, pois levaria a algumas mudanças arquitetônicas do local, tornando-se um investimento alto.

Quanto aos condicionadores de ar, deveria ser realizado um estudo de eficiência mais aprofundado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou algumas maneiras de aproveitamento da energia de forma eficiente. Questões relacionadas à educação e hábitos, que muitas vezes passam despercebido, como desligar as luzes ao sair por tempo mais longo de uma sala. Porém, observou-se que essa questão não é tão simples de ser resolvida, devido a maior circulação de pessoas no local em questão. Ainda assim, são válidas ações de economia, tanto pelos alunos quanto pelos funcionários ali presentes.

O estudo realizado deu ênfase à geração de energia alternativa, de maneira a reduzir os picos de demanda e também a fatura de energia mensal. Com as simulações realizadas, considerando as variáveis disponíveis, foi possível concluir que em, aproximadamente, 17 anos todo o sistema de geração seria quitado e a partir de então toda a redução conseguida se tornaria lucro. Considerando uma vida útil de 25 anos para o sistema de geração, esse valor pode ser considerado expressivo. A contribuição da pesquisa corresponde a análise realizada e a conclusão de que o método PDCA, no caso estudado, obteve resultados positivos, gerando redução de custos após o período estipulado e eficiência energética.

Os resultados da análise seriam mais expressivos se obtivesse curvas de carga médias mensais, mas infelizmente os dados não estavam disponíveis, o que corresponde à limitação do estudo. Portanto, os dados utilizados contemplam uma situação real, mas o método PDCA não foi colocado em prática, somente fora realizada uma análise da gestão de energia por meio da respectiva metodologia. Para tanto, sugere-se que em estudos posteriores contemple-se um caso onde o PDCA esteja em utilização. O respectivo artigo contribui para o avanço na literatura sobre o tema, construção do saber e pode servir de base para estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMARAL, D. F. **Gerenciamento de Energia Elétrica**. Monografia - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). 17 out. 2006. 61 p. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2006/DANIEL%20AMARAL.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

ELETROBRÁS. **Gestão Energética**. 2005.

FROZZA, J. F.; LAFAY, J. S.; BANDIN, V. Metodologia de Implantação de um Sistema de Gestão de Energia utilizando NBR ISO 50001. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Paraná, p.1-28, jun. 2012.

ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control?**. Prentice Hall, 1985.

LIGHT. **O que é eficiência energética?**. Disponível em: <<http://www.light.com.br/grupo-light/Quem-Somos/eficiencia-energetica.aspx>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

MACHADO, L. G. **Aplicação da Metodologia PDCA**: Etapa P (Plan) com Suporte das Ferramentas da Qualidade. Trabalho de conclusão de curso – UFJF. Juiz de Fora - MG. Jan. 2007.

PERUCHI, D. F.; **Eficiência energética em edificações**: Redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos através do método PDCA. Trabalho de conclusão de curso - UFRGS. Porto Alegre - RS. Jul. 2013.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 5ª ed. Bookman: 2015.