Brazilian Journal of Development

Indicadores de desempenho de energia em edifícios de escritório: Estudo comparativo através de uma revisão bibliográfica sistemática

Energy performance indicators in office buildings: A comparative study through a systematic literature review

DOI:10.34117/bjdv6n6-070

Recebimento dos originais:08/05/2020
Aceitação para publicação:03/06/2020

Hyago Maurício Bremm Muller
Engenheiro Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestrando em Engenharia Civil (PPGECiv/UFSCar)
Instituição: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Endereço (1): Rodovia Washington Luiz, Km 235, São Carlos- SP, 13565-905- Brasil-
Tel: (66) 99958-6755
E-mail: hyagomuller@ufscar.br

Douglas Barreto
Engenheiro Civil pela Universidade Anhembi Morumbi (UAM). Mestre em Building Service Engineering (HERIOT-WATT). Doutor em Arquitetura e Urbanismo (FAU/USP)
Instituição: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Endereço (2): Rodovia Washington Luiz, Km 235, São Carlos- SP, 13565-905- Brasil-
Tel: (16) 3351- 9668
E-mail: dbarreto@ufscar.br

José da Costa Marques Neto
Engenheiro Civil pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Mestre em Engenharia Civil (EESC/USP). Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC/USP)
Instituição: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Endereço (3): Rodovia Washington Luiz, Km 235, São Carlos- SP, 13565-905- Brasil –
Tel: (16) 3351- 8156
E-mail: joseneto@ufscar.br

RESUMO
No setor da construção civil, os edifícios são responsáveis pelo maior consumo de energia. Tal evidência pode ser explicada pela ausência ou ineficiência da gestão de energia, muitas vezes, desencadeado por falhas ou ausência de medições de consumo, análises e correções de desvios, bom como falta de emprego de fontes alternativas. Neste contexto, esta pesquisa buscou analisar e comparar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, indicadores de desempenho de energia em edifícios de escritórios. Acrescenta-se ainda ao estudo, uma exposição breve sobre consumo de energia no Brasil e no mundo, práticas de gerenciamento de facilidades e Key Performance Indicators (KPIs), as quais são ferramentas que auxiliam o processo de gestão de energia dos edifícios. Através de uma metodologia de revisão

Brazilian Journal of Development

bibliográfica sistemática foram identificados 48 periódicos, dos quais foram selecionados 14 e selecionados 4 estudos que formaram a base desta pesquisa. Os periódicos escolhidos apresentaram indicadores reais de desempenho de energia de 4 edifícios de escritório da Europa (Alemanha, Dinamarca, Suécia e Áustria) e 4 simulações de edifícios do Brasil (São Paulo/SP e Fortaleza/CE e Florianópolis/SC, duas vezes). Os resultados indentificaram que edíficos europeus consomem menos energia por área construída quando comparado aos edifícios brasileiros. Contudo, a presente pesquisa não permite tirar conclusões generalizadas, devido ao número limitado de casos. Além disso, existem diversos fatores que devem ser considerado para avaliar a eficiência energética de um edifício, tais como: clima local, envoltória, isolamento térmico, uso de equipamentos eficientes, utilização e tipo de operação dos edifícios.

Palavras chaves: Gestão de energia, Eficiência energética, Gerenciamento de facilidades, Key performance indicators

ABSTRACT

In the civil construction sector, buildings are responsible for the highest energy consumption. Such evidence can be explained by the absence or inefficiency of energy management, often triggered by failures or the absence of consumption measurements, analyzes and correction of deviations, as well as the lack of use of alternative sources. In this context, this research sought to analyze and compare, through a systematic literature review, energy performance indicators in office buildings. The study also includes a brief exposition on energy consumption in Brazil and in the world, facilities management practices and Key Performance Indicators (KPIs), which are tools that assist the energy management process of buildings. Through a systematic literature review methodology, 48 journals were identified, of which 14 were selected and 4 studies selected that formed the basis of this research. The chosen journals presented real energy performance indicators for 4 office buildings in Europe (Germany, Denmark, Sweden and Austria) and 4 building simulations in Brazil (São Paulo / SP and Fortaleza / CE and Florianópolis / SC, twice) . The results identified that European buildings consume less energy per built area when compared to Brazilian buildings. However, this research does not allow general conclusions to be drawn, due to the limited number of cases. In addition, there are several factors that must be considered to assess the energy efficiency of a building, such as: local climate, envelope, thermal insulation, use of efficient equipment, use and type of operation of the buildings.

Keywords: Energy management, Energy efficiency, Facility management, Key performance indicators

1 INTRODUÇÃO

Grande parte do consumo de energia no mundo concentra-se entre os Estados Unidos, União Europeia e BRICS (Brasil, Rússia, Índia e China), sendo que as maiores preocupações até o ano de 2050 estão relacionadas com o aumento da população mundial e urbanização na

Índia e China, altas taxas de novas construções no Brasil e Rússia, e reduções no consumo dos edifícios da Europa e dos Estados Unidos (BERARDI, 2017).

Tendo em vista que os edifícios são os maiores consumidos de energia do setor da construção civil, busca-se técnicas de gestão de energia que resultam em edifícios mais eficientes. Todavia, a gestão de energia é um processo contínuo que envolve avaliações comparativas, estabelecimento de objetivos, medidas e verificações contínuas (PEARSON, 2009).

De acordo com Degani (2010), faz parte da operação e manutenção a gestão do consumo de energia (medições do consumo, análises, correção de desvios, adoção de novas tecnologias (emprego de fontes alternativas ou cogeração de energia). Desta forma, os indicadores-chave de desempenho aparecem como ferramentas importantes para a gestão da energia dos edifícios. São medidas que fornecem informações importantes para possíveis controles, melhoria e obtenção de resultados mais eficientes (KAVRAKOV, 2015). Dentre os principais indicadores-chave, destaca-se o indicador de desempenho energético (KWh/m²/ano), que foi utilizado como referência para o desenvolvimento deste trabalho.

A falta ou ineficiência da gestão de energia é desencadeada muitas vezes por falhas, ou ausência de medições de consumo, análises e correções de desvios, assim como emprego de fontes alternativas. Por esses motivos, este trabalhou buscou através de uma revisão bibliográfica sistemática, identificar estudos que mostrem indicadores de desempenho de energia em edifícios de escritórios, estabelecer relações entre eles e verificar possíveis práticas, tais como de gerenciamento de facilidades e KPIs, que são ferramentas pouco abordadas na literatura brasileira, mas muito importantes para os processos de gestão de energia dos edifícios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

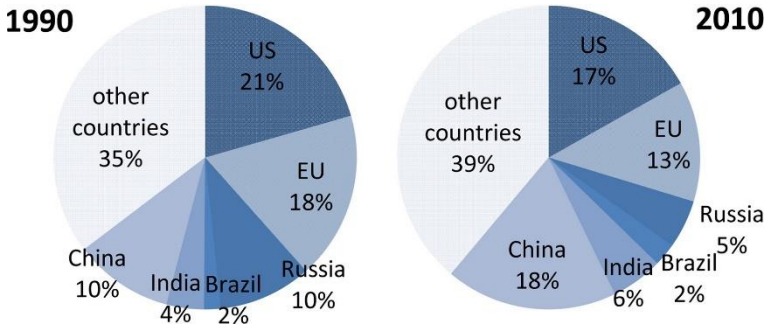
Neste capitulo será apresentada uma revisão da literatura com conceitos, índices e definições sobre: Distribuição do Consumo de Energia no Mundo; Consumo de Energia em Edifícios; Gerenciamento de Facilidades e Gestão de Energia nos Edifícios; Indicadores-chave de Desempenho e Indicadores de Desempenho de Energia.

2.1 DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO MUNDO

No mundo, 60% do consumo global de energia concentra nos Estados Unidos (EUA), União Europeia (UE) e BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China). A China é o país que mais

consome energia no mundo, representando uma taxa de 18% em 2010, seguido dos EUA (17%), UE (13%), Índia (6%), Rússia (5%) e Brasil (2%), (BERARDI, 2017), conforme pode ser visto na Figura 1.

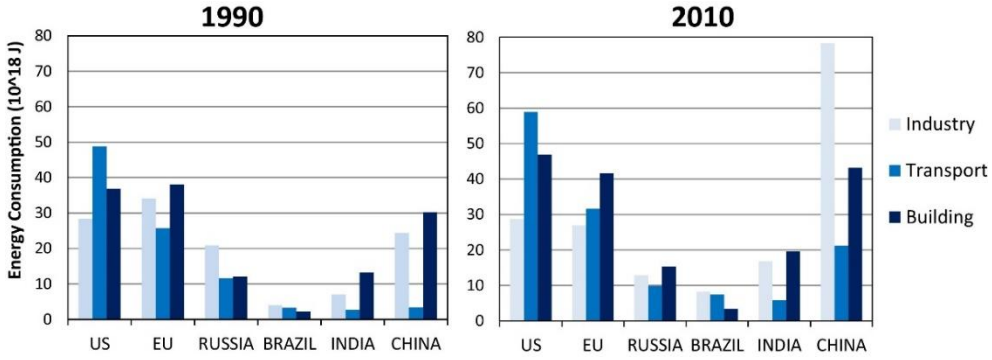
Figura 1 – Porcentagem do consumo mundial de energia em 1990 e 2010 para diferentes países



Fonte: Berardi, 2017.

Quanto analisado por setores, indústria, transporte e construção, percebe-se o elevado consumo no setor da construção civil (Figura 2). Porém, há imprecisão na categorização do neste setor, já que muitas agencias dividem o consume final de energia em indústria, transporte e outros (edifícios, agricultura e silvicultura). Apesar disso, é sabido que os edifícios são responsáveis pelo maior consumo de energia na categoria "outros". (BERARDI, 2017)

Figura 2 – Consumo de energia em diferentes setores em 1990 e 2010



Fonte: Berardi, 2017.

2.1.1 Consumo de Energia em Edifícios

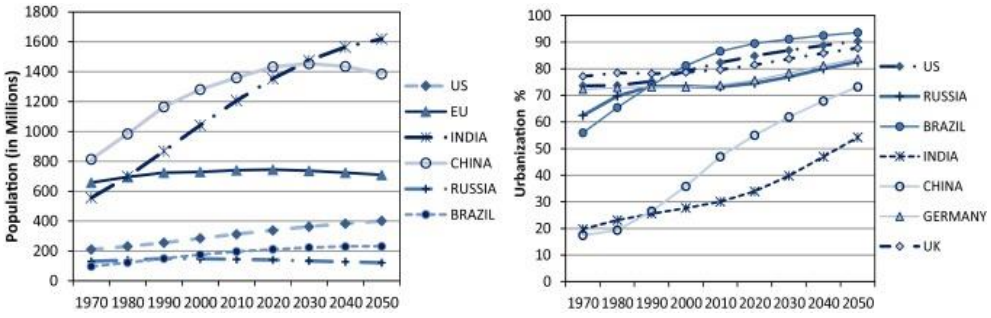
De acordo com US Departamento de Energia (2011) e Berardi (2012), países mais desenvolvidos como os EUA e UE apresentam uma taxa de novas construções e substituições entre 2% e 3%, mostrando que as poucas possibilidades de reduzir o consume de energia

Brazilian Journal of Development

através da construção de novos edifícios de alto desempenho. Em contrapartida, nos países em desenvolvimento como os BRICS, o consumo de energia este associado ao alto crescimento da população, urbanização e os crescentes padrões de vida (UNHSP, 2010 , SHARMA, 2010, EIA, 2014).

Como pode ser visto na Figura 3, na Índia e China, os principais motivos preocupantes no consumo de energia estão relacionados à urbanização e ao aumento da população Atualmente, apenas 30% e 45% da população vivem nas cidades, respectivamente, e a previsão é de 50% e 70% para os próximos 25 anos (BERARDI, 2017). Bernardi (2017) afirma que no Brasil e Rússia, o principal fator está relacionado a altas taxas de novas construções.

Figura 3 –Projeção do consumo de energia ao longo dos anos e dentro do atual cenário político



Fonte: Berardi, 2017.

2.2 GERENCIAMENTO DE FACILIDADES E GESTÃO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

Gerenciamento de Facilidades (GF) pode ser definido como:

> Uma atividade profissional que tem por finalidade o planejamento e operação de processos eficientes, integrandos edifícios, equipamento, serviços e tecnologia (meios) proporcionando a melhoria contínua da solvibilidade e da usabilidade do meio ambiente construído, para suportar devidamente as necessidades e os desejos dos usuários (GRAÇA, 2006)

Para Degani (2010), atribui-se aos serviços de gerenciamento de facilidades: manutenção predial (civil, elétrica, hidráulica, automação e ar condicionado); engenharia e operações; elaboração de *service level* (SLA) e *Key performance indicators* (KPI); gerenciamento de ambientes críticos; gestão do edifício, medicina e segurança no trabalho; service desk; limpeza/ contas a pagar; gestão de contratos; planejamento de capital; relatórios operacionais e financeiros; projetos, obras e alterações de layout, sustentabilidade

(tratamento de efluentes, reciclagem de lixo e consumo de energia). Além disso, é atribuição dos gerentes de facilidades a gestão dos serviços terceirizados pelo edifício, tais como estacionamento, segurança, limpeza, viagens corporativas, telefonia, controle de pragas, automação predial, conveniências, jardinagem, dentre outros.

O gerente de facilidades é responsável pela operação e manutenção das instalações físicas dos edifícios, operação das atividades de apoio ao negócio central, gestão do edifício enquanto patrimônio imobiliário. Faz parte da operação e manutenção a gestão do consumo de energia (medições do consumo, análises, correção de desvios, adoção de novas tecnologias (emprego de fontes alternativas ou cogeração de energia (DEGANI, 2010).

Segundo com Pearson (2009), a gestão de energia é um processo contínuo que envolve avaliação comparativa do uso de energia, bem como o estabelecimento de objetivos, padrões de melhoria, medidas, verificações continuas e designação de responsabilidades. Para Degani (2010) a análise de contas de energia e negociação de melhores tarifas, monitoramento dos consumos dos sistemas de condicionamento de ar, equilíbrio de temperaturas, uso de gerações em horários de pico, trocas de lâmpadas, fazem parte da gestão dos edifícios.

Para Romero (1997), as melhorias de eficiência energética dos edifícios podem ser realizadas através dos seguintes itens: Substituição do sistema de iluminação artificial incandescente e fluorescente; Substituição de reatores eletromagnéticos por eletrônicos; Alteração nas temperaturas do condicionamento ambiental em certas zonas em função de seu posicionamento, funcionamento e ocupação, por exemplo; Instalação de persianas com controle de intensidade luminosa; Substituição da pintura com opções mais claras; Adoção de novo enquadramento tarifário à concessionária; Utilizar recursos da ventilação natural nos períodos de inverno para retirar parte da carga térmica; Instalação de sensores de presença.

2.2.1 Indicadores-Chave de Desempenho

Os indicadores-chave de desempenho ou key performance indicators (KPIs) fazem parte da lista de atribuições do gerenciamento de facilidades. Segundo Kavrakov (2015), os KPIs são medidas que fornecem informações importantes para a obtenção de resultados no gerenciamento de facilidades.

A medição é um importante passo de controle e consequente melhoria, que segundo H. Harrigton: “se você não consegue medir algo, não consegue entender. Se você não entende,

você não pode controlá-lo. Se você não pode controlar não pode melhorá-lo" (KAVRAKOV, 2015).

Kanvrakov (2015) propôs algumas diretrizes básicas e critérios para identificar, desenvolver e utilizar os KPIs no gerenciamento de instalações, sendo eles:

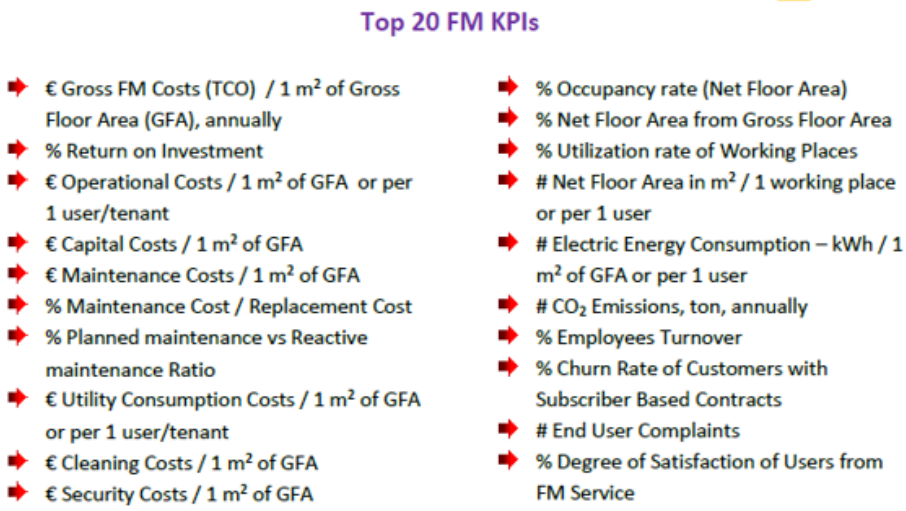
- **Claros e específicos** - os KPIs devem ser definidos usando termos claros e inteligíveis. Quando possível, evite o uso do jargão de gerenciamento. Tem que ficar claro o que o KPI mede exatamente. Tem de haver uma definição uniforme do KPI; deve ser aceito com consenso dentro da empresa para garantir que os diferentes usuários o interpretem de maneira uniforme.
- **Mensurável** - O KPI deve ser mensurável; deve definir um padrão, valor de orçamento ou norma. Deve ser possível medir o valor real que pode ser comparado ao valor alvo. É por isso que, um padrão internacional sugerido na nomenclatura de KPIs recomenda começar com o símbolo da medida selecionada. Exemplo: € Custos Operacionais; % Taxa de ocupação; # Solicitações de manutenção.
- **Alcançável** - Todo KPI deve ser realista dentro de um período de tempo selecionado. É realmente importante a aceitação dentro da organização de que o valor ou padrão alvo é alcançável. Não há nada mais desanimador do que fazer todo esforço para um resultado que nunca seria atingido.
- **Relevante** - os KPI devem estar alinhados com a estratégia corporativa e devem ser significativos para a área específica de serviços ou atividades, ou grupo específico de clientes / clientes / usuários. A medição de muitos indicadores insignificantes, com fraca relação com o resultado planejado, é a armadilha mais comum da medição de desempenho.
- **Tempo dividido em fases** - Todo KPI se torna significativo quando seu valor é monitorado em períodos de tempo. Exemplo: Reduza a Porcentagem de Manutenção Reativa vs Índice de Manutenção Planejada para 30/70 nos próximos 12 meses, sob a liderança do Gerente de Manutenção.
- **Atribuído a** - A responsabilidade de monitorar e gerenciar o feedback de KPIs dentro do conceito de Planejar-Fazer-Verificar-Agir deve ser atribuída a uma unidade / posição específica. Sistemas de software e automação podem facilitar, mas não podem gerenciar ou liderar. Exemplo: Sob a liderança do gerente de

manutenção, reduza os custos de manutenção como uma porcentagem do valor de substituição de ativos para 3% até o final do primeiro trimestre, 2016.

– **Equilibrado** - Um sistema de KPI integrado deve ser equilibrado, oferecendo indicadores que medem a qualidade e a quantidade; eficácia e eficiência; incluindo indicadores que medem domínios objetivos e subjetivos. Deve empregar métodos de medição objetivos, bem como técnicas que capturem e relatem opiniões e reflexões subjetivas. Exemplo: # Área útil em m² por 1 estação de trabalho, nível de satisfação dos usuários do serviço de help desk; % De horas extras de manutenção, nível de participação dos funcionários.

Os KPIs apresentados na Figura 4 apresentam as melhores práticas relatadas pelo Instituto KPI, Euro FM e IFMA dos KPIs mais usados no gerenciamento de facilidades atualmente (KANVRAKOV, 2015). Nesta pesquisa será abordado o indicador de consumo de energia em KWh/m², que faz partes desta lista.

Figura 4 – TOP Key performance indicators



Fonte: Kanvrakov, 2015.

2.2.2 Indicadores de Desempenho de Energia

De acordo com CDM (2002), o principal indicador de desempenho energético nos edifícios é o consumo por área (KWh/m²/ano), outro também comumente usado é o consumo por ocupação (KWh/pessoa/ano).

Embora estes indicadores sejam muito usados, o consumo de energia pela área de piso não pode representar de forma adequada a eficiência de um edifício, pois pode apresentar

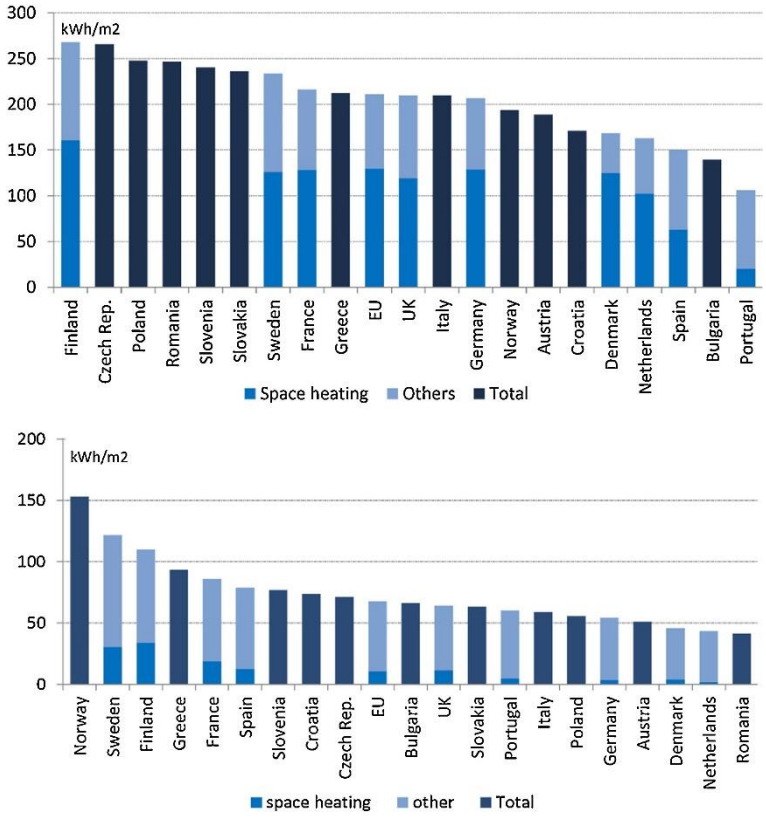
Brazilian Journal of Development

grande quantidade de equipamentos e uso intensivo, e ainda ser eficiente (CARLO, 2008). Pelo contrário, uma edificação com pouco uso, pode aparentar eficiente, por consumir pouco em uma área equivalente, mesmo não possuindo características de classificação de eficiência (CARLO, 2008).

Com base nesta análise, esta pesquisa abordará indicadores de consumo de energia apenas como forma exploratória, com os objetivos e justificativas já apresentadas anteriormente.

A Figura 5 representa o consumo de energia por metro quadrado de área construída nos países da União Europeia em 2012. O consumo total médio de energia em edifícios da UE foi cerca de 210kwh/m² em 2012, sendo que edifícios residenciais representam média de 185kWh/m² e não residenciais 286kWh/m² (BERARDI, 2017).

Figura 5 –Consumo total de energia e eletricidade de edifícios por m² nos países da União Europeia em 2012



Fonte: Berardi, 2017.

Na União Europeia há um prêmio anual de melhores práticas em termos de integração de tecnologias eficientes e projeto de arquitetura para edifícios novos e reformados.

(D'AGOSTINO, CUNIBERTI E BERTOLDI, 2017). Nas tabelas 1 e 2 pode ser visto alguns exemplos de edifícios destaques.

Os critérios para edifícios novos incluem:

- Elevada percentagem de economia de energia, mais de 50%, em comparação com valores de referência legais;
- Baixo consumo final de energia primaria;
- Executar isolamento na envoltória;
- Utilizar fontes de energia renováveis e tecnologias inovadoras, tais como bombas de calor, fotovoltaicos, biomassa, geotérmica, recuperação de calor.

Para os edifícios reformados, os critérios são:

- Percentagem de poupança de energia, mais de 50%, em comparação com o consumo antes da renovação;
- Utilização de tecnologias inovadoras afim de melhorar o desempenho energético dos sistemas de HVAC, iluminação, envoltória;
- Uso de fontes renováveis;
- Quatro medidas técnicas de eficiência energética ao menos;
- Respeito a integridade estética da estrutura e valor histórico;

Brazilian Journal of Development

Tabela 1 – Exemplo de melhores práticas para edifícios novos

Parceiro	Hubert Haupt Immobilien Holding	KPC	Fabege	Gold-Kraemer-Stiftung
Nome do edifício	NuOffice	Højhus Værk-mestergade	Uarda 5	Kindertag-esstätte Hürth-Hermühlheim e Hürth-Efferen
País	Alemanha	Dinamarca	Suécia	Alemanha
Categoria	Escritório	Escritório	Escritório	Educação
Área (m²)	10.067	27.168	48.734	1.060
Valor de referência (kWh / m² / a)	152,5	63,5	109	89,8
Valor real (kWh / m² / a)	**45,3**	**34,9**	**39**	**48,9**
Economia (%)	70,3	64,9	65	54
Envelope de valor U (W / m² K)	0,18	0,14	0,6	0,24
Janelas de valor U (W / m² K)	0,75	1,2	0,7	1,85
Aquecimento	Aquecimento ur-bano e cogera-ção	Aquecimento ur-bano	Bomba de calor	Aquecimento ur-bano
Ventilação	Recuperação de calor	Recuperação de calor	Recuperação de calor	Recuperação de calor
Resfriamento	Bomba de calor de origem	Vitrificação sele-tiva e usina de refrigeração centralizada	Dispositivos de sombreamento e bomba de ca-lor de terra	Dispositivos de sombreamento
RES	Sistema geotér-mico	Planta fotovol-taica	Planta fotovol-taica	Geração eólica e fotovoltaica

Fonte: Adaptado de D'agostino, Cuniberti e Bertoldi, 2017.

Brazilian Journal of Development

Tabela 2 – Exemplo de melhores práticas para edifícios reformados

Parceiro	MA 34 Bld & gestão de instalações	Hotéis Derag	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung eV (IÖR)	Svenska Kyrkan I Gotemburgo
Nome do edifício	Amtshaus Schlargasse	Hotel Campo dei Fiori	EU OU	Näset 51:54
País	Austria	Alemanha	Alemanha	Suécia
Categoria	Escritório	Hotel	Cuidados de saúde	Igreja
Área (m²)	1500	1400	2644	9419
Valor de referência (kWh / m² / a)	153,3	271,71	262,7	278,4
Valor real (kWh / m² / a)	**49,4**	**68,06**	**40,6**	**105,1**
Economia (%)	68	75	85	63
Envelope de valor U (W / m² K)	0,48	0,28	0,57	n / D
Janelas de valor U (W / m² K)	1,2	1,1	1,03	n / D
Aquecimento	Caldeira de condensação	Sistema solar híbrido e bomba de calor	Aquecimento urbano	Bomba de calor
Ventilação	Recuperação de calor	Recuperação de calor	Recuperação de calor	Recuperação de calor
Resfriamento	Dispositivos de sombreamento	Bomba de calor ar-água	Sombreamento externo	Bomba de calor de origem
RES	Não	Planta fotovoltaica	Planta fotovoltaica	Solar térmico e geotérmico

Fonte: Adaptado de D'agostino, Cuniberti e Bertoldi, 2017.

Foram encontrados poucos trabalhos brasileiros que avaliam ou citam indicadores de desempenho de energia (KWh/m²) como forma de análise energética dos edifícios. Além disso, não foram encontrados estudos que indicam valores reais de consumo de energia, apenas simulações realizadas em softwares.

Santana (2006) avaliou a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia através de simulações computacionais, em que se desenvolveu um modelo representativo de tipologia predominante baseado nas características construtivas de uma mostra de 35 edifícios de escritórios na cidade de Florianópolis- SC.

Através dos dados obtidos do trabalho de Santana (2006), pôde se calcular o indicador de consumo de energia para a tipologia predominante, que inclui o consumo de equipamentos, ar condicionado e iluminação, sem influências dos parâmetros construtivos abordados. O cálculo apresentou um consumo de **87,2 kWh/m²/ano.**

Santesso e Chvatal (2018), avaliaram o impacto de parâmetros arquitetônicos no desempenho energético de salas de escritório climatizado de modo misto (ou com ventilação

hibrida). A pesquisa constitui-se de simulações computacionais de diferentes modelos de salas de escritórios baseado em uma análise das características de 55 edifícios de escritórios da cidade de São Paulo.

A partir da análise dos resultados de Santesso e Chvatal (2018), verificou-se que o modo constante apresentou consumo total de energia anual que variam de **42 a 97 KWh/m²/ano**, sendo que no modo misto o consumo variou entre **38 a 79 KWh/m²/ano**.

Didoné, Wagner e Pereira (2014) avaliaram o potencial de transformação de edifícios de escritório brasileiros em edifícios energia zero (EEZ) para diferentes climas. Foram realizadas simulações computacionais para um edifício referência, que representa uma tipologia de edifícios de escritório no Brasil, e outro edifício otimizado, o qual apresenta baixo consumo de energia. Por últimos, os autores realizaram um cálculo de consumo energético do edifício para criação do modelo de energia zero através da incorporação de sistema fotovoltaico e estratégias de eficiência energética.

Através dos dados obtidos de Didoné, Wagner e Pereira (2014) para as cidades de Florianópolis e Fortaleza, respectivamente, e dos dados de área total do edifício protótipo (11,00m x 200,00m) = 2.200,00 m², pode-se calcular o indicador de desempenho de energia para cada caso:

- **Florianópolis:**

Protótipo: IDE=180.000/2.200= **81,81kWh/ano**

Otimizado: IDE= 90.000/2.200= **40,90 kWh/ano**

- **Fortaleza:**

Protótipo: IDE= 260.000/2.200= **118,18kWh/ano**

Otimizado: IDE= 125.000/2.200= **56,82kWh/ano**

3 MÉTODO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida pela metodologia de revisão bibliográfica sistemática. Este tipo análise tem como objetivo levantar, reunir, avaliar criticamente a metodologia da pesquisa e sintetizar estudos de diversas pesquisas anteriores (SAMPAIO E MANCINI ,2017). De acordo com Akobeng (2005), as revisões sistêmicas integram informações de um conjunto de estudos realizados separadamente, que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, auxiliando desta maneira, para investigações futuras.

Brazilian Journal of Development

No Quadro 1 está representado uma síntese da revisão bibliográfica sistemática desenvolvida nesta pesquisa. Os parâmetros de busca foram realizados de acordo com o roteiro proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), com a definição dos dados de entrada, processamento e saída.

A etapa de entrada constituiu na definição dos problemas, objetivos, fontes primárias, strings de busca, critérios de inclusão, critérios de qualificação, métodos e ferramentas de busca. Na etapa de processamento de dados, foi realizado uma busca de artigos em periódicos através de filtros, com leitura de títulos, resumos e palavras-chave, seguido de leitura de introdução e conclusão, leitura completa.

Desta maneira pode-se obter uma quantia de 48 (quarenta e oito) periódicos, dos quais foram selecionados 14 (quatorze), sendo estes os mais relevantes para a pesquisa. Na fase de saída, foi realizado uma análise dos artigos relevantes, onde se identificou 4 (quatro) estudos que formaram a base da pesquisa, e por último foi realizado a síntese e análise dos resultados obtidos.

Quadro 1 – Esquema da Revisao Bibliográfica Sistemática Desenvolvida

<table>
<tr><th>ENTRADA</th><th>PROCESSAMENTO</th><th colspan="2">SAÍDA</th></tr>
<tr><td>1- Problemas</td><td>1- Busca por Periódicos (Web od Science, Periódicos CA-PESm Scielo, Science Direct)</td><td colspan="2">1- Análise de Estudos</td></tr>
<tr><td>2- Objetivos</td><td>2- Leitura de títulos, resumos e palavras-chave</td><td>Estudo A</td><td>D'agostino, Cuniberti e Bertoldi (2017)</td></tr>
<tr><td>3- Fontes Primárias</td><td>3- Leitura de Introdução e Conclusão</td><td>Estudo B</td><td>Santana (2006)</td></tr>
<tr><td>4- Strings de Busca</td><td>4- Leitura Completa</td><td>Estudo C</td><td>Santesso e Hyatal (2018)</td></tr>
<tr><td>5- Critérios de inclusão</td><td rowspan="3">5- Artigos Selecionados (14 Periódicos)</td><td>Estudo D</td><td>Didoné, Wagner e Pereira (2014)</td></tr>
<tr><td>6- Critérios de qualificação</td><td colspan="2" rowspan="2">2- Síntese e Resultados</td></tr>
<tr><td>7- Método e Ferramentas</td></tr>
</table>

Fonte: Autoria Própria, 2018.

4 RESULTADOS

Após realizada a revisão bibliográfica sistemática, pôde se comparar dados reais de consumo de energia de 4 (quatro) edifícios de escritório da Europa (Alemanha, Dinamarca, Suécia e Áustria), e 4 (quatro) simulações de edifícios modelos do Brasil, os quais foram simulados de acordo com o clima e outras características próprias das cidades de São Paulo/SP, Fortaleza/CE e Florianópolis/SC, duas vezes.

Brazilian Journal of Development

O Quadro 2 apresenta uma comparação dos quatro estudos analisados, de acordo com suas referências, localidade, categoria, área, consumo anual de energia, valores de referência para de acordo outros edifícios e indicadores de consumo de energia em kWh/m²/a.

Quadro 2 – Comparação de indicadores de energia de acordo com o estudo

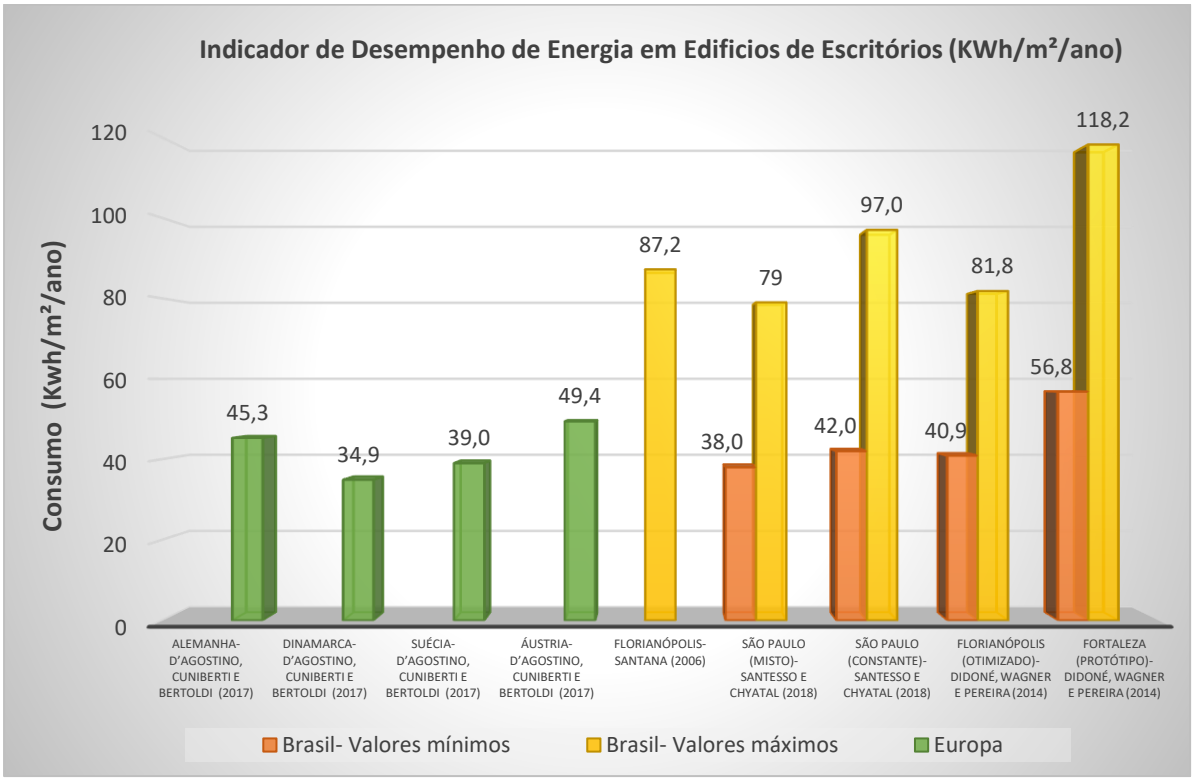
Fonte: Autoria Própria, 2018.

DADOS	**CONSUMO DE ENERGIA COM VALORES REAIS**				**CONSUMO DE ENERGIA COM VALORES SIMULADOS**							
Referências	**ESTUDO A**				**ESTUDO B**	**ESTUDO C**		**ESTUDO D**				
	D'agostino, Cuniberti e Bertoldi (2017)				Santana (2006)	Santesso e Chyatal (2018)		Didoné, Wagner e Pereira (2014)				
País	Alemanha	Dinamarca	Suécia	Áustria	Brasil	Brasil		Brasil				
	Edifícios Novos			Edifício Reformado	Florianópolis	São Paulo		Florianópolis		Fortaleza		
Categoria	Escritório	Escritório	Escritório	Escritório	Protótipo Predominante baseado em 35 edifícios de Escritório	Modelos baseados em 55 edifícios de Escritório		Escritórios-Protótipo de Santana (2006) e Carlo (2008)		Escritórios-Protótipo de Santana (2006) e Carlo (2008)		
Área (m²)	10.067,0	27.168,0	48.734,0	1.500,0	2.200,0	Modelos		Protótipo	Otimizado	Protótipo	Otimizado	
						Misto	Constante	2.200,0		2.200,0		
Valor real (kwh / m² / a)	**45,30**	**34,90**	**39,00**	**49,40**	**87,20**	**38,0 a 79,0**	**42,0 a 97,0**	**81,82**	**40,91**	**118,18**	**56,82**	

Com intuído de melhor apresentação e facilitar a análise dos resultados obtidos, elaborou-se um gráfico (Figura 6), onde pode ser visto na cor laranjada os edifícios europeus e nas cores vermelha e lilás as simulações dos edifícios brasileiros, sendo apresentados valores máximos na cor lilás e mínimo na cor vermelho.

Brazilian Journal of Development

Figura 6 – Indicadores de desempenho de energia para diferentes edifícios



Fonte: Autoria Própria, 2018.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio dos resultados apresentados no Quadro 2 e Figura 6, pôde-se verificar que de forma geral os edifícios europeus descritos neste estudo, consomem muito menos energia por área do que os edifícios brasileiros.

As simulações obtidas a partir do estudo de Didoné, Wagner e Pereira (2014) para o município de Fortaleza/CE apresentaram os maiores indicadores de energia, valores que variam de 56,8 a 118,2KWh/m²/ano.

Dados reais apresentados por D'agostino, Cuniberti e Bertoldi (2017), mostraram que o edifício ganhador de melhores práticas da Dinamarca, apresenta o menor indicador de consumo, valor de 34,9 K Wh/m².

As variações das simulações dos trabalhos de Santesso e Chvatal (2018) e Didoné, Wagner e Pereira (2014), para os edifícios de São Paulo, Florianópolis e Fortaleza, respectivamente, não permitiram concluir exatamente os indicadores de consumo de energia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou abordar de forma breve assuntos de consumo de energia no Brasil e no mundo, práticas de gerenciamento de facilidades e KPIs, como fatores essenciais e de extrema importância para o gerenciamento dos edifícios, com enfoque principalmente, para o gerenciamento de energia dos edifícios.

O principal objetivo apresentado por estre trabalho foi analisar de forma exploratória indicadores de consumo de energia por área (KWH/m²/ano) de edifícios de escritórios no mundo. Nesta pesquisa, os valores apresentados não resultam em conclusões reais para generalizar que os edifícios de escritórios europeus consomem menos energia por área construída do que os edifícios brasileiros, ou que apresentam maiores índices de deficiência energética.

Existem vários fatores que devem ser avaliados que permitem concluir a eficiência energética de um edifício, como, por exemplo o clima local, envoltória do edifício, isolamento térmico, uso de equipamentos eficientes, da utilização e tipo de operação do edifício, entre outros.

Com base no que foi pesquisado e apresentado, percebe-se a carência de informações reais sobre efetivos indicadores de consumo dos edifícios de escritórios brasileiros. Em contrapartida, há uma elevada quantidade de estudos que avaliam questões de eficiência energética dos edifícios europeus, bem como políticas de redução do consumo de energia ou programas como o Green Building Program, destinado a melhorar a eficiência energética dos edifícios e promover o uso de energias renováveis em edifícios não-residenciais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)- Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AKOBENG AK. Understanding systematic reviews and meta-analysis. Arch Dis Child. 2005; 90:845-8.

BERARDI, Umberto. A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], v. 123, p.230-241, ago. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.014.

CARLO, Joyce Correna. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais. 2008. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CDM. Executive Summary for Principal Groups A & B, CE14/2000. Hong Kong: 2002.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CBGDP, 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2011, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: Gbdgp, 2011. p. 1 - 12.

D'AGOSTINO, Delia; CUNIBERTI, Barbara; BERTOLDI, Paolo. Energy consumption and efficiency technology measures in European non-residential buildings. Energy And Buildings, [s.l.], v. 153, p.72-86, out. 2017.

DEGANI, Clarice Menezes. Modelo de Gerenciamento da Sustentabilidade de Facilidades Construídas. 2010. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DIDONE, Evelise Leite; WAGNER, Andreas and PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. Ambient. constr. [online]. 2014, vol.14, n.3, pp.27-42.

GRAÇA, Moacyr E. A. da. Gerenciamento de Facilidades. 2016. Disponível em: http://www.moacyrgraca.com.br/downloads/page4.html, acesso em: 20 nov. 2018.
KAVRAKOV, Deyan. Performance Management in Facility Management. Top Key Performance Indicators in FM. v. 32, 2015.

SAMPAIO, R. F; MANCINI, M. C. Estudo de Revisão Sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p.83-89, dez. 2006.

SANTESSO, C. A.; CHVATAL, K. M. S. Consumo energético de salas de escritório climatizadas de modo misto em São Paulo: considerações sobre o projeto. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 119-137, out./dez. 2018.

SANTANA, M. V. Influência de Parâmetros. Construtivos no Consumo de Energia de Edifícios de Escritório Localizados em Florianópolis – SC. 2006. 181 f.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. Arquitetura, Comportamento e Energia. 1997. Tese Livre Docência- Universidade de São Paulo, USP, 1997.

PERSON, Dick. A gestão da sua energia- reduzindo custos com sustentabilidade. Talen: Revista Infra, Ed. 106, fevereiro de 2009