

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM  
SISTEMAS PRODUTIVOS

ROBINSON PATARA MATTHES

DATA CENTERS NO ESTADO DE SÃO PAULO:  
UM ESTUDO SOBRE CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

São Paulo  
Junho/2020

ROBINSON PATARA MATTHES

DATA CENTERS NO ESTADO DE SÃO PAULO:  
UM ESTUDO SOBRE CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação da Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo.

São Paulo  
Junho/2020

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA  
FATEC-SP / CPS CRB8-8390

M436d      Matthes, Robinson Patara  
Data Centers no estado de São Paulo: um estudo sobre consumo e eficiência energética / Robinson Patara Matthes. – São Paulo: CPS, 2020.  
76 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo  
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2020.

1. Sistemas produtivos. 2. Data centers. 3. Eficiência energética. 4. Consumo de energia. I. Azevedo, Marília Macorin de. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

ROBINSON PATARA MATTHES

DATA CENTERS NO ESTADO DE SÃO PAULO:  
UM ESTUDO SOBRE CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

---

Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo.  
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

---

Profa. Dra. Tereza Cristina Carvalho  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

---

Prof. Dr. Napoleão Verardi Galeale  
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

São Paulo, 30 de Junho de 2020

Ao meu pai Enio (*in memorian*) e à minha  
esposa Gisele, meus maiores incentivadores  
para a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha esposa Gisele, que ao longo desses anos me deu não só força, mas apoio e foi a maior incentivadora para que eu concluísse essa etapa da vida acadêmica. Obrigado, meu amor, por suportar as crises de estresse e minha ausência em diversos momentos.

Agradeço também à minhas filhas Ane e Bruna e em especial, à Lara e Olívia, que por muitas noites e finais de semana tiveram que suportar minha ausência enquanto eu me dedicava aos estudos.

Por fim, agradeço aos professores e colaboradores da Unidade de Pós-Graduação, Extensão e Pesquisa do Centro Paula Souza, que tanto se dedicam à formação dos seus alunos e principalmente à minha orientadora, Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo, que demonstrou toda paciência e compreensão nos momentos difíceis que passei, não perdendo a esperança de que conseguiríamos chegar até o final.

Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por  
trabalho, dedicação e competência.  
(Ayrton Senna)

## RESUMO

MATTHES, R. P. *Data Centers no estado de São Paulo: um estudo sobre consumo e eficiência energética*. 76f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

O consumo de energia é problema enraizado por todo o planeta, tomando parte de inúmeras discussões, notadamente nas últimas décadas; é temática a preocupar muitas autoridades que respondem pelo planejamento e execução de políticas voltadas para melhorar a geração e distribuição de energia, vez esta ligar-se direta ou indiretamente ao equilíbrio do meio ambiente. No presente texto, em particular, o consumo da energia elétrica — de crescente demanda a ser estampada por todos os setores produtivos —, é tema de discussão, situando-a em razão dos *Data Centers*. O objetivo geral é o de evidenciar os elementos operacionais que mais trariam, no futuro próximo, maior eficiência energética para os *Data Centers* no Estado de São Paulo. A metodologia utilizada é a pesquisa exploratória qualitativa, encontrando por procedimento a realização de estudo de base bibliográfica e da aplicação de questionário a fim de investigar junto a profissionais da área de *Data Centers*. Foram enviados 893 questionários e 33 considerados no estudo. Os resultados apurados indicam que o estado de São Paulo possui a maior quantidade de *Data Centers*, que o PUE (*Power Usage Effectiveness*) pode ser melhorado e quais as possíveis soluções para melhorar a eficiência energética desses centros de dados. Como contribuição acadêmica, o estudo indica espaço para novas pesquisas no campo de eficiência energética dos *Data Centers* e aponta ao mercado os principais ofensores de consumo em *Data Centers* e indicações para melhoria deste consumo.

**Palavras-chave:** Sistemas produtivos. *Data Centers*. Eficiência energética. Consumo de energia.



## **ABSTRACT**

**MATTHES, R. P. Data Centers in the state of São Paulo: a study on energy consumption and efficiency.** 76f. Dissertation (Professional Master in Management and Technology in Productive Systems). Paula Souza State Technological Education Center, São Paulo, 2020.

Energy consumption is an ingrained problem across the planet, taking part in countless discussions, notably in recent decades; it is a topic of concern to many authorities who are responsible for planning and implementing policies aimed at improving the generation and distribution of energy, since it is directly or indirectly linked to the balance of the environment. In this text, in particular, the consumption of electricity - of increasing demand to be stamped by all productive sectors - is a topic of discussion, placing it due to the Data Centers. The general objective is to highlight the operational elements that would bring more energy efficiency to Data Centers in the State of São Paulo in the near future. The methodology used is qualitative exploratory research, finding by procedure the realization of a bibliographic based study and the application of a questionnaire in order to investigate, together with professionals in the area of Data Centers. 893 questionnaires were sent and 33 considered in the study. The results obtained indicate that the state of São Paulo has the largest number of Data Centers, that the PUE (Power Usage Effectiveness) can be improved and what are the possible solutions to improve the energy efficiency of these data centers. As an academic contribution, the study indicates space for new research in the field of energy efficiency of Data Centers and points out to the market the main offenders of consumption in Data Centers and indications for improving this consumption.

**Keywords:** Productive systems. Data centers. Energy efficiency. Energy consumption.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Consumo de energia no estado de São Paulo.....	31
Tabela 2:	Classificação do PUE.....	40
Tabela 3:	Classificação do <i>Data Center</i> - quantidade de racks.....	63
Tabela 4:	Classificação do <i>Data Center</i> – potência por rack.....	65

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Perfil do consumo de energia elétrica (GWh - Estado de São Paulo, 2017)....	31
Gráfico 2:	Data Centers no Brasil .....	55
Gráfico 3:	Finalidade dos <i>Data Centers</i> .....	56
Gráfico 4:	Finalidade dos <i>Data Centers</i> por localidade .....	56
Gráfico 5:	Tempo de experiência profissional em <i>Data Centers</i> por localidade .....	57
Gráfico 6:	Áreas de atuação dos profissionais por localidade .....	57
Gráfico 7:	Quantidade de <i>Data Centers</i> por empresa e localização .....	58
Gráfico 8:	Ofensores do consumo de energia dos <i>Data Centers</i> .....	59
Gráfico 9:	Classificação dos <i>Data Centers</i> pelo PUE.....	60
Gráfico 10:	Soluções eficientes para <i>Data Centers</i> e prazo de adoção.....	61
Gráfico 11:	PUE estimado dos <i>Data Centers</i> com uso de soluções.....	62
Gráfico 12:	Alteração estimada do PUE nos <i>Data Centers</i> .....	63
Gráfico 13:	Tamanho do <i>Data Center</i> - quantidade de racks .....	64
Gráfico 14:	<i>Data Centers</i> - potência média por rack .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Legislação e programas públicos – linha do tempo – eficiência energética ....	22
Figura 2:	Matriz energética brasileira (2017) .....	26
Figura 3:	Níveis de classificação de eficiência energética para edificações .....	28
Figura 4:	Alusão às instalações dos <i>Data Centers</i> .....	32
Figura 5:	Localização de grandes <i>Data Centers</i> no Brasil .....	34
Figura 6:	Localização de grandes <i>Data Centers</i> em São Paulo.....	34
Figura 7:	Elementos básicos de um <i>Data Center</i> .....	35
Figura 8:	Classificação Tier para <i>Data Centers</i> .....	36
Figura 9:	Exemplo de cálculo de PUE .....	39
Figura 10:	Carga térmica na sala de computadores .....	41
Figura 11:	Consumo de energia do sistema de refrigeração.....	42
Figura 12:	Alinhamento de gabinetes no <i>Data Hall</i> .....	43
Figura 13:	Confinamento do corredor frio .....	44
Figura 14:	Confinamento do corredor quente .....	45
Figura 15:	Arquitetura de servidores .....	46
Figura 16:	<i>Data Center</i> submerso Microsoft.....	49
Figura 17:	<i>Data Center</i> Facebook em Luleá .....	50
Figura 18:	Sistema de resfriamento em Hamina .....	51
Figura 19:	Questionários considerados .....	54

## LISTA DE SIGLAS

DC -	<i>Data Center</i>
DCIM -	<i>Data Center Infrastructure Management</i>
GWh -	Gigawatt-hora
IA -	Inteligência Artificial
IoT -	Internet das Coisas
kWh -	Quilowatt-hora
PBE -	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PUE -	<i>Power Usage Effectiveness</i>
SaaS -	<i>Software</i> como Serviço
TI -	Tecnologia da Informação
UPS -	Unidade de Energia Ininterrupta

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>17</b>
1.1 A questão ambiental .....	17
1.2 Políticas públicas para o combate ao desperdício .....	20
1.3 Visão geral sobre as matrizes energéticas .....	23
1.4 Consumo de energia elétrica no estado de São Paulo .....	30
<b>2 OS DATA CENTERS.....</b>	<b>32</b>
2.1 Ofensores da eficiência energética em <i>Data Centers</i> .....	37
2.2 Eficiência energética nos <i>Data Centers</i> .....	39
2.3 Soluções usadas para melhorar a eficiência energética .....	41
2.3.1 Alinhamento de gabinetes dentro do <i>Data Hall</i> .....	42
2.3.2 Confinamento dos corredores .....	43
2.3.3 Virtualização de servidores .....	45
2.4 Principais elementos poupadores de energia .....	47
2.5 Exemplos de soluções para eficiência energética em <i>Data Centers</i> .....	48
2.5.1 <i>Data Center Microsoft na Escócia</i> .....	49
2.5.2 <i>Data Center Facebook na Suécia</i> .....	50
2.5.3 <i>Data Center Google na Finlândia</i> .....	51
<b>3 A PESQUISA .....</b>	<b>52</b>
3.1 Instrumento de pesquisa .....	53
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
4.1 Análise .....	66
4.2 Contribuições .....	67
4.3 Trabalhos futuros .....	68
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNCIDE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNCIDE B – DADOS OBTIDOS NO INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNCIDE C – COMENTÁRIOS NO INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO A – Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/01).....</b>	<b>76</b>

## INTRODUÇÃO

Dentre as diversas formas de energia, imprescindíveis para a evolução do homem na Terra, a mais utilizada é a elétrica, acontecimento dominado a partir de finais do século XIX e que tem exigido, para sua crescente fruição em larga escala, notadamente crescente ao longo dos séculos XX e XXI, estudos e emprego de técnicas múltiplas, resultando na edificação de instalações de grande porte, como são as hidrelétricas, mas também suscitando soluções menos ostensivas, ainda que eficientes, como é a engenharia voltada para a utilização de materiais e equipamentos com o objetivo de melhorar a gestão deste recurso.

O conhecimento e a aplicação adequados das fontes ou matrizes energéticas, como atualmente são chamadas, vêm ao encontro dos apelos ambientais por maior racionalização de seu uso, visando tornar perene (sustentável) sua exploração e melhorando, deseja-se, a vida de todos.

A questão energética, assim, envolve de modo crescente e complexo os interesses de várias coletividades sob ângulos e aspectos dos mais distintos, compreendendo a extração de matéria-prima, processamento, distribuição, custos etc., perpassando, naturalmente, sob o viés industrial, sobre os mecanismos de automação a aprimorar seu uso. Compreende igualmente olhares patentemente econômicos sobre a questão, visando, repete-se, poupar o meio ambiente de agressões evitáveis, bem como poupar as partes envolvidas de gastos a onerar seus fluxos financeiros.

Nesse cenário, dentre muitos consumidores de relevo, e por proximidade com as atividades laborais do mestrando, destacam-se os produtos e principalmente os serviços vinculados aos denominados *Data Centers*. Os *Data Centers* são centros de processamento de dados em que se concentram sistemas computacionais de uma organização ou de uma empresa, esta que passa a abrigar múltiplos dados de outras tantas organizações. A vantagem em se ter tais centrais de processamento de dados espalhados por todo o mundo é a de agrupar, com segurança, organização e velocidade de recuperação, informações relevantes para organizações e pessoas das mais diversas, notadamente quando são produtoras ou receptoras de dados múltiplos.

Com tais argumentos, exsurge o presente texto acadêmico, tratando-se de Dissertação de Mestrado a discorrer de modo geral sobre os apelos ambientais da atualidade, fontes

energéticas, tecnologia verde e a eficiência como sendo questão principiológica, alcançando a exposição sobre o consumo dos *Data Centers* no Estado de São Paulo, chegando a debater — ponto central —, acerca dos melhores caminhos de se melhorar a performance quanto ao consumo de energia elétrica por parte dessas unidades.

Sendo assim, a questão da pesquisa neste contexto é: quais elementos operacionais podem contribuir para maior eficiência energética num futuro próximo, considerando os *Data Centers* do estado de São Paulo?

Por outras palavras e mais precisamente, o objetivo geral desta dissertação é o de evidenciar os elementos operacionais que mais originariam, no futuro próximo, maior eficiência energética para os *Data Centers* no Estado de São Paulo. Por seu turno, os objetivos específicos são o de identificar uma quantidade de *Data Centers* no Estado, verificar o consumo de energia dos *Data Centers* e identificar os fatores que mais influenciam quanto ao consumo de energia desses centros de dados e possíveis tecnologias a serem adotadas a médio e longo prazo com o objetivo de otimizar o consumo energético.

O trabalho segue estruturado em introdução, fundamentação teórica, a pesquisa e as considerações finais, afora a final listagem dos materiais publicados utilizados (referências).



## **1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Eficiência energética é um conceito universal que diz respeito à utilização racional de energia, consistente em usar menos energia para a obtenção da mesma quantidade de trabalho.

Em sua definição, a eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma determinada atividade e aquela disponibilizada para a sua relação (ABESCO, 2020).

Segundo Salomão (2010), eficiência energética é a realização de uma mesma tarefa utilizando-se menos energia e sem alterar o resultado. A obtenção dessa eficiência energética está relacionada com os seguintes aspectos:

- Comportamental: é o modo de utilização dos equipamentos. Pode ser obtida informando-se ao usuário quais os procedimentos para o uso do equipamento evitando o desperdício;
- Técnico: relacionado com a construção e característica de consumo de cada equipamento e pode ser obtida por meio de uma atualização tecnológica em que novos equipamentos têm consumo menor.

Podemos considerar que, ao utilizarmos de recursos mais eficientes e que consomem menos energia, estamos contribuindo para o uso racional dos recursos naturais que geram a energia necessária.

### **1.1 A questão ambiental**

O século XXI inicia-se em meio a uma situação bastante crítica sob o aspecto socioambiental que se mostra agravante caso as tendências atuais de degradação sejam perpetradas ou não remediadas; cuida-se de problema arraigado na cultura da produção, na maneira de pensamento, nos valores e no conhecimento mal construído e difundido que desenham o sistema econômico, político e social em que se vive, embora ações e

posicionamentos preservacionistas também se espalhem positivamente pelo mundo, gradativamente, a partir dos anos de 1980 (COUTINHO et al, 2009).

Trata-se de emergência que, além de ser ecológica, se mostra como uma crise do estilo de pensamento, do imaginário da sociedade e das diversas cognições que deram sustento à modernidade, mercantilizando o mundo e dominando exageradamente a natureza.

A resolução por melhorar a condição do planeta frente às múltiplas corrupções de seus muitos habitats requer amadurecimento da espécie humana, ruptura das hipocrisias sociais, construção de novos desejos, de novos horizontes, com renovação de anseios e inteligência, notadamente para se aproveitar e recriar os processos produtivos globais de modo a tornar o ambiente duradouro — como mais recentemente ocorre com, por exemplo, a substituição de frotas de veículos automotores à combustão pelos modelos elétricos (DELGADO, 2016).

A humanidade chegou a um ponto que faz exigir profundo reexame de suas atitudes para tentar encontrar novos rumos e refletir sobre a cultura, as crenças, os valores e conhecimentos em que se baseia o comportamento diário, bem como sobre o padrão antropológico-social que se prende nas ações e diversas atividades nas quais a educação, amplamente considerada, incluindo a produção acadêmico-científica, tem um enorme peso (GELLER, 2013).

O modelo de desenvolvimento predominante, além de impactar fortemente o ambiente natural, tem trazido problemas para a vida de grande número de habitantes do planeta.

Historicamente, ainda como explica Geller (2013), tem-se que o homem, claro, é o personagem que contribuiu de maneira marcante para a regressão dos ecossistemas naturais, iniciando sua conquista terrena a partir de sua fixação com o cultivo agrícola, passando também a criar animais para o corte.

Seja para ampliar seu espaço de fixação, ou se valer propriamente dos recursos naturais, o homem passou a se valer das florestas, matas, subsolo, ampliando cada vez mais sua ocupação sobre a Terra. Tal processo evolutivo foi por muito tempo, e em muitos lugares ainda permanece sendo, meramente exploratório, ou seja, sem técnicas de manejo ou de reposição do que é da natureza retirado, notando-se que muitos desses recursos naturais sequer são renováveis, muito restando degradados desde seu abandono.

Em verdade, o petróleo e os minerais, dentre outros elementos a compor matéria-prima, não podem ser repostos pelo homem, demandando milhões de anos para sua espontânea formação. Ao longo dos tempos, principalmente nos últimos duzentos anos, o homem avançou

sobre a natureza de modo voraz, extinguindo fontes esgotáveis de recursos e causando desequilíbrios ao meio ambiente (MAGNOLI e SCALZARETTO, 1998).

Nessa exposição, falando-se de modo geral sobre a problemática ambiental, destacam-se ainda a poluição causada pelos processos produtivos e a busca incessante por sistemas energéticos os menos onerosos possíveis e capazes de suprir a sua crescente demanda, transformando tal questão em grande prioridade para muitos países. Contrariamente aos Estados Unidos da América, por exemplo, o Brasil, grande produtor de energia, não tem se mostrado como o melhor administrador da questão, com episódios marcantes de falha quanto à energia elétrica, além do elevado custo (MAGNOLI e SCALZARETTO, 1998).

Fala-se de muitos prejuízos à natureza: aquecimento global, extinção de espécies, doenças várias, esgotamento de recursos etc.

Como sustenta Almeida (2014), o panorama descrito em relação à ação do homem sobre a natureza não é, como se percebe, otimista: ameaças de falta de alimentos e de espaço, crise energética, dilapidação de recursos e poluições de todos os tipos. Nas próximas décadas, apresenta-se para o homem e para todos da biosfera uma situação sem precedentes na história: a sobrevivência com qualidade — é o que está em jogo.

O crescimento das distintas coletividades no planeta e a natureza humana pedem por volume e qualidade de produtos e serviços, com rápidas respostas dos vários segmentos industriais pelo mundo a oferecer de tudo. Ninguém ousa falar em frear, notadamente em momentos de crise econômica global, com algumas exceções, o progresso; mas é um imperativo imaginar para colocar em prática fluxos produtivos menos destrutivos, mais racionais e com padrões reais de sustentabilidade (BORGER, 2011).

A gestão das várias fontes energéticas certamente está localizada em um dos pontos centrais de toda essa questão, devendo serem formuladas saídas inteligentes no sentido da mencionada sustentabilidade, abarcando tanto a exploração e renovação sagaz dos materiais, como o arquitetar de equipamentos e tecnologias capazes de, em pequena ou larga escala, sustentar de modo igualmente argucioso, por toda parte, o uso da energia de maneira a retê-la, reaproveitá-la, torná-la menos custosa e menos agressiva ao meio ambiente.

Nesse campo de discussão, como ressalta Camargo (2013), a gestão da energia elétrica, com bilhões de kWh distribuídos pelo globo, com destaque para seu uso industrial ou comercial, requer, como se verá, atenção especial, isto acontecendo com o emprego de novas propostas

tecnológicas a mantê-los em funcionamento pelo maior tempo possível e com índices de consumo e desdobramento econômico cada vez mais vantajosos.

## **1.2 Políticas públicas para o combate ao desperdício**

A primeira iniciativa oriunda do poder público para incentivar a utilização de medidas de eficiência energética sob âmbito nacional ocorreu no ano de 1981, com a criação do Programa Conserve (ALMEIDA, 2014). Esse programa dispunha-se a promover a conservação de energia na indústria, desenvolvendo-se, era a proposta, produtos eficientes para o melhor desempenho energético (ALMEIDA, 2014).

No ano seguinte lançou-se o chamado Programa de Mobilização Energética, este caracterizado por um conjunto de ações dirigidas para incentivar o emprego de medidas de conservação de energia e, de maneira especial, substituir derivados de petróleo por fontes de energia renováveis (DELGADO, 2016).

Em 1985, por intermédio de uma atuação coordenada e abrangente, o governo federal promulgou a Portaria Interministerial de número 1.877, dos Ministérios de Minas e Energia e do Ministério da Indústria e Comércio Exterior, instituindo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. A missão foi promover o uso racional de energia elétrica em toda a nação, incluindo o Programa Brasileiro de Etiquetagem (ARSESP, 2020).

Anos depois, instituiu-se o Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural, agora por intermédio de decreto presidencial datado de 18 de julho de 1991. Em 1997, pela Lei n.9.478, foi lançada a Política Energética Nacional e criados a Agência Nacional de Petróleo e o Conselho Nacional de Política Energética. Nesta norma ficaram determinados os princípios da otimização do uso da energia em relação ao aproveitamento racional de suas fontes, sempre objetivando, outrossim, a conservação energética e a preservação do meio ambiente (ANEEL, 2020).

No início da década de 2000, publicou-se o principal marco legal na área de eficiência energética no país, a Lei federal nº. 10.295/2001, responsável por fixar a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Por essa lei se instituiu que o Poder Executivo ficaria responsável em desenvolver mecanismos que promovessem a eficiência energética de

equipamentos e máquinas fabricados e comercializados no país. No mesmo ano, foi publicado o Decreto n.4.059/2001, regulamentando a Lei nº. 10.295/2001, estabelecendo níveis máximos de consumo de energia, ou, ainda, mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos diversos (ANEEL, 2020).

Nos anos seguintes, houve avanços significativos no âmbito das diretrizes do Programa Brasileiro de Etiquetagem, com o governo lançando o programa de certificação de eficiência energética para prédios comerciais, públicos e de serviços. Em 2009, igualmente foi lançada a certificação de eficiência energética de veículos automotores.

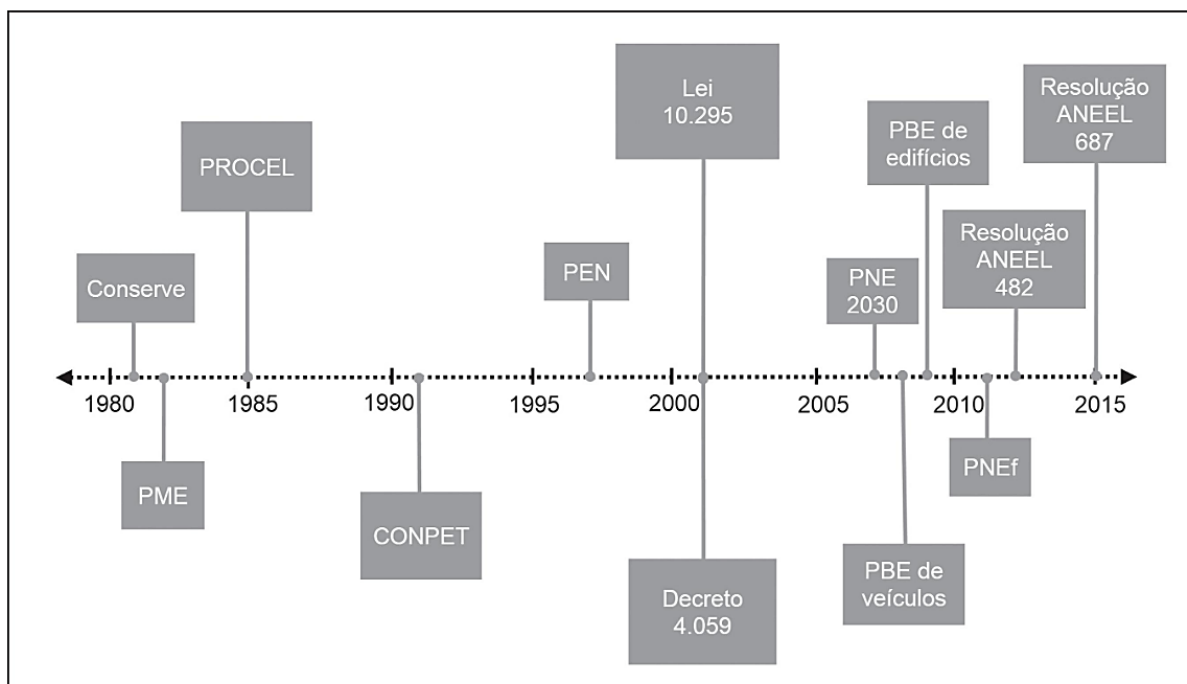
Outro importante marco regulatório na área de energias renováveis e de eficiência energética foi a Resolução Aneel n.482/2012. Essa resolução instituiu um sistema de compensação de energia elétrica no Brasil (*Net Metering*), no qual unidades consumidoras com micro ou mini geração distribuída (potência instalada de até 1 MW), a partir de fonte hidráulica, eólica, biomassa, solar ou de cogeração qualificada, podendo-se compensar seu consumo de energia (ARSESP, 2020).

Em 2015, a Resolução nº 482 foi atualizada pela Resolução da Aneel 687. Por este último dispositivo, o período de compensação foi ampliado para sessenta meses e o limite de potência instalada por usina foi majorado para 3 MW para fonte hidrelétrica e 5 MW para outras fontes de energia desde que renováveis e de cogeração qualificada. Além disso, foi permitida a inclusão da chamada geração compartilhada no sistema nacional de compensação, caracterizada por um consórcio de consumidores da mesma localidade de serviço de distribuição de energia elétrica

A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, nota-se, enfatiza a necessidade de trabalhar o tema da eficiência energética na educação e na formação de todos. Além disso, enfatizou-se a necessidade de expandir os conhecimentos sobre conservação de energia na formação profissional de arquitetos e engenheiros diversos, bem como consolidar a rede de laboratórios de certificação e dos centros de pesquisa em eficiência energética no país.

O histórico pode ser representado e condensado pela Figura 1.

Figura 1: Legislação e programas públicos – linha do tempo – eficiência energética



Fonte: Arsesp (2020)

Dentre as principais motivações para a criação da Lei n.10.295/2001, principal marco legal na área eficiência energética, está a crise nacional de energia elétrica ocorrida no mesmo ano. O Brasil superou o racionamento de energia principalmente devido a mecanismos de gestão do lado da demanda, como mudança de hábitos de consumo e substituição de equipamentos menos eficientes. Portanto, é importante que o poder público crie um planejamento energético estratégico bem mais eficaz, para que possa atuar de forma efetiva na geração, fornecimento e consumo de energia no Brasil de forma contínua, e não somente em momento de crises.

Em conformidade com o Plano Nacional de Energia 2030, existe um potencial médio de aplicação de medidas de eficiência energética na faixa de 2,9% a 7,3% para 2020 e 4,4% a 10,9% para 2030, em relação a 2010, considerando diferentes setores e cenários macroeconômicos nacionais. Desta feita, o potencial de eficiência energética pode variar bastante conforme o desenvolvimento econômico; em geral, quanto maior o crescimento da economia, tanto maior o potencial de aplicações de medidas de conservação de energia (ARSESP, 2020).

No Plano Nacional de Eficiência Energética é apresentada uma série de ações com vistas à conservação de energia para os setores analisados pelo Plano Nacional de Energia 2030 (agropecuário, comercial, público, residencial, transportes e industrial) e outros setores, como iluminação pública, saneamento e educação. Portanto, é cogente que o poder público se articule e desenvolva frentes de trabalho, em parceria com os diferentes ministérios e respectivas secretarias, para promover o maior uso de medidas de eficiência energética nos diferentes setores produtivos e por parte da população.

Além das medidas previstas no Plano Nacional de Eficiência Energética, outras devem ser exploradas para que seja possível atingir as metas de conservação de energia traçadas no Plano Nacional de Energia 2030. Dentre elas, pode-se citar sistema mais agressivo de medidas de incentivo à geração descentralizada de energia, como o *Feed-in Tariff*, pelo qual os consumidores com geração de energia elétrica por fonte renovável podem vender a energia produzida à concessionária por um preço mais elevado do que o preço de mercado. Esse sistema está em uso em dezenas de países, em nível nacional ou estadual, e tem apresentado bons resultados (ANEEL, 2020).

Portanto, a implantação do sistema *Net Meterin* no Brasil foi um primeiro passo relevante nesse sentido, e espera-se que futuramente o atual sistema nacional de compensação possa evoluir para um sistema mais atrativo, gerando-se maior interesse de adesão em território nacional, como o *Feed Tariffs*, que também é denominado de tarifas *premium* (ANEEL, 2020).

### 1.3 Visão geral sobre as matrizes energéticas

Há apenas duzentos anos, o homem emanava seus recursos energéticos quase exclusivamente do Sol. Naquela época, há quatro ou cinco gerações, a madeira era de uso geral para aquecimento, e os animais eram usados para transporte (CABRAL, 2010). Ambas as espécies de energia são proporcionadas — indireta ou diretamente — pela fotossíntese, processo pelo qual as plantas são capazes de utilizar parte da energia do Sol para converter o dióxido de carbono e água em elementos combustíveis e alimento. Outras formas de energia derivadas da luz solar eram a do vento e da água: seu emprego mais conhecido são moinhos de vento e rodas d'água (CABRAL, 2010).

O consumo de combustíveis fósseis era pouco percebido até o século XVIII. Essa é uma observação surpreendente, porque todos os combustíveis fósseis eram conhecidos desde a Antiguidade. Os babilônios usavam petróleo que era aproveitado para iluminação e o asfalto (palavra de origem grega), sendo empregado como material de construção. Os índios americanos igualmente conheciam o petróleo (BORGER, 2011).

Para Leff (2013), no que concerne ao carvão, sabe-se que os chineses o utilizavam há 2000 anos. Os gregos também usavam o carvão, especialmente na fundição do bronze. Na Europa, a mineração de carvão é registrada a partir do século XII. Ao longo da Idade Média e mais adiante, o carvão foi utilizado principalmente em forjas e fundições. O gás natural, por sua vez, era há muito conhecido na antiguidade, especialmente na Índia e Oriente Médio, intervindo nas práticas religiosas.

Ainda pelas lições de Paula (2011), já no fim do século XVI, na Inglaterra, nos primeiros movimentos rumo à industrialização, o uso mais geral do carvão para a fabricação do ferro, tijolos e vidro já tinha tido início. Mas foi a partir do século XIX que começou o uso mais intenso dos recursos fósseis, com tal prática depois se intensificando. Como aduz novamente Paula (2011), a exploração de carvão em grande escala começou por volta de 1820 e o uso em larga escala de petróleo data de 12 de agosto de 1859, quando foi achado acidentalmente em perfuração no estado da Pensilvânia (EUA).

Os motores, já existentes e inicialmente movidos somente a vapor, passam a se valer do petróleo, mais precisamente de seus derivados pouco a pouco apurados, bem como décadas depois (em fins do século XIX) a eletricidade, por Thomas Edison patenteada (1880), fez também funcionar tais máquinas (MELLO E SOUZA, 2000).

Como esclarece Acioli (2014), à parte o moinho de vento e a roda d'água, o primeiro motor mecanicamente ativado que teve uso enormemente difundido foi o motor a vapor. A primeira versão primitiva do motor a vapor foi idealizada em 1706 pelo francês Papin, que então trabalhava na Alemanha.

Perpassa tal breve histórico pela energia eólica, a merecer também rápida digressão. No passado, sem contar os veleiros largamente utilizados nas embarcações, esse tipo de sistema posicionava-se como algo muito difundido. Na Alemanha, Países Baixos e outras nações, há séculos que continuam ativos os moinhos na produção de farinha. Ao fim do século XX, 10.000 moinhos de vento permaneciam instalados, respectivamente, na Alemanha e Grã-Bretanha (PANESI, 2009).



A energia oriunda da utilização do vento, juntamente com outras matrizes, como a energia resultante da decomposição de materiais orgânicos ou a energia solar, coletada por placas especialmente desenvolvidas para esse fim (com o emprego de células fotovoltaicas) costumeiramente são chamadas de energias alternativas, notadamente pela sua dinâmica menos prejudicial ao ambiente (DERÍSIO, 2000).

A energia elétrica, finalmente registra-se, é uma forma de energia lastreada na geração de diferenças de potencial elétrico dado entre dois pontos, permitindo estabelecer uma corrente elétrica entre ambos. É possível, por intermédio de adequada transformação, obter que tal energia converta-se em calor, movimento, luz etc., conforme forem os elementos da conservação da energia. Trata-se, inegavelmente, de uma das formas de energia que a humanidade mais utiliza na atualidade, isto em razão da facilidade de transporte, baixos índices de perda energética ao longo das conversões e outros motivos relevantes (POOLE e GELLER, 2017).

A energia elétrica, pelo mundo, é obtida especialmente através de termoelétricas, usinas hidrelétricas, usinas termonucleares e usinas eólicas. No Brasil, muito mais presentes são as usinas hidrelétricas.

No país, registra-se, mais de 150 usinas integram diretamente o denominado Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia, as quais operam em conjunto a partir do instituto do chamado Operador Nacional do Sistema Elétrico, órgão responsável pela coordenação e pelo controle da operação das muitas instalações desse tipo de geração e transmissão de energia elétrica (SILVEIRA, 2019).

Há ainda, no país, usinas hidrelétricas com geração de 3 MW até 30 MW e que, com área de reservatório de até 13 km<sup>2</sup>, passaram a ser designadas como pequena central hidrelétrica (POOLE e GELLER, 2017).

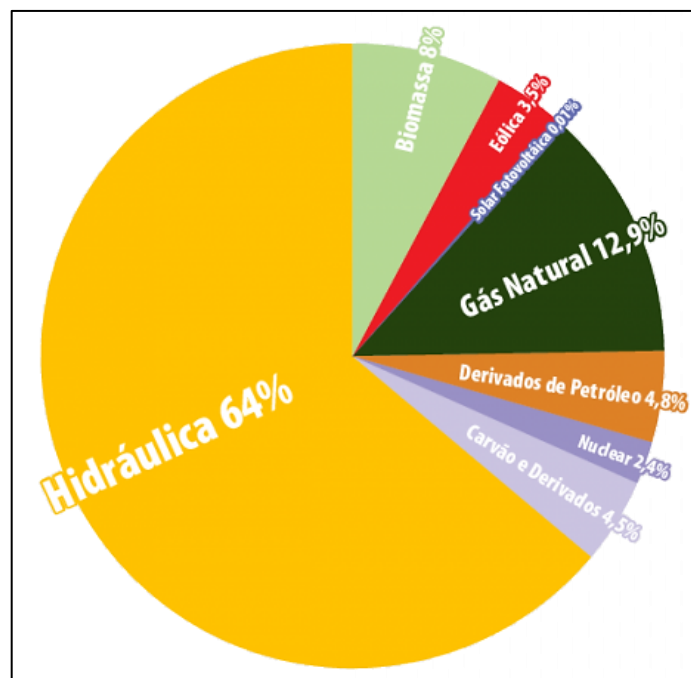
A geração de energia elétrica se dá por intermédio de diferentes tecnologias. As principais se valem do movimento rotatório para gerar corrente alternada a partir, claramente, de um alternador. O movimento rotatório pode provir de fonte de energia mecânica direta, como se dá com a corrente de uma queda d'água ou ainda com o vento, ou, ainda, a partir de ciclos termodinâmicos.

Todas as formas de utilização das fontes de energia, tanto as convencionais como as chamadas alternativas ou não convencionais, acabam por agredir em maior ou menor medida o meio ambiente (PANESI, 2009).

A rede de distribuição de energia elétrica é segmento do sistema elétrico, composto pelas redes elétricas primárias (redes de distribuição tidas como de média tensão), e redes secundárias (redes de distribuição relativas à baixa tensão), e cuja construção, manutenção e operação é de responsabilidade das companhias distribuidoras de eletricidade (POOLE e GELLER, 2017).

A Figura 2 apresenta a confirmação de que a produção hidrelétrica é a mais significativa, dentre as outras fontes de Energia, no Brasil.

Figura 2: Matriz energética brasileira (2017)



Fonte: Procel (2020)

Todo o sistema de distribuição é protegido por um sistema composto por disjuntores automáticos nas subestações em que estão ligadas as redes primárias, e com chave fusível nos transformadores de distribuição, que em caso de curto-circuito passam a desligar a rede elétrica.

A par dessa exposição sintética sobre energia e, em particular, acerca da energia elétrica, hoje se faz urgente estudar as perspectivas energéticas a longo prazo; isto pode ser afirmado em razão da elevadíssima demanda por energia e oferta por vezes limitada. Soma-se a isso a afirmação de que o capital necessário para investimento em energia e o tempo que se demora para o estudo, aperfeiçoamento e implantação completa de uma nova tecnologia é sempre da ordem de muitos e muitos anos.

Na maioria dos países, o capital necessário para a energia vem, ao menos em parte, do setor comercial, e apoia-se em investimentos particulares que são, na maioria, governados pela situação corrente do mercado. Sustenta Panesi (2009) que, afora o fato de que os investidores esperam ter lucro, deve-se ter em mente que o capital investido é normalmente pago durante um período de 20 anos depois do começo da operação de instalação.

Ressalte-se que, como ensina Geller (2013), o período de amortização deve ser considerado dentro da política total de cada programa porque, se fontes de energia mais competitivas aparecerem no mercado durante este período, ou seu fornecimento de combustíveis for garantido, a lucratividade do investimento pode cair abruptamente.

Tudo isso demanda estudo, pesquisa, investimentos, conscientização, disposições normativas, racionalização que perpassasse pela visão macro que o meio ambiente sempre propõe, levando-se em conta as necessidade para melhor uso da energia elétrica, ou ainda, melhor eficiência energética.

A energia é a força propulsora por trás do progresso da humanidade. No entanto, ela tem de estar disponível em quantidades suficientes, tem de ser acessível, e os consumidores precisam utilizá-la de maneira ambientalmente responsável. Juntar esses objetivos — conflitantes de certa forma — de maneira positiva, é tarefa cada vez mais premente, notadamente considerando que a demanda energética aumentará de modo gritante até 2030 (ALVES et al, 2016).

Tal princípio encontra marco regulatório a estipular padrões, aceitáveis de uso da energia em vários países, não sendo diferente com o Brasil, país que na última década tem apresentado crescimento da atividade produtiva com aumento de investimentos no setor estrutural, inclusive com a participação do governo em suas múltiplas esferas, notadamente a federal — não obstante o mais recente declínio de tais investimentos a perpassar pela crise econômica que se arrasta desde 2016, pelo menos (GARCIA, 2020).

Assim, em outubro de 2001 foi sancionada a chamada Lei de Eficiência Energética (Lei federal nº. 10.295 — disposta integralmente no Anexo I deste trabalho), esta que instituiu o estabelecimento de níveis mínimos de eficiência energética ou máximos de consumo no Brasil, mecanismo de reconhecida validade para tornar mais apropriado os diversos empregos que se faz da energia (COUTINHO et al, 2009). Com a edição de tal legislação, de caráter geral sob o ponto de vista da técnica jurídica, medidas normativas posteriores (regulamentos) passaram a surgir, sendo o motor elétrico trifásico o primeiro a ser especialmente contemplado com tal

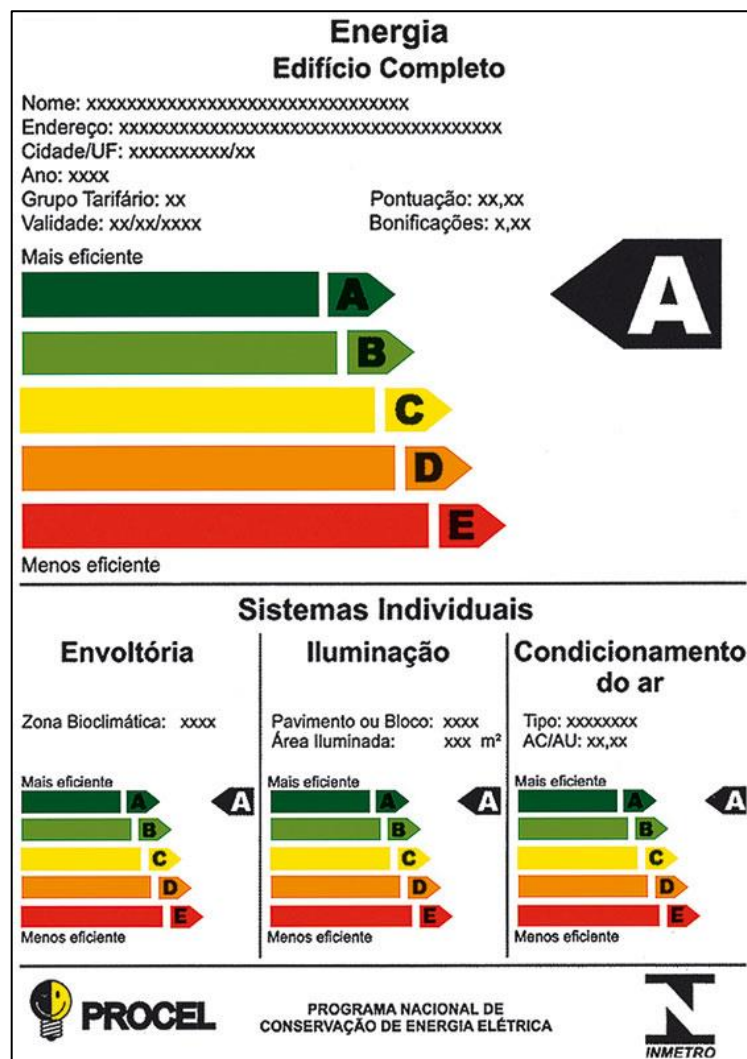
disciplina, o que se deu por intermédio do Decreto 4.508, de 11/12/2002 (COUTINHO et al, 2009).

Mas muitas outras iniciativas também apontam para a relevância da eficiência energética. Assim, como explica Moretti (2017, p. 56), tem-se que:

Programas de Etiquetagem (como o PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, que visa fornecer ao consumidor informações sobre a eficiência energética do produto) e Padronização (que visa eliminar os produtos ineficientes do mercado, agora aqui introduzido com a Lei de Eficiência Energética) são técnicas consagradas e hoje adotadas em mais de 25 países para aumentar a eficiência energética quanto ao seu uso final.

Nesse sentido, a figura 3 expõe um dos aspectos da eficiência energética.

Figura 3: Níveis de classificação de eficiência energética para edificações



Fonte: Procel (2020)

A Figura 3 reproduz o que o Programa Brasileiro de Etiquetagem — PBE — (etiquetas que orientam o consumidor sobre o desempenho energético de produtos que a consomem), estabelece como critérios atuais de economicidade adaptada à eletricidade para edificações.

Ainda que existam instruções de caráter mandatório, conseguem-se melhores resultados com boas combinações a coligar programas voluntários com os obrigatórios, busca ideal para muitos (SANTOS, 2018).

A norma que determina os padrões a satisfazer os ditames da Lei de Eficiência Energética pelo mundo deve cortar, como se depreende do que tem sido apurado, a curva no ramo ascendente da distribuição normal das unidades de produtos elétricos vendidos, alinhando-se quanto ao quesito eficiência para não prejudicar os fabricantes, já que uma das ideias centrais das competentes planificações e demais estudos é retirar somente as unidades menos eficientes do mercado, promovendo adequações com renovação dos serviços de fornecimento de energia elétrica (SCHAEFFER, 2015).

Nota-se que dentre as definições existentes sobre a qualidade da energia elétrica, a mais apropriada parece ser o que consta da Publicação IEC 61000-4-30 que, conjugada com a IEE519 (que cuida dos Requisitos e Recomendações Práticas para Controles Harmônicos de Sistemas Elétricos de Força), aponta, no Brasil, boas performances relativas ao consumo dessa energia (SILVEIRA, 2019).

Assim, na linha de pensamento estampada por tais publicações técnicas e como indica o Procel (2020), têm-se parâmetros de referência para o controle da qualidade da energia elétrica, como frequência, magnitude da tensão, cintilação, variações de tensão de curta duração (VTCD), interrupção de tensão, desequilíbrio de tensão, sinais de controle sobre a tensão de suprimento e outros pontos basilares a melhorar os desempenhos energéticos.

Hoje o sistema elétrico brasileiro aplica a regulamentação somente na rede básica, onde já existe a obrigatoriedade dos agentes que se conectam a ela fazerem medições para avaliar a qualidade no respectivo ponto de conexão, além da visão sobre as fontes de produção energética, fluxo de seu uso etc. (SANTOS, 2018).

A degradação da qualidade da energia das indústrias e unidades comerciais mais representativas, é comumente estampada, percebe-se, pela violação dos limites recomendados pelos parâmetros técnicos de referência aludidos (sem desprezo de outros existentes e também importantes), acarretando prejuízos diversos para as companhias, como é o caso da redução de vida ou avaria dos diversos equipamentos empregados.

## 1.4 Consumo de energia elétrica no estado de São Paulo

Os levantamentos realizados pela Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo trazem os dados sobre o consumo de energia elétrica do ano de 2017. Verificou-se que, em 2017, a energia elétrica consumida no território paulista registrou aumento de 1,9% em relação ao ano de 2016. O setor industrial seguiu sendo responsável por 42% do mercado de eletricidade de São Paulo, fazendo elevar o crescimento apurado em face do ano anterior em 2% (ARSESP, 2020).

Segundo a Aneel (2020), as residências foram responsáveis por 26% do consumo e apresentaram uma elevação de 2,3%. O comércio representou um aumento no consumo de 0,8% no mesmo período. Conforme dados apresentados, a elevação dos números indica perspectivas bastante positivas em relação ao desenvolvimento, com consequências significativas em relação à energia consumida (ARSESP, 2020).

A energia elétrica utilizada em São Paulo em 2017 totalizou 148.321 GWh (gigawatts-hora), contra 145.515 GWh em 2016. O setor industrial consumiu no ano de 2018, 61.991 GWh; a classe residencial consumiu 38.988 GWh; e o comércio 28.185 GWh (ANEEL, 2020).

O consumo de energia no Estado de São Paulo está 3,2% abaixo do recorde de utilização de energia, este que ocorreu em 2013, quando, então, foram consumidos 153.147 GWh. A geração de eletricidade expôs significativo crescimento devido à boa recuperação nos volumes de água nos reservatórios paulistas, o que redundou no desligamento das usinas térmicas a gás natural entre fevereiro e dezembro de 2018 (ANEEL, 2020).

São Paulo produziu, ao longo do ano de 2017, 74.899 GWh de energia elétrica, um aumento de 11,1% em relação a 2016. A tabela 1 indica os valores de energia elétrica consumidos no período de 2013 a 2017, bem como a quantidade de consumidores de energia.

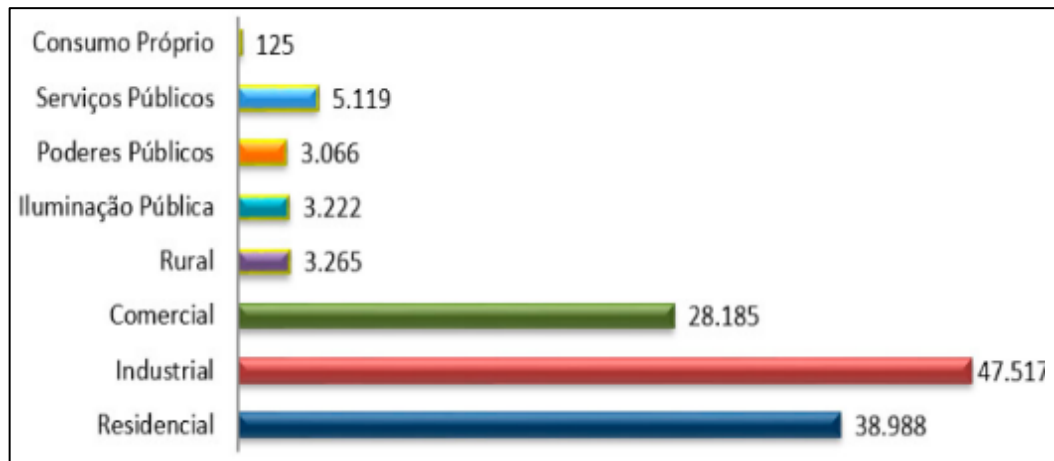
Segundo o Gráfico 1, o perfil do consumo de eletricidade no Estado de São Paulo expõe ser o industrial o segmento de maior emprego dessa fonte.

Tabela 1: Consumo de energia no estado de São Paulo

	2013	2014	2015	2016	2017	$\Delta\%$ (2017/2016)	Part. % (2017)
<b>Consumo (GWh)</b>	<b>136.244</b>	<b>136.482</b>	<b>130.815</b>	<b>127.171</b>	<b>129.607</b>	<b>1,9</b>	<b>100,0</b>
Residencial	38.783	39.437	38.006	38.091	38.969	2,3	30,1
Industrial	55.550	52.254	48.893	46.508	47.485	2,1	36,6
Comercial	27.263	29.595	29.350	27.957	28.186	0,8	21,7
Rural	3.007	3.348	3.047	3.152	3.351	6,3	2,6
Poder público	3.102	3.222	3.168	3.031	3.028	-0,1	2,3
Iluminação pública	3.104	3.167	3.165	3.196	3.260	2,0	2,5
Serviço público	5.229	5.260	4.975	5.034	5.138	2,1	4,0
Consumo próprio	206	199	212	201	191	-5,0	0,1
<b>Consumidores (unidades)</b>	<b>17.118.034</b>	<b>17.502.487</b>	<b>17.892.445</b>	<b>18.215.874</b>	<b>18.577.400</b>	<b>2,0</b>	<b>100,0</b>
Residencial	15.513.352	15.909.887	16.265.435	16.594.746	16.953.937	2,2	91,3
Industrial	122.803	124.041	106.380	105.912	104.681	-1,2	0,6
Comercial	1.096.823	1.077.671	1.126.185	1.116.948	1.117.386	0,0	6,0
Rural	264.522	266.754	270.190	272.662	274.627	0,7	1,5
Poder público	84.379	86.553	88.096	88.224	88.265	0,0	0,5
Iluminação pública	19.243	19.736	21.283	22.223	23.063	3,8	0,1
Serviço público	12.488	12.964	13.301	13.586	13.845	1,9	0,1
Consumo próprio	4.424	4.881	1.575	1.573	1.596	1,5	0,0

Fonte: Aneel (2020)

Gráfico 1: Perfil do consumo de energia elétrica (GWh - Estado de São Paulo, 2017).



Fonte: Arsesp (2020)

Como verificado pelas ilustrações (Tabela 1 e Gráfico 1), o consumo de energia elétrica é bastante expressivo no Estado de São Paulo (palco de fundo deste estudo), com a indústria, o segmento residencial e comercial (nesta ordem), liderando o uso dessa fonte energética.

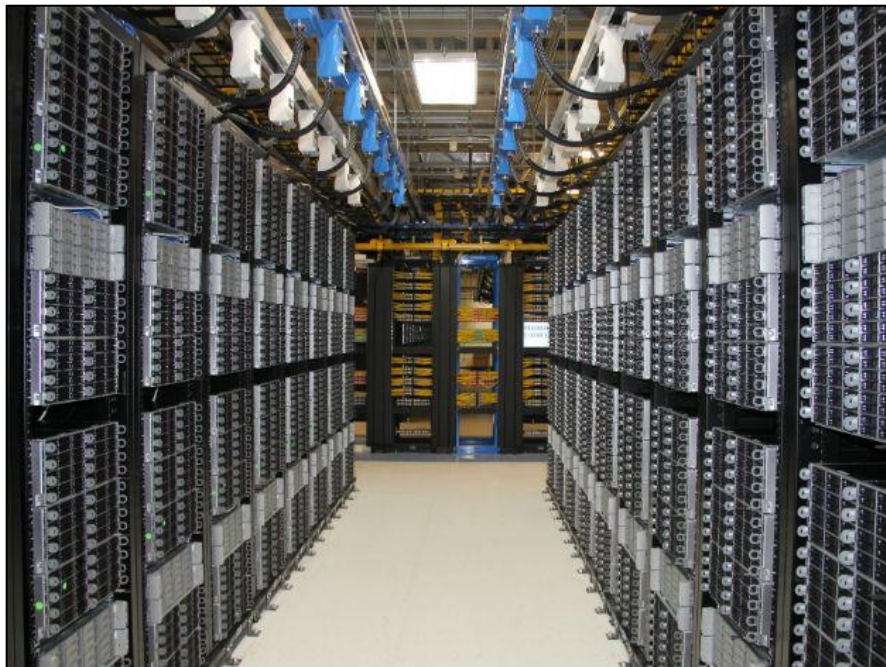
## 2 OS DATA CENTERS

Pode-se situar os *Data Centers* (DCs) dentro das categorias industrial e comercial, sendo que, em função da elevação das atividades e dos gastos com infraestrutura necessários para armazenamento de dados para conta das novas tecnologias, pode-se deduzir que os *Data Centers* igualmente são responsáveis pelo aumento do consumo de energia elétrica.

O crescimento em Tecnologia da Informação (TI) motivado pela expansão de áreas como Computação em nuvem (*Cloud Computing*), Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, Inteligência Artificial (IA) e dos *softwares* corporativo sob o modelo *Software* como Serviço (SaaS), demandará ainda muito das infraestruturas de TI nos próximos anos (LAURINDO, 2017).

A figura 4 apresenta uma visão simplificada da instalação de parte de um *Data Center* padrão.

Figura 4: Alusão às instalações dos *Data Centers*



Fonte: Spyer (2016, p. 98)

Como expõe a Figura 4, os *Data Centers* valem-se de espaços municiados por tecnologia, com instalações de apurado conhecimento técnico, sempre demandando constante fruição de energia elétrica.



Registra-se que as empresas de *Data Centers* precisarão atender a esse crescimento uma vez que todo o mercado a ele intrínseco, portanto em plena expansão, movimentou US\$ 2,87 bilhões no ano de 2018 por toda a América, com o Brasil respondendo por 47,7% do valor, e, até o ano de 2022, essa receita deverá superar os US\$ 5 bilhões (ARMANDO, 2019).

O termo *Data Center* é muitas vezes empregado para se referir tão somente ao espaço onde estão instalados os muitos equipamentos de TI (Tecnologia da Informação), todavia, seu conceito certamente engloba algumas variantes de infraestruturas, como os centros de armazenamento de dados de *sites* e páginas diversas.

Um *Data Center* é, portanto, dito de outro modo, uma instalação que acaba por centralizar as operações e os equipamentos de TI ou os dados digitalmente existentes — conceito mais a ele afeito em realidade —, de certa organização, realizando o armazenamento, gerenciamento e recuperação ou disseminação das informações; consistem por abrigar os sistemas mais críticos de diversas redes e são vitais para a continuidade de muitos tipos de operações diárias que se valem da tecnologia da informação. Por consequência, a segurança e a confiabilidade dos *Data Centers* e suas informações são grande prioridade para as organizações, jamais sendo pensado dispor de sistemas de provisão de eletricidade falhos e que, evidentemente, precisam ser eficientes e os menos custosos possíveis (VERAS, 2012).

Segundo Budhiraja e Sagar (2013), um *Data Center* é um repositório centralizado, físico ou virtualmente existente, para o armazenamento, gestão e disseminação de dados e de informações dispostas ou organizadas em face de uma base específica de conhecimento pertencente a uma empresa particular.

Segundo Marin (2011), *Data Centers* são conhecidos como ambientes denominados de missão crítica, responsáveis por guardarem diversos equipamentos e estruturas, destinados ao armazenamento, processamento e proteção das informações vitais para a sequência dos negócios e, com consequência, promove-se a continuidade das operações de cada organização.

O Brasil possui, atualmente, aproximadamente 140 *Data Centers* de grande porte, ilustrado pela Figura 5.

A quantidade aproximada de *Data Centers* de grande porte no estado de São Paulo está exposta na figura 6.

Figura 5: Localização de grandes *Data Centers* no Brasil



Fonte: DATACENTE.RS WORLD MAP (2020)

Figura 6: Localização de grandes *Data Centers* em São Paulo



Fonte: DATACENTE.RS WORLD MAP (2020)

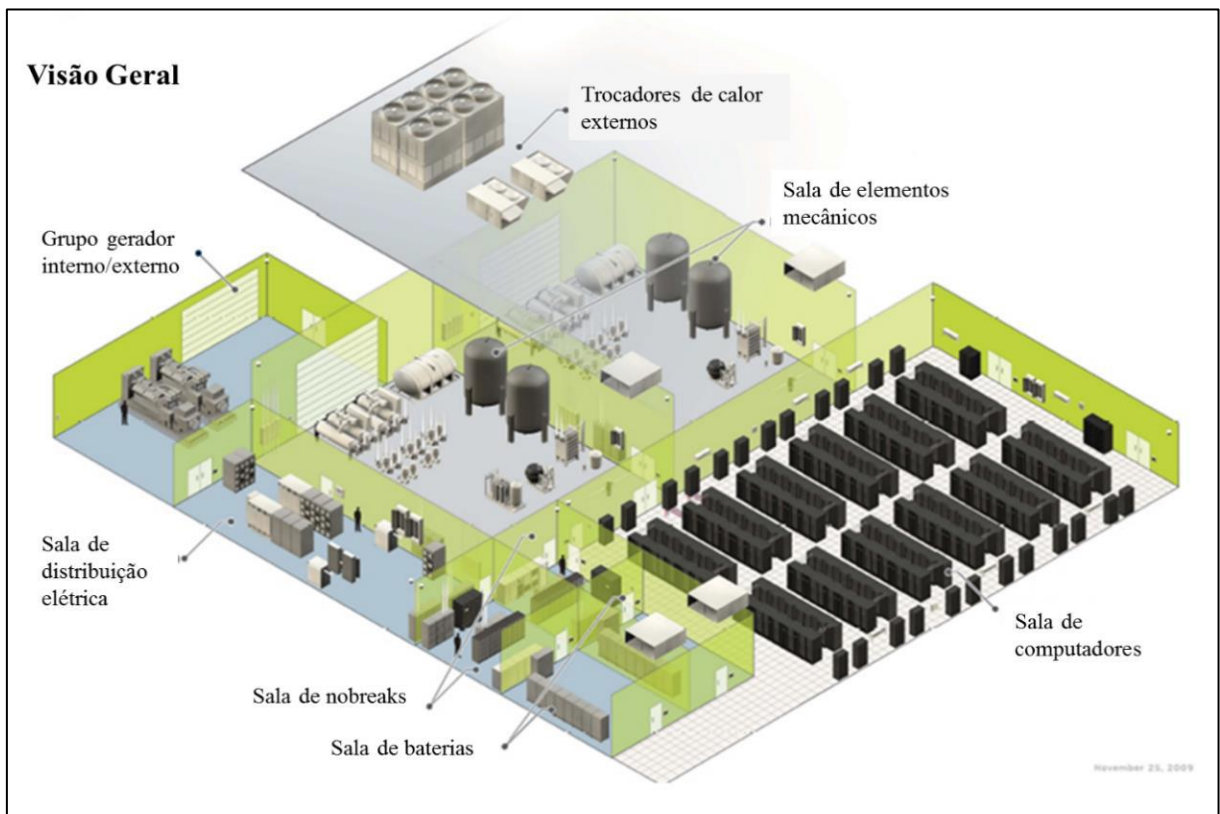
Nota-se que o número de *Data Centers* no estado de São Paulo é de aproximadamente 67 grandes instalações, o que corresponde a 47% das instalações no Brasil. Essa proporção justifica uma observação mais detalhada sobre o consumo de energia e eficiência energética dos *Data Centers* no estado, conforme proposta do trabalho.

Em relação aos principais setores e elementos a comporem os *Data Centers*, nota-se, em linhas gerais, que são:

- Sala de Computadores (*Data Hall*, *Computer Room*, *White Space* ou piso elevado);
- Sala de distribuição elétrica para equipamentos de TI;
- Geradores;
- Fontes ininterruptas de energia (*nobreaks*);
- Ar condicionado e controle ambiental (sistemas de climatização);
- Automação;
- Detecção de supressão de incêndio;
- Segurança e controle.

Essas locações, diga-se, são agora vislumbradas pelo leiaute da Figura 7, adiante valendo ser examinada.

Figura 7: Elementos básicos de um *Data Center*



Fonte: Schaeffer (2015, p. 34)

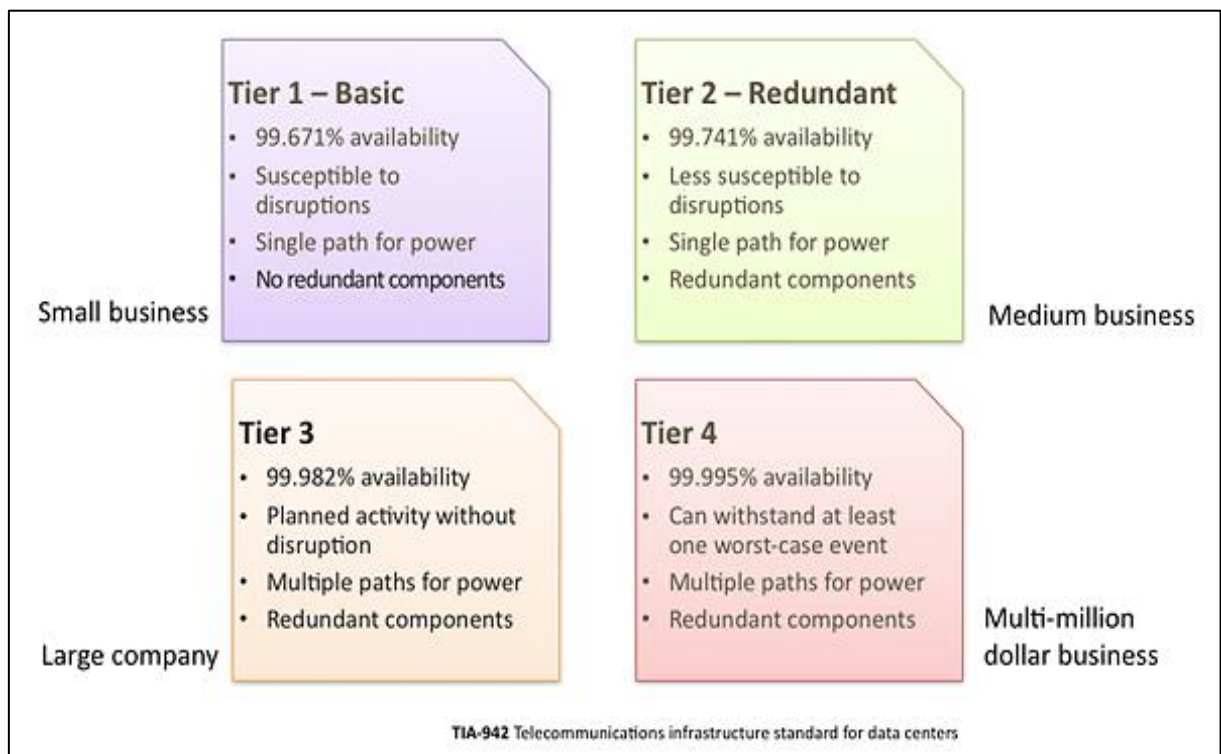
Como elementos principais, pode-se destacar a sala de computadores, a sala de distribuição elétrica e a sala do grupo de geradores, além dos equipamentos de ar condicionado.

Ainda sobre a composição dessas unidades, suas respectivas métricas são dadas pela classificação da infraestrutura, classificação esta mundialmente reconhecida pela propositura da empresa *The Uptime Institute Research* (TIER), destinada exclusivamente para *Data Centers*, nos Estados Unidos desenvolvida e que vem sendo utilizada desde 1995 por praticamente todo o mundo (SILVEIRA, 2019).

O objetivo da classificação, em conformidade com o que foi elaborado pelo The Uptime Institute Research, é oferecer aos envolvidos com esse tipo de projeto e gerência de *Data Centers*, muito boas referências para identificação de desempenho das topologias dos projetos neles existentes.

Veras (2012) assinala que a normatização internacional conhecida pela sigla ANSI/TIA 942 (igualmente oriunda da *Telecommunications Infrastructure Standard Research for Data Center*) é a mais aplicada no segmento, com níveis detalhados de tópicos como: arquitetura, segurança, elétrica e refrigeração, afora os componentes de telecomunicações propriamente. Vale reproduzir, como expõe a Figura 8, sobre essa classificação.

Figura 8: Classificação Tier para *Data Centers*



Fonte: TIER (2020)

A classificação TIER (2020) para cada tipo de *Data Center* permite verificar principalmente o grau de tolerância a falhas de cada instalação, estampando os diversos níveis

operacionais e a disponibilidade dos *Data Centers* a se posicionar, diga-se, diante das demandas de energia elétrica, em última análise.

## **2.1 Ofensores da eficiência energética em *Data Centers***

Há quase quarenta anos, os computadores pessoais, utilizados por indivíduos comuns e em algumas poucas instituições, diziam respeito a equipamentos e a processos a funcionar de modo isolado, sem a interligação hoje vastamente e quase que obrigatoriamente vivenciada (DELGADO, 2016).

Nos idos de 1980, as redes de comunicação de dados iniciavam seu desenvolvimento a se dar em ambientes distintos de sua proposta, que era o campo militar. Da utilização beligerante, passando pelas universidades, o mundo digital marcado pelo acesso a redes de comunicação encontrou definitivamente qualquer cidadão e empresa, demandando o consumo de muita energia. Bilhões de computadores e celulares são diariamente conectados à internet, carecendo, outrossim, além da alimentação dos próprios aparelhos, de espaços digitais a armazenar muita informação.

Assim, novas estruturas de suporte às operações, em que há utilização de energia para os múltiplos processos de Tecnologia da Informação, ganham muito destaque. O emprego extensivo de energia nos muitos ambientes vem aumentando velozmente, com preocupações crescentes em razão do aspecto do custo financeiro direto e indireto, além da preocupação concernente a potenciais agressões ao meio ambiente.

A energia elétrica é prementemente utilizada para gerenciar, assinala-se, o armazenamento de número gigantesco de dados dos mais diversos, implicando em sediar páginas de internet, fotos pessoais, vídeos também pessoais ou de empresas (de portes diversos) e uma série expressiva de informações abrigadas na chamada computação na nuvem (DELGADO, 2016).

A computação em nuvem, amplamente disseminada, por conceito, constitui na transferência de processos computacionais (fazendo incluir a segurança da informação) e a tecnologia dos processos ao usuário inerentes, para um ambiente virtual localizado em local

remoto, em linhas gerais desconhecido pelo usuário do serviço, empregando recursos de telecomunicações, com destaque para a internet (ALVES et al, 2016).

É patente que esses locais na nuvem situados são ambientes a concentrar sistemas de Tecnologia da Informação que põem o serviço em curso. Tais ambientes são chamados de *Data Centers* ou de centros de processamento de dados e, em razão da crescente concentração de elementos na mesma instalação, vêm ostentando recursos operacionais e dimensões físicas muito relevantes.

Sob um projeto de edifício de *Data Center*, muitas situações são expostas, como o modelo operacional do negócio, a criticidade e a localização da operação, mercado em que opera, características da instalação, que precisam ser estratégica e cuidadosamente planejadas e edificadas, assegurando a eficácia de tudo à unidade envolvida e o concludente retorno do investimento. Aspectos relativos à segurança patrimonial, disponibilidade das operações ao público ofertadas, estabilidade operacional, cautela com custos diversos, enfim, precisam de reflexão — não podendo ser esquecida a questão do consumo e da eficiência energética da instalação (ALVES et al, 2016).

A unidade precisa ser sustentável do ponto de vista energético, somando-se a preocupação com o custo da energia e potencial escassez, fazendo inclusive exsurgir tecnologia aplicada à concepção de infraestrutura de aplicação de soluções quanto ao uso eficiente da energia.

Nota-se que um *Data Center* é constituído regularmente por salas com gabinetes a conter equipamentos e servidores de telecomunicações, com subestações elétricas de rebaixamento de tensão e distribuição, salas de suporte à operação com unidades de energia ininterruptas, sistemas mecânicos de refrigeração e programas de computador a monitorar tudo. Em linhas gerais, o consumo de energia segue proporcional aos equipamentos de tecnologia da informação que o *Data Center* comporta (SILVEIRA, 2019).

Invariavelmente, o gasto mínimo de energia possível de um *Data Center* refere-se à demanda isolada dos sistemas de Tecnologia da Informação. As ineficiências são somadas ao resultado a depender do desempenho do sistema de arrefecimento, do sistema elétrico e dos outros sistemas de apoio. Soma-se a isso que os fabricantes de equipamentos, bem como os centros de pesquisa estão intensamente empenhados na redução do dispêndio de energia dos equipamentos.

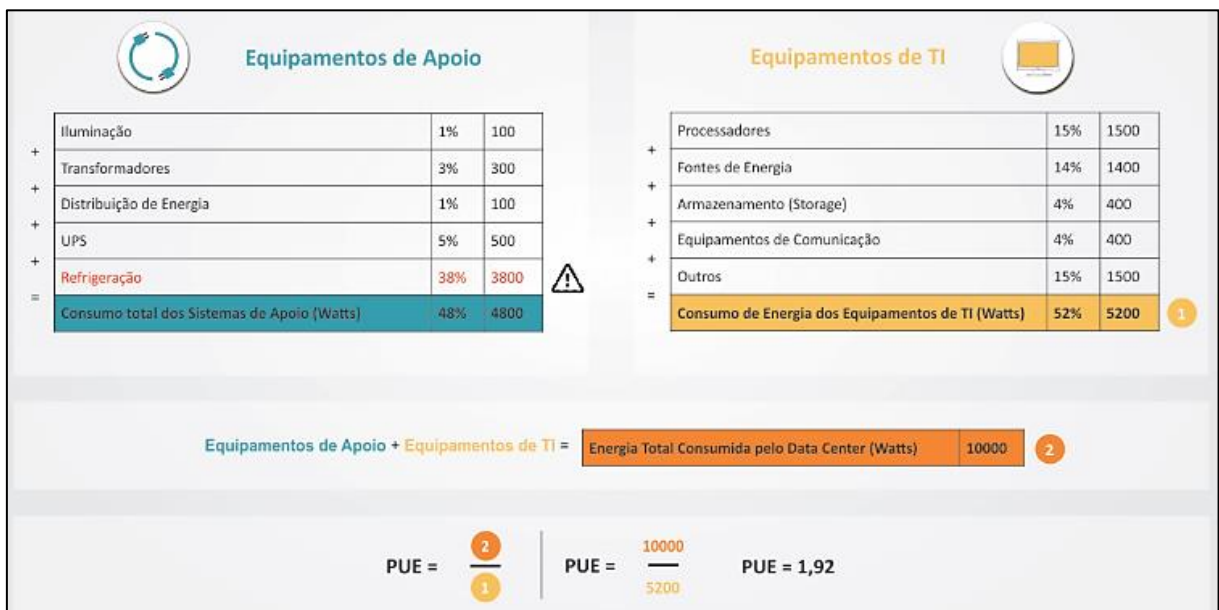
De qualquer modo, os ofensores a mais fortemente responsabilizarem-se pelo consumo de energia nos *Data Centers* são, na realidade, o conjunto formado pelos servidores, sistemas de armazenamento de dados (*storages*) e sistemas de refrigeração (SILVEIRA, 2019).

## 2.2 Eficiência energética em *Data Centers*

Para tornar passível de mensuração o uso eficiente de energia, mostra-se necessário um indicador que possibilite a aferição e controle — até para comparar as potenciais soluções pelo mercado ofertadas. O indicador pela indústria de tecnologia de infraestruturas diversas de suporte à operação dos *Data Centers* desenvolvido e que há tempos vem sendo empregado é chamado de *Power Usage Effectiveness* – PUE (ACIOLI, 2014).

Tal indicador bem relaciona a demanda elétrica total atinente à energia elétrica para a operação de determinada instalação de *Data Center*, implicando como bom ferramental para discutir a demanda elétrica específica de Tecnologia da Informação. A relação a compor a métrica incidente é expressa pela carga total do *Data Center* (incluindo a totalidade das cargas de refrigeração e de apoio) dividida pela carga de Tecnologia de Informação (incluindo a totalidade de equipamentos de TI), exemplificados pela Figura 9, a seguir reproduzida.

Figura 9: Exemplo de cálculo de PUE



Fonte: Armando (2019, p. 38)

Conforme Belady et al. (2008), a classificação do PUE está dividida conforme mostra a Tabela 2, para efeito de categorização dos *Data Centers*.

Tabela 2: Classificação do PUE

PUE	Classificação
entre 1,00 e 1,20	Altamente eficiente
entre 1,21 e 1,50	Eficiente
entre 1,51 e 2,00	Relativamente eficiente
entre 2,01 e 2,50	Pouco eficiente
entre 2,51 e 3,00	Ineficiente
acima de 3,01	Altamente ineficiente

Fonte: adaptado de Belady et al. (2008)

Além das variações à qualidade dos equipamentos e das instalações inerentes, a localização geográfica de um *Data Center* é muito determinante para o *Power Usage Effectiveness* apurado, devido às condições climáticas ligadas à região (MARIN, 2011).

Como a maior parte do dispêndio de energia, depois dos equipamentos característicos de TI, diz respeito aos sistemas de refrigeração, as variações climáticas alteram significativamente o *Power Usage Effectiveness* instantâneo de uma unidade, configurando variações relativas ao ciclo sazonal e igualmente ao longo do ciclo diário.

Essas medições, aqui sinalizadas, são muito úteis para evidentemente apurar os pontos carecedores de soluções de sua melhora, quando propiciadores de elevados gastos (SILVEIRA, 2019).

Quanto às soluções em si, estas têm deste modo se mostrado, sob lista:

- a) Desligamento de servidores ociosos;
- b) Controle da temperatura da unidade;
- c) Uso de sensores para as lâmpadas;
- d) Investimento em energias alternativas;
- e) Aquisição de *softwares* a gerenciar o emprego da energia.



Carecedores de estudos mais aprofundados, vale em tempo realçar que essas sugestões já não são mais novidade há alguns anos; todavia, a determinação em melhor conhecê-las e de fato empregá-las é que demanda mais investimentos e disposição (ARSESP, 2020).

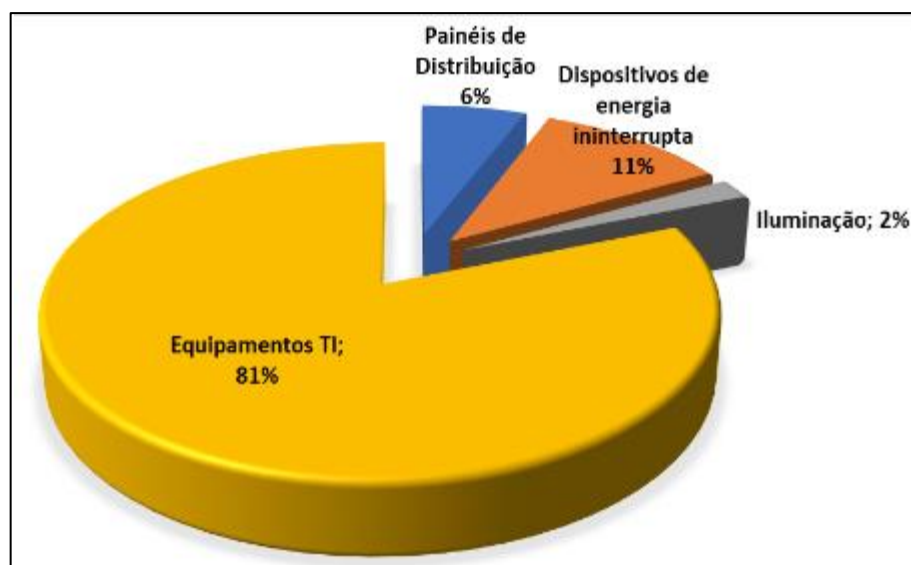
Destaca-se a busca por energias alternativas, como a adoção de painéis fotovoltaicos, a aquisição de geradores dados a partir de energia eólica residencial, e de *softwares* que, por exemplo, ao medir a temperatura dos sistemas operantes, consigam otimizar o gasto de energia elétrica com refrigeração (ARMANDO, 2019).

### 2.3 Soluções usadas para melhorar a eficiência energética

Dentro de um *Data Hall*, segundo Marin (2011), a carga térmica se concentra sobre os equipamentos de TI, em função das potências dos equipamentos e da quantidade instalada na sala. Outras cargas térmicas estão associadas aos demais equipamentos dentro do *Data Center*, como por exemplo, a iluminação, os painéis de distribuição de energia e as baterias e dispositivos de energia ininterrupta, caso estejam no mesmo ambiente.

Os percentuais estimados para estas cargas térmicas podem ser observados na figura 10.

Figura 10: Carga térmica na sala de computadores

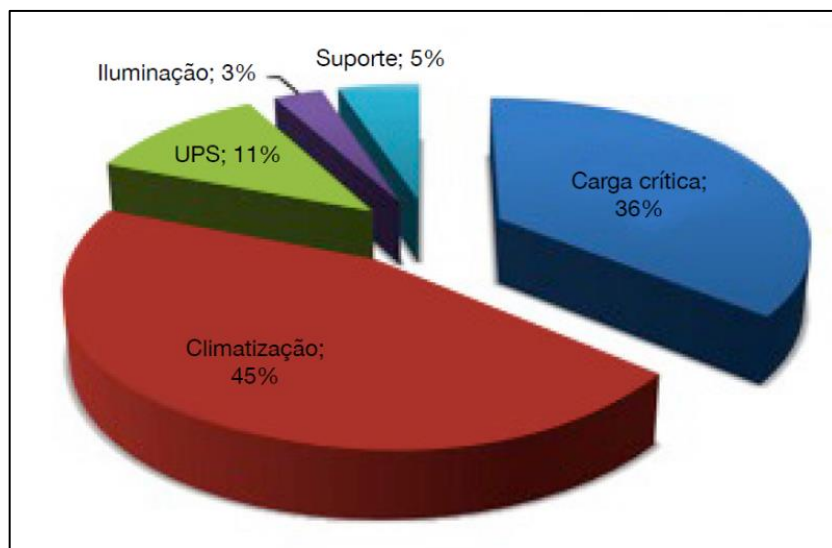


Fonte: Adaptado de Marin (2011)

Sendo assim, os equipamentos de refrigeração deverão ter capacidade e dimensionamento devidamente calculados de modo a conseguir refrigerar o ambiente e remover a carga térmica adequando a temperatura do ambiente para a temperatura de funcionamento dos equipamentos de TI.

Os equipamentos de refrigeração, agora, passam a consumir energia necessária para remover a carga térmica do *Data Hall* e, conseqüentemente, a consumir energia do *Data Center*. A figura 11 expõe este cenário no *Data Hall*.

Figura 11: Consumo de energia do sistema de refrigeração



Fonte: Marin (2011)

Agora, o maior consumidor de energia dentro do *Data Center* é o sistema de refrigeração (climatização), responsável por quase metade da energia gasta.

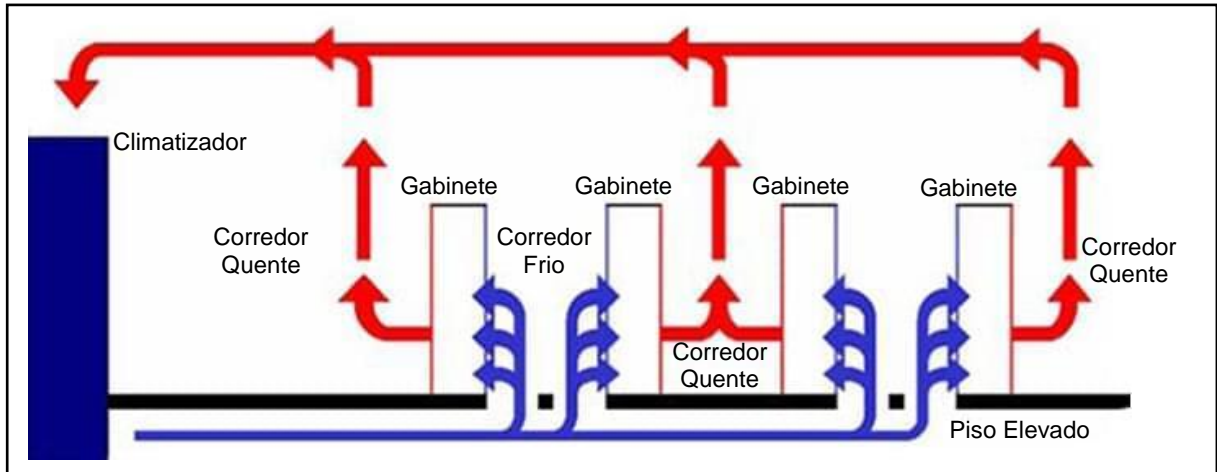
Para que a eficiência desse sistema de climatização seja a melhor possível, algumas soluções podem ser utilizadas para que o ambiente fique com sua temperatura adequada.

### 2.3.1 Alinhamento de gabinetes dentro do *Data Hall*

A orientação dos gabinetes no *Data Hall* deve ter tal disposição de modo que as partes frontais dos servidores fiquem frente a frente. Conseqüentemente, seguindo-se essa sequência,

temos a disposição dos gabinetes formando corredores frios e quentes, alternadamente, tornando o ambiente mais eficiente. Esta distribuição está representada na figura 12.

Figura 12: Alinhamento de gabinetes no *Data Hall*



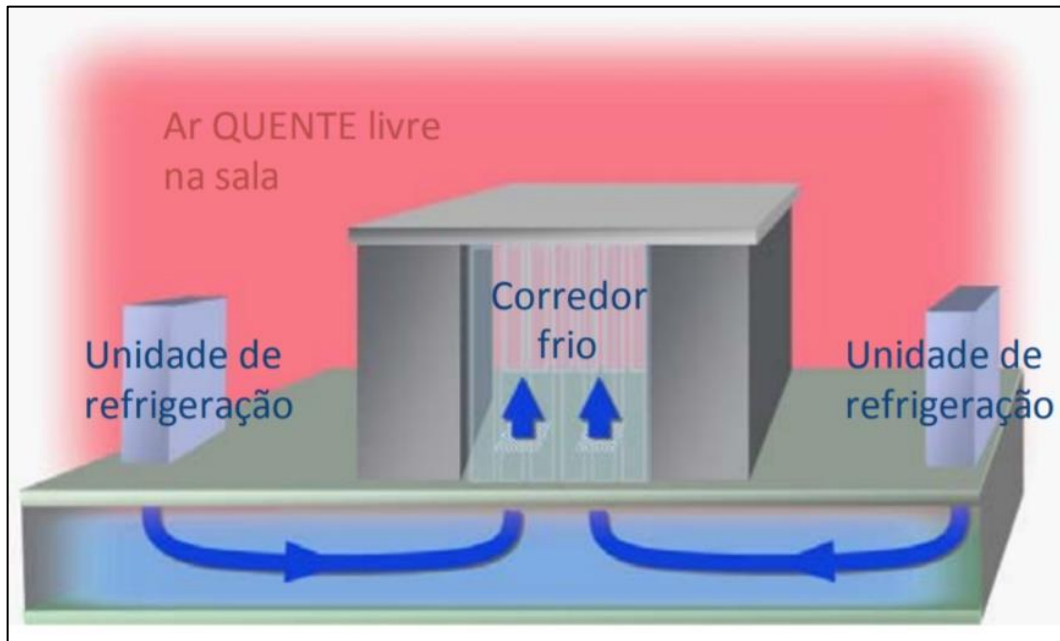
Fonte: desenho adaptado pelo autor

Observa-se na figura 12 que o climatizador insufla o ar frio pelo piso elevado e este sai para o *Data Hall* através de placas de piso perfuradas. Os gabinetes estão dispostos de modo que os equipamentos de TI captem o ar frio no corredor frio e devolvam o ar quente pela parte de trás dos gabinetes, formando os corredores quentes. O ar quente é direcionado para o climatizador, completando assim o ciclo de resfriamento do ambiente.

### 2.3.2 Confinamento dos corredores

A eficiência energética pode ser melhorada utilizando-se a técnica de confinamento ou enclausuramento dos corredores. Este confinamento pode ser realizado tanto nos corredores frios, quanto nos corredores quentes. A figura 13 mostra o confinamento do corredor frio em um *Data Hall*.

Figura 13: Confinamento do corredor frio



Fonte: Schneider (2017)

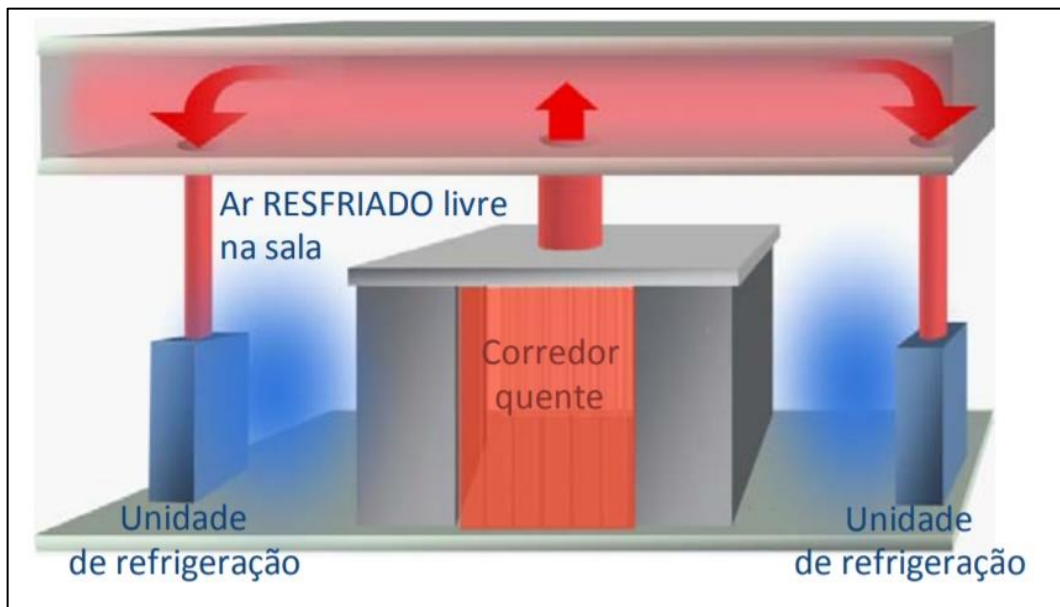
Observamos nessa configuração que há uma separação física entre o ar frio e o ar quente. O ar frio é confinado e mais bem aproveitado pelos equipamentos instalados nos gabinetes. O ar quente que sai dos gabinetes fica espalhado pela sala, deixando o ambiente com temperaturas mais elevadas. Esse ar quente é direcionado para as unidades de refrigeração.

Essa solução é fácil de ser instalada pois necessita apenas do fechamento do teto do corredor e portas nas extremidades. Em caso de falta de energia, quando as unidades de refrigeração podem parar por alguns segundos até que os geradores forneçam alimentação elétrica para o sistema, o corredor frio confinado funciona como um reservatório de ar gelado para os equipamentos de TI.

Porém, a altura do piso elevado deve ser considerada na solução. Pisos elevados muito baixos dificultam a passagem do ar frio e a sua chegada até os corredores frios.

Outro modo de realizar o confinamento do corredor é fazendo-se o fechamento do corredor quente. Esta configuração é mostrada na figura 14.

Figura 14: Confinamento do corredor quente



Fonte: Schneider (2017)

A separação do ar nesse caso é feita pelo confinamento do ar quente e a sala de equipamentos de TI fica inundada com o ar frio e o ar quente não fica espalhado no ambiente de produção.

Nesse modelo de confinamento, a solução é mais complexa, pois é necessário que se faça a retirada do ar quente do corredor e para que este ar quente chegue até as unidades de refrigeração, deve ser construído um espaço confinado no teto da sala, chamado de *plenum* ou mesmo utilizado o espaço de um eventual forro falso existente.

Essa solução tende a ser mais eficiente para grandes *Data Centers* e não necessita de construção com piso elevado, porém é uma solução mais cara que o confinamento de corredores frios.

### 2.3.3 Virtualização de servidores

A virtualização de servidores é a tecnologia utilizada para a execução de vários sistemas operacionais virtuais e independentes em um único servidor físico, ou seja, transforma por meio de algum *software* específico, um servidor físico em vários servidores virtuais.

Em uma arquitetura tradicional, um servidor físico comporta apenas um sistema operacional e este, por sua vez, suporta a execução de uma ou mais aplicações (*softwares*).

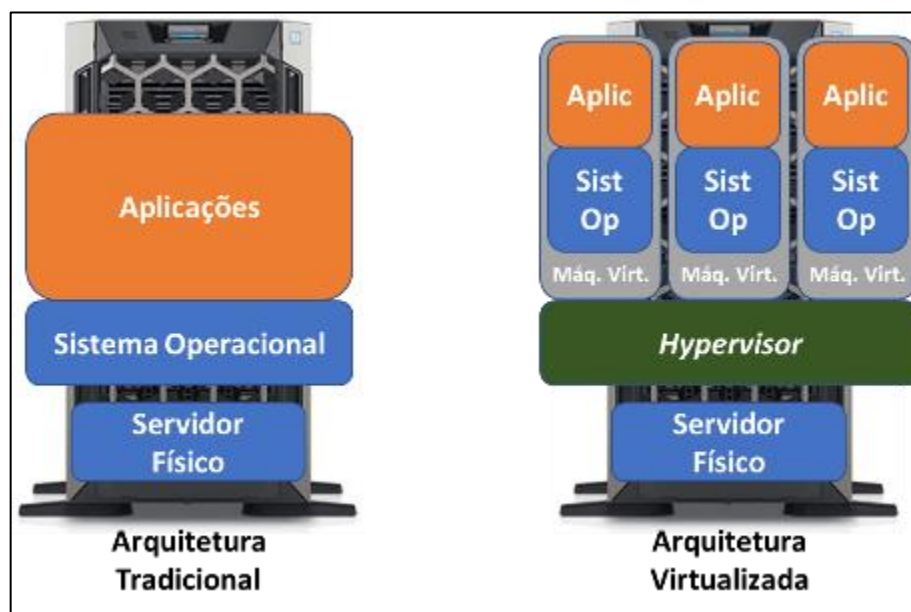
Se várias aplicações independentes necessitam ser executadas, deverão ser instaladas em diferentes servidores físicos.

Em uma arquitetura virtualizada, um único servidor físico suporta a execução de várias máquinas virtuais, independentes entre si e cada qual com seu sistema operacional e suas aplicações, também funcionando de maneira independente.

Como mencionado anteriormente, um servidor virtual é uma instância de alguma plataforma de sistema operacional que funciona e é executado em alguma configuração física qualquer de um servidor. Um servidor físico funciona como plataforma para vários servidores virtuais (SOLDATI, 2011).

A figura 15 ilustra os dois tipos de arquitetura para servidores.

Figura 15: Arquitetura de servidores



Fonte: elaborado pelo autor

Podemos observar que a arquitetura virtualizada traz vantagens com relação à utilização do *hardware* do servidor, pois em uma única máquina física é possível instalar diversas máquinas virtuais independentes, com sistemas operacionais separados e aplicações que

funcionam de forma isolada. Aproveita-se por completo o poder de processamento do servidor físico.

A virtualização está sendo utilizada em pequenas e médias empresas, com benefícios para os *Data Centers*, trazendo redução de custos e agilidade para as equipes de TI. Os principais benefícios são (DOS SANTOS, 2014):

- Menor aquecimento do ambiente;
- Menor utilização do ar condicionado;
- Economia de energia;
- Redução de espaço físico;
- Melhor aproveitamento dos gabinetes;
- Redução do valor do PUE.

Além desses benefícios operacionais, a virtualização de servidores também traz ganhos econômicos, redução em tempo de parada para manutenções, agilidade na configuração de novos serviços e aplicações, além da automatização de processos de TI.

## **2.4 Principais elementos poupadores de energia**

A tecnologia inovada justaposta à fabricação de cada sistema da infraestrutura de apoio à operação de um *Data Center* tem evoluído largamente em razão da pressão do mercado consumidor que exige preços e condições melhores de arcar com os custos envolvidos com a armazenamento de dados, afora o objetivo do lucro cada vez maior perseguido por todos, incluindo os proprietários de *Data Centers*. Inclui-se, em tempo, a qualidade dos serviços.

As cargas de refrigeração são o grande ofensor no consumo de energia e têm mostrado significativa melhora de seus coeficientes de desempenho ao se reduzir progressivamente a demanda de energia para o transporte da mesma quantidade de calor. Não obstante esses avanços, a topologia e a tecnologia de projetos de infraestruturas de missão crítica têm também

apresentado soluções criativas na associação de componentes e soluções discretas que corroboram uma operação enxuta (ARSESP, 2020).

A tecnologia de conceito empregada no desenvolvimento das topologias elétricas e mecânicas, busca associar de modo inteligente reservas e redundâncias de maneira a assegurar estabilidade operacional, ultrapassando falhas humanas e falhas de sistemas. As falhas humanas despontam com histórico maior que 70% da problemática, ou seja, das falhas ocorridas nessas topologias, 70% ou mais associam-se às falhas humanas, como o caso de não monitorar corretamente os fluxos de energia (e a mencionada refrigeração), não desligar aparelhos não usados em determinado momento etc. (ANEEL, 2020).

Assim como mais agredem ao consumo, por assim dizer, os servidores, sistemas de armazenamento de dados e sistemas de refrigeração, todos bem utilizados, são os grandes responsáveis — intrinsecamente — na direção de se poupar energia, sem prejuízo das análises de medidas tendentes ao ganho de eficiência energética (SILVEIRA, 2019).

## **2.5 Exemplos de soluções para eficiência energética em *Data Centers***

Grandes empresas que utilizam *Data Centers* estão constantemente em busca de soluções para aumentar a eficiência energética desses ambientes. Algumas delas, como Google, Facebook e Microsoft gastam milhões de dólares em pesquisas para reduzir o consumo de energia e diminuir os impactos ambientais produzidos pela instalação dos *Data Centers*.

Como exemplos de *Data Centers* eficientes, podemos citar os seguintes:

- Microsoft – *Data Center* submerso na Escócia;
- Facebook – *Data Center* na Suécia;
- Google – *Data Center* na Finlândia.



### 2.5.1 Data Center Microsoft na Escócia

A Microsoft aproveitou a tecnologia utilizada em submarinos e construiu um *Data Center* autossuficiente que processa dados em um contêiner especialmente construído para funcionar submerso. O *Data Center* foi instalado a 35m de profundidade no mar, perto das Ilhas Orkney. Segundo a Microsoft (2018), seu tamanho é de 12m de comprimento, possui 12 compartimentos internos com refrigeração independente e abriga 864 servidores.

Os principais fatores que levaram à escolha do local foram a facilidade de distribuição de energia renovável eólica, eficiência na refrigeração dos servidores utilizando as águas geladas do oceano e a mão de obra altamente qualificada da região.

O interior do *Data Center* é mostrado na figura 16.

Figura 16: *Data Center* submerso Microsoft



Fonte: Microsoft (2018)

Observa-se na figura a segmentação feita no contêiner com os cabos de alimentação e distribuição de energia, bem como os sistemas de resfriamento utilizados para a circulação de água gelada, retirando calor dos servidores.

### 2.5.2 Data Center Facebook na Suécia

A empresa Facebook inaugurou seu primeiro *Data Center* fora dos Estados Unidos em 2013 e o local escolhido está a algumas centenas de quilômetros do círculo polar ártico, em uma cidade da Suécia chamada Luleå.

O local oferece uma série de vantagens com relação à eficiência energética do *Data Center*. A temperatura é de  $-50^{\circ}\text{C}$  durante quase o ano todo e esse ar resfriado é utilizado para economizar até 40% da energia elétrica utilizada no *Data Center*. A região também conta com diversas instalações de usinas hidrelétricas, que fornecem energia limpa e renovável.

O local onde fica o *Data Center* pode ser visto na figura 17.

Figura 17: *Data Center* Facebook em Luleå



Fonte: Facebook (2019)

As instalações do Facebook em Luleå ocupam uma área equivalente a 06 (seis) campos de futebol e o *Data Center* é 10% mais eficiente que os demais *Data Centers* da empresa (FACEBOOK, 2019).

### 2.5.3 Data Center Google na Finlândia

Situada no golfo da Finlândia, a cidade de Hamina recebeu as instalações de um dos *Data Centers* do Google, em 2011. Uma antiga fábrica de papel da cidade foi adquirida pelo Google que, com investimentos de 200 milhões de Euros, transformou-a em um *Data Center* moderno e eficiente.

A figura 18 mostra as instalações de água que refrigeram o *Data Center*.

Figura 18: Sistema de resfriamento em Hamina



Fonte: Google (2019)

O resfriamento do *Data Center* é feito pelo bombeamento das águas geladas do golfo da Finlândia que passam pelo sistema de refrigeração, removendo o calor do ambiente de processamento de dados e mantendo a temperatura em níveis ideais para o funcionamento das máquinas.

O *Data Center* de Hamina consome 81 MW de energia e trabalha com um PUE médio de 1,1 cujo valor o torna um dos mais eficientes em consumo de energia.

### 3 A PESQUISA

No que concerne ao procedimento adotado neste trabalho, cuida-se de revisão de literatura a somar-se à pesquisa exploratória de campo, esta desenvolvida em face de gestores e profissionais que, de algum modo, vivenciam a questão da administração da energia elétrica em *Data Centers*.

Explica-se que a pesquisa bibliográfica costuma se constituir em etapa inicial de um processo de pesquisa, almejando-se o conhecimento prévio da situação em que se encontra determinada temática na literatura à área pertencente. Desta feita, é indispensável sua realização anteriormente ao início de quase qualquer estudo, justamente para não correr o risco de mergulho em assunto amplamente pesquisado, mas, igualmente, ratifica-se, para ter a convicção de que as bases teórico-literárias do que se quer pesquisar foram revisitadas, compreendidas, absorvidas (GIL, 2002).

Concorda Pereira (2010) com essas afirmações, considerando que é imprescindível conhecer e analisar as principais contribuições teóricas havidas sobre um determinado problema ou tema, tornando-se instrumento indissociável de qualquer tipo de pesquisa.

Afirma-se também que a revisão de literatura é a base para os demais estudos, mostrando ser uma constante na vida de quem se propõe a pesquisar. Desse modo, pode-se assegurar que a pesquisa bibliográfica objetiva ao conhecimento e à análise das principais teorias concernentes a um tema, sendo indispensável para quase todas as pesquisas de cunho acadêmico, podendo ser realizada com diferentes propósitos e interligações — como se dá neste texto, exatamente a somar-se à pesquisa de campo (PEREIRA, 2010).

Em tempo, esclarece-se que, para dar maior credibilidade e consistência à discussão de caráter teórico, faz-se necessário o emprego de citações e referências, citações estas que podem ser literais ou parafraseadas ou plenamente criadas pelo (novo) autor acadêmico, assim se operando (SEVERINO, 2008).

A pesquisa exploratória, para Gil (2002), tem por objetivo aprimorar hipóteses, validar instrumentos e proporcionar familiaridade com o campo de estudo. Compõe a primeira etapa de um estudo amplo, e cujos temas foram pouco explorados, como é o caso do estudo aqui apresentado sobre o tema mais abrangente da eficiência energética, consumo de energia, ofensores desse consumo relacionados a *Data Centers*. A pesquisa exploratória pode ser aplicada a estudos iniciais com o objetivo de se ter uma visão geral de determinados fatos.

A pesquisa de campo é reportada por Severino (2008) como uma investigação que verifica fenômenos no interior de seu contexto real em que o pesquisador não é o controlador a se situar sobre os eventos variáveis, desejando apreender a totalidade de cada situação e descrevendo e interpretando a complexidade do que for apurado. A pesquisa de campo viabiliza, por outro lado, a penetração na realidade social, empresarial, acadêmica. Ao se optar pela realização de um estudo de caso, faz-se seleção criteriosa do problema a ser estudado (SEVERINO, 2008).

Na presente pesquisa, de caráter exploratório e qualitativo, com respectivo debate (apurando-se resultados), a revisão bibliográfica acompanhará toda a pesquisa, permeando-a. O primeiro procedimento encontra respaldo em ampla pesquisa realizada junto a bibliotecas, compulsando livros, artigos (ainda que extraídos de *sites* confiáveis da internet) e teses acadêmicas. Ressalta-se que o tema abordado possui poucos estudos publicados considerando-se o conjunto energia/eficiência/ambiente/localidade.

Quanto à pesquisa de campo, a observação e análise são feitas por meio de instrumento de pesquisa aplicado a profissionais das áreas de projeto, operação e gestão de *Data Centers*, bem como as anotações extraídas a partir da própria observação e vivência pessoal do mestrando, além das anotações a espelhar documentos diversos, são o caminho trilhado (GIL, 2002).

### **3.1 Instrumento de pesquisa**

Como referido, um questionário integra, ao longo do desenvolvimento da dissertação propriamente, a pesquisa. A intenção foi dar, por intermédio da opinião de profissionais da área de *Data Centers*, subsídio para que o texto possa amearhar perspectivas e soluções para que a otimização da denominada *Power Usage Effectiveness* (PUE), em português (em tradução livre), algo como a efetividade energética.

O questionário, reproduzido integralmente no Apêndice A, foi elaborado na plataforma *Google Forms* e enviado por correio eletrônico (*e-mail*) para profissionais da área de *Data Centers*, gestores, administradores, engenheiros e técnicos das áreas de operação de *Data Centers*.

A lista de destinatários continha 893 endereços de correio eletrônico, abrangendo cerca de 430 empresas que possuem ou utilizam, direta ou indiretamente, um *Data Center* no Brasil.

Desses 893 correios eletrônicos enviados, 126 não chegaram ao destinatário e foram rejeitados por motivos diversos: endereço eletrônico errado, destinatário ausente ou destinatário desconhecido, restando como expectativa de resposta, 767 questionários.

Para as empresas que receberam mais de um questionário a ser respondido pelos seus profissionais e nos casos de devolução de mais de uma resposta, foram considerados válidos os questionários que, ao serem comparados, estavam com todas as respostas devidamente preenchidas. Questionários da mesma empresa com respostas incompletas, incoerentes ou perguntas não respondidas foram desconsiderados na avaliação.

Na figura 19, temos um resumo sobre a quantidade de e-mails enviados e o número de questionários considerados na pesquisa, que foi realizada no período de 01 a 30 de maio de 2020.

Figura 19: Questionários considerados



Fonte: elaborada pelo autor

Dos 767 correios eletrônicos válidos enviados, 40 foram respondidos sendo que, após análise das respostas, 01 questionário foi desconsiderado por não conter informação suficiente para compor a análise e 06 questionários foram enviados por mais de um respondente de uma mesma empresa, mas empresas diferentes, sendo desconsiderados pelo critério disposto anteriormente, após análise das respostas.

Portanto, estão consideradas neste trabalho as respostas de 33 questionários, correspondendo a 33 diferentes empresas que possuem *Data Centers* no Brasil.

Os resultados obtidos por meio do instrumento de pesquisa enviado são mostrados e explanados na sequência deste trabalho, caracterizando os profissionais que responderam ao questionário e identificando características dos *Data Centers* onde estes profissionais atuam, indicando ainda, respostas relacionadas com foco no estado de São Paulo e demais Estados.

Um ponto importante que deve ser ressaltado é o fato de que todas as referências feitas aos resultados estão limitadas à quantidade de respostas obtidas e que, mesmo fazendo-se referência ao estado de São Paulo e demais estados do Brasil, a quantidade de dados obtida não permite inferir ou extrapolar os resultados com abrangência, de fato, para todos os *Data Centers* dos Estados. Assim, toda a análise está limitada à amostra obtida por meio do instrumento de pesquisa.

Desses *Data Centers* distribuídos pelo Brasil, tem-se como um dos objetivos do trabalho quantificar esse número especificamente para o estado de São Paulo e esta quantidade é indicada no Gráfico 2 onde as 33 empresas somam 118 *Data Centers* distribuídos no Brasil.

Gráfico 2: *Data Centers* no Brasil

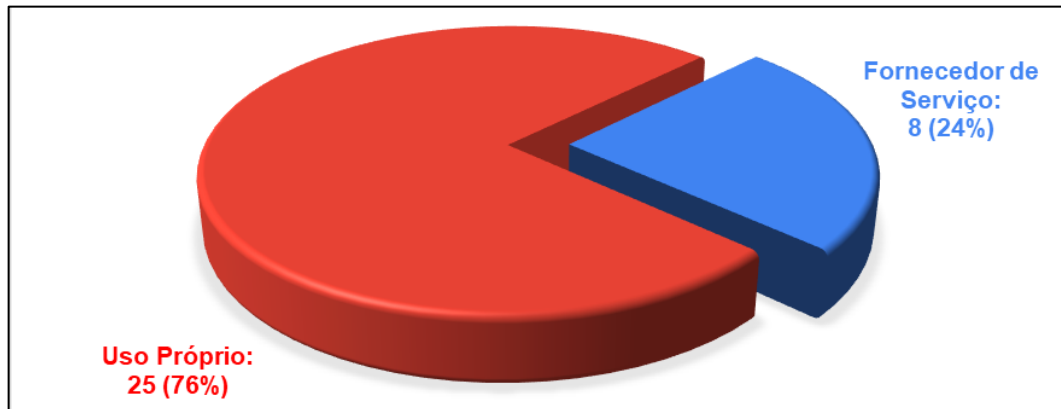


Fonte: elaborado pelo autor

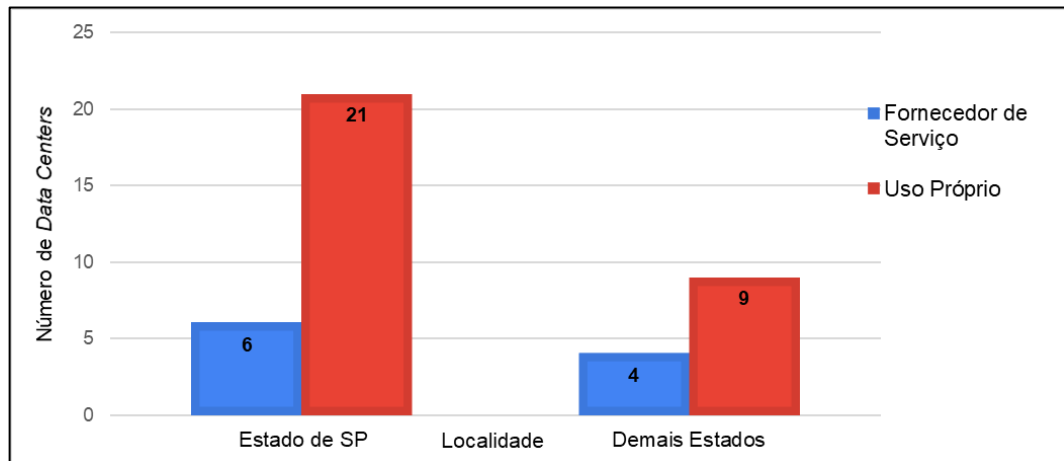
As 33 empresas somam juntas um total de 118 *Data Centers* indicados na pesquisa e desses, 62 estão no estado de São Paulo, o que corresponde 53% do número total obtido na pesquisa.

Os *Data Centers* podem ser utilizados pelas organizações tanto para prestação de serviços como para uso próprio de cada empresa. Na pesquisa realizada, estes números estão evidenciados nos Gráficos 3 e 4, mostrando essa finalidade, bem como a distribuição entre estado de São Paulo e demais Estados.



Gráfico 3: Finalidade dos *Data Centers*

Fonte: elaborado pelo autor

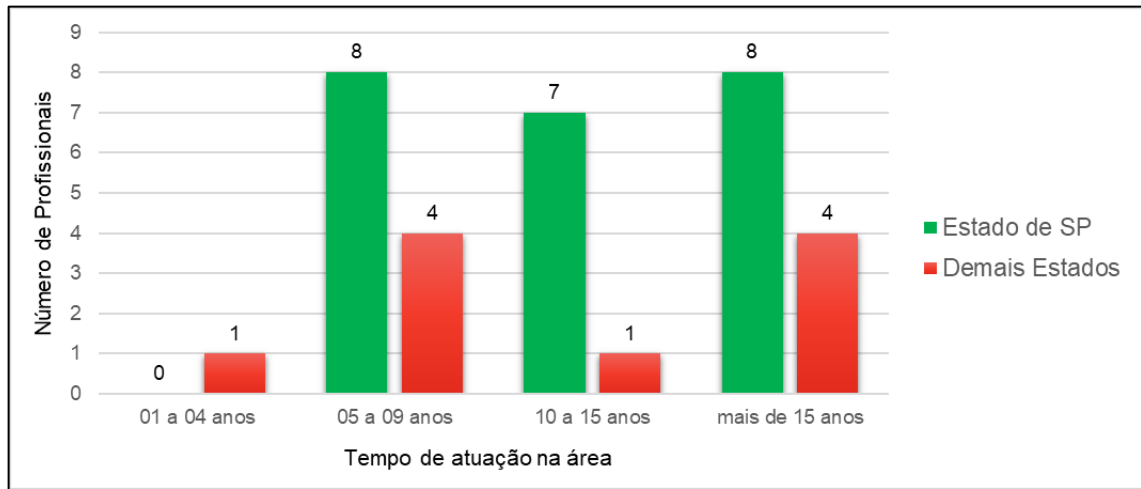
Gráfico 4: Finalidade dos *Data Centers* por localidade

Fonte: elaborado pelo autor

Dentre as respostas obtidas, observamos que a maior parte dos *Data Centers* foram construídos pelas empresas para uso próprio e não para prestação de serviços. Também observamos que a maior concentração de *Data Centers* tanto para uso próprio como para prestação de serviços está localizada no estado de São Paulo, lembrando que algumas empresas respondentes possuem mais de um *Data Center*.

A manutenção e operação dos *Data Centers* é executada por profissionais especializados na área. O tempo de experiência desses profissionais que responderam ao questionário está exposto no Gráfico 5.



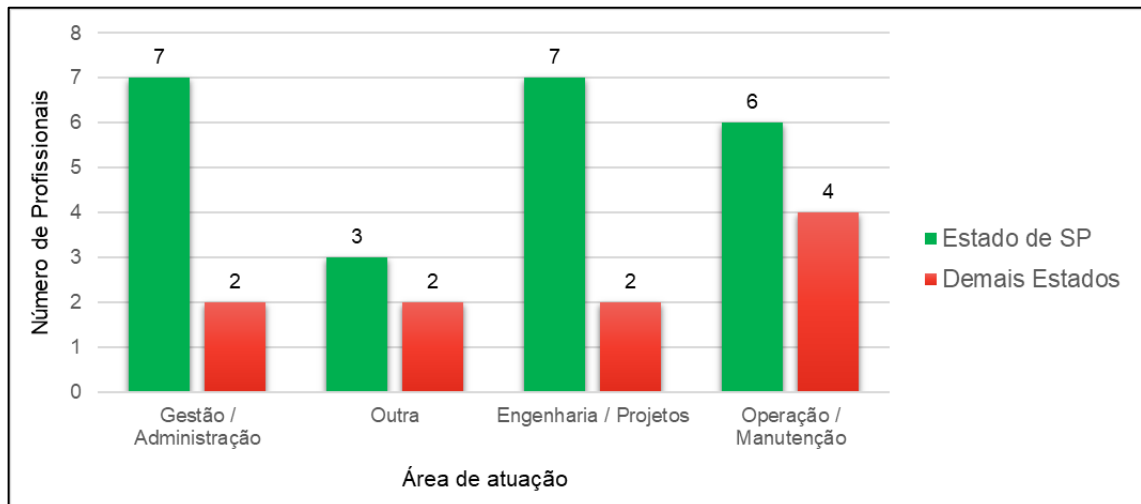
Gráfico 5: Tempo de experiência profissional em *Data Centers* por localidade

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se que a maioria dos profissionais que trabalha nessa área está localizada no estado de São Paulo, com atuação e experiência entre 05 e 15 anos.

Ainda sobre os respondentes da pesquisa, as áreas de atuação desses profissionais nos *Data Centers*, estão distribuídas conforme o Gráfico 6.

Gráfico 6: Áreas de atuação dos profissionais por localidade

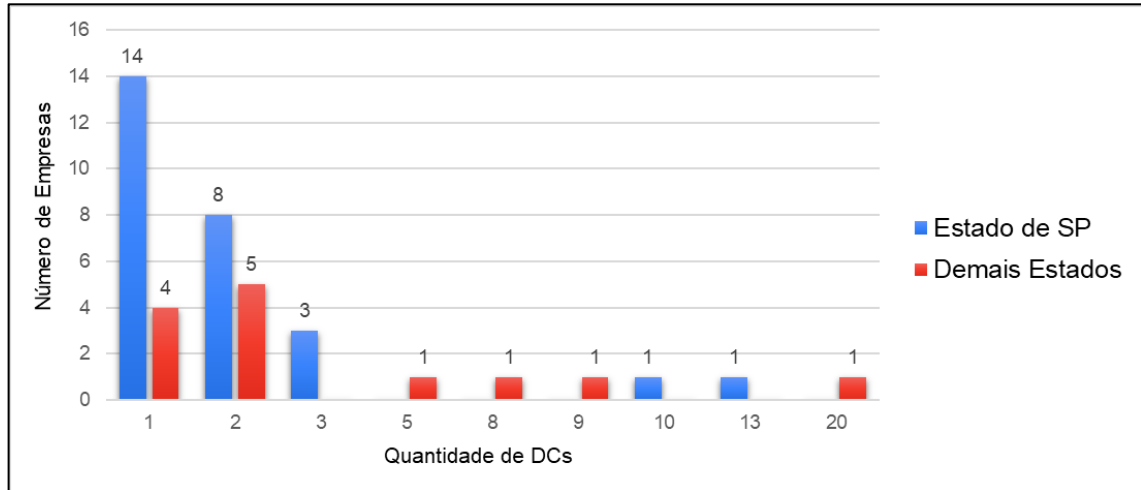


Fonte: elaborado pelo autor

A distribuição dos profissionais nessas áreas de atuação é maior no estado de São Paulo, atribuída pela maior quantidade de *Data Centers*.

Analisando a pesquisa do ponto de vista da quantidade dos *Data Centers* por empresa e localização, tem-se o Gráfico 7 representando esta análise.

Gráfico 7: Quantidade de *Data Centers* por empresa e localização

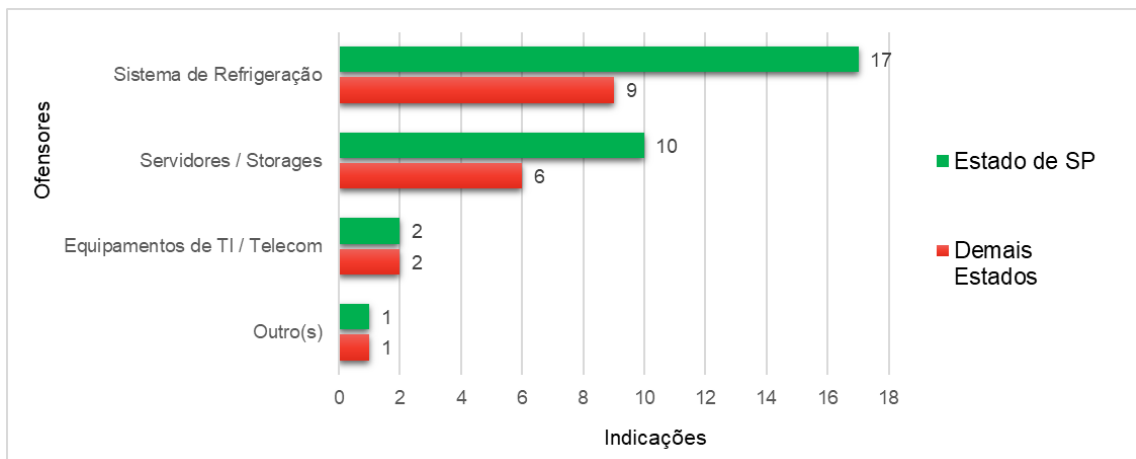


Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se pelo Gráfico 7 que a maioria das empresas possuem até 03 (três) *Data Centers* instalados, com concentração maior para 01 (um) ou 02 (dois) *Data Centers*. Poucas empresas possuem uma quantidade maior de *Data Centers*.

Da mesma forma, verifica-se que a concentração de *Data Centers* é maior no estado de São Paulo, onde a maior quantidade de empresas possuem até 03 (três) *Data Centers*, mas 14 (catorze) empresas possuem apenas 01 (um) *Data Center*.

Com relação aos ofensores do consumo de energia nos *Data Centers*, verifica-se que são 03 (três) os principais indicados nas respostas da pesquisa e podemos observar a distribuição mostrada no Gráfico 8.

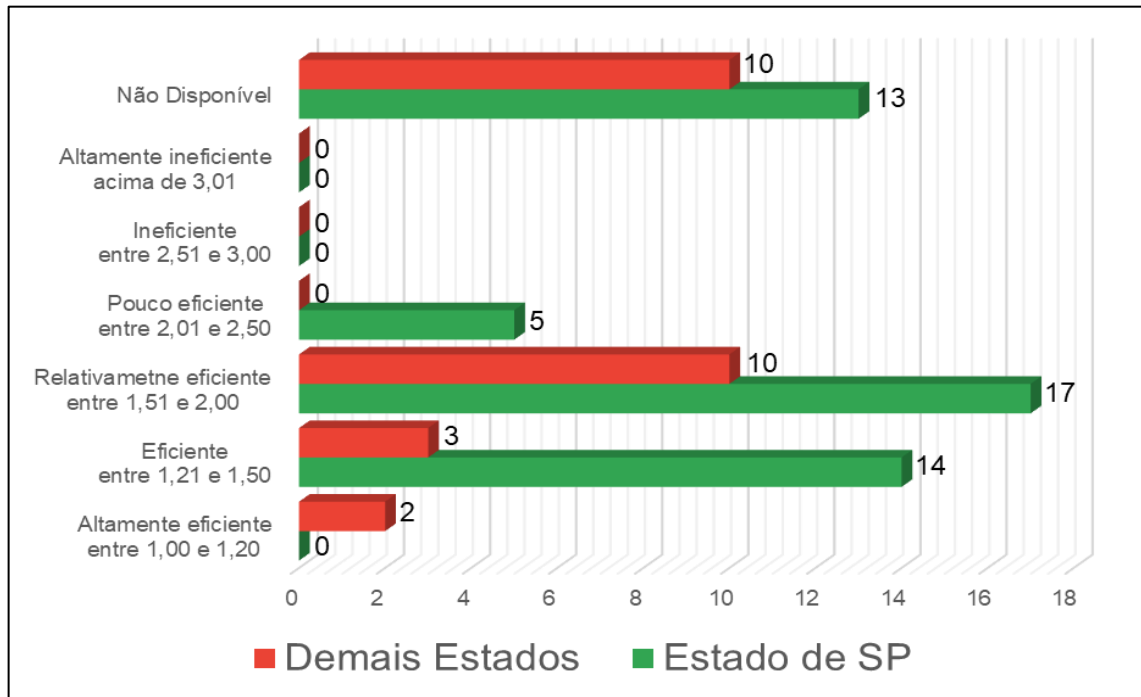
Gráfico 8: Ofensores do consumo de energia dos *Data Centers*

Fonte: elaborado pelo autor

Constata-se, pelas respostas fornecidas, que o principal ofensor no consumo de energia está relacionado com os sistemas de refrigeração dos *Data Centers*, comprovando o que é extensamente explanado na literatura sobre o tema. O mesmo pode ser verificado para os *Data Centers* do estado de São Paulo.

De acordo com os respondentes, ainda foram indicados como outros itens ofensores para o consumo de energia do *Data Center*, o uso de supercomputadores e as perdas nas instalações elétricas.

Mesmo com as indicações dos principais ofensores do consumo de energia elétrica, a medida de eficiência dos *Data Centers* informada por alguns dos respondentes nos mostra que dentro e fora do estado de São Paulo os *Data Centers* estão em funcionamento com um grau de eficiência satisfatório, como ilustrado no Gráfico 9.

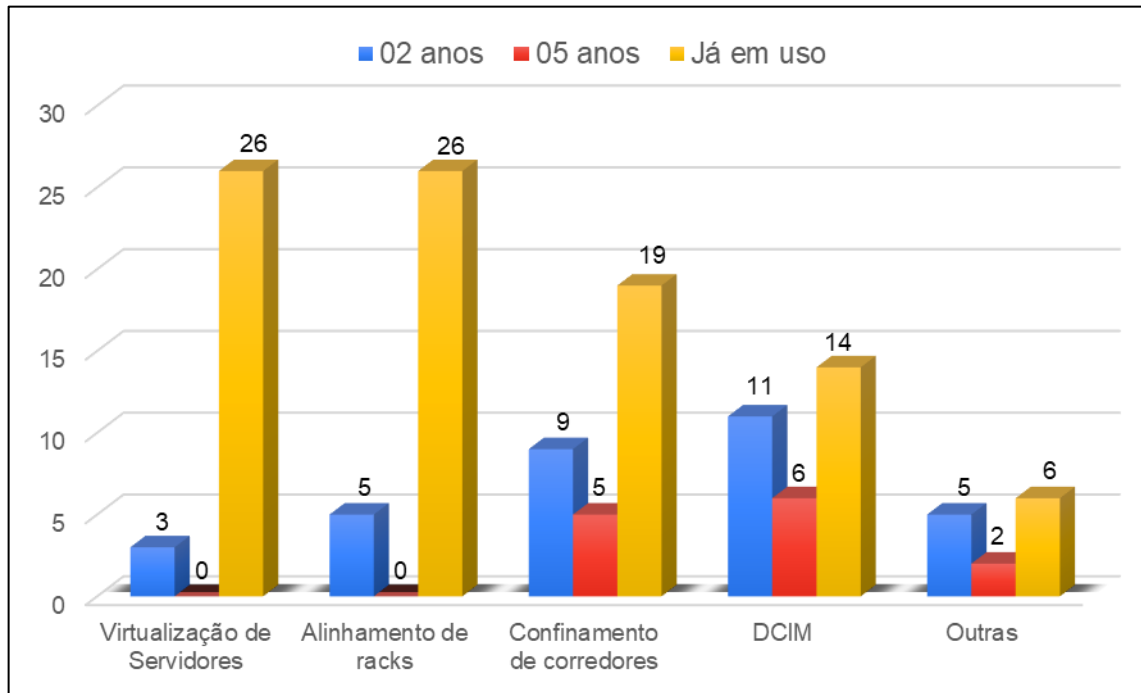
Gráfico 9: Classificação dos *Data Centers* pelo PUE

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se que grande parte dos *Data Centers* já funcionam com uma classificação de eficiência entre 1,51 e 1,21, de acordo com a divisão estabelecida previamente neste trabalho.

Também, não deixemos de notar que alguns *Data Centers* não tiveram seus valores de PUE revelados, seja por questões relativas à confidencialidade do negócio ou por conta do desconhecimento da métrica ou mesmo dificuldades técnicas em medi-la ou identificá-la.

Dentro do estado de São Paulo, o número de *Data Centers*, 31 dos 62 informados, corrobora com a possibilidade de avaliação para adoção de tecnologias que melhorem a eficiência energética desses locais. As tecnologias e soluções para melhoria de eficiência energética e diminuição do consumo de energia nos *Data Centers*, bem como seu tempo estimado para utilização ou instalação, são exibidas no Gráfico 10.

Gráfico 10: Soluções eficientes para *Data Centers* e prazo de adoção

Fonte: elaborado pelo autor

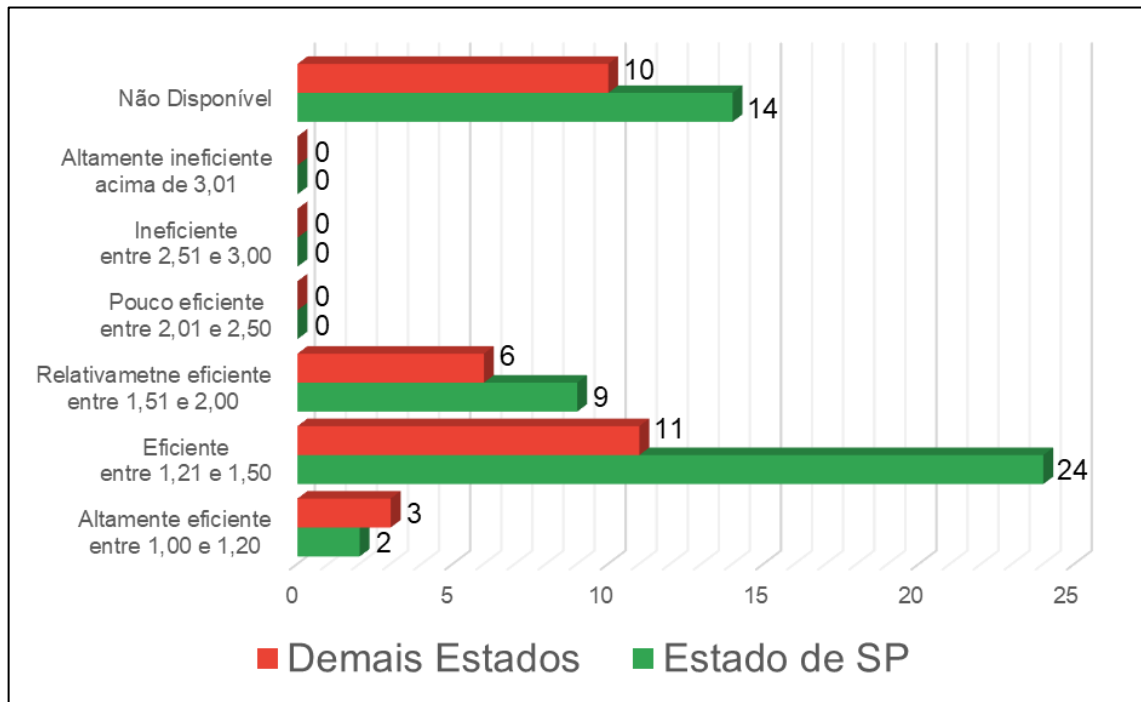
Nota-se que as soluções propostas já são amplamente utilizadas, contudo havendo, sem dúvida, espaço para a adoção de solução específica para uma grande quantidade de *Data Centers*.

Quando indicadas outras soluções diferentes, as respostas mostram as seguintes opções:

- Troca do sistema de refrigeração;
- Utilização de Inteligência Artificial para controle do sistema de refrigeração;
- Cogeração de energia;
- Troca de motores antigos por novos mais eficientes das bombas do sistema de refrigeração;
- Ajustes na temperatura de resfriamento do *Data Center*;
- Utilização de *Free Cooling* para refrigeração do *Data Center*;
- Utilização de *Cloud Computing*;
- Migração do *Data Centers* para empresa especializada;
- Substituição de *UPSs*;
- Melhor gestão do sistema de refrigeração.

Essas soluções, após analisadas pelos respondentes, indicaram uma possível melhoria no valor do PUE dos *Data Centers*, caso venham a ser adotadas, conforme exibido no Gráfico 11.

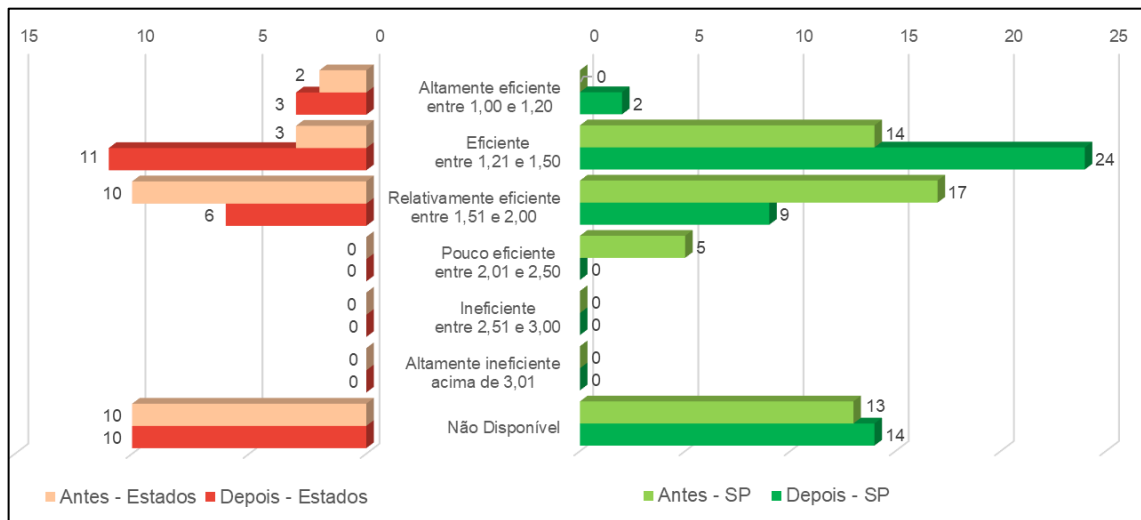
Gráfico 11: PUE estimado dos *Data Centers* com uso de soluções



Fonte: elaborado pelo autor

Comparando-se o Gráfico 11 com o Gráfico 09, notamos que a quantidade de *Data Centers* mais eficientes aumentou, mostrando que após as análises feitas pelos respondentes, esperam melhoria no PUE e consequente diminuição do consumo de energia.

O Gráfico 12 mostra, isoladamente no estado de São Paulo e demais estados, a alteração na distribuição dos *Data Centers* e categorias de PUE, resumindo a comparação entre os Gráficos 11 e 09.

Gráfico 12: Alteração estimada do PUE nos *Data Centers*

Fonte: elaborado pelo autor

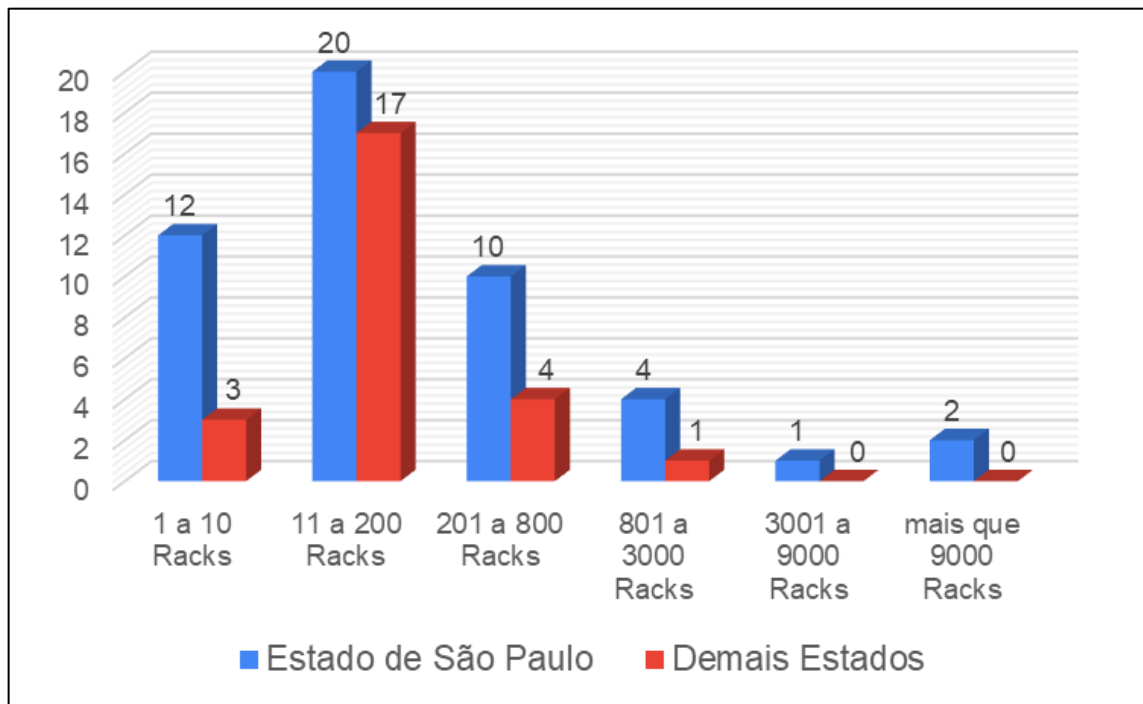
Nota-se que as expectativas para melhoria da categoria de PUE para os *Data Centers* acontecem em maior quantidade no estado de SP. De acordo com os valores indicados no instrumento de pesquisa, o valor médio do PUE para o estado de São Paulo é de 1,74 e a estimativa deste valor médio, se adotadas medidas de melhoria de eficiência, passa a ser de 1,51.

Sobre o tamanho relacionado aos *Data Centers*, levando-se em consideração a quantidade de *racks* instalados (e consequentemente área ocupada), sua classificação pode ser vista na Tabela 3 e os resultados estão indicados no Gráfico 13.

Tabela 3: Classificação do *Data Center* - quantidade de *racks*

Quantidade de Racks no DC	Classificação
mais que 9000	Mega
3001 a 9000	Massivo
801 a 3000	Grande
201 a 800	Médio
11 a 200	Pequeno
1 a 10	Mini

Fonte: adaptado de AFCOM (2013)

Gráfico 13: Tamanho do *Data Center* - quantidade de *racks*

Fonte: elaborado pelo autor

Dentro do número de respostas obtidas, podemos observar que a grande quantidade de *Data Centers* está categorizada como pequenos *Data Centers*, porém com uma quantidade relevante de mini *Data Centers* e *Data Centers* médios.

Grandes e massivos *Data Centers* fazem parte em pequena quantidade na indicação do instrumento de pesquisa, diferindo da citação inicial de que há uma quantidade expressiva de grandes *Data Centers* no estado de São Paulo, porém não comprovada em função do número reduzido de respondentes.

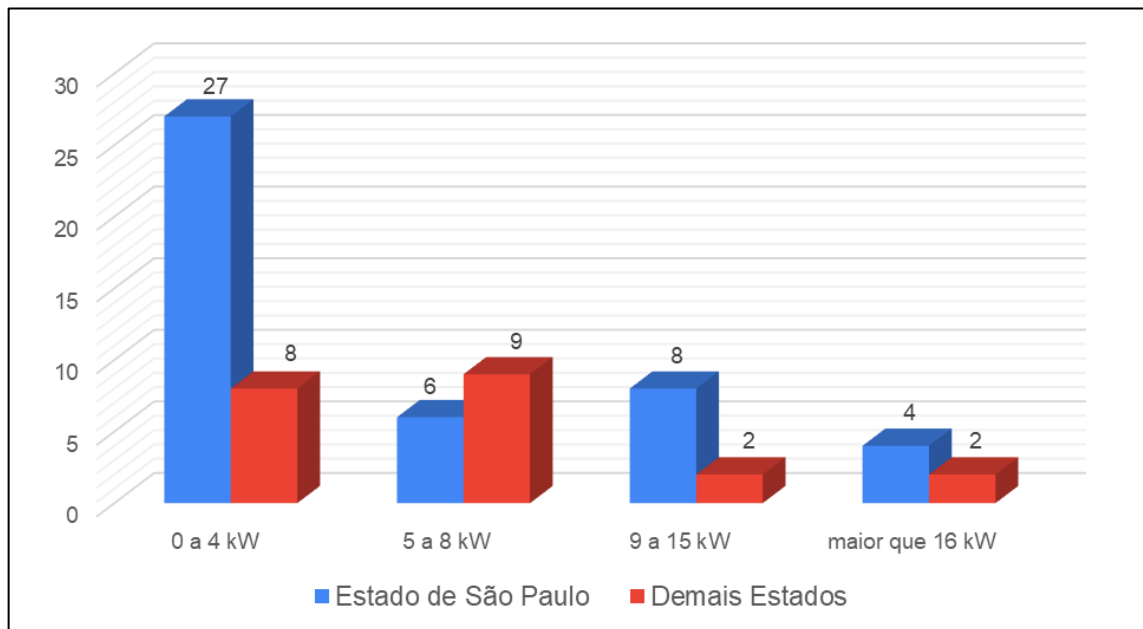
Considerando-se a quantidade de *racks* instalados nos *Data Centers* e os equipamentos neles energizados, podemos seguir ainda uma divisão em termos de potência média instalada por *rack*, dispostas na Tabela 4 e no Gráfico 14.



Tabela 4: Classificação do *Data Center* – potência por *rack*

Classificação	Potência por Rack
Baixa	0 a 4 kW
Média	5 a 8 kW
Alta	9 a 15 kW
Extrema	maior que 16 kW

Fonte: adaptado de AFCOM (2013)

Gráfico 14: *Data Centers* - potência média por *rack*

Fonte: elaborado pelo autor

A maior quantidade de *Data Centers* no estado de São Paulo utiliza uma potência média instalada por *rack* de até 4 kW, ou seja, baixa densidade de potência. Densidades maiores são representativas em termos de potência, mas dependerá do tamanho do *Data Center*.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inegavelmente, acredita-se, trata-se de temática instigante. Seja pelo apelo dado pela questão da sustentabilidade e preservação do meio ambiente e de seus recursos naturais, seja pela colaboração quanto à economia propriamente dita a se dar em face de *Data Centers*, afora a elevação da qualidade dos serviços experimentadas pela maior eficiência energética, defende-se, ratificando-se, o valor de mais ainda se mergulhar sobre a temática em próximas etapas.

Com a crescente exigência de quantidade, qualidade e eficiência dos centros de processamento de dados, merecedores ainda de olhares mais próximos ao longo do desenvolvimento do tema, notadamente a apurar dados concretamente existentes neste Estado de São Paulo, cresce o interesse em se pensar nos poupadores e nos não poupadores de energia elétrica dados em razão dessas unidades tão vitais para o progresso na atualidade.

### 4.1 Análise

Pelo até aqui exposto, não se deve reter a curiosidade de se prolongar e mais fortemente estudar o assunto, não só pelo relevante papel que o mestrado há de se fixar diante do pesquisador, mas porque, ratifica-se, a urgência em melhor gerenciar a energia elétrica dos *Data Centers* é grande, fazendo-se multiplicar bons resultados de sua real administração.

Isto porque, a par do já mencionado apelo ambiental e a necessidade de otimização dos custos desses estabelecimentos, os *Data Centers* de fato consomem muita energia. E, dada à importância dessas instalações, deve-se buscar entender o problema e, mais do que isso, aprofundar a pesquisa sobre soluções de fato ao caso aplicáveis.

Diante do exposto, relembra-se que a questão da pesquisa se refere a quais elementos operacionais podem contribuir para maior eficiência energética num futuro próximo, considerando os *Data Centers* do estado de São Paulo.

Como descrito no trabalho, tal melhoria de eficiência poderá ser alcançada por meio da utilização de tecnologia e soluções que diminuam o consumo de energia nos *Data Centers*.

Por outras palavras e mais precisamente, o objetivo geral desta dissertação é o de evidenciar os elementos operacionais que mais originariam, no futuro próximo, maior eficiência energética para os *Data Centers* no Estado de São Paulo.

## 4.2 Contribuições

Os resultados obtidos por meio da observação das respostas do instrumento de pesquisa evidenciam os elementos operacionais relacionados a diversas tecnologias e práticas adotadas para o funcionamento dos *data centers*, principalmente no estado de São Paulo, por conta de sua grande importância econômica e tecnológica e por concentrar a maior quantidade de *Data Centers* do Brasil, indicando que podem reduzir o valor do PUE e consequentemente, reduzir o consumo de energia.

Constatou-se que, de fato, a maior quantidade de *Data Centers* está concentrada no estado de São Paulo, com 62 indicações, apesar de as respostas fornecidas no instrumento de pesquisa mostrarem que, neste caso, os *Data Centers* são de pequeno porte com instalações na sua maioria, de 11 a 200 *racks* em cada local e não de grandes *Data Centers* como inicialmente esperado.

A identificação dos fatores que mais influenciam quanto ao consumo de energia desses centros de dados foram descritos nos resultados da pesquisa como sendo, por exemplo, os sistemas de refrigeração, o consumo de energia de servidores e equipamentos de armazenamento e ainda, perdas elétricas nas instalações.

As possíveis tecnologias ou soluções que podem vir a ser adotadas a médio e longo prazo foram indicadas como sendo o uso de software DCIM para gerenciamento da infraestrutura dos *Data Centers*, confinamento de corredores (quente ou frio) e, ainda, ajustes no sistema de refrigeração, com o objetivo de otimizar o consumo energético, verificando-se que o PUE pode ser diminuído.

O instrumento de pesquisa também evidenciou comentários e respostas interessantes sobre soluções a serem adotadas, como por exemplo a troca de equipamentos ineficientes com mais de 15 anos de utilização ou a instalação de sistemas de inteligência artificial para controle de temperatura e fluxo de ar dentro do *Data Center*. Há, ainda, outros comentários gerais e

indicação dos valores de PUE e potência média por *rack* obtidos na pesquisa que estão dispostos no Apêndice B e Apêndice C.

Sendo assim, mesmo com uma quantidade reduzida de respostas ao instrumento de pesquisa, a questão de pesquisa foi corretamente direcionada para a obtenção e descrição dos objetivos deste trabalho, ainda que de forma simplificada, não podendo ser utilizada como referência para todos os estados do Brasil.

### 4.3 Trabalhos futuros

Para continuidade deste trabalho e para que este possa ter maior relevância, seria importante obter-se um número consideravelmente maior de respondentes do instrumento de pesquisa, face da grande quantidade de *Data Centers* instalados, permitindo uma análise mais aprofundada do assunto levando-se em consideração, inclusive, a expansão do estudo abrangendo todos os estados do Brasil e não apenas o estado de São Paulo, foco deste trabalho.

Como indicado nos resultados, outras questões, considerando-se novas tecnologias, aspectos mais aprofundados relacionados a TI Verde, modernização de instalações e equipamentos, também poderiam ser incluídas no instrumento de pesquisa, evidenciando outros horizontes para a pesquisa sobre a eficiência energética nos centros de dados ou *Data Centers* e procedimentos ou soluções a serem adotados para diminuir o consumo de energia, em concordância com a realidade do país e alinhamento com as questões ambientais.

Há ainda, segundo comentários dos respondentes e oportunidades de pesquisa futuras, a indicação para o uso de dispositivos relacionados a Internet das Coisas (*IoT*) e utilização de sistemas de Inteligência Artificial (IA) para controle e otimização do consumo de energia nos *Data Centers*, melhorando a eficiência dos sistemas de refrigeração e controle de energia.

## REFERÊNCIAS

- ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. 2020. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>> - Acesso em: 12 fev. 2020.
- ACIOLI, J. de L. **Fontes de Energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2014.
- AFCOM. Association for Computer Operations Management. 2020 Disponível em: [https://www.afcom.com/Public/Member\\_Resources/Learning\\_Center/White\\_Papers/Public/Resource\\_Center/White\\_Papers\\_Public.aspx](https://www.afcom.com/Public/Member_Resources/Learning_Center/White_Papers/Public/Resource_Center/White_Papers_Public.aspx) - Acesso em: 02 abr. 2020.
- ALMEIDA, Fernando. **Os Desafios da Sustentabilidade: uma ruptura urgente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- ALVES, A. J., OLIVEIRA, L. F. C. de; OLIVEIRA, A. M. de. Verificação das relações de Râteaux pelo emprego de um inversor de frequência. In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2016.
- ANDREA, M. **Data Center size and density**. DCI AFCOM White Paper #DCISE-001, 19 p., 2014.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2020. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> - Acesso em: 21 jan. 2020.
- ARMANDO, Antenor Gonçalves Meandro. **Data Center: na esteira da economia global**. Campinas: Unicamp, 2019.
- ARSESP. Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo. 2020. Disponível em: <<http://www.arsesp.sp.gov.br>> - Acesso em: 21 jan. 2020.
- BELADY, C. et al. **Green grid Data Center power efficiency metrics: PUE and DCIE** . Technical report, Green Grid. 2008
- BORGER, Fernanda Gabriela. **Responsabilidade social: efeitos da atuação social na dinâmica empresarial**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- BUDHIRAJA, M.; SAGGAR, S. Green IT: **Harvesting heat using tpv (thermophotovoltaic**. International Journal of Managment, IT and Engineering, vol. 3–9, 2013.
- CABRAL, F. *Sistemas informacionais e capacidade perene*. São Paulo: Cultrix, 2010.
- CAMARGO, Ana Luiza de Brasil. **Desenvolvimento Sustentável: Dimensões e desafios**. Campinas: Editora Papirus Educação, 2013.
- COUTINHO, Edna M. B. Gama; GOMES, Antonio C. Silva; FARIA, Elíada A. S. Teixeira; FERNANDES, Heloísa H. De Oliveira. **A oferta de energia elétrica no Brasil** in Informe Infraestrutura, Num. 37, agosto, São Paulo, 2009.
- DATACENTE.RS WORLD MAP. 2020. Disponível em:<<https://www.datacente.rs/>> - Acesso em 02 abr. 2020.

DELGADO, M. A. P. **Alternativas para o Aumento da Eficiência Energética no Brasil: Uma Análise Técnico-Econômica para Viabilização de Motores Elétricos de Alto Rendimento e o Caso das Empresas de Serviços de Energia**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

DOS SANTOS, F. U. Benefícios da virtualização de servidores. 2014. Disponível em: <<https://www.bluesolutions.com.br/2014/07/os-12-beneficios-da-virtualizacao-de-servidores-noData-Center/>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

FACEBOOK. 2019. Disponível em: <<https://www.facebook.com/LuleaDataCenter/>> - Acesso em 24 mar. 2020.

GARCIA, Agenor Pinto. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. Dissertação. UFSCAR. São Carlos: UFscar, 2020.

GELLER, H. S. **Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future**. Washington: Island Press, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE. *Data Center* em Hamina, Finlândia. 2020. Disponível em: <<https://www.google.com/about/Data-Centers/locations/hamina/>> - Acesso em: 24 mar. 2020.

LAURINDO, Fernando José Barbin. **Tecnologia da Informação: Planejamento e Gestão de Estratégias**. São Paulo: FGV, 2017.

LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis. RJ: Vozes, 2013.

MAGNOLI, D.; SCALZARETTO. R. **Geografia, espaço, cultura e cidadania**. São Paulo: Moderna, 1998.

MARIN, Paulo S. **Data Centers: Desvendando Cada Passo: Conceitos, Projeto, Infraestrutura Física e Eficiência Energética**. São Paulo: Érica, 2011.

MARIN, Paulo S. **Data Centers – Engenharia: Infraestrutura Física**. São Paulo: PM Books, 2016.

MELLO E SOUZA, Nelson. **Educação ambiental: dilemas da prática contemporânea**. Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá; 2000.

MICROSOFT. 2020. Disponível em: <<https://news.microsoft.com/pt-br/no-fundo-do-mar-a-microsoft-testa-um-Data-Center-rapido-de-implantar-que-pode-fornecer-conectividade-a-internet-por-anos/>> - Acesso em: 20 mar. 2020.

MORETTI, Rhafael de Souza. **Estudo e implementação de um conversor CC-CC baseado no inversor z-source**. São Paulo: USP, 2017.

PANESI, André R. Quinteros. **Fundamentos de Eficiência Energética**. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

PAULA, Carla Erst. **Consumidor Verde**. Belo Horizonte: Melo & Gonçalves, 2011.

PEREIRA, José Matias. **Manual de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

POOLE, A. D., GELLER, H. S. **O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, 2017. Disponível em: <<http://www.inee.org.br>> - Acesso em: 20 jan. 2019.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2020. Disponível em: <<http://www.procel.com.br>> - Acesso em: 20 jan. 2020.

SALOMÃO, Thais M. **Eficiência energética: projetos luminotécnicos em plantas industriais**. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, 2010.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira. **Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**. São Paulo: EFEI, 2018.

SCHAEFFER, R. **Avaliação dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica Desenvolvidos por Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica no Ciclo 1998/1999**. COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2015.

SCHNEIDER Electric. 2017. Disponível em <[https://www.se.com/br/pt/download/document/SPD\\_DBOY-7EDLE8\\_BZ/](https://www.se.com/br/pt/download/document/SPD_DBOY-7EDLE8_BZ/)> - Acesso em 05 abr. 2020.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo, Cortez, 2008.

SILVEIRA, Semida (orgs.). **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SOLDATI, M. K. **TI verde – virtualização de servidores**. Fasci – Tec - Periódico Eletrônico da FATEC - São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, v. 1, n. 5, Out/Dez 2011, p. 97 a 104.

SPYER, Juliano. **Conectado**. São Paulo: Ed. Zahar. 2016.

TIER. 2020. Disponível em: <<http://tier.com>> - Acesso em: 21 jan. 2020.

VERAS, M. **Data Center: componente central da infraestrutura de TI**. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

1 – Identifique a empresa onde trabalha: \_\_\_\_\_

2 – Em qual área você trabalha na empresa?

- ☐ Gestão / Administração
- ☐ Engenharia / Projetos
- ☐ Operação / Manutenção
- ☐ Outra - Informar: \_\_\_\_\_

3 – Quantos anos de experiência você tem na área de *Data Centers*?

- ☐ 01 a 04 anos
- ☐ 05 a 09 anos
- ☐ 10 a 15 anos
- ☐ mais de 15 anos

4 – Quantos *Data Centers* a empresa possui no Brasil? \_\_\_\_\_

5 - Desses *Data Centers* no Brasil, quantos estão localizados no ESTADO de São Paulo?

6 - Na sua empresa, quais são os maiores ofensores no consumo de energia do(s) *Data Center(s)*?

- ☐ Sistemas de refrigeração
- ☐ Servidores / Storage
- ☐ Equipamentos de TI / Telecom
- ☐ Outro(s) - Especificar: \_\_\_\_\_

7 - Qual é o PUE (Power Usage Effectiveness) ATUAL dos *Data Centers* indicados no item 4 (Identifique SP1=, SP2=, SPn= para os *Data Centers* dentro do estado de São Paulo e DC1=, DC2=, DCn= para os demais *Data Centers*)?



8 - Para um horizonte de 2 e 5 anos, quais das soluções abaixo podem ser adotadas para melhorar a eficiência energética do(s) *Data Center(s)* ? Se houver outra solução em estudo, indicar no próximo campo.

	02 anos	05 anos
Virtualização de Servidores	( )	( )
Alinhamento de <i>racks</i>	( )	( )
Confinamento de corredores	( )	( )
DCIM	( )	( )
Outra(s): Especificar e indicar o prazo: _____		

9 - Se uma ou mais soluções do item 8 forem adotadas para aumentar a eficiência energética, qual o valor esperado (calculado) para o PUE nos *Data Centers* indicados no item 7 (indicar para cada um dos *Data Centers*)?

10 - Considerando cada *Data Centers* indicado no item 7, qual a classificação atual de cada um seguindo o critério indicado pelo número de *racks*?

	1 a 10	11 a 200	201 a 800	801 a 3000	3001 a 9000	>9000
SP1	( )	( )	( )	( )	( )	( )
SP2	( )	( )	( )	( )	( )	( )
SP3	( )	( )	( )	( )	( )	( )
SP4	( )	( )	( )	( )	( )	( )
SP5	( )	( )	( )	( )	( )	( )
DC1	( )	( )	( )	( )	( )	( )
DC2	( )	( )	( )	( )	( )	( )
DC3	( )	( )	( )	( )	( )	( )
DC4	( )	( )	( )	( )	( )	( )
DC5	( )	( )	( )	( )	( )	( )

11- Qual o valor médio de potência (kW) instalada para os *racks* dos *Data Centers* indicados no item 7 (informar para cada *Data Center*)?

## APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS NO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Os dados extraídos do instrumento de pesquisa estão sintetizados nas tabelas abaixo.

Data Center	Cidade no Brasil	Cidade em São Paulo	Data Centers do estado de São Paulo										Data Centers dos demais Estados									
			SP1		SP2		SP3		SP4		SP5		DC1		DC2		DC3		DC4		DC5	
			Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)	Nº Racks	Potência (kW)
E1	1	1	1 a 10	20,00																		
E2	1	1	11 a 200	2,50																		
E3	3	3	11 a 200	2,47	11 a 200	1,15	1 a 10	1,00														
E4	1	1	11 a 200	4,00																		
E5	15	13	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00	201 a 800	10,00						
E6	3	1	11 a 200	7,00									11 a 200	7,00	11 a 200	5,00						
E7	3	3	11 a 200	15,00	11 a 200	15,00	11 a 200	15,00														
E8	2	2	11 a 200	2,00	11 a 200	2,00																
E9	2	2	1 a 10	16,00	1 a 10	16,00																
E10	1	1	801 a 3000	4,00																		
E11	1	1	201 a 800	4,00																		
E12	3	2	001 a 9000	7,00	801 a 3000	6,00							201 a 800	8,00								
E13	10	1	1 a 10	5,00									11 a 200	5,00	11 a 200	5,00	11 a 200	5,00	11 a 200	5,00	11 a 200	5,00
E14	1	1	11 a 200	20,00																		
E15	2	1	1 a 10	NI									11 a 200	NI								
E16	1	1	1 a 10	NI																		
E17	2	2	201 a 800	4,20	801 a 3000	2,50																
E18	2	0											11 a 200	1,50	11 a 200	1,50						
E19	2	2	> 9000	4,00	> 9000	4,00																
E20	30	10	1 a 10	1,50	1 a 10	1,50	1 a 10	1,50	1 a 10	1,50	1 a 10	1,50	11 a 200	1,50								
E21	2	2	11 a 200	3,00	11 a 200	5,00																
E22	9	1	801 a 3000	3,00																		
E23	3	3	11 a 200	3,54	11 a 200	3,54	11 a 200	3,54														
E24	1	0											801 a 3000	5,00								
E25	5	0											201 a 800	3,00	11 a 200	3,00	11 a 200	3,00	11 a 200	3,00	11 a 200	3,00
E26	2	2	201 a 800	4,50	201 a 800	4,50																
E27	2	0											1 a 10	NI	1 a 10	NI						
E28	1	1	11 a 200	5,00																		
E29	1	1	201 a 800	2,00																		
E30	1	1	11 a 200	2,00																		
E31	2	2	11 a 200	NI	11 a 200	NI																
E32	2	0											11 a 200	20,00	1 a 10	20,00						
E33	1	0											11 a 200	NI								

Data Center	Cidade no Brasil	Cidade em São Paulo	Data Centers do estado de São Paulo										Data Centers dos demais Estados									
			SP1		SP2		SP3		SP4		SP5		DC1		DC2		DC3		DC4		DC5	
			PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado	PUE Atual	PUE Estimado
E1	1	1	ND	ND																		
E2	1	1	1,80	1,40																		
E3	3	3	1,57	1,40	2,30	1,80	2,47	1,80														
E4	1	1	ND	ND																		
E5	15	13	1,50	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45						
E6	3	1	1,60	1,50									1,60	1,50	1,60	1,50						
E7	3	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND														
E8	2	2	2,00	1,20	2,00	1,20																
E9	2	2	ND	ND	ND	ND																
E10	1	1	1,45	1,41																		
E11	1	1	1,70	1,40																		
E12	3	2	1,67	1,34	1,80	1,44																
E13	10	1	ND	ND									1,65	1,32								
E14	1	1	2,00	1,30									ND	ND								
E15	2	1	1,70	1,70									1,70	1,70								
E16	1	1	ND	ND																		
E17	2	2	1,83	1,40	1,75	1,40																
E18	2	0											1,10	1,10	1,10	1,10						
E19	2	2	1,35	1,35	1,40	1,40																
E20	30	10	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50								
E21	2	2	1,80	1,50	1,50	1,40																
E22	9	1	ND	1,60									ND	1,60	ND	1,60	ND	1,60	ND	1,60	ND	1,60
E23	3	3	2,18	1,80	2,18	1,80	2,18	1,80					1,60	1,15								
E24	1	0											1,55	1,38	1,55	1,38	1,55	1,38	1,55	1,38	1,55	1,38
E25	5	0																				
E26	2	2	1,76	ND	1,76	ND							ND	ND	ND	ND						
E27	2	0																				
E28	1	1	1,90	1,80																		
E29	1	1	ND	ND																		
E30	1	1	1,90	1,90																		
E31	2	2	ND	ND	ND	ND																
E32	2	0											ND	ND	ND	ND						
E33	1	0											ND	ND								

Data Centers no estado de São Paulo			Potência nos Racks (kW)		PUE médio		Demanda Máxima dos DCs (kW)	
Qtde de Racks	Qtde de DCs	Pot. Média por Rack (kW)	Mínima	Máxima	Atual	Estimado	Atual	Estimada
1 a 10 Racks	12	6,16	73,9	739,2	1,74	1,51	1286,2	1116,2
11 a 200 Racks	20	6,16	1355,2	24640,0	1,74	1,51	42873,6	37206,4
201 a 800 Racks	10	6,16	12381,6	49280,0	1,74	1,51	85747,2	74412,8
801 a 3000 Racks	4	6,16	19736,6	73920,0	1,74	1,51	128620,8	111619,2
3001 a 9000 Racks	1	6,16	18486,2	55440,0	1,74	1,51	96465,6	83714,4
mais que 9000 Racks	2	6,16	110892,3		1,74	1,51	192952,6	167447,4

## APÊNDICE C – COMENTÁRIOS NO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Estão reproduzidos aqui os principais comentários enviados no instrumento de pesquisa.

“Hoje existem outras métricas de PUE que estão sendo avaliadas PUE, PUE2 e PUE3 dependendo do ponto de medição e os fatores regionais da localidade estão sendo avaliados.”

“Um dos nossos *Data Centers* (SP1) é de 2004 e o outro (SP2) é de 2015.”

“A tecnologia tem evoluído no item de climatização entre outros e conseguir eficiência melhor exige a substituição completando sistemas. Estamos efetuando trabalhos pontuais para melhorar a eficiência energética.”

“Ainda não temos estudo de eficiência energética em nosso DC, pelo menos desconheço.”

“Hoje para termos uma eficiência energética nos *Data Centers*, precisamos mudar a nossa filosofia, temos que trabalhar com um set point mais alto, mantendo uma temperatura de uns 27°C, fazendo confinamento dos corredores, e se for viável utilizar sistema de *freecolling*, pois em alguns *Data Centers* já trabalham com temperaturas entre 27 a 29°C.”

“O *Data Center* possui equipamentos com 01 ano de uso, tendo eficiência energética. Porém, temos equipamentos de 15 anos em funcionamento, sem eficiência energética. Isso pode impactar nas medições e métricas que verificamos em nosso ambiente.”

“Um dos DC é um TIER IV certificado e os outros são TIER III. Um dos grandes problemas da eficiência energética é ajustar as três restrições maiores dos DC (espaço, energia e climatização), bons procedimentos baseados em uma política sólida tornam seus objetivos factíveis de serem alcançados dando sentido e significado em suas ações. Os maiores problemas dos DC são erros humanos > 70%, alinhar CONCEITO - PROCEDIMENTO - ATITUDES são a chave para o sucesso.”

“As iniciativas de *Data Center* são mais efetivas na SEDE em Brasília, o que temos em outras localidades são *Data Centers* menores, mas a falta de alinhamento entre manutenção (responsável pela área de elétrica) e a TI, faz com que esse quadro de consumo não seja informado a nossa área. Optamos sempre pelo melhor desempenho e menor consumo em nossos equipamentos, mas por falta de investimento, muitas vezes temos de manter equipamentos menos eficientes e antigos para que a infraestrutura possa ser atendida como um todo. Outras iniciativas de redução de consumo são a terceirização de serviços em cloud, transportando o custo de manutenção e energia (com certeza mais bem planejado e executado) para grandes corporações, como Microsoft, por exemplo.”

**ANEXO A – Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/01)****LEI Nº 10.295, DE 17 DE OUTUBRO DE 2001.**

Regulamento

Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA** Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente.

Art. 2º O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes.

§ 1º Os níveis a que se refere o caput serão estabelecidos com base em valores técnica e economicamente viáveis, considerando a vida útil das máquinas e aparelhos consumidores de energia.

§ 2º Em até 1 (um) ano a partir da publicação destes níveis, será estabelecido um Programa de Metas para sua progressiva evolução.

Art. 3º Os fabricantes e os importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia são obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação específica estabelecida para cada tipo de máquina e aparelho.

§ 1º Os importadores devem comprovar o atendimento aos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, durante o processo de importação.

§ 2º As máquinas e aparelhos consumidores de energia encontrados no mercado sem as especificações legais, quando da vigência da regulamentação específica, deverão ser recolhidos, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, pelos respectivos fabricantes e importadores.

§ 3º Findo o prazo fixado no § 2º, os fabricantes e importadores estarão sujeitos às multas por unidade, a serem estabelecidas em regulamento, de até 100% (cem por cento) do preço de venda por eles praticados.

Art. 4º O Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País.

Art. 5º Previamente ao estabelecimento dos indicadores de consumo específico de energia, ou de eficiência energética, de que trata esta Lei, deverão ser ouvidas em audiência pública, com divulgação antecipada das propostas, entidades representativas de fabricantes e importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia, projetistas e construtores de edificações, consumidores, instituições de ensino e pesquisa e demais entidades interessadas.

Art. 6º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 17 de outubro de 2001; 180º da Independência e 113º da República.

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

*José Jorge*

*Pedro Parente*