

Análise da eficiência energética promovida pela implementação de placas solares em hospitais no contexto nacional e internacional

Joyce Éllen Santos de Oliveira

Mestranda, Uninove, Brasil
jycellenso@gmail.com

Heidy Rodriguez Ramos

Professora Doutora, Uninove, Brasil
heidyr@gmail.com

RESUMO

O constante crescimento da população mundial exige alta produção de energia elétrica para o funcionamento e desenvolvimento da sociedade moderna. Com o aumento do consumo de energia e as mudanças ambientais ocasionadas por esses processos, é fundamental que diversos setores busquem meios alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento de suas atividades. Neste contexto, as energias renováveis produzem menos impactos ambientais, gerando menos gases agravantes do efeito estufa. Dentre as principais fontes de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica se destaca, podendo ser instalada em pequenos espaços, alterando minimamente o local de instalação. O sistema solar fotovoltaico é uma das energias alternativas que mais recebem investimento em todo o mundo, pois o sol, fonte abundante com uma incidência inesgotável na superfície terrestre. Edifícios de grande porte, essenciais à população, a exemplo dos hospitais, apresentam grande potencial poluidor, podendo causar danos ao meio ambiente devido à quantidade de energia que necessitam para que ocorram todos os seus procedimentos. O presente trabalho visa apresentar os principais projetos de implementação de energia solar fotovoltaica, que buscam a eficiência energética em hospitais, seguindo a abordagem qualitativa, a partir de uma pesquisa bibliográfica, de forma a obter uma compreensão das atividades, analisando casos no contexto internacional e no Brasil. Dentre os principais resultados destacam-se modelos implementados em hospitais na Europa, África e Brasil, com comprovada eficiência alcançada por edifícios, após a implementação de projetos de placas solares fotovoltaicas, minimizando a quantidade de CO₂ lançado na atmosfera e alcançando uma economia na utilização de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética. Energia solar fotovoltaica. Hospital.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna demanda de energia elétrica para o funcionamento e desenvolvimento, uma vez que se faz necessária a geração de combustíveis, atividade de máquinas e o desenvolvimento de centros urbanos que supram o crescimento exponencial da população mundial (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Com a crescente exploração de recursos naturais, durante os processos de geração de energia, há também um crescimento na emissão de gases, a exemplo do dióxido de carbono (CO₂). Neste cenário, países desenvolvidos e em desenvolvimento encontram dificuldades para atender a demanda crescente de energia e, ao mesmo tempo, fornecer recursos energéticos que supram seu crescimento econômico (ALTOÉ *et al.*, 2017).

Com o aumento no consumo de energia e as alterações ambientais ocasionadas por estes processos, torna-se imprescindível a busca de recursos alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento das atividades e procedimentos da sociedade. Logo, buscar diversificar a matriz energética a fim de atingir novas formas de geração energética será primordial (PACHECO, 2006). Neste contexto, as energias renováveis produzem menores impactos ambientais, uma vez que, alteram minimamente o local de instalação, além de apresentar um ciclo renovável promovido naturalmente, ocasionando uma drástica redução da poluição ambiental, quando comparada aos índices da queima de combustíveis fósseis (BIZZARRI; MORINI, 2004; BIZZARRI; MORINI, 2006). Portanto, países em diferentes fases de desenvolvimento, têm investido em pesquisa, inovação e implementação de recursos energéticos alternativos, devido à abundância dessas fontes sustentáveis, a exemplo do vento, sol, biomassa e ondas (ROSA, *et al.* 2018).

A energia solar, dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se. Uma vez que o sol é um elemento vital para a existência do ser humano, e representa uma fonte renovável de energia, tornando-se uma alternativa para mitigar os danos causados ao meio ambiente, além de suprir a demanda energética de diferentes sociedades (ANGELIS-DIMAKIS *et al.*, 2011). Em países como a Alemanha, regulamentos e programas governamentais de incentivos financeiros

e/ou fiscais, foram desenvolvidos para incentivar a implementação e uso da energia solar fotovoltaica (SANTOS; JABBOUR, 2013).

O Brasil está posicionado geograficamente de maneira privilegiada, o que favorece o uso de células solares para conversão de energia captada do sol, em energia elétrica, por meio de placas fotovoltaicas, possibilitando a geração de energia com baixa emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), além de permitir o abastecimento da rede elétrica em pequena e larga escala, e no desenvolvimento de cidades. Porém, as leis que permeiam tais ações ainda estão em fase inicial de planejamento e implementação no país (PAINES, 2018).

Buscando novas estratégias para que grandes centros urbanos, como é o caso da cidade de São Paulo, possam atender a sua alta demanda, o país vem incentivado a utilização de placas solares no meio público e privado. Uma vez que edifícios de grande porte localizados em grandes cidades, utilizam mais de 20% da energia global gerada (U.S Energy Information Administration, 2019)

A sustentabilidade de edifícios construídos, a partir do ponto de vista do uso de energias renováveis, utilizadas na ventilação, aquecimento e resfriamento de sistemas, esquema de iluminação e uso de novos equipamentos, buscam a eficiência energética, a fim de colocar em prática o *Zero Energy Buildings* (ZEB). Este conceito foi definido por Espinosa, Hernández e Espinoza (2018) como a mitigação das emissões de CO₂, a fim de tornar edifícios autossuficientes em energia.

Os hospitais são exemplos de grandes edifícios essenciais à sociedade e que apresentam potencial poluidor, podendo causar danos ao meio ambiente pela quantidade de energia que demandam para que todos os seus processos e procedimentos possam acontecer 24 horas por dia (SANTOS; JABBOUR, 2013).

1.2 OBJETIVO

Apresentar os principais projetos no contexto nacional e internacional de hospitais que buscam alcançar a eficiência energética por meio da implementação de energia solar fotovoltaica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O meio ambiente tem sofrido impactos causadas por ações antrópicas. Entre esses impactos está a emissão de gases intensificadores do efeito estufa, durante o processo de geração de energia. Uma vez que a sociedade moderna necessita de energia para realizar grande parte de suas atividades cotidianas, as alterações ambientais se intensificam a cada ano. Deste modo, os estudos de fontes renováveis para geração de energia se tornam opções socialmente e ambientalmente viáveis.

2.1 GERAÇÃO DE ENERGIA E O MEIO AMBIENTE

Após a Revolução Industrial, que ocorreu entre 1760 e 1840, e particularmente durante século XX, devido ao aumento populacional e ao aumento de produção e consumo, houve um crescimento na exploração de recursos naturais e na utilização de tecnologias em larga escala para obtenção de energia (INATOMI; UDAETA, 2005). Desta maneira, as agressões

ao meio ambiente começaram a se tornar significantes devido a queima de combustíveis fósseis (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003).

O sistema energético com a utilização de combustíveis fósseis é responsável por cerca de 75% do CO₂, por 41% de chumbo (Pb), 85% de enxofre (S) e 76% das emissões dos óxidos de nitrogênio (NO_x) lançados à atmosfera. A junção de enxofre com os óxidos de nitrogênio tem um papel importante na formação de ácidos na atmosfera que provocam chuvas ácidas, responsáveis por danos em coberturas vegetais, agricultura e corrosão de materiais manufaturados (JANNUZZI, 2001).

As emissões destes gases intensificadores do efeito estufa vem sendo debatidas desde 1992, ano em que ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Durante esta conferência foi proposto o Protocolo de Quioto, que estabeleceu a redução de cerca de 5% nas emissões dos GEE entre os anos 2008 a 2012 para países desenvolvidos (INATOMI; UDAETA, 2005).

Desde então, as preocupações com o consumo de combustíveis fósseis para a geração de energia juntamente com o aumento da demanda de energia, resultaram em interesse coletivo no uso de energia sustentável e renovável (AHMED; SARKAR, 2019). O desenvolvimento sustentável no setor energético vem sendo afetado por questões nas dimensões ambiental, econômica e social, tornando necessária a inserção de novas fontes de energia renováveis que impactem minimamente o meio ambiente, a fim de manter os recursos naturais para que seja mantido o equilíbrio e a vida na Terra, concomitantemente com a geração de energia e desenvolvimento contínuo da sociedade (INATOMI; UDAETA, 2005; UDAETA, 1997).

2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS

As energias renováveis são advindas de fontes energéticas com capacidade de regeneração a curto prazo, praticamente inesgotáveis e comumente chamadas de energias não convencionais, ou seja, aquelas que não são provenientes de combustíveis fósseis e de grandes hidroelétricas (AZEVEDO; NASCIMENTO; SCHRAM, 2017). Conforme o relatório *World Energy Outlook*, as fontes renováveis são cruciais e contribuirão com cerca de 25% da matriz energética mundial até 2040, evitando assim, o anunciado colapso energético (*International Renewable Energy Agency* [IRENA], 2015). Até o ano 2016 a contribuição das fontes renováveis na matriz elétrica mundial era de cerca de 24%, enquanto no Brasil a contribuição era em torno de 80%, devido à utilização em larga escala de hidrelétricas, de acordo com a EPE (2019). No entanto, os recentes apagões e a crise hídrica têm obrigado os diversos setores da sociedade brasileira a repensar a dependência dos recursos hídricos para a geração de energia.

Alcançar um setor energético baseado na estratégia carbono zero maximizaria os benefícios econômicos e sociais, criaria riqueza, reduziria a pobreza energética, facilitando o acesso à energia e permitindo o crescimento em diversos setores (IRENA, 2020). No entanto, apesar de mais econômica, a utilização de energias renováveis cresce lentamente nos principais setores consumidores de energia, a exemplo do setor industrial, no qual a implantação permanece abaixo dos níveis indicados de um sistema de energia eficiente (KÅBERGER, 2019).

As fontes de energia renováveis não são contínuas, pois dependem da localização geográfica, bem como das condições climáticas. As novas abordagens ajudam a superar barreiras econômicas, permitindo uma implantação acelerada de baixo impacto ao ambiente

(IRENA, 2020). Desta maneira, alternativas na geração de energia podem suprir a demanda mundial. Porém, se faz necessário que tais sistemas incluam estratégias para integrar fontes renováveis em sistemas tecnológicos no âmbito econômico e na eficiência na produção de energia (PEREIRA, 2012).

A energia proveniente das marés é um exemplo de energia renovável que pode ser utilizada em pontos estratégicos ao redor do planeta. Também chamada de maremotriz, a energia é gerada por meio do movimento natural das marés (GUERREIRO, 2012). A energia eólica proveniente dos ventos é outro exemplo de energia renovável, que utiliza a força das massas de ar, provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra, para movimentar hélices presentes em aerogeradores, porém, necessitam de grandes áreas para que ocorram sua instalação (JUÁREZ-HERNÁNDEZ; LEÓN, 2014).

A energia de biomassa, que diz respeito a energia química produzida pelas plantas no processo de fotossíntese na forma de hidratos de carbono ou na queima da biomassa por meio do ciclo do carbono, liberando CO₂ na atmosfera. Dependente do sol para que seus processos aconteçam. Uma experiência exitosa com geração de energia elétrica por biomassa foi a instalação de 159 usinas no Estado de São Paulo, que utilizaram o bagaço da cana-de-açúcar, subproduto da produção de açúcar e álcool, para gerar o equivalente a 952 MW (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

2.2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar é utilizada desde os primórdios da humanidade como fonte de energia para fazer fogo, e desta maneira, aquecer casas, água e alimentos (BELESSIOTIS; PAPANICOLAOU, 2012). Por certo período do século XX perdeu-se a importância no uso da energia solar, devido ao aumento na utilização de combustíveis fósseis e seu baixo custo. A partir da década de 1970, com o aumento dos preços da comercialização dos combustíveis fósseis e após guerras que levaram a crises energéticas, o interesse em energia solar como alternativa energética passou a aumentar no mundo, uma vez que fontes de energias como a biomassa, combustíveis fósseis, eólica e hidráulica são formas indiretas de energia solar (Agência Nacional De Energia Elétrica [ANEEL], 2008).

Desde o início da atual década, a geração de energia solar cresceu exponencialmente no mundo, tornando-se uma fonte importante para a produção de eletricidade, permitindo uma maior diversificação da matriz energética e auxiliando no suprimento crescente de energia limpa (SANTOS; JABBOUR, 2013). Essa energia pode ser utilizada para produzir corrente elétrica pelo efeito fotovoltaico, que compreende na conversão direta da luz solar captada, em energia elétrica. Sendo essa corrente coletada, processada por controladores e conversores, podendo ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias e sistemas conectados à rede elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Dentre os processos de aproveitamento da energia solar, atualmente os mais utilizados são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. A energia fotovoltaica possui potencial para se tornar a longo prazo a maior fonte de eletricidade no mundo, devido a sua abundância, distribuição e investimentos em tecnologias para melhorias em instalação e eficiência (FERREIRA, et al., 2018).

A Alemanha, apesar de seu posicionamento geográfico não favorável à irradiação solar, possui um forte programa de diversificação e simultânea “limpeza” da matriz energética local, investindo na utilização de matriz renovável para geração de energia em todo o país, possuindo quase 50% do potencial instalado de células solares fotovoltaicas, em relação ao total mundial. Até 2007, o país detinha 13,4% das placas fotovoltaicas em operação no mundo totalizando 41.2GWp, promovendo 40% da geração de energia a partir de fontes como energia solar, contribuindo para a economia nacional e redução de impactos ambientais (PORTAL SOLAR, 2017).

No Brasil, apesar do grande potencial solar existente, o incentivo à geração em larga escala ainda é incipiente (SILVA, 2018). Como mencionado por *World Wide Fund for Nature Brasil* (WWF- Brasil) (2012), para que o país cresça, e destarte, chegue a dominar a cadeia produtiva de energia fotovoltaica, é necessário que se estabeleçam políticas de incentivo à geração em larga escala de energia fotovoltaica.

Além do domínio da cadeia mundial, a inserção da geração de energia elétrica a partir de fontes solares, proporcionará a edificações públicas e particulares a redução de despesas com energia elétrica, devido à grande parte destas construções estarem distribuídas em cidades com cerca de 1.000.000 habitantes (GOLDEMBERG et al., 2004).

O Estado de São Paulo, maior parque fabril da América Latina com mais de 45 milhões de habitantes, apresentou até os primeiros meses do ano de 2012 um consumo de eletricidade da ordem de 135 TWh/ano, com uma quantidade de radiação solar com capacidade de geração de energia equivalente a 512 TWh/ano (SECRETARIA DE ENERGIA, 2012). Tais índices demonstram que para que ocorra a implementação de projetos, é necessária a expansão de incentivos para geração de energia solar fotovoltaica, uma vez que tais investimentos tornará expressivo o crescimento econômico do estado e sucessivamente do Brasil (PAO; FU, 2013). Proporcionando ao país a oportunidade de tonar-se líder no sistema internacional de energia renovável, melhorando assim, a concorrência com países mais desenvolvidos em busca de um sistema energético eficiente, além de, frear a deterioração do meio ambiente (BONDARIK; PILATTI; HORST, 2018).

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O aquecimento global é um dos mais graves problemas ambientais com o qual lidamos nos dias de hoje. Este problema se origina do aumento da concentração de gases, como o CO₂, agravantes do efeito estufa na atmosfera. Tais gases provêm em sua maioria, da queima de combustíveis fósseis para produção de energia (TORGAL, 2013).

Um grande impulsionador para o aumento da demanda por energia, é o crescimento acelerado de grandes centros urbanos, uma vez que o número de habitantes, residências e grandes edifícios tem aumentado exponencialmente nas cidades. Com isso, há a crescente necessidade de consumo, o que leva a uma extração desproporcional e redistribuição inadequada de recursos (SILVA, et al., 2015).

Destá maneira, e de acordo com o World Energy Outlook 2015, a eficiência energética é a área com maior potencial para que sejam atingidas reduções nas emissões de gases com efeito estufa, permitindo que federações continuem crescendo e se desenvolvendo com impacto mínimo ao meio ambiente (IRENA, 2015). Mas para que seja alcançada a eficiência

energética, é necessário um equilíbrio entre obter benefícios mais elevados, utilizando a menor quantidade de recursos existentes, e desta maneira, impactar menos o meio ambiente (MADRID, 2014).

Como mencionado por Torgal (2013), o aumento da eficiência energética em edifícios novos e já construídos é fundamental para a transformação do sistema energético de grandes cidades. Visto que edifícios têm impacto significativo e crescente sobre o meio ambiente, e apresentam uma alta parcela das emissões de CO₂, relacionadas com a produção de energia (BOCASANTA, et al., 2017).

Prédios construídos demandam grande quantidade de energia, sendo os hospitais responsáveis por cerca de 6% do consumo total de energia do setor de edifícios utilitários (TEKE; TIMUR, 2014). Com isso, algumas instituições privadas têm investido na implementação de recursos, reduzindo custos operacionais, minimizando a poluição, além de diversificar a matriz energética, visando a eficiência energética.

Para que sejam analisadas as dimensões de eficiência energética de edificações, apresentam-se duas abordagens: uma prescritiva com a evolução temporal e linha de base da eficiência energética do local, e outra abordagem por desempenho, que determina a evolução de eficiência e os métodos de cálculo para comparação com limites pré-estabelecidos (CARLO, 2008).

No que tange à sustentabilidade em edifícios, um dos itens levados em consideração com maior rigor tem sido a eficiência energética, por meio da instalação de placas solares fotovoltaicas, haja vista que as tecnologias que propiciam a utilização da energia proveniente do sol estão em constante desenvolvimento e permitem economia, baixo impacto ambiental, podendo ser implantadas em pequenos espaços (YEPES; ARRIETA; AMELL, 2019).

Mas para que ocorram as implementações, são necessárias políticas públicas que incentivem a eficiência energética, buscando regulamentar e estruturar informações e serviços (MEJÍA, 2014). Permitindo assim a implementação de estratégias ambientais e medidas de eficiência energética, a fim de alcançar um crescimento e desenvolvimento energético e econômico (SCHILLER; EVANS, 2005).

O investimento em eficiência energética de edifícios é um tema importante e que tem sido cada vez mais debatido, incluindo nos órgãos públicos. Com o propósito de aliar economia energética com redução de custos (FERRADOR FILHO; OLIVEIRA; KNISS, 2018). No que tange às instituições públicas, se faz necessário que o governo planeje, elabore e coloque em vigor leis de incentivo a busca de eficiência energética, com o objetivo de proporcionar condições financeiras e de sustentabilidade para permanecer em operação (DUAIK, et al., 2019).

O conceito de edifício energeticamente eficiente está cada dia sendo mais debatido e já abrange regulamentos de planejamento e construção, mecanismos de incentivo à eficiência energética em edifícios construídos, além da busca pela conservação de energia, com a utilização de métodos e tecnologias que contemplem a otimização de recursos necessários, porém, com alto planejamento e eficácia (BITENCOURT, 2006).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa seguiu a abordagem qualitativa. Buscando a compreensão do tema e do objetivo proposto, o presente estudo teve caráter exploratório. Para alcançar o

objetivo traçado, a coleta de dados foi desenvolvida por meio de uma pesquisa bibliográfica, buscando avaliar as informações sobre hospitais, no contexto internacional e do Brasil, que tenham implementado projetos de eficiência energética. Utilizou-se a base Scopus e o Portal de Periódicos da CAPES para realizar a coleta dos dados. Para isso, foram determinadas as seguintes palavras-chave: “*energy efficiency*” and “*photovoltaic solar energy*” and “*hospital*” e suas traduções em português e espanhol. A partir do levantamento realizado, foram encontrados 127 artigos relevantes, com dados a respeito de hospitais que estão em diferentes fases de implementação de projetos de energia solar fotovoltaica.

4 RESULTADOS

Contextualizando este tema, serão apresentados a seguir casos internacionais e nacionais de projetos de eficiência energética em hospitais. Os casos que serão relatados encontram-se em fase de desenvolvimento ou já implantados, com dados iniciais e posteriores de eficiência.

4.1 CASOS INTERNACIONAIS

A implementação de sistemas de energias renováveis como fonte de geração secundária, é uma das maneiras atingir a eficiência. Painéis solares podem ser utilizados simultaneamente, conectados à rede, portanto, em situações emergenciais, o edifício terá sua energia abastecida pela rede elétrica. Neste contexto o hospital é capaz de vender parte de sua energia extra para a rede e obter um lucro. Este modelo foi desenvolvido para um hospital no Irã. Com base nas análises e discussões, os autores concluíram que o modelo apresentado causaria uma redução de 2,7% nos custos do hospital (VAZIRI; REZAEI; MONIRIAN, 2020).

Assim como o projeto desenvolvido para o hospital de Farah, em Amã, no qual ocorreu a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede. A fim de obter uma redução do consumo de energia em 24,9% em média. Tal projeto buscou atender as reformas energéticas que o governo de Marrocos vem adotando com o objetivo de tornar a eficiência energética uma prioridade e tem como previsão alcançar até 2030, 20% de economia de energia seguindo uma das propostas da *National Energy*, que é tornar hospitais já construídos em edifícios verdes (NOURDINE; SAAD, 2020).

Outro exemplo no Marrocos, ocorreu no hospital de especialidades de Ibn Sina, em Rabat, no qual ocorreu a instalação de telhado fotovoltaico de 150 kWp, obtendo-se uma economia de energia de 260 MWh/ano. Implantações semelhantes a introdução de 1000 m² painéis solares no hospital Ibn Rochd em Casablanca, totalizando uma economia de cerca de 890 MWh/ano (NOURDINE; SAAD, 2020).

Um grande hospital localizado em Alexandria, Egito, país situado em parte do continente africano, investiu na economia de energia, utilizando como modelo um projeto que objetivou-se na exemplificação de economia de energia que podem ser aplicados em todo o país, para que ocorra a modernização energética de edifícios (RADWAN, et al., 2016). Após o desenvolvimento de tal protótipo de economia de energia, que abrangeu troca de lâmpadas, janelas e a implementação de painéis fotovoltaicos, notou-se que com a troca de iluminação e implantação de placas solares no projeto ocorreria a baixa de 7.068.178 kW h /ano, resultando em uma economia de cerca de 3.500.000 L.E./ano. Levando em consideração as recentes

variações da moeda egípcia, piasters, o consumo de 1.000 quilowatts custa cerca de 50 piasters por kW/h (RADWAN, et al., 2016).

Grande parte dos hospitais construídos até os anos 2000 em todo o mundo, assim como no continente Europeu, foram projetados e desenvolvidos seguindo critérios de atendimento, conforto e segurança, sem levar em conta o desempenho energético. Portanto, o alto consumo de energia não foi um objeto de atenção durante o desenvolvimento dos projetos de antigos hospitais (NOURDINE; SAAD, 2020).

Dois grandes edifícios hospitalares localizados em Oradea, Romênia, o edifício do Hospital *Oradea Clinical County* e o edifício do Hospital Municipal Doutor Gavril Curteanu, datados de 1968 a 1989 respectivamente, desenvolveram projetos de eficiência e modernização energética, com o intuito de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, por meio de fornecimento de novas soluções que envolvem fontes de energia renovável, mediante design integrado (PRADA et al., 2020). A partir da perspectiva deste modelo, foi comprovada a eficiência alcançada por ambos os edifícios, após a implementação dos projetos, considerando a quantidade de CO₂ lançado na atmosfera durante um ano.

Um dos maiores índices de implementação de placas solares, como mencionado anteriormente, pertence a Alemanha, país localizado no continente Europeu. Podendo ser destacado o exemplo do hospital Agatharied, localizado em Munique, com área útil de 42.250 m². Ligado ao hospital estão um berçário, uma enfermaria e uma escola de enfermagem e 80 apartamentos para funcionários. Neste hospital foram instalados três módulos solares combinados com uma potência elétrica de 736 kW cada e com potência térmica de 1.250 kW. Com necessária integração à linha elétrica, o hospital possui dois geradores de emergência com uma saída elétrica de 480 kW e 229 kW. Tais medidas tomadas neste hospital levaram a 730 kW de economia, a ponto que, inicialmente o hospital necessitava de uma carga de 900 kW de energia elétrica (LEITTRETTTER, 2005).

Diferentemente no continente asiático, a China vem vivendo uma rápida urbanização com um alto desenvolvimento de sua infraestrutura. Como citado anteriormente, hospitais e unidades de saúde estão entre os que mais consomem energia entre os edifícios comerciais. Na China, tais edifícios geralmente são grandes construções, e desta maneira, responsáveis por uma parcela substancial da energia comercial total do país, são reconhecidos como o público menos eficiente em termos energéticos (WANG, et al., 2016). De acordo com a Comissão Municipal de Saúde e Planejamento Familiar de Pequim, cerca de 50% dos edifícios hospitalares municipais de Pequim foram construídos antes dos anos 1990, quando ainda não era amplamente discutido o conceito de edifício sustentável. Desta forma, não são eficientes, porém, apresentam um alto potencial para implantação de sistemas de energia alternativa, podendo alcançar a eficiência energética (WANG, et al., 2016).

Desde 2006, governos chineses estão desenvolvendo e implementando políticas, com o objetivo de viabilizar a eficiência energética em hospitais públicos. Houve resultados notáveis em projetos-piloto em ordem administrativa/econômica. Porém, incentivos econômicos, tecnológicos, legais e regulamentações aplicáveis, ainda necessitam de maior apoio governamental (TEKE; TIMUR, 2014). Desta maneira, não foram encontrados casos com impacto positivo na pesquisa realizada e segundo Wang et. al (2016), a eficiência energética ainda está longe de ser bem-sucedida em hospitais chineses.

4.2 CASOS NACIONAIS

Como mencionado anteriormente, o Brasil possui uma alta disponibilidade de recursos renováveis. A utilização destas fontes propicia cada vez mais projetos que visem a eficiência energética, a fim de reduzir o consumo de fontes fósseis de energia (LA FORGIA; COUTTOLENC, 2009).

O projeto proposto ao Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos (HU-UFSCar), localizado na cidade de São Carlos, Brasil, é um exemplo do desenvolvimento de um sistema fotovoltaico. Para este edifício foi proposta a inserção de painéis fotovoltaicos no estacionamento do hospital, permitindo que a área escolhida continue com sua funcionalidade. A estrutura proposta fornecerá aproximadamente 25% do consumo total de energia do HU-UFSCar em seu primeiro ano de operação. Ao calcular o retorno, 7 anos seriam necessários para o fluxo de caixa igualar o capital investido no projeto, tornando viável a instalação (DUAIK, et al., 2019).

Outro exemplo situado na cidade de São Paulo, é a Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Albert Einstein (SBIBAE), que é uma sociedade civil sem fins lucrativos voltada para a assistência à saúde, ensino e educação, inovação e pesquisa e responsabilidade social (SBIBAE, 2018). O SBIBAE visa alcançar maior eficiência energética nas operações, com medidas como a criação do Sistema de Gestão da Energia (SGE) em 2018, com o objetivo de organizar e gerir o desempenho energético. Ainda em 2018, foram realizadas na unidade Morumbi, São Paulo, a troca de 18.550 lâmpadas convencionais por LED, com economia de 2.150 MW/h/ ano; a instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia solar; e a substituição de bombas de vácuo, usadas em alguns procedimentos cirúrgicos, por equipamentos mais modernos e econômicos. Tais ações foram realizadas pelo Einstein em parceria com a Eletropaulo SBIBAE (2018). Em 2017 o consumo de energias renováveis no hospital era de 184.530 GJ, subindo para 197.053GJ em 2018, suprimindo boa parte da demanda hospitalar de energia.

Um programa desenvolvido em prol da melhoria de hospitais públicos e toda a sua área de atuação e que está em andamento no momento, é o Programa CPFL nos Hospitais, desenvolvido pela CPFL Energia e o Instituto CPFL. O objetivo é ajudar instituições públicas e filantrópicas a reduzirem suas contas de energia elétrica. Inicialmente, no ano de 2019, o programa mapeou cerca de 80 hospitais, e a meta é que essas instituições diminuam os gastos de suas faturas de energia elétrica e invistam o dinheiro economizado em outras áreas, para melhoria do atendimento, beneficiando a comunidade e a região nos quais estão inseridos. Ao final do programa é esperado que os hospitais economizem aproximadamente R\$ 18 milhões por ano em suas contas de energia. Outro objetivo da iniciativa é gerar ganhos ambientais, minimizando o consumo de energia elétrica, desta maneira, reduzindo a quantidade de CO₂ liberado na atmosfera e reforçando a utilização de uma matriz energética renovável e limpa (REI, 2019).

O Centro Infantil Boldrini e na Santa Casa/Hospital Irmãos Penteados, ambos localizados em Campinas, são exemplos de hospitais que receberam projetos propostos pelo Programa CPFL. Outras unidades de saúde de São Paulo e do Rio Grande do Sul serão contempladas neste projeto, recebendo os sistemas, que conta com a instalações de sistemas de energia solar e iluminação LED, oferecendo um processo limpo a fim de respeitar normas de

proteção ao meio ambiente e gerando uma economia entre 30% e 50% nos gastos com energia para as unidades hospitalares (REI, 2019).

Até o final de 2021 este programa irá beneficiar cerca de 200 hospitais públicos e filantrópicos, reduzindo suas contas de energia, minimizando o impacto ao meio ambiente, promovendo desenvolvimento sustentável e eficiência energética (REI, 2019). Para melhor exemplificar os casos levantados, a tabela 1 apresenta um resumo dos hospitais e a economia em porcentagem atual e futura, alcançada com a implementação de placas solares fotovoltaicas.

Tabela 1: Índices dos hospitais mencionados neste trabalho

Internacional			
País	Hospital	Economia	Previsão para o futuro
Marrocos	hospital de Farah	24,9% em média	
Marrocos	Ibn Sina	260 MWh/ano	
Marrocos	Ibn Rochd	890 MWh/ano	
Egito	-	3.500.000 L.E./ano	
Romênia	Oradea Clinical County		60% até 2050"
Romênia	Doutor Gavril Curteanu		60% até 2050"
Alemanha	Agatharied	350 KW-h/ano	
Nacional			
País	Hospital	Economia	Previsão para o futuro
Brasil	UH-UFSCar	25% do consumo total	
Brasil	SBIBAE	2.150 MW/h/ ano	
Brasil	Centro Infantil Boldrini		30% e 50%
Brasil	Hospital Irmãos Penteado		30% e 50%

Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

As energias renováveis oferecem disponibilidade de recursos renováveis distribuídos, acesso a tecnologias facilitadoras, além do potencial para diversificar a geração de energia, quando comparada aos combustíveis fósseis. A utilização de fontes renováveis de energia, como por exemplo, a energia solar fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país e no mundo, permitindo a diversificação da matriz energética e minimizando a liberação de gases agravantes do efeito estufa.

O sistema solar fotovoltaico é uma das energias alternativas mais promissoras mundialmente, pois se trata de uma fonte abundante e com incidência inesgotável na superfície terrestre. Dados do EPE (2019) apontam que a energia fotovoltaica passará da fonte com menor representatividade em 2016, para a fonte mais presente na matriz energética em 2040, simbolizando cerca de 32%.

Dentre os principais benefícios desta energia destaca-se que seus sistemas não emitem ruídos e seus painéis são estáticos, possibilitando a utilização em pequenas áreas, como em telhados de edificações, uma vez que são de simples instalação. Outro benefício decorrente da implantação da energia solar fotovoltaica, é financeiro, uma vez que a diminuição do consumo de energia elétrica, atrelada com a autoprodução, permite que o valor economizado possa ser revertido no desenvolvimento de outras áreas (PORTAL SOLAR, 2017).

Este estudo permitiu compreender que a implantação de painéis solares fotovoltaicos possibilita que hospitais localizados em diferentes áreas, possam realizar suas funções e

procedimentos base, minimizando o uso de energia elétrica e baixando os índices de poluentes liberados na atmosfera. Porém, para que ocorra tais ações se faz necessário que cada caso seja estudado individualmente, a fim de receber instalações que abranjam suas individualidades e supra sua demanda energética. Além da necessidade de um arcabouço legal, com a criação de leis em várias instâncias, promovendo a sustentação e crescimento da utilização da energia solar fotovoltaica, uma vez que as políticas públicas exercem papel primordial para o incentivo e uso desta energia. Também é fundamental que ocorra o acompanhamento dos processos e números alcançados após a implementação de projetos de eficiência energética utilizando esta energia, para que possíveis anomalias possam ser reajustadas.

Para pesquisas futuras, sugere-se desenvolver estudos multicase, analisando alguns dos exemplos de hospitais identificados na literatura, a fim de levantar informações mais detalhadas sobre os projetos de eficiência energética implementados e suas contribuições. Sugere-se também que um maior aprofundamento a respeito de hospitais localizados em ambientes remotos, permitirá compreender quais são os principais pontos a serem desenvolvidos durante o planejamento da implementação da energia solar, uma vez que em tais locais o acesso à energia elétrica é muitas vezes ineficiente, tornando a utilização da energia solar a única e principal fonte de energia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ed. Brasília, DF, 2008. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>.

AHMED, Waqas; SARKAR, Biswajit. Management of next-generation energy using a triple bottom line approach under a supply chain framework. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104431, 2019.

ALTOE, Leandra; COSTA, José Márcio; OLIVEIRA FILHO, Delly; MARTINEZ, Francisco Javier Rey; FERRAREZ, Adriano Henrique; VIANA, Lucas de Arruda. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 285-297, 2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100285&lng=en&nrm=iso. Acesso em 07 outubro de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890022>.

ANGELIS-DIMAKIS, Athanasios; BIBERACHER, Markus; DOMINGUEZ, Javier; FIORESE, Giulia; GADOCHA, Sabine; GNANSOUNOU, Edgard; GUARISO, Giorgio; KARTALIDIS, Avraam; PANICHELLI, Luis; PINEDO, Irene; ROBBA, Michela. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 2, p. 1182-1200, 2011.

AZEVEDO, João Paulo Minardi; NASCIMENTO, Raphael Santos; SCHRAM, Igor Bertolino. Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. **Revista Uningá**, v. 51, n. 1, 2017.

BELESSIOTIS, V. G.; PAPANICOLAOU, E. 3.03-History of Solar Energy. **Comprehensive Renewable Energy**, p. 85-102, 2012.

BITENCOURT, Fábio. Componentes de utopia ou de sobrevivência. **Revista Ambiente Hospitalar**, São, 2006.

BIZZARRI, Giacomo, MORINI, Gian Luca. Greenhouse gas reduction and primary energy savings via adoption of a fuel cell hybrid plant in a hospital. **Applied Thermal Engineering**, v. 24, n. 2-3, p. 383-400, 2004.

BIZZARRI, Giacomo, MORINI, Gian Luca. New technologies for an effective energy retrofit of hospitals. **Applied Thermal Engineering**, v. 26, n. 2-3, p. 161-169, 2006.

BOCASANTA, Stephane Louise; ENGELAGE, Emanuele; PFITSCHER, Elisete Dahmer; BORGERT, Altair. Avaliação de Sustentabilidade: Eficiência Energética em Edifícios de uma Universidade Comunitária. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, n. 2, p. 140-149, 2017.

BONDARIK, Roberto; PILATTI, Luiz Alberto; HORST, Diogo José. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

CARLO, Joyce Correna. Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Coleta de dados originais. Pesquisa em Administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, p. 144-184, 2005.

DUAIK, Isis Restivo; FERRAZ, Diogo; COSTA, Naijela; MORALLES, Herick Fernando; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. **Financial Viability of a Photovoltaic System**: the case of University Hospital at the UFSCar/Brazil. Brazil, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2019**. Relatório Síntese/Ano Base 2018, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>.

ESPINOSA, Vicente Macas; HERNÁNDEZ, Jesús Rafael Hechavarría; ESPINOZA, Juan Carlos Torres. Gestión de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador. **Opuntia Brava**, v. 10, n. 4, p. 309-314, 2018.

FERRADOR FILHO, Antonio Luiz; OLIVEIRA, Alexandre; KNISS, Claudia Terezinha. **Eficiência Energética Com Base Nos Critérios Procel**: Estudo De Caso Em Edifício Público. **HOLOS**, v. 7, p. 2-25, 2018.

FERREIRA, Agmar; KUNH, Sheila S. FAGNANI, Kátia C.; SOUZA, Tiago A., TONEZER, Camila; Dos SANTOS, Geocris Rodrigues, COIMBRA-ARAÚJO, Carlos, H. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181-191, 2018.

GOLDEMBERG, José et al. **Ethanol learning curve—the Brazilian experience**. *Biomass and Bioenergy*, v. 26, n. 3, p. 301-304, 2004.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, José; VILLANUEVA, Luz Dondero. **Energia, Meio Ambiente de São Paulo**. 2 ed. rev., Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 226, 2003.

GUERREIRO, Rodrigo. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 8, n. 2, 2012.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. Brasil Japão. Trabalhos, p. 189-205, 2005.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Global Renewables Outlook**. Abu Dhabi, 2015. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2015>.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Global Renewables Outlook**. Abu Dhabi, 2020. Disponível: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>.

JANNUZZI, Gilberto De Martino. **Energia e meio ambiente**, 2001. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/Artigos/ieunica.htm>.

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, Sergio; LEÓN, Gabriel. Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. **Problemas del desarrollo**, v. 45, n. 178, p. 139-162, 2014.

KÄBERGER, Tomas. **Economic Management of Future Nuclear Accidents**. In: *The Technological and Economic Future of Nuclear Power*. Springer VS, Wiesbaden, p. 211-220, 2019.

LA FORGIA, Gerard M.; COUTTOLENC, Bernard F. **Desempenho hospitalar no Brasil**. São Paulo: Singular, 2009.

LEITTRETTTER, Siegfried. **Energieeffizientes Krankenhaus-für Klimaschutz und Kostensenkung**: Workshop am 15. September 2004 im Hotel Inter City Düsseldorf im Rahmen des Hans-Böckler-Projektes" Arbeits-und Umweltschutz in Krankenhäusern". Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung, 2005.

MADRID, Richard Varas. **Eficiencia energética, tradiciones versus nuevas soluciones**. Boletín CF+ S, n. 42/43, p. 463-473, 2014.

MEJÍA, Guillermo. Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. **Revista Escuela de Administración de Negocios**, n. 77, p. 122-134, 2014.

NOURDINE, Brahim; SAAD, Abdallah. **About energy efficiency in Moroccan health care buildings**. Materials Today: Proceedings, 2020.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: breves conceitos**. Conjuntura e Planejamento, v. 149, p. 4-11, 2006.
PAINES, Patricia de Andrade; VIGNOCHI, Luciano; POSSAMAI, Osmar. Simulation of photovoltaic systems for commercial sector/Simulação de sistema fotovoltaico para o setor comercial. **Revista Exacta**, v. 16, n. 3, p. 17-31, 2018.

PAO, Hsiao-Tien; FU, Hsin-Chia. Renewable energy, non-renewable energy, and economic growth in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 381-392, 2013.

PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães. **Dossiê de pesquisa: fontes renováveis de energia**. Edição digital, 2012.

PORTAL SOLAR. **Alemanha se tornou líder em energia solar per capita**, 2017 Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/alemanha-se-tornou-lider-em-energia-solar-per-capita.html#:~:text=O%20governo%20alem%C3%A3o%20escolheu%20abandonar,mais%20objetivos%20a%20serem%20alcan%C3%A7ados>. Acesso em 2 de outubro 2020.

PRADA, Marcela; PRADA, Ioana Francesca; CRISTEA, Monica; POPESCU, Daniela Elena; BUNGĂU, Constantin; ALEYA, Lotfi; BUNGĂU, Constantin C. New solutions to reduce greenhouse gas emissions through energy efficiency of buildings of special importance—Hospitals. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 137446, 2020.

RADWAN, Ahmed F.; HANAFY, Ahmed A.; ELHELW, Mohamed; EL-SAYED, Abd El-Hamid A. Retrofitting of existing buildings to achieve better energy-efficiency in commercial building case study: Hospital in Egypt. **Alexandria Engineering Journal**, v. 55, n. 4, p. 3061-3071, 2016.

REI, G. **CPFL e RGE nos Hospitais**, 2019. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/cpfl-e-rge-nos-hospitais/Paginas/default.aspx>. Acesso em 01 de outubro de 2020.

ROSA, Carmen Brum; SILUK, Julio Cezar Mairesse; MICHELS, Leandro; RIGO, Paula Donaduzzi; REDISKE, Graciele. A gestão da energia solar fotovoltaica sob a ótica da bibliometria. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 2, p. 113-119, 2018.

SANTOS, Juliane Barbosa dos; JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. **Saúde e sociedade**, v. 22, p. 972-977, 2013.
SCHILLER, Silvia; EVANS, John Martín. Rol de la Envolvente en la Edificación Sustentable. **Revista de la Construcción**, v. 4, n. 1, p. 5-12, 2005.

SECRETARIA DE ENERGIA. **Plano Paulista de Energia**, 2012. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2012/05/09/ppe-2020-plano-paulista-de-energia/>. Acesso em 03 de outubro de 2020.

SILVA, Aline Oliveira. **Exploração de recursos renováveis em escolas públicas**: caso Escola Estadual Ensino Fundamental Eduardo Vargas. 2018.

SILVA, Magno José Gomes; ARAÚJO, Clivaldo Silva de; BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; ARNAUD, Simplício; SOUTO, Cícero da Rocha; GOMES, Heber Pimentel. Sistema de controle adaptativo aplicado a um sistema de distribuição de água com ênfase na eficiência energética. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 405-413, 2015.

SOCIEDADE BENEFICENTE ISRAELITA BRASILEIRA ALBERT EINSTEIN. **Relatório de Sustentabilidade 2018**, 2018. Disponível em: https://www.einstein.br/Documentos%20Compartilhados/RA_Einstein-2018_web.pdf. Acesso em 04 de outubro de 2020.

TEKE, Ahmet; TIMUR, Oğuzhan. Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 33, p. 224-235, 2014.

TORGAL, Fernando Pacheco. Breve análise da estratégia da União Europeia (UE) para a eficiência energética do ambiente construído. **Ambiente construído**, v. 13, n. 4, p. 203-212, 2013.

UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o Setor Elétrico: pensando o desenvolvimento sustentável**. (Tese de Doutorado) - EPUSP, São Paulo, Brasil, 345 p., 1997.

U.S Energy Information Administration. Global energy consumption driven by more electricity in residential, commercial buildings, 2019. Disponível em <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=41753>. Acesso em 27 de outubro de 2020.

VAZIRI, Shabnam Mahmoudzadeh; REZAAE, Babak; MONIRIAN, Masoud Amel. Utilizing renewable energy sources efficiently in hospitals using demand dispatch. **Renewable Energy**, v. 151, p. 551-562, 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, v. 2, 2012.

WANG, Tao; LI, Xiaodong; LIAO, Pin-Chao; FANG, Dongping. **Building energy efficiency for public hospitals and healthcare facilities in China: Barriers and drivers**. *Energy*, v. 103, p. 588-597, 2016.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE BRASIL. **Além de Grandes Hidrelétricas**. Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. Brasília, Brasil, 2012. Disponível em https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf

YEPES, Hernando A.; ARRIETA, Carlos E.; AMELL, Andrés A. Combustión sin llama como una alternativa para mejorar la eficiencia de sistemas térmicos: revisión del estado del arte. **Tecnológicas**, v. 22, n. 46, p. 204-243, 2019.