VII SINGEP
Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO DE GARAGEM POR TECNOLOGIA LED EM UM CONDOMÍNIO

MARCO ANTONIO CASADEI TEIXEIRA
UNINOVE - Universidade Nove de Julho

ALEXANDRE DE OLIVEIRA E AGUIAR
UNINOVE – Universidade Nove de Julho

Agradeço a CAPES, a FAPESP e a UNINOVE a oportunidade de apresentar o meu Relato técnico na área de eficiência energética com o objetivo de contribuir para o aprimoramento do conhecimento na área e divulgar melhores práticas no consumo de energia elétrica.

ISSN: 2317-8302

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO DE GARAGEM POR TECNOLOGIA LED EM UM CONDOMÍNIO.

Resumo

Este relato técnico tem como objetivo apresentar um estudo de caso de modificação do sistema de iluminação de garagem em um condomínio residencial na cidade de São Paulo. A implementação do projeto luminotécnico foi motivada pelo gasto com energia elétrica na conta mensal do condomínio. A inovação compreendeu a utilização de tecnologia LED no sistema de iluminação das garagens do condomínio em estudo. Recursos estavam disponíveis devido a atividades anteriores de economia no consumo de água. O projeto foi aprovado nas instâncias administrativas do condomínio, com a limitação de não se fazer o seccionamento de circuitos para iluminação apenas parcial da garagem. A implantação foi contratada junto a uma empresa terceirizada após aprovação de projeto luminotécnico. Análise estatística realizada comprovou uma redução no consumo energético devido à eliminação das lâmpadas fluorescentes superior a 17%. Os custos de transação foram baixos e o clima favorável na administração do condomínio foi chave para o sucesso do projeto.

Palavras-chave: coleta seletiva, iluminação LED, eficiência energética.

Abstract

This technical report aims to present a case study of the modification of the garage lighting system in a residential condominium in the city of São Paulo. The implementation of the lighting project was driven by the electric energy cost in the monthly condominium bill. The innovation included the use of LED technology in the lighting system of the garages of the condominium under study. Resources were available due to previous saving activities in water costs. The project was approved in the administrative instances of the condominium, with the limitation of not doing the sectioning of circuits for only partial lighting of the garage. The implementation was contracted with an outsourced company after approval of a lighting project. Statistical analysis performed showed a reduction in energy consumption due to the elimination of fluorescent lamps above 17%. Transaction costs were low and the favorable management climate was key to the success of the project.

Keywords: selective collect, LED lighting, energy efficiency

1. Introdução

Os recursos energéticos são uma preocupação da sociedade em geral devido à crescente necessidade de suprimento e à exaustão de recursos naturais e aos pesados impactos ambientais associados. De maneira geral a política energética para os edifícios residenciais foca na economia do consumo de energia sem o comprometimento dos níveis de bem estar (Lombard, Ortiz, González, & Maestre, 2009).

Para Brüggemann (2017) projetos de eficiência energética com gastos de energia elétrica propiciam a redução das taxas condominiais na conta ordinária. Ante o exposto, foi proposto e aprovado em assembleia de condomínio a substituição das lâmpadas fluorescentes existentes nos três subsolos de garagem por outro tipo de lâmpada mais econômica, no caso a lâmpada tubular de *Light-Emitting Diodes* (LED).

De acordo com o que foi apresentado, se pergunta, qual é a economia obtida com os gastos de energia elétrica após a substituição do sistema de iluminação das garagens do condomínio SPV? O relato técnico tem como objetivo apresentar o procedimento adotado para a substituição das lâmpadas das garagens e apresentar os ganhos obtidos na conta mensal do condomínio.

Na Introdução aborda-se o histórico do condomínio, o Referencial Teórico traz uma descrição dos tipos de lâmpadas disponíveis no mercado, os custos com a energia elétrica no orçamento do condomínio estudado. Na metodologia explica-se como foi realizado o projeto de substituição. Nos Resultados obtidos e análise, será demonstrado o ganho obtido com a troca do sistema de iluminação.

2. Referencial Teórico

2.1 Eficiência energética, edifícios e iluminação

Os edifícios são construções contemporâneas responsáveis por um grande consumo de energia e materiais. Uma revisão nesse fluxo poderia fornecer o rumo para os hábitos sustentáveis de consumo buscando melhor qualidade de vida (Hartkopf & Loftness, 1999).

O uso mais racional da energia seria uma disposição cada vez mais presente em condomínios residenciais, pois possibilitaria utilizá-la obtendo uma economia financeira maior para seus moradores. O consumo energético no setor residencial estaria relacionado ao projeto arquitetônico, à localização e a condição econômica de seus ocupantes (Lombard, Ortiz, & Pout, 2008).

Medidas para a diminuição do consumo de energia elétrica poderiam ser tomadas para o melhor aproveitamento da energia disponível, como a substituição de lâmpadas menos eficientes, as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas mais eficientes, as lâmpadas LED (Santos, Batista, Pozza, & Rossi, 2015).

2.2 Tecnologias de lâmpadas

Na área de iluminação existem lâmpadas que possuem modos diferentes de gerar a luz, são elas: as que aquecem filamentos (incandescentes), as que ativam um gás inerte (fluorescentes) e as que ativam a matéria em estado sólido, o silício (LED) (Moura, Motta, & Noya, 2015). A Figura 1 exemplifica alguns tipos de lâmpadas para uso em iluminação em geral disponíveis no mercado, de interesse para este trabalho.

Figura 1. Tipos de Lâmpadas Fluorescentes e LED

Lâmpadas	Características
Fluorescentes	São constituídas de um tubo de vidro em forma de cilindro, preenchido com gás argônio, sua superfície interior é coberta com uma camada de fósforo.
Fluorescentes Compactas	A economia de energia que o uso dessa lâmpada gera representa uma redução expressiva da exploração dos recursos naturais, uma vez que, com menor consumo, menor será a necessidade de novas usinas para produzi-la
Fluorescentes Tubulares	A descarga elétrica em seu interior emite quase que totalmente a radiação ultravioleta, gerada pelo vapor de mercúrio, que é convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo.
LED Tubulares	O LED é um diodo semicondutor que quando energizado emite luz visível. São dispositivos semicondutores, de tecnologia similar à dos transistores e dos famosos chips, que convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa.

Fonte: (Elektro, 2018).

Segundo Dupuis e Krames (2008) sobre o funcionamento do LED, a emissão da luz, ou fóton de luz, seria o resultado de um processo de recombinação de partículas positivas e negativas. A cor resultante muda com a composição química do material de constituição do mesmo, os mais usados seriam os elementos químicos fósforo, galênio e arsênio em proporções adequadas dentro e próximo da junção do semicondutor resultando em mais intensidade luminosa. Em pesquisas recentes a eficácia luminosa do LED excedeu cerca de 150 lm/W, este "brilho" tornaria estes dispositivos importantes para aplicações que utilizam luz visível.

A literatura cita inúmeras vantagens para o uso do LED, pois estes requerem menor quantidade de materiais em sua fabricação, podem ser prontamente separados e reciclados, não contêm mercúrio, são energeticamente eficientes e não produzem radiação ultravioleta nociva à saúde (Moura et al., 2015).

Segundo Santos et al. (2015), o LED era restrito somente a circuitos eletrônicos inicialmente, porém com o avanço da tecnologia dos semicondutores, as melhores técnicas de construção e o contínuo barateamento dos insumos, seu uso se difundiu para a iluminação pública residencial e industrial.

Lâmpadas que utilizam tecnologia LED em sua formação consomem menos energia e aquecem menos. Não aquecem os ambientes aonde são instaladas e são mais econômicas que as incandescentes e as fluorescentes (Santos et al., 2015).

Segundo Santos et al. (2015) as lâmpadas LED são mais caras comparadas a outros modelos existentes no mercado, porém sua utilização é mais vantajosa devido aos benefícios ambientais, econômicos e tecnológicos, podemos verificar estas características na Figura 2.

Figura 2. Comparativo entre Lâmpadas fluorescentes e LED

Tipo	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Vida Média (h)	IRC (%)	Equipamentos
Fluorescentes compactas	400 a 2.900	7 a 26	3.000 a 10.000	80 (Muito bom)	Reator Bocal (E27)
Fluorescentes Tubulares	2350 a 2600	32(T8) a 40 (T10/T12)	30.000	80-85 (Muito bom)	Reator Starter Soquete
LED Tubulares	1035 a 3900	9(T8) a 36 (T8)	25.000 a 40.000	85 (Muito bom)	Soquete

Fonte: (Catálogo OL iluminação, 2017); (Catálogo Phiplis Lâmpadas LED, 2018)

O fluxo luminoso de uma lâmpada Tubular LED pode ser um terço maior do que uma fluorescente tubular. Nas lâmpadas tubulares LED a energia consumida é revertida em iluminação e não em calor, logo não desperdiça energia. Uma lâmpada tubular LED de 18 W economiza 14 W/hora em relação à lâmpada fluorescente Tubular de 32 W, a sua duração chega a 40.000 horas e utiliza somente soquete facilitando sua instalação.

2.3 A tecnologia LED na iluminação: avanços e barreiras.

A economia de energia e de custos ao se substituir lâmpadas fluorescentes por LED vem sendo comprovada na prática. Por exemplo, Sun, Gou e Lau (2018) relatam uma queda de 40% no consumo de energia elétrica após a instalação de iluminação por LED em um edifício reformado para o mínimo consumo de energia. No entanto, é preciso ressaltar que a viabilidade econômica pode ser fortemente dependente do contexto. Por exemplo, Gan et al (2013) ressaltam, no caso do edifício que estudaram, o uso de LED provavelmente não daria retorno se a iluminação fosse usada por menos de seis horas por dia.

Segundo Kuliç e Altun (2018), a maioria dos estudos de *retrofit* (reforma) de iluminação de edifícios com uso de LED visando redução do consumo de energia e de custos tem abordado o setor residencial. No setor industrial poucos estudos vêm sendo feitos, e o importante é demonstrar o retorno financeiro do projeto. No estudo realizado pelos autores, ficou comprovada a redução de custos operacionais.

No caso da administração pública, pesquisadores têm argumentado que os custos de transação, como governança, gestão de riscos do projeto e falta de competência técnica são potenciais inibidores das ações (Plozin, von Flotow & Nolden, 2016).

Por fim, o uso de padrões de certificação de edifícios tais como o sistema LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) (Michael, Zhang, & Xia, 2017) e a etiqueta brasileira PROCEL-Edifica (Ferrador Filho, 2017), também trazem potencial para que a iluminação de edifícios com tecnologia LED seja um dos caminhos encontrados para melhoria da eficiência energética.

3. Metodologia

Este relato é um estudo de caso, pois segundo Martins e Theóphilo, (2009), deve ser antecedido pela exposição de um problema de pesquisa, por referências teóricas, uma investigação detalhada, uma coleta e análise de dados e considerações que possam garantir a qualidade do estudo com a segurança quanto ao achado e possíveis intervenções.

3.1 Caracterização do Condomínio

O condomínio em análise está localizado na região da Bela Vista, foi lançado em 1997, possui duas torres com 4 apartamentos por andar e 17 andares cada, com duas portarias uma social e outra de serviços, possui 3 subsolos de garagem e uma garagem no nível térreo, área de lazer com playground, piscina e churrasqueira, vivem neste condomínio cerca de 300 pessoas.

Do ponto de vista de meio ambiente e sustentabilidade, já contavam com experiência de projetos anteriores, particularmente com coleta seletiva de resíduos e com ações para economia de consumo de água.

Em particular, entre os anos de 2014 e 2015, devido à crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo, o governo do Estado de São Paulo ofereceu bônus aos consumidores que economizassem água e atingissem as metas estabelecidas (Oliveira Filho, 2015). Nesse contexto, os moradores e o conselho de qualidade de vida do condomínio adotaram medidas de economia de água para atingir as metas propostas pelo governo. Como consequência, houve economia financeira e o condomínio pode reinvestir o dinheiro. A decisão, na ocasião, levou a compra de louças sanitárias novas para áreas comuns e ao investimento em substituição de lâmpadas.

A decisão do investimento em lâmpadas ocorreu porque já havia um certo envolvimento com o tema sustentabilidade e porque havia uma preocupação em reduzir os custos com consumo de energia. A administração do condomínio havia notado um aumento no consumo de energia elétrica, que representou entre2014 a 2017 entre 5% a 7,5% dos gastos totais compreendendo valores médios de até R$12.000,00.

Os equipamentos de uso comum do condomínio que mais utilizaram energia neste período foram os elevadores, os sistemas de acionamento de bombas d'água e os sistemas de iluminação das áreas comuns.

3. 2 A implantação do projeto luminotécnico

O projeto de substituição das lâmpadas do condomínio foi aprovado em assembleia, gerenciado pela administração e executado pela empresa contratada com a participação direta do zelador diariamente no acompanhamento das atividades dos técnicos.

A empresa escolhida na assembleia foi a que ofertou a melhor proposta para realizar o projeto por meio de contrato de desempenho, com a alocação de recursos financeiros necessários à modernização e o posterior pagamento parcelado com a economia gerada nas substituições. O processo de implementação ocorreu da seguinte maneira:

a) discussão do melhor projeto de eficiência energética a ser adotado em reuniões, com a comissão de administração e moradores;
b) elaboração de orçamento, por três empresas especializadas na execução deste tipo de projeto;
c) aprovação em assembleia do projeto com o melhor custo/benefício para o condomínio;
d) vistoria da empresa contratada no condomínio para elaboração das atividades, do cronograma de execução e detalhamento técnico dos materiais a serem usados; e
e) implantação progressiva das novas lâmpadas nas três garagens do condomínio pela empresa.

O projeto encontrou outro obstáculo que foi a não autorização dos proprietários dos apartamentos em seccionar os circuitos de iluminação das garagens. Isto consiste em deixar ligadas fileiras alternadas de luminárias ocasionando maior economia. Os condôminos ficaram receosos de que a garagem ficasse muito escura e pudesse prejudicar a visibilidade das pessoas e a circulação de veículos, mas o ganho financeiro foi alcançado ainda que menor e compensou o investimento.

Após a implantação, a efetiva redução do consumo de energia foi verificada utilizando-se um teste de diferença de médias do consumo 21 meses antes e 21 meses depois da mudança para confirmar a significância do resultado. Foi utilizado o teste t de Student (Costa Neto, 2003) com auxílio do programa SPSS v. 20 (IBM Corp., 2011).

4 Resultados obtidos e Análise

4.1 Diagnóstico no sistema de iluminação

Por meio de vistoria e elaboração de diagnóstico energético, foi identificado que nas áreas comuns da garagem do condomínio existiam instaladas 212 (duzentos e doze) lâmpadas fluorescentes de 32 W. Sendo que 188 (cento e oitenta e oito) lâmpadas ficavam em funcionamento 24 (vinte e quatro) horas por dia e 24 (vinte e quatro) lâmpadas ficavam em funcionamento 12 (doze) horas por dia.

O sistema de iluminação gerava um consumo mensal de 5.760 kWh, considerando a potência das lâmpadas e as perdas dos reatores, a um custo mensal da ordem de R$ 3.744,00 (Três mil e setecentos e quarenta e quatro reais), considerando uma tarifa média de R$ 0,65 o kWh (Tarifa Março/2016) conforme Figura 3.

Figura 3. Diagnóstico energético das Garagens do Condomínio SPV

Projeto de Eficiência Energética Modernização dos Sistemas de Iluminação		
Itens	Sistemas de Iluminação	
	Atual	Proposto
Garagens Subterrâneas S1, S2 e S3		
Números de Lâmpadas	188	188
Potência (W)	32	18
Perdas (W)	8	-
Horas de Utilização (H)	24	24
Dias do Mês	30	30
Consumo Mensal (kWh/mês)	5.414,40	2.436,48
Consumo Anual (kWh/ano)	64.972,80	29.237,76
Garagem Térrea		
Números de Lâmpadas	24	24
Potência (W)	32	18
Perdas (W)	8	-
Horas de Utilização (H)	12	12
Dias do Mês	30	30
Consumo Mensal (kWh/mês)	345,60	155,52
Consumo Anual (kWh/ano)	4.147,20	1.866,24
Consumo Total do Sistema (KWh/ano)	69.120,00	31.104,00
Custo da Tarifa de Energia Elétrica (R$ / KWH)	0,65	0,65
Custo Anual do Sistema de Iluminação (R$)	44.928,00	20.217,60
Custo Mensal do Sistema de Iluminação (R$)	3.744,00	1.684,80
Economia Mensal Estimada (R$)		2.059,20

Fonte: (OL Iluminação, 2016)

4.2 Troca do sistema de iluminação

A realização do trabalho de substituição ocorreu com o acompanhamento do zelador diariamente. No andamento das atividades, algumas vezes o zelador necessitou realocar carros dos moradores para vagas vazias, pois algumas das luminárias ficavam em cima das vagas de condôminos.

O trabalho foi realizado por quatro técnicos especializados durante as substituições e consistiu das seguintes atividades:

a) no início dos trabalhos o zelador desligava parte do circuito da rede elétrica da garagem;
b) dois dos técnicos removiam o conjunto velho de luminária, lâmpada fluorescente e reator do local, faziam a limpeza e eventual substituição de alguma peça quebrada e/ou antiga; e
c) outros dois técnicos montavam a uma nova luminária já com o novo esquema de ligação elétrica para as lâmpadas LED e recolocavam esta no local original;

Este procedimento foi adotado durante todo o trabalho de troca do sistema. As substituições foram realizadas nos três subsolos de garagem e na garagem térrea durante uma semana, no final de junho/2016.

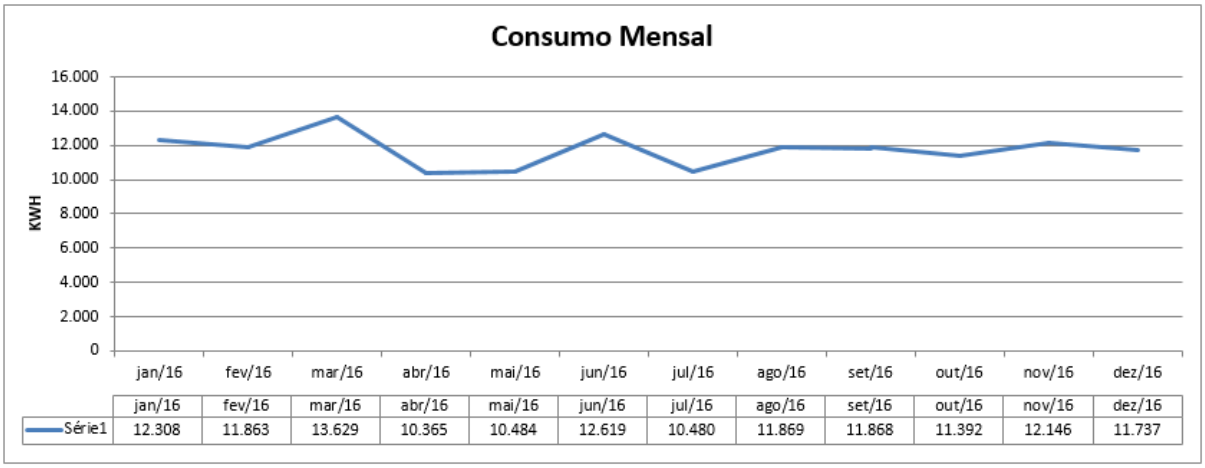
Do ponto de vista do processo de implantação, não se observou os elevados custos de transação que se observam em outros ambientes, por exemplo, na administração pública, como apontado por Plozin, et al, 2016. O ambiente favorável na administração do condomínio e a disponibilidade de verba proveniente de economia de projeto anterior relacionado a economia no consumo de água, possivelmente contribuiu para que o processo ocorresse sem estresse administrativo. Do ponto de vista operacional, a competência técnica da equipe contratada também contribuiu para uma experiência positiva.

4.3 Avaliação do custo x benefício

A partir da instalação do novo sistema de iluminação com tecnologia LED, desejava-se que o consumo mensal do sistema fosse de 2.592 kWh, considerando a nova potência das lâmpadas, a um custo mensal da ordem de R$ 1.684,80. Segundo o diagnóstico energético feito e considerando as mesmas condições de funcionamento e operação, a economia poderia chegar a aproximadamente 45% nos custos mensais da conta de energia elétrica com a iluminação das garagens em kilowatt-hora (kWh). Este valor é consistente com o encontrado em outros projetos, por exemplo, no relatado por Sun et al (2018).

Após a substituição das lâmpadas das garagens em aproximadamente uma semana, esperou-se um mês para a comprovação da redução do consumo energético, i. é, os trabalhos de mudança foram realizados no final do mês de junho/2016 e a comprovação do resultado foi verificado na conta do mês de agosto/2016, isto pode ser verificado na Figura 4.

Figura 4. Conta de energia elétrica do condomínio em kWh



Fonte: (Síndico do condomínio, 2018)

Para efeito de confirmação, foi feito um teste estatístico t de Student para comparar as médias de 21 meses antes e depois da implantação do projeto. A média de consumo antes resultou 12.204,2 kWh/mês e a média depois foi de 10.689 kWh/mês. As médias resultaram estatisticamente diferentes, com $p<0,001$.

Havia uma expectativa de geração de economia energética significativa na conta ordinária mensal de energia, mas os resultados mostraram que o consumo de energia foi reduzido somente para 2139 kWh, ou uma redução de 17,47% em energia consumida.

Uma redução de consumo energético esperado aconteceu, de acordo com o estudo energético feito pela empresa escolhida, mas não foi tão significativa quanto se esperava. Um dos motivos para isto ter ocorrido foi que nessa mesma época entrou em operação o poço artesiano do condomínio que utiliza bombas d'água para seu funcionamento, com isso houve um aumento no gasto de energia elétrica.

5. Considerações Finais

O projeto, de maneira geral, obteve sucesso por atingir o objetivo de reduzir o consumo de energia e consequentemente os custos operacionais do condomínio, mesmo com a limitação de não seccionamento dos circuitos. A solução implementada neste estudo utilizou tecnologia LED disponível no mercado e pode ser implantada em outros condomínios existentes, pois não foram encontradas muitas dificuldades na instalação e os custos de transação, embora não explicitamente calculados, não foram empecilho para a implantação.

Seria importante, em etapas futuras, aprofundar os estudos sobre a questão do seccionamento e seus potenciais impactos no consumo de energia, nos custos e na segurança patrimonial, a fim de fazer uma nova avaliação custo-benefício.

Seria importante também aprofundar o estudo de características operacionais do condomínio, tais como o número de horas diárias em que as lâmpadas ficam acesas e o número de movimentações de veículos a fim de que outros condomínios, na replicação, possam fazer sua própria avaliação custo-benefício de maneira mais precisa.

6. Referências

Brüggemann, E. S. (2017). *Universidade do Sul de Santa Catarina.* Acesso em 24 de Abril de 2018, disponível em Unisul: https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/3607?show=full

Catálogo OL de iluminação. (2017). LÂMPADAS LED OL iluminação.

Catálogo Phiplis Lâmpadas LED. (2018). Tabela de substituição - Lâmpadas LED Philips.

Costa Neto, P. L. (2003). *Estatística* (2ª ed.). São Paulo: Edgard Blücher.

Dupuis, R. D., & Krames, M. R. (2008). History, Development, and Applications of High-Brightness Visible Light-Emitting Diodes. *Journal of ligthwave technology*, *26*(9), 1154-1171.

Elektro - Eletricidade e Serviços S.A. (s.d.). *Manuais Elektro de Eficiência Energética - Segmento Industrial.* Campinas.

Ferrador Filho, A. L. (2017). Eficiência energética em edificações-estudo de caso tribunal de justiça de São Paulo.[Universidade Nove de Julho – UNINOVE – dissertação de mestrado]

Gan, C. K., Sapar, A. F., Mun, Y. C., & Chong, K. E. (2013). Techno-economic analysis of LED lighting: A case study in UTeM's faculty building. *Procedia Engineering*, *53*, 208-216.

Hartkopf, V., & Loftness, V. (1999). Global relevance of total building performance. 377-393.

IBM Corp. (2011). *IBM SPSS Statistics para Windows, Versão 20.0.* Armonk, NY: IBM Corp.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. (2008). *Pesquisa nacional de saneamento básico : 2008 / IBGE.* Rio de Janeiro: IBGE.

Kılıç, M., & Altun, A. F. (2018). Achieving Green Building Standards via Energy Efficiency Retrofit: A Case Study of an Industrial Facility. In*Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions* (pp. 55-69).

Lombard, L. P., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, *40*(3), 394-398.

Lombard, L. P., Ortiz, J., González, R., & Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, *41*(3), 272-278.

Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009). *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas.* São Paulo: Atlas.

Michael, M., Zhang, L., & Xia, X. (2017). An optimal model for a building retrofit with LEED standard as reference protocol. *Energy and Buildings*, *139*, 22-30.

Moura, M., Motta, A., & Noya, M. (2015). Iluminação em espaços construídos utilizando a tecnologia LED. *IV Congresso Internacional na "Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios" (CIRMARE 2015).* Niterói: Centro de Tecnologia - UFRJ - Rio de Janeiro.

Oliveira Filho, G. R. (2015). A crise da água na região metropolitana de São Paulo em 2014 e a ineficiente gestão dos recursos hídricos.*CES Revista*, *29*(1), 5-20.

Polzin, F., von Flotow, P., & Nolden, C. (2016). Modes of governance for municipal energy efficiency services–The case of LED street lighting in Germany.*Journal of cleaner production*, *139*, 133-145.

Santos, T. S., Batista, M. C., Pozza, S. A., & Rossi, L. S. (2015). Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, *20*(4), 595-602.

Sun, X., Gou, Z., & Lau, S. S. Y. (2018). Cost-effectiveness of active and passive design strategies for existing building retrofits in tropical climate: Case study of a zero energy building. *Journal of Cleaner Production*, *183*, 35-45.