

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

RAFAEL AURELIO DA SILVA NOVAES

A OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM *DATA CENTER*
DE PEQUENO PORTE

SANTOS/SP
2017

RAFAEL AURELIO DA SILVA NOVAES

**A OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM *DATA CENTER*
DE PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

**SANTOS/SP
2017**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

621.042 Novaes, Rafael Aurelio da Silva.
N818o A otimização da eficiência energética de um *Data Center* de Pequeno Porte.
Rafael Aurelio da Silva Novaes. - 2017. 102 páginas.

Orientador: Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos-SP,
2017.

1. Eficiência Energética. 2. Data Center. 3. Gerenciamento Energético. 4. Tecnologia da Informação. I. Da Silva Filho, João Inácio II. A otimização da eficiência energética de um *Data Center* de Pequeno Porte.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa e aos meus pais e que tiveram paciência para suportar essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter mostrado todos os caminhos a seguir e me dado forças e perseverança necessária para a conclusão desse curso. Sem Ele, não chegaríamos aonde chegamos.

Com satisfação, agradeço ao professor Dr. João Inácio da Silva Filho pela paciência e confiança no aprendizado.

Também agradeço aos amigos Anderson dos Santos Pinheiro Brasil, Carlos Fernando Barreto de Oliveira, André Rojas, André Maneira e Marcelo Crispim pelo incentivo e auxílio durante o Mestrado.

Tão especial quanto todos, agradecemos as secretárias Sandra e Imaculada, pela ajuda e atendimento durante as fases do curso.

Por fim, agradecemos a todas as pessoas que, de alguma forma, nos ajudaram a realizar esse trabalho de conclusão de curso.

EPÍGRAFE

"A única coisa que interfere com meu aprendizado é a minha educação. Educação é o que resta depois de ter esquecido tudo que se aprendeu na escola".

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo o estudo do consumo energético dos servidores e dos ativos de rede (*switches*, roteadores) do *Data Center* de pequeno porte, que é o tipo mais comum nas indústrias, empresas e instituições de ensino. A eficiência energética de um *Data Center* (ou CPD - Centro de Processamento de Dados) é um dos pontos centrais da área de TI (Tecnologia da Informação), já que o funcionamento do mesmo deve ser mantido ininterruptamente. A problematização sobre esta questão é que para os *Data Centers* serem mais eficientes no uso da energia, é necessário implantar uma série de procedimentos operacionais, já que para a otimização da eficiência energética deve-se considerar o sistema como uma unidade. Considera-se também que um *Data Center* deva ser munido com instrumentos especiais para identificar condições e fatores que interferem na eficiência energética da planta, de modo que as situações em que houver desperdício de energia possam ser rapidamente corrigidas. Nesta pesquisa, para o estudo da otimização consideramos a determinação do índice de eficiência energética dos *Data Centers* também conhecido como PUE (*Power Usage Effectiveness*). Este índice, que foi criado por um consórcio de empresas conhecido como *The Green Grid*, relaciona o fato de que a eficiência energética pode ser avaliada através da relação da energia consumida pela instalação inteira e a energia consumida pelos equipamentos da infraestrutura de TI. O estudo abrange também a metodologia de administração das instalações de TI o que possibilita que as instituições possam planejar, operar, manter e/ou aperfeiçoar o funcionamento e as características de seus ambientes operacionais de tecnologia, locais onde são concentradas as ações de hospedagem e controle dos equipamentos e dos dispositivos de processamento de dados. Nesta pesquisa é apresentado um caso estudado do *Data Center* de pequeno Porte de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) onde foram identificadas e detalhadas as reais condições da eficiência energética dos equipamentos de TI. Foi utilizado o Simulador MatLab versão R2017a para encontrar índices de comparação entre quatro cenários da infraestrutura de TI com os seus respectivos índices relacionados a eficiência energética. O primeiro cenário simulado é o atual da instituição que possui a estrutura dos *switches*, servidores e *nobreaks*, o segundo cenário é com a otimização dos ativos de rede (*switches*) para que possa ser dimensionada a eficiência energética dessa melhoria, o terceiro cenário é o de otimização dos servidores de gerenciamento, dos equipamentos físicos de rede e *nobreaks* proporcionando outro índice de eficiência energética e o quarto cenário é uma proposta de melhoria para a situação atual do *Data Center*. Os resultados encontrados geraram conclusões que permitiram a elaboração de propostas para alcançar menores perdas no *Data Center* estudado com a otimização proposta.

Palavras-chave: Eficiência Energética. *Data Center*. Gerenciamento Energético. Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

The purpose of this study was to study the energy consumption of servers and network assets (switches, routers) of the small data center that is the most common type in industries, companies and educational institutions. The energy efficiency of a Data Center (or Data Processing Center) is one of the central points of IT (Information Technology), since its operation must be maintained uninterrupted. The problem is that for data centers to be more efficient in the use of energy, it is necessary to implement a series of operational procedures, since for the optimization of energy efficiency the system must be considered as a unit. It is also considered that a Data center should be equipped with special instruments to identify conditions and factors that interfere with the energy efficiency of the plant, so that situations where energy wastage can be quickly corrected. In this research, for the study of optimization we consider the determination of the energy efficiency index of the Data Centers also known as PUE (Power Usage Effectiveness). This index, which was created by a consortium of companies known as The Green Grid, relates the fact that energy efficiency can be assessed by the ratio of the energy consumed by the entire facility and the energy consumed by IT infrastructure equipment. The study also covers the methodology of administration of IT facilities which enables institutions to plan, operate, maintain and/or improve the operation and characteristics of their technology operating environments, where hosting and control actions are concentrated Equipment and data processing devices. This study presents a case study of the small porte Data Center of a Federal Institution of Higher Education (IFES) where the real conditions of energy efficiency of IT equipment were identified and detailed. The MatLab Simulator R2017a was used to find indices comparing three IT infrastructure scenarios with their respective indices related to energy efficiency. The first scenario is the current one of the institution that has the structure of the switches, servers and nobreaks, the second scenario is with the optimization of the network assets (switches) so that the energy efficiency of this improvement can be dimensioned, the third scenario is the optimization of management servers, physical network equipment and nobreaks providing another index of energy efficiency and the fourth scenario is an improvement proposal for the current situation of the Data Center. The results obtained generated conclusions that allowed the elaboration of proposals to achieve lower losses in the Data Center studied with the proposed optimization.

Keywords: Energy Efficiency. Data Center. Energy Management. Information. Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Processos de conversão energética	16
Figura 02 – Economia de energia Selo Procel	21
Figura 03 – Marco Regulatório do CGIEE	22
Figura 04 – Logomarca PEE	22
Figura 05 – Evolução da TIC nas organizações	23
Figura 06 – Desenvolvimento sustentável	24
Figura 07 – Camadas <i>Data Center</i>	27
Figura 08 – Componentes <i>Data Center</i>	30
Figura 09 – Refrigeração <i>Data Center</i>	31
Figura 10 – Cálculo do PUE	38
Figura 11 – Relatório de PUE para <i>Data Center</i> médio	40
Figura 12 – Pontos de medição PUE	41
Figura 13 – <i>Switch</i> HP A5800 (JC100A)	49
Figura 14 – <i>Switch</i> HP 3100-48 v2 (JG315A)	50
Figura 15 – <i>Switch</i> Cisco SG 300-28P <i>Gigabit PoE</i> Gerenciável	51
Figura 16 – Datacom Dmswitch 3000	51
Figura 17 – <i>Switch</i> Juniper Networks SRX240	52
Figura 18 – <i>Switch</i> Cisco Catalyst 3750.....	53
Figura 19 – HP Compaq 6200 Pro <i>Microtower</i>	54
Figura 20 – Lenovo <i>Thinkstation</i> E32	55
Figura 21 – Dell Optiplex 7010	56
Figura 22 – Dell Poweredge T620	57
Figura 23 – Especificações Dell Poweredge T620	57
Figura 24 – Supermicro Micron SC743	58
Figura 25 – <i>Nobreak</i> 1400VA Net+ SMS	59
Figura 26 – <i>Layout Data Center</i>	60
Figura 27 – Quadro de distribuição de energia	60
Figura 28 – <i>Layout Data Center</i> - Cenário 1	61
Figura 29 – Medição corrente fase R	62
Figura 30 – PUE Cenário 1	68
Figura 31 – Distribuição das cargas Cenário 1	68
Figura 32 – <i>Layout Data Center</i> - Cenário 2	69

Figura 33 – PUE Cenário 2	73
Figura 34 – Distribuição das cargas Cenário 2	74
Figura 35 – <i>Layout Data Center</i> - Cenário 3.....	75
Figura 36 – PUE Cenário 3	78
Figura 37 – Distribuição das cargas Cenário 3.....	79
Figura 38 – <i>Layout Data Center</i> - Cenário 4.....	80
Figura 39 – PUE Cenário 4	83
Figura 40 – Distribuição das cargas Cenário 4.....	84
Figura 41 – PUE Resultados gráficos dos 4 Cenários.....	85
Figura 42 – Relatórios de Medição.....	96
Figura 43 – Especificações <i>Switch</i> HP A5800 (JC100A)	97
Figura 44 – Especificações <i>Switch</i> HP 3100-48 v2 (JG315A)	98
Figura 45 – Especificações <i>Switch</i> Cisco SG 300-28P Gigabit PoE Gerenciável ..	100
Figura 46 – Especificações Datacom Dmswitch 3000.....	100
Figura 47 – Especificações Lenovo <i>Thinkstation</i> E32	101
Figura 48 – Especificações Dell Optiplex 7010	102
Figura 49 – Especificações Supermicro Micron SC743	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação de fontes energéticas.....	17
Tabela 02 – Projeções da contribuição mundial das energias renováveis	18
Tabela 03 – Especificações de temperatura e umidade relativa.....	31
Tabela 04 – Tamanho dos <i>Data Centers</i>	32
Tabela 05 – Classificação de densidades de carga elétrica por <i>rack</i> de <i>Data Centers</i>	33
Tabela 06 – Pesquisa IDC <i>Data Centers</i> EUA.....	34
Tabela 07 – Instituições de educação superior, por categoria administrativa e Organização acadêmica – Brasil 2014.....	35
Tabela 08 – Expansão das Universidades Federais.....	36
Tabela 09 – Universidades Federais no Estado de São Paulo	36
Tabela 10 – Classificação do PUE dos <i>Data Centers</i>	39
Tabela 11 – Níveis de medição do PUE	40
Tabela 12 – Fator Global da fonte de energia do PUE	45
Tabela 13 – Exemplo Fator Fonte de Energia – Eletricidade.....	46
Tabela 14 – Exemplo Fator Fonte de Energia – Eletricidade e Água Gelada	47
Tabela 15 – Especificações HP Compaq 6200 Pro <i>Microtower</i>	54
Tabela 16 – Medições do consumo de energia cenário 1 atual.....	62
Tabela 17 – Cargas de TI Cenário 1.....	64
Tabela 18 – Cargas de Infraestrutura Cenário 1.....	64
Tabela 19 – Cargas de TI Cenário 2.....	70
Tabela 20 – Cargas de Infraestrutura Cenário 2.....	70
Tabela 21 – Cargas de TI Cenário 3.....	75
Tabela 22 – Cargas de Infraestrutura Cenário 3.....	76
Tabela 23 – Cargas de TI Cenário 4.....	80
Tabela 24 – Cargas de Infraestrutura Cenário 4.....	81

LISTA DE SIGLAS

A.C	Antes de Cristo
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CEFETs	Centros Federais de Educação Profissional e Tecnologia
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CNAEE	Conselho Nacional de Aguas e Energia Elétrica
CPD	Centro de Processamento de Dados
CRAC	Sistemas de ar condicionado para computadores
DCD	<i>Data Center Dynamics</i>
DCie	<i>Data Center Infrastructure Efficiency</i>
HVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
IES	Instituições de ensino superior
IFES	Instituição Federal de Ensino Superior
LDB	Lei de diretrizes e bases da educação nacional
MatLab	Software de programação de algoritmos matemáticos
MEC	Ministério da Educação
MME	Ministério Minas e Energia
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NOC	<i>Network Operations Center</i>
PBE	Programa Brasileira de Etiquetagem
PDU	Unidade de distribuição de energia
PEE	Programa de Eficiência Energética
PNE	Plano Nacional de Educação
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
PUE	<i>Power Usage Effectiveness</i>
REUNI	Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
T. I	Tecnologia da Informação
TCO	Custo total da propriedade
TGG	<i>The Green Grid</i>
TIA	<i>Telecommunications Industry Association</i>
UPS	Fonte de alimentação Ininterrupta

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Celsius
A	Ampère
BTU	unidade térmica britânica
cm	centímetros
co ²	gás carbônico ao quadrado
kg	quilograma
km/h	quilometro por hora
kW	quillowatts
kWh	quillowatts-hora
lb	libras
m ²	metro quadrado
MW	Megawatt
Un	Unidade
V	Volts
VA	Volts ampère
W	Watts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 GENERALIDADES	16
1.2 OBJETIVO GERAL.....	18
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	20
2.1.1 LEI DA EFICIENCIA ENERGÉTICA	21
2.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	23
2.2.1 CONCEITOS TI VERDE.....	24
2.2.2 <i>DATA CENTER</i>	26
2.3 INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR	34
2.4 ÍNDICE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	36
2.4.1 CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	37
2.4.2 DEFINIÇÃO PUE.....	38
2.4.3 ÍNDICES DE CLASSIFICAÇÃO PUE	39
2.4.4 NÍVEIS DE MEDIÇÃO PUE.....	40
2.4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NAS CATEGORIAS DO PUE	42
2.4.6 ÍNDICE DAS FONTES DE ENERGIA DO PUE	44
3. MATERIAIS E MÉTODO.....	46
3.1 APLICAÇÃO DO ÍNDICE PUE	46
3.2 COMPONENTES DO <i>DATA CENTER</i>	49
3.2.1 <i>SWITCH</i>	49
3.2.2 SERVIDORES	54
3.2.3 <i>NOBREAK</i>	58
3.2.4 <i>LAYOUT DATA CENTER</i>	59
3.2.5 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1 CENÁRIO 1	61
4.1.1 <i>LAYOUT DATA CENTER</i> - CENÁRIO 1	61
4.1.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 1	62
4.1.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 1.....	65

4.2 CENÁRIO 2	69
4.2.1 <i>LAYOUT DATA CENTER</i> - CENÁRIO 2	69
4.2.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 2	69
4.2.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 2	71
4.3 CENÁRIO 3	74
4.3.1 <i>LAYOUT DATA CENTER</i> - CENÁRIO 3	74
4.3.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 3	75
4.3.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 3	76
4.4 CENÁRIO 4 – PROPOSTA DE MELHORIA	79
4.4.1 <i>LAYOUT DATA CENTER</i> - CENÁRIO 4	79
4.4.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 4	80
4.4.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 4	81
4.5 RESULTADOS.....	84
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	86
5.1 CONCLUSÕES	86
5.2 SUGESTÕES	87
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICE - Relatórios de Medição.....	96
ANEXO - Manuais dos Fabricantes.....	97

1. INTRODUÇÃO

A energia é um conceito básico em todas as disciplinas das ciências e das engenharias. Segundo Hinrichs e Kleinbach (2014), energia não é criada ou destruída, mas apenas convertida ou redistribuída de uma forma para outra, como por exemplo, a energia eólica transformada em energia elétrica, ou a energia química, em calor.

Grande parte das leis físicas que regem o mundo natural são no fundo variantes das leis básicas dos fluxos energéticos, as perpetuas leis de conservação e dissipação, que estruturam todo o Universo (GOLDEMBERG E LUCON, 2012). A potência é a velocidade na qual a energia é produzida ou consumida, sendo um conceito importante ao se tratar de processos humanos e econômicos, onde o tempo é essencial (De OLIVEIRA, 2012).

Segundo Barros *et al.* (2010), o consumo energético eficiente é um assunto importante no contexto geopolítico global, já que o desenvolvimento dos países depende de uma matriz energética capaz de suportar as necessidades de sua população e de suas atividades econômicas, pois os recursos para produção de energia é um dos principais fatores a afetar o ambiente.

A figura 1 abaixo apresenta as principais formas de conversão entre seis formas básicas de energia.

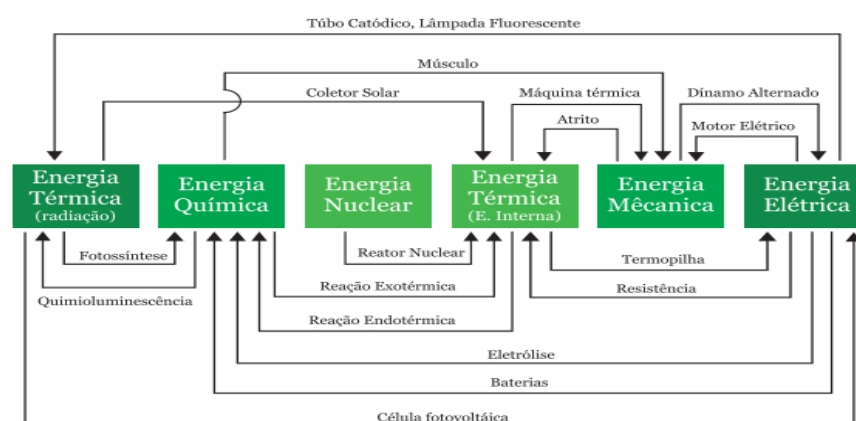


Figura 1 - Processos de conversão energética.

Fonte: adaptado de Viana (2012).

1.1 GENERALIDADES

As fontes de energia são classificadas de acordo com a origem de seus

recursos. Com isso existem as chamadas fontes renováveis e as fontes não renováveis conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de fontes energéticas.

<i>Fontes</i>		<i>Energia primária</i>	<i>Energia secundária</i>
Não-Renováveis	Fósseis	carvão mineral	termoeletricidade, calor, combustível para transporte
		petróleo e derivados	
		gás natural	
Renováveis	Nuclear	materiais físséis	termoeletricidade, calor
	"tradicionais"	biomassa primitiva: lenha de desmatamento	calor
	"convencionais"	potenciais hidráulicos de médio e grande porte	hidreletricidade
		potenciais hidráulicos de pequeno porte	
	"modernas" (ou "novas")	biomassa "moderna": lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)	biocombustíveis (etanol, biodiesel), termoeletricidade, calor
		outros	energia solar
			calor, eletricidade
		geotermal	fotovoltaica
		eólica	calor e eletricidade
		maremotriz e das ondas	eletricidade

Fonte: Goldemberg e Lucon (2012).

As fontes renováveis de energia são aquelas que têm a possibilidade de serem repostas pela natureza, mas não quer dizer que elas sejam inesgotáveis. O vento e a luz solar são permanentes, mas a água pode desaparecer, caso a forma de utilização pelo ser humano seja extrema a fonte será esgotada (GOLDEMBERG E LUCON, 2012).

Os tipos de energia de fontes renováveis são:

A energia eólica utiliza o vento, que é uma fonte inesgotável, assim sendo renovável. Em algumas regiões do planeta, a sua frequência e intensidade são suficientes para a geração de eletricidade por meio de equipamentos específicos para essa função (ALDABÓ, 2012).

A energia solar é a utilização da luz do sol para a geração de eletricidade e também é usado no aquecimento da água. O sol também é uma fonte inesgotável de energia pelo menos nesse formato que ele possui hoje. Segundo Gradella e Gazoli (2015), há duas formas de utilização da energia solar: a fotovoltaica e a térmica.

A energia hidrelétrica é a utilização das águas dos rios para a movimentação das turbinas. É a principal fonte de energia elétrica do Brasil, junto com as termoeletricas, pois o país tem o grande potencial de rios que permitem a geração de hidroeletricidade (PEREIRA, 2015).

A energia de biomassa segundo Bajay e Ferreira (2005), constitui-se na combustão de substâncias orgânicas, são utilizados como matérias primas, o

bagaço de cana, resíduos agrícolas e restos florestais.

Alguns tipos de recursos não renováveis são:

Os combustíveis fósseis podem ser utilizados para a locomoção quanto para a produção de eletricidade em estações termoeletricas. A energia nuclear, também conhecida por energia atômica, permite a produção de eletricidade por meio do aquecimento da água, que utiliza o vapor e liga os geradores. O calor é produzido em reatores que são protegidos e lá ocorre uma reação chamada de fissão nuclear a partir do urânio-235 (GOMES, 2017).

A Tabela 2 mostra as projeções da contribuição mundial das energias renováveis.

Tabela 2 – Projeções da contribuição mundial das energias renováveis.

Mtep	2001	2010	2020	2030	2040
Biomassa	1080	1313	1791	2483	3271
PCHs (pequenas centrais hidrelétricas)	9,5	19	49	106	189
Hidros grandes e médias	222,7	266	309	341	358
Eólica	4,7	44	266	542	688
Solar fotovoltaica (PV)	0,2	2	24	221	784
Solar térmica, calor	4,1	15	66	244	480
Solar térmica, eletricidade	0,1	0,4	3	16	68
Geotermal	43,2	86	186	333	493
Marinha (marés, ondas, correntes)	0,05	0,1	0,4	3	20
Total Renováveis	1364,5	1745,5	2694,4	4289	6351
Consumo total	10038,3	10549	11425	12352	13310
Renováveis / Total (%)	13,6	16,6	23,6	34,7	47,7

Fonte: Goldemberg e Lucon (2012).

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é adotar como parâmetro de referência o índice de eficiência energética (PUE) para *Data Center* na identificação do melhor cenário de otimização da eficiência energética de um *Data Center* de pequeno porte instalado em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) localizado na Baixada Santista no estado de São Paulo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos visam obter métodos de apresentar propostas de melhoria do índice de eficiência energética através de estudos e análises efetuadas considerando apenas quatro diferentes cenários, com os seguintes critérios:

- Analisar o cenário 1, o modelo atual da instituição, para determinação do

índice de eficiência energética.

- b) Fazer simulações na formatação do *Data Center* em mais dois cenários (Cenário 2 e Cenário 3), alterando a quantidade de *switches*, servidores e *nobreaks*.
- c) Analisar o cenário 4, uma proposta de melhoria na situação atual do *data center*, e determinar o índice de eficiência energética dessa simulação.
- d) Comparar os índices obtidos nas simulações com a tabela da eficiência energética.
- e) Determinar o melhor cenário a ser utilizado através de números e gráficos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

O Brasil dispõe de várias instituições que trabalham constantemente com o tema da eficiência energética, a ELETROBRÁS que é responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que é responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE.

A questão da eficiência energética no Brasil possui um histórico longínquo, já que no passado pode-se destacar o Brasil (1931), que como um dos primeiros instrumentos legais relacionados à eficiência energética. O mesmo instituiu o primeiro horário de verão no Brasil, “no período de 11h de 03/11/31 até 24h de 31/03/32, em todo o Território Nacional”, como não se havia grande produção de energia e o consumo já dava sinais de crescimento foram criados meios paliativos para a economia de energia.

Segundo Viana (2012), o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) determinou para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica, a ser alcançada mediante o aumento da eficiência dos sistemas energéticos, e demonstrou a necessidade de elaborar um plano específico para atender esse desafio.

A criação de instrumentos legais para gerenciamento e controle na área da eficiência energética possibilitou a criação da documentação normativa Brasil (2001b), que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências e o Brasil (2001a), que regulamentou a referida Lei e criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), com a função de elaborar um programa de metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, programa do Governo Federal executado pela Eletrobrás, foi instituído pelo documento Brasil (1991). Também existe o documento Brasil (1993), que dispõe sobre a criação do Selo Verde de eficiência energética, com o objetivo de identificar os equipamentos que apresentem níveis ótimos de eficiência energética.

Considerando os resultados acumulados do Procel no período de 1986 a

2016, a economia de energia total obtida foi da ordem de 107 bilhões de kWh conforme figura 02.

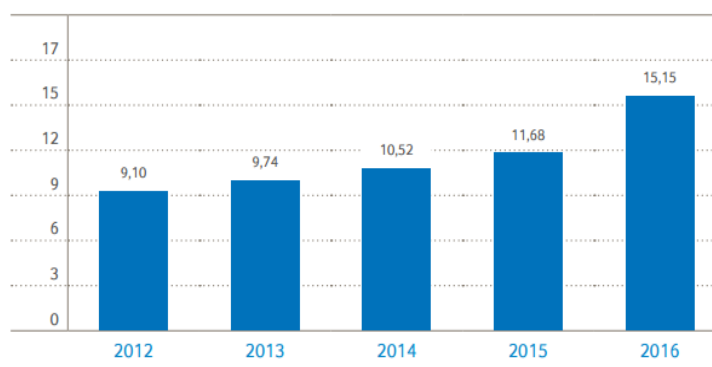


Figura 02 – Economia de energia Selo Procel (bilhões de kWh).

Fonte: Cepal e De Pesquisa Energética (2016).

Com a oficialização do documento Brasil (2000b), que altera o outro documento Brasil (2000a), e disciplina a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) passou a ter direito a 20% dos recursos que as distribuidoras de eletricidade devem investir em ações de Eficiência Energética.

2.1.1 LEI DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A referência mais importante para a eficiência energética no Brasil ocorreu com a sanção do documento Brasil (2001b), que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. A lei prevê, em seu artigo 2º que o poder executivo estabelecerá “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país”. O documento Brasil (2001a) que instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, o mesmo possui dentre suas atribuições a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado.

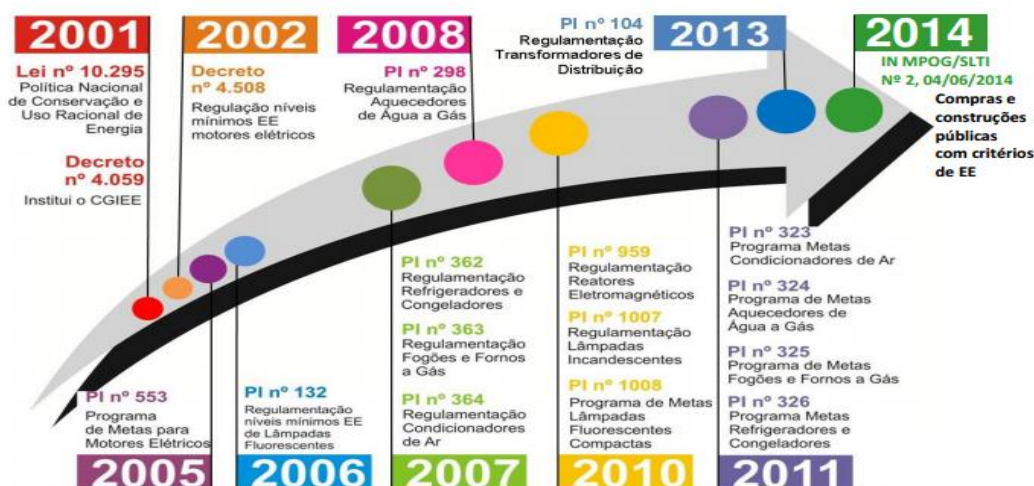


Figura 03 – Marco Regulatório do CGIEE (2001 a 2014).

Fonte: Níveis (2014).

O primeiro equipamento selecionado pelo CGIEE para ser objeto da regulamentação específica foi o motor elétrico trifásico, conforme figura 03, em função do significativo consumo de energia – estimado em cerca de 30% do consumo total do país e 50% do consumo do setor industrial (NÍVEIS, 2014).

Conforme Calili (2013), desde a criação do Programa de Eficiência Energética (PEE), em 1998, a ANEEL assume como compromisso maximizar seus resultados em economia de energia e em redução de demanda no horário de ponta do sistema de distribuição de energia. O programa atua em duas frentes: troca e melhoria de equipamentos e instalações e mudanças de hábitos de consumo.

O objetivo do PEE (Programa de Eficiência Energética) é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.

Em 02 de julho de 2013, foi publicada o documento Brasil (2013), que aprovou os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE. O Programa de Eficiência Energética Regulado Pela ANEEL – PEE, logomarca na figura 04, tem como principal objetivo promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia.



Figura 04 – Logomarca PEE.

Fonte: Calili (2013).

2.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Segundo Silva Filho e Silva (2013), a terminologia Tecnologia da Informação ou apenas a sigla TI acabou se firmando por volta da década de 80, modificando as expressões usualmente utilizadas como Informática e Processamento de Dados. O termo TI contempla conceitos que não são tão simples de se mensurar, e por isso estão em constantes mudanças, quando se referem a computadores, telecomunicações, ferramentas de acesso e recursos de informação multimídia.

Os conceitos básicos da tecnologia da informação são definidos no entendimento de dados, informação e conhecimento. Os dados são os dados brutos e isolados. Eles não estão organizados assim não transmite um significado específico. As informações são o conjunto de dados devidamente tratados de forma a serem providos de significados, sendo organizados e classificados para algum. Os dados são processados através de uma aplicação ou programa. O conhecimento seria o conjunto de ferramentas conceituais e categorias usadas pelas pessoas para criarem, colecionarem, armazenarem ou compartilharem a informação (TERRA, 2005).

Segundo Foina (2013) a transformação dos dados em informações é realizada com sucesso pela Tecnologia da Informação, pois são realizadas através de sistemas pré-configurados e testados, diminuindo a possibilidade de falhas nesse processo. No entanto, a transformação de informação em conhecimento, por envolver aspectos humanos e sociais, é menos bem suportada pela TI, pois é um processo que não pode ser automatizado, sendo assim acaba tendo a interferência direto do ser humano.

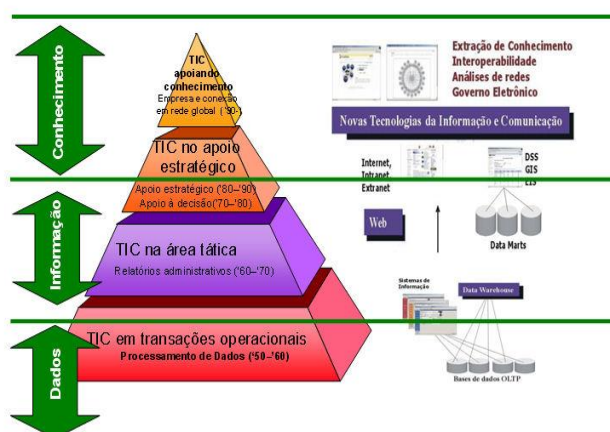


Figura 05 – Evolução da tecnologia da informação e comunicação nas organizações.

Fonte: Rossetti e Morales (2007).

A Tecnologia da Informação é considerada um dos pilares no planejamento das organizações, conforme figura 05. A modernidade da TI e das comunicações possibilitam melhorar a qualidade e eficiência em vários aspectos do negócio (ALBERTIN, 2001). As alterações tecnológicas nas indústrias de computadores e de telecomunicações têm aumentado às receitas, propiciando um profundo impacto no funcionamento das empresas. A tecnologia tem ajudado na habilidade de gerenciar um grande volume de transações num custo bem menor do que no passado.

2.2.1 CONCEITOS TI VERDE

O termo sustentabilidade ainda é pouco conhecido e muito confundido, assim como o termo tecnologia foi durante a década de 80. Entretanto o entendimento da indispensabilidade da tecnologia nos dias de hoje seja legítimo, há ainda um longo caminho até que a sustentabilidade também seja igualada no mesmo nível da importância da TI.

Conforme Van Bellen (2005) explica o desenvolvimento sustentável deve ser sempre contínuo, pelo fato de não acabar na finalização de um ato, mas sim ser necessário uma ação contínua e sem interrupções, pois o objetivo da sustentabilidade necessita do trabalho de três elementos em conjunto, conforme figura 06, sendo esses: a preservação ambiental, o bem-estar social e a continuidade do negócio. Quando um desses elementos não faz parte, os outros não irão se desenvolver ou se manterá nos níveis desejados pelas metas.



Figura 06 – Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: Prado (2013).

A TI Verde ou *Green IT*, tem relação ao conceito de Ecoeficiência, que consistia na utilização eficiente dos recursos naturais. Hoje em dia, a TI Verde é

definida como um conceito que as grandes organizações de tecnologia criaram para reger o uso de recursos tecnológicos e as políticas institucionais para minimizarem os danos ao meio ambiente.

O conceito de TI Verde, segundo Neto e Faxina (2015), ganhou maior força com a virtualização e confinamento de servidores, uma tendência que direciona para equipamentos com menor consumo de energia e gerenciamento da refrigeração mais simplificado.

Um computador ligado uma/hora por dia consome 5kwh/mês, e que ao final de um ano, emite 18 kg de CO² no ambiente, isso significa que ao se reduzir uma hora do tempo de operação de um computador doméstico, implica na redução da emissão de CO² equivalente à emissão de um carro a gasolina percorrendo 120 km/h (AKATU, 2005).

Conforme De Azevedo Brayner *et al.* (2013), explica que o TI Verde é um novo meio das organizações utilizarem mecanismos tecnológicos para reduzirem os próprios custos operacionais, sendo assim otimizando a utilização de recursos e contribuindo de uma forma melhor com a sociedade e o meio ambiente, pois é necessário a adequação implementada pelas mudanças tecnológicas constantes do mercado.

As questões ambientais se tornaram essenciais devido ao contínuo crescimento da utilização da TI, são questões ligadas ao uso inadequado e descarte de equipamentos eletrônicos sem qualquer cuidado ou tratamento, além disso, a grande quantidade de gastos para manter uma infraestrutura de TI funcionando de forma contínua e adequada, como Lunardi *et al.* (2014), a área de TI representa a terceira maior fonte de consumo de energia dentre as empresas.

O consumo de energia excessivo conforme De Faria *et al.* (2016), exemplifica, onde relatam que os usuários de laptops necessitam cada vez mais tempo de bateria após uma recarga e que os gerentes de TI buscam uma redução do consumo de energia para os datacenters.

O TI Verde atualmente possui de três níveis de implementação: incrementação tática, estratégico e *Deep IT* descritos a seguir:

Primeiro nível – tático – Não modifica a infraestrutura de TI nem as políticas internas, apenas incorpora medidas de contenção de gastos energéticos excessivos. São exemplos, o uso de monitoramento de energia disponível nos equipamentos, o desligamento quando não utilizado, uso de lâmpadas econômicas e a otimização da

temperatura. Estas medidas são fáceis implementações e não requer custos às empresas.

Segundo nível - o estratégico, necessita de uma auditoria sobre a planta de TI e seu relacionamento com o meio-ambiente. São exemplos, a criação de uma nova rede elétrica visando à sua maior eficiência e sistemas computacionais de menor consumo elétrico (novas políticas internas e medidas de controle de seus descartes). A preocupação com os gastos com eletricidade, o marketing proporcionado pelas atitudes adotadas pela marca é considerado na análise.

Terceiro nível - *Deep IT* ou TI Verde a fundo – Muito mais completo que os outros níveis, inclui o projeto e implementação estrutural de um parque tecnológico buscando o aumento de desempenho com o mínimo gasto energético; com projetos de sistemas de refrigeração, iluminação e realocação de equipamentos no espaço utilizando os dois níveis anteriores.

2.2.2 DATA CENTER

Um *Data Center* é uma instalação que centraliza as operações e os equipamentos de TI de uma organização, que realiza o armazenamento, gerenciamento e disseminação das informações. Os *Data Centers* abrigam os sistemas mais críticos de uma rede e são vitais para a continuidade das operações diárias. Por consequência, a segurança e a confiabilidade dos *data centers* e suas informações são uma prioridade para as organizações (VERAS, 2012). Bem como iniciativas para reduzir o enorme consumo de energia dos *data centers* através da incorporação de tecnologias e práticas mais eficientes no gerenciamento de *Data Centers*, para minimizar o impacto ambiental. Os *Data Centers* construídos dentro desses padrões têm sido denominados "*Data Centers verdes*".

Os projetos de *Data Center* geralmente podem ser classificados como *data centers* de Internet ou Empresariais. Os *Data Centers* que são direcionados para a Internet, normalmente, suportam relativamente poucos aplicativos, e estão geralmente baseados em navegador e têm muitos usuários, normalmente desconhecidos. Por outro lado, os *Data Centers* empresariais servem a menos usuários, mas hospedam mais aplicativos, que variam dos aplicativos padronizados aos personalizados (ZUCCHI E AMÂNCIO, 2013).

Os elementos de um *Data Center* são os seguintes:

Instalação - a localização ou espaço utilizável que está disponível para os equipamentos de TI. O fornecimento de acesso a informações 24 horas por dia faz dos *Data Centers* uma das instalações que mais consomem energia no mundo.

Infraestrutura de suporte - equipamento que contribui para sustentar de forma segura o mais alto nível de disponibilidade possível.

Alguns componentes para suportar a infraestrutura incluem:

Fontes de alimentação ininterrupta (*UPS*) - bancos de bateria, geradores e fontes de alimentação redundantes.

Controle ambiental – sistemas de ar condicionados para computadores (CRAC), aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) e sistemas de exaustão.

Sistemas de segurança física - sistemas de vigilância biométrica e de vídeo.

Equipe de operação - para monitorar as operações e manter o equipamento de TI e estrutural 24 horas por dia.

A norma TIA 942 conforme explicado Standards *et al.* (2005) define os critérios para a construção de *Data Centers*, com a especificação dos requisitos para a construção civil, energia elétrica, ar condicionado, cabeamento estruturado, sistemas de proteção contrafogo, etc. A TIA 942 também define 4 níveis, denominados *Tiers* (camadas), conforme figura 07, os quais correspondem a uma classificação progressiva de disponibilidade da infraestrutura de um *Data Center*. Os *Tiers* foram originalmente definidos pelo Turner *et al.* (2011) e correspondem aos seguintes níveis de classificação de riscos:

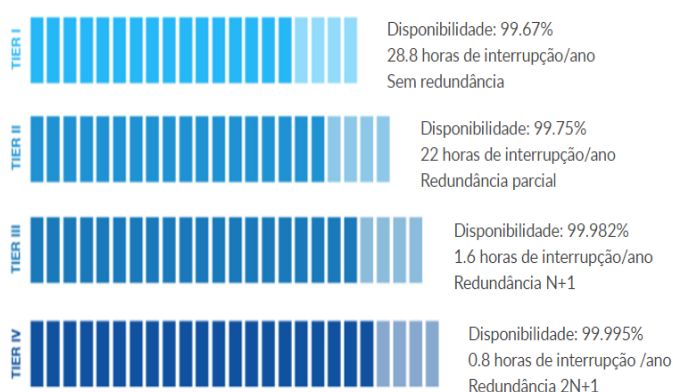


Figura 07 – Camadas Data Center.

Fonte: adaptado da Standards *et al.* (2005).

I – É o nível mais baixo. Garante que o *Data Center* funcione com servidores que obedecem aos critérios básicos, sem redundância. O *Data Center* disponibiliza o

processamento das aplicações de 99,671%, com tempos de parada ao ano de até 28,8 horas.

II – Utiliza todos os requisitos da classificação I, e garante que o *Data Center* tenha estrutura com redundância parcial. Possui disponibilidade de 99,749%, onde permite que os sistemas fiquem fora do ar até 22 horas durante o ano.

III – Cumpre as exigências dos níveis I e II e o *Data Center* é totalmente redundante, possui disponibilidade de 99,982%, com paradas permitidas de apenas 1,6 horas ao ano.

IV – Utiliza todas as determinações dos níveis I, II e III, também operaram com todos os equipamentos duplicados e infraestrutura protegida a falhas. Os locais de armazenamento e distribuição de energia também possuem redundância. A exigência de disponibilidade de processamento nessa classificação é de 99,995%, sendo que o tempo de parada dos sistemas é de apenas 0,4 horas (ou 26 minutos) durante o ano.

Segundo Marin (2011), há outras normas para infraestrutura de *Data Center*, no entanto a ANSI/TIA-942 é a única que classifica e aplica o conceito de camadas para a classificação de *Data Center*. A norma define que a chave da confiabilidade de um *Data Center* é sua redundância, fator que reduz e isola os seus pontos de falhas por subsistemas, desta forma a paralisação de um destes não afeta em totalidade todo o conjunto da infraestrutura.

Conforme a norma *Association* (2006), existe vários níveis crítico no *Data Center*, que são mensuradas através dos custos do *downtime* e o TCO.

A TIA 942 explica critérios, a partir da construção até a avaliação do *Data Center* finalizado e garante um conjunto de outras normas:

ASHRAE: responsável pela refrigeração;

TIA/EIA 568: responsável pelo cabeamento de telecomunicações em edifícios comerciais, planejamento e instalação de cabeamento estruturado;

TIA/EIA 569: responsável pelos encaminhamentos e espaços;

TIA/EIA 606: responsável pela administração uniforme e independente das aplicações;

TIA/EIA 607: responsável por especificações de aterramento e *links* dos sistemas de cabeamento estruturado, ligado à infraestrutura de telecomunicações do edifício.

Os *Data Centers* são certificado por algumas instituições, a The Uptime

Institute e TÜV Rheinland do Brasil são exemplos de certificadoras. O instituto The Uptime Institute criou um documento “*Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology*”, que submete como padrão a classificação de infraestrutura por camadas. O TÜV Rheinland do Brasil certifica a infraestrutura seguindo os conceitos da norma TIA-942, mas também utiliza as normas de segurança ISO e adapta para as regulamentações da legislação brasileira.

As estruturas do *Data Center* segundo a norma Association (2006):

a) *Entrance Room (ER)* – Sala de Entrada. Espaço de interconexão entre o cabeamento estruturado do *Data Center* e o cabeamento vindo das operadoras de telecomunicações.

b) *Main Distribution Area (MDA)* – Área onde se encontra a conexão central do *Data Center* e de onde se distribui o cabeamento estruturado.

c) *Horizontal Distribution Area (HDA)* – Área utilizada para conexão com área de equipamentos. Inclui o cross conect horizontal e equipamentos intermediários.

d) *Zone Distribution Area (ZDA)* – Ponto de interconexão opcional do cabeamento horizontal. Prove flexibilidade para o *Data Center*. Fica entre o HDA e o EDA.

e) *Equipment Distribution Area (EDA)* – Área para equipamentos terminais (servidores, *storage*, unidades de fita) e equipamentos de rede.

Os *Data Centers* podem ser categorizados de acordo com relação entre propriedade e serviços a que ele se destina:

Enterprise (domínio privado) – este tipo é o mais simples e estão presentes em quase todos os *Data Centers* existentes é operado por corporações privadas, instituições ou agências governamentais, com o objetivo de armazenar os dados das operações de processamento interno e processar dados de aplicações voltadas à *internet*.

Internet (domínio público) – este tipo pertence e é operado por um provedor de serviços de telecomunicações, operadoras de telefonia ou outros prestadores de *Internet*.

Co-location: locação do espaço físico dos *racks* e a infraestrutura de energia e telecomunicações; porém os servidores, aplicações, gerenciamento, monitoramento e suporte de responsabilidade dos donos.

Hosting: uma linha serviços é oferecida para aperfeiçoar investimentos de *hardware* e *software*, além da infraestrutura física de *racks*, energia e telecom – os

servidores, *storage* e unidade de *backup* e profissionais e serviços de suporte.

Os *Data Centers* dividem-se em cinco blocos: instalações (*facilities*), refrigeração, energia, gerenciamento e a carga de TI conforme mostra figura 08.



Figura 08 – Componentes *Data Center*.

Fonte: Veras (2016).

São apresentadas conforme as normas NBR 14565:2001, ANSI/BICSI-002 e ANSI/TIA-942, algumas recomendações para a escolha da localização do *Data Center*.

São locais inadequados para construção:

Próximos a rios, lagos, oceanos e fundos de vale, já que estes locais têm riscos de inundações e enchentes; Locais favoráveis a abalos sísmicos ou furações; locais próximos a linhas de transmissões elétricas; Próximos a cabeceiras de pistas de aeroportos, por causa de acidentes com aeronaves; Locais com riscos de desmoronamentos e perigo de incêndio; Países em guerra ou locais com guerrilhas.

São locais recomendados para a construção:

Próximos de acessos a estradas principais; Prédios comerciais específicos para *Data Centers*; Próximos a concessionárias de energia; Próximos a centros de serviços.

Os sistemas de Refrigeração e Controle de Umidade também são essências no funcionamento de um data center. O sistema HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) na tradução para o português seria Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, possui várias unidades de ar condicionado capazes de manter a temperatura e umidade.

O ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) que na tradução para o português seria Sociedade Americana de Engenheiros de Climatização é uma entidade norte-americana internacional na área

de padronização para climatização, na tabela 03 segue as informações conforme a classe 1 da Ashare que versa sobre temperatura e umidade relativa.

Tabela 03: Especificações de temperatura e umidade relativa.

	Recomendada	Permitida
Temperatura	20 – 25°C	15 – 32 °C
Umidade	40 – 55 %	20 – 80 %

Fonte: Ashare (2013).

Conforme explica Veras (2012), uma alternativa para melhorar a refrigeração do *Data Center* é utilizar fileiras de *racks* de frente para outra fileira conforme figura 09.

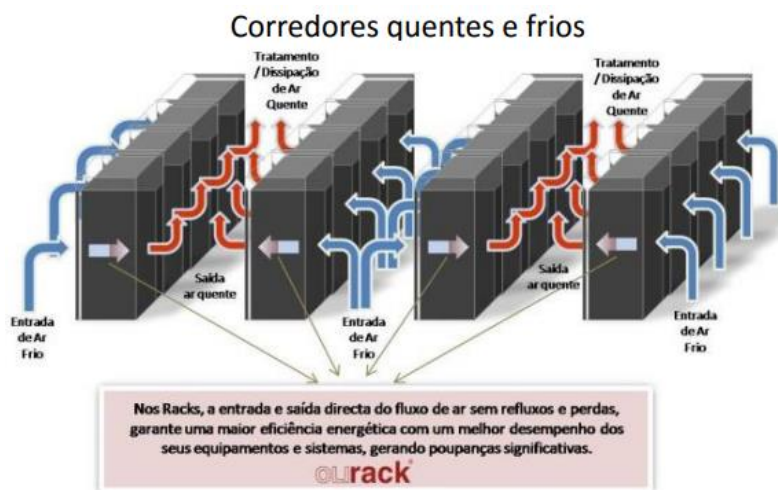


Figura 09 – Refrigeração *Data Center*.

Fonte: adaptado de Olivitel (2015).

Segundo Stucchi (2017), o nível de temperatura ideal do *Data Center* ainda é debatido, mas independente de qual é a melhor faixa de temperatura, o monitoramento e manutenção do sistema de refrigeração são indispensáveis para a operação do *data center*. Considera-se de forma conservadora, que a temperatura global de um *data center* deve estar entre 20°C e 25°C conforme tabela 03.

Ainda explica Heinrich (2016), que verificando o perfil dos custos operacionais de um data center, constata-se que, após o consumo de energia das cargas de TI, o segundo maior consumidor de energia é o sistema de AVAC (Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado).

O sistema elétrico de um *Data Center* é constituído pelo Sistema Ininterrupto de Energia UPS (*Uninterruptible Power Supply*). Tem a funcionalidade de fornecer energia para todos os equipamentos de um *Data Center*, incluindo os equipamentos de detecção, alarme de incêndio e segurança. É composto por conjuntos de nobreaks e contêm baterias, inversores e retificadores. O sistema de energia de emergência, consiste de um grupo de geradores a diesel que entrarão em funcionamento e se conectarão ao sistema elétrico do *Data Center* automaticamente.

Conforme Ganeshalingam et al. (2017), os *data centers* podem ser categorizados pelo tamanho e quantidade de servidores instalados, a *International Data Corporation (IDC)* taxonomia os *Datas Centers* através de informações coletadas pelos relatórios de mercado divulgados, sendo assim existem cinco tipos que pode ser observado na tabela 04 a seguir.

Tabela 04: Tamanho dos Data Centers.

Classificação Data Center	Classificação IDC	Área [m²]	Quantidade de Servidores [Un]
Pequeno Data Center	Armário	<= 9,29	1 – 4
	Sala	9,30 - 92,90	5 – 25
Médio Data Center	Localizado	92,91 – 185,80	26 – 100
	Médio	185,81 – 1858,60	101 – 499
Grande Data Center	Grande	> 1858,60	> 500

Fonte: Ganeshalingam et al. (2017, p.6).

Os *Data Centers* também podem ser classificados em relação densidade de potência pelo pico de demanda de potência elétrica, utilizada por *rack*, conforme explica Andrea (2014) como pode ser observado na tabela 05.

Tabela 05: Classificação de densidades de carga elétrica por rack de *Data Centers*.

Classificação	Consumo Por Rack
Extrema	≥ 16 kW
Alta	9 – 15 kW
Media	5 – 8 kW
Baixa	0 – 4 kW

Fonte: adaptado de Andrea (2014).

O objetivo central deste trabalho é muito importante, já que as quantidades de *Data Centers* espalhados pelo Brasil estão crescendo individualmente em tamanho e capacidade, e passam a consumir grandes quantidades de energia durante 24 horas por 7 dias de semana, causando impacto na infraestrutura energética e o meio ambiente do país. No Brasil os dados são de um estudo da *Data Center Dynamics*, através de uma pesquisa realizada junto aos participantes do *Data Center Dynamics Converged* (DCD Converged Brasil), o país concentra 45% de todos os centros de armazenamento de dados existentes na América Latina e o consumo de energia nessas unidades deve atingir um total de 1.490 megawatts.

Um exemplo de *Data Center* no Brasil:

Itaú

O banco Itaú recentemente inaugurou um condomínio de *Data Centers* de grande porte na cidade de Mogi Mirim, em um terreno de 815 mil metros quadrados. A instalação abriga dois *Data Centers* e possui espaço para a construção de mais quatro, com área construída total de 151 mil metros quadrados. A capacidade total da instalação é de 90 MW e o empreendimento teve custo de R\$ 3,3 bilhões.

Segundo Ganeshalingam et al. (2017), a empresa IDC realizou um estudo do mercado americano no ano de 2014, entrevistando os fornecedores de TI, servidores, armazenamento de dados e equipamentos de rede. A pesquisa conseguiu mapear a quantidade de *Data Centers* nos EUA, utilizando a taxonomia da IDC segundo as informações registradas na tabela 06.

Tabela 06: Pesquisa IDC Data Centers EUA.

Classificação Data Center	Classificação IDC	Quantidade Data Center
Pequeno Data Center	Armário	1.512.829
	Sala	1.333.296
Médio Data Center	Localizado	70.419
	Médio	9.964
Grande Data Center	Grande	8.283

Fonte: Ganeshalingam et al. (2017, p.24).

No grupo dos pequenos *Data Centers*, o IDC relata uma divisão aproximadamente igual entre os *Data Centers* de armário e de sala. Conforme Ganeshalingam et al. (2017) explica, que a virtualização de servidores permanece subutilizada nos *Datas Centers* de pequeno e médio porte. Essas baixas estimativas de virtualização indicam que existe um mercado muito importante para implementação da virtualização, assim permitindo a economia de energia. Estimam que os *Data Centers* com 10 ou mais servidores se beneficiariam da virtualização dos seus servidores.

2.3 INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR

Conforme explica DCE, as Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras podem ser públicas ou privadas. As instituições públicas de ensino são aquelas mantidas pelo Poder Público, na forma Federal, Estadual ou Municipal. Essas instituições são financiadas pelo Estado, e não cobram matrícula ou mensalidade. Entretanto as IES privadas são administradas por pessoas físicas ou jurídicas de direito privado, com ou sem finalidade de lucro. As instituições privadas sem finalidade de lucro são as Comunitárias, Confessionais e Filantrópicas.

Em relação à classificação acadêmico-administrativa, as IES são denominadas:

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional define a Universidade, como sendo uma instituição acadêmica pluridisciplinar que conta com produção

intelectual institucional, apresentando requisitos mínimos de titulação acadêmica (um terço de mestres e doutores) e carga de trabalho do corpo docente (um terço em regime integral). Ela é autônoma para criar cursos e sedes acadêmicas e administrativas, publicar diplomas, manter currículos e número de vagas, realizar contratos, acordos e convênios sempre respeitando as legislações vigentes.

O Centro Universitário é instituição pluricurricular, que contém uma ou várias áreas do conhecimento. É parecido à Universidade em termos de estrutura, mas não está definido na LDB e não apresenta o requisito da pesquisa institucionalizada.

A Faculdade tem duas finalidades. A primeira é a de uma Instituição de Ensino Superior que não tem poder para verificar títulos e diplomas, eles devem ser registrados por uma Universidade. Além do mais, elas não têm a função de promover a pós-graduação.

Os Institutos Federais são instituições acadêmicas voltadas à formação técnica, com capacitação profissional em áreas diversas. Ofertam ensino médio integrado ao ensino técnico, cursos técnicos, cursos superiores de tecnologia, licenciaturas e pós-graduação. A nomenclatura remonta à Lei 11.892/08, que renomeou os Centros Federais de Educação Profissional e Tecnológica (Cefets) e as Escolas Técnicas.

Atualmente, existem 63 universidades federais localizadas em todos os estados da Federação e no Distrito Federal conforme mostra a tabela 07.

Tabela 07 – Instituições de Educação Superior, por categoria administrativa e por organização acadêmica – Brasil 2014.

Organização Acadêmica	Total Geral	Categoria Administrativa				
		Pública				Privada
		Total	Estadual	Federal	Municipal	
Total Geral	2.368	298	118	107	73	2.070
Centro Universitário	147	11	2	0	9	136
Faculdade	1.986	136	78	4	54	1.850
Universidade	195	111	38	63	10	84
IFs e Cefets	40	40	-	40	-	-

Fonte: Da Educação Superior (2014).

A partir de 2003, uma série de programas e ações do MEC contribuíram bastante para a expansão da educação superior no país. A primeira ação foi na política nacional das universidades federais, que passaram por um processo de

reestruturação, durante o período de 2003 a 2014 conforme mostra a tabela 08. Conforme explica Valente e Romano (2002), o processo iniciou-se com o Plano Nacional de Educação (PNE), com a Lei nº 10.172/2001 que vigorou entre 2001 a 2010.

Tabela 08 – Expansão das universidades federais.

	2002	2014
Universidades Federais	45	63
Câmpus	148	321
Cursos Graduação Presencial	2.047	4.867
Vagas Graduação Presencial	113.263	245.983
Matrículas Graduação Presencial	500.459	932.263
Matrículas Educação a Distância	11.964	83.605
Matrículas Pós-Graduação	48.925	203.717

Fonte: Da Educação Superior (2014).

No estado de São Paulo existem três universidades federais conforme dados apresentados na tabela 09 a seguir.

Tabela 09 – Universidades Federais no Estado de São Paulo.

Universidade Federal de São Carlos	UFSCar	1968
Universidade Federal de São Paulo	UNIFESP	1994
Universidade Federal do ABC	UFABC	2005

Fonte: Programa (2013).

2.4 ÍNDICE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Horner e Azevedo (2016), o consumo de energia do *Data Center* é uma causa para preocupação das organizações. Entretanto não se tinha uma métrica definida que pudessem revelar como a energia estava sendo usada - ou seja, qual era a real eficiência dos *Data Centers*. Houve muitas métricas diferentes que foram propostas por várias indústrias e organizações de pesquisa. No entanto, a indústria convergiu no *Power Usage Effectiveness*, ou PUE, como métrica escolhida.

O PUE representa a relação entre a energia total consumida pelo data center e a energia efetivamente utilizada nos equipamentos de TI. Os valores típicos do

PUE dos *data centers* hoje em dia estão entre 1,3 e 3,0. Entretanto, grandes avanços estão acontecendo nesta área mediante melhorias na infraestrutura e na localização das instalações.

Considerando somente os equipamentos de TI, a causa primordial de ineficiência no data center é a baixa taxa de utilização média dos recursos (usualmente inferior a 50%) causada pela oscilação da carga de trabalho, que força a organização dispor de infraestrutura atender picos de trabalho que dificilmente acontecem, mas que prejudicariam a qualidade de serviço se o sistema parasse durante uma transação importante. Esse alto consumo de energia, incide ao custo total de propriedade - TCO (*Total Cost of Ownership*), impactando no controle da eficiência energética do *Data center*.

Com o impacto ambiental decorrente do alto consumo de energia, surgiu um novo conceito no mundo da TI: o *Green Data Center* conforme Marin (2011), já que os *data centers* norte-americanos têm como base energética recursos não renováveis, como carvão representando 48,30% e o Gás natural 21,30% gerando um grande impacto ambiental.

A *The Green Grid* (TGG) foi fundada em 2007 com o ponto de vista coletivo de que a eficiência energética é um dos pontos mais importantes que os fornecedores de tecnologia e seus clientes enfrentam em seus *Data Centers*. Era necessário estudar uma forma de mensurar esta situação dos custos de energia, mas também porque a demanda por computação concentrada supera a disponibilidade de energia confiável e limpa em muitos lugares ao redor do mundo.

O *Green Grid* é a primeira iniciativa da indústria a ter uma visão holística do ecossistema TIC, com foco em abordar os problemas urgentes que os administradores dos *Data Centers* enfrentam diariamente.

2.4.1 CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Conforme explica Irwin (2000), o circuito elétrico é um caminho que facilita a transferência de carga de um ponto a outro. A taxa de tempo de mudança da carga constitui uma corrente elétrica, ou seja, os efeitos elétricos causados por carga em movimento.

Segundo Nilsson e Riedel (2009), tensão é a energia por unidade de carga criada pela separação das cargas positivas das cargas negativas. Se uma unidade

de carga positiva é movimentada entre dois pontos, a energia necessária para movê-la é a tensão.

De acordo com Nilsson e Riedel (2009), potência é a taxa de variação temporal do gasto ou absorção de energia. A potência associada ao fluxo de carga decorre diretamente da definição de tensão e corrente. A equação abaixo mostra que a potência associada ao elemento básico do circuito é simplesmente o produto da corrente no elemento pela tensão em seus terminais.

$P = VI$, onde:

P: Potência elétrica (watts);

V: Tensão elétrica (volts);

I: Corrente Elétrica (Ampéres);

2.4.2 DEFINIÇÃO PUE

Conforme Avelar et al. (2012), as métricas de eficiência energética nos *Data Centers* são: a PUE (*Power Usage Effectiveness*) e DCie (*Data center Infrastructure Efficiency*), o qual possibilita os gestores obterem a eficiência energética do *data center*. A *The Green Grid* define a base das métricas PUE conforme mostra a figura 10:

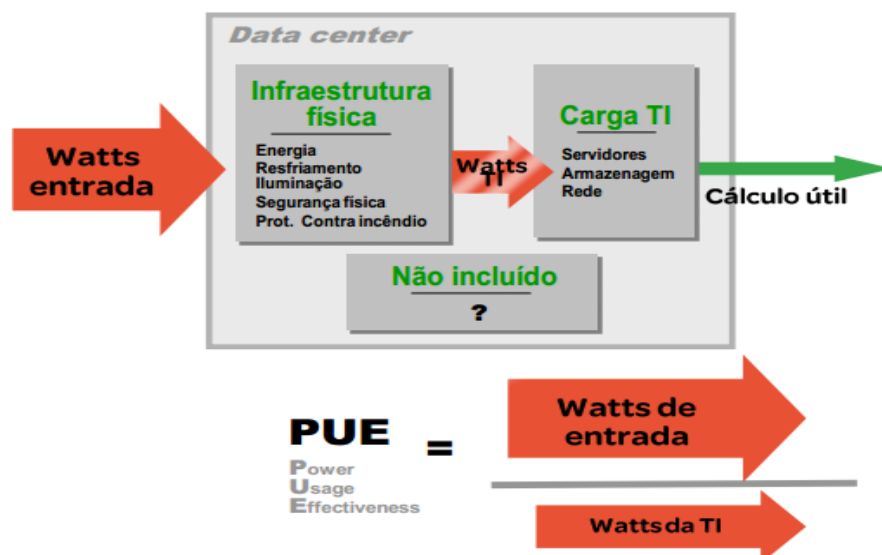


Figura 10 – Cálculo do PUE.

Fonte: Avelar (2010, p4.)

Segundo Horner e Azevedo (2016), a carga total da planta é medida na entrada do *Data Center*, isolando qualquer outra entrada de outros sistemas compartilhados a ela. A carga de TI são todos os equipamentos alocados na sala dos servidores, sendo estes roteadores, *storages*, servidores e NOC.

A outra métrica aplicada é a DCie (*Data Center Infrastructure Efficiency*) que é o inverso da PUE conforme a expressão:

$$DCie = 1 / PUE \times 100 \%$$

O valor ideal da PUE é de 1,00. Mas este cenário a eficiência por demanda seria de 100%, ou seja, toda a energia que entrou no *Data Center* fora utilizada pelos equipamentos de TI. Entretanto algumas pesquisas mostram que os data centers atuais estão com PUE acima de 3,00 (GANESHALINGAM, 2017).

2.4.3 ÍNDICES DE CLASSIFICAÇÃO PUE

Conforme Avelar et al. (2012), o PUE resulta um número adimensional maior que um, correspondendo um para o *Data Center* altamente eficiente e os números maiores para os menos eficientes, o DCie será um número menor que um. A tabela 10 identifica os intervalos do PUE e as classificações da eficiência energética dos *Data Centers*.

Tabela 10: Classificação do PUE dos *Data Centers*.

PUE	Classificação Green Grid do Data Center por PUE
1,00 < PUE < 1,20	Altamente eficiente (Green Grid PLATINUM)
1,21 < PUE < 1,50	Eficiente (Green Grid GOLD)
1,51 < PUE < 2,00	Relativamente eficiente (Green Grid SILVER)
2,01 < PUE < 2,50	Pouco eficiente (Green Grid BRONZE)
2,51 < PUE < 3,00	Ineficiente (Green Grid RECOGNIZED)
PUE > 3,01	Altamente ineficiente (Green Grid NOT RECOGNIZED)

Fonte: adaptado de Belady et al. (2008).

A métrica PUE oferece um alto nível de confiabilidade e está sendo utilizada na medição da eficiência energética dos *Data Centers*, ele pode ser aplicado a todos os *Data Centers* padrão. A *Green Grid* em parceria com grandes empresas teve o objetivo de estabelecer um “indicador consistente e repetível” que os operadores de

Data Center pudessem utilizar para monitorar continuamente, bem como melhorar seu consumo de energia.

A pesquisa realizada pelo Instituto Uptime em 2014, conforme mostra a figura 11, obteve que a média da indústria quanto à PUE foi de 1,7. Este valor foi maior que os 1,67 de 2013, entretanto menor que os 1,8 de 2012, esse resultado indica que há margem para futuras melhorias na eficiência energética dos *Data Centers*.

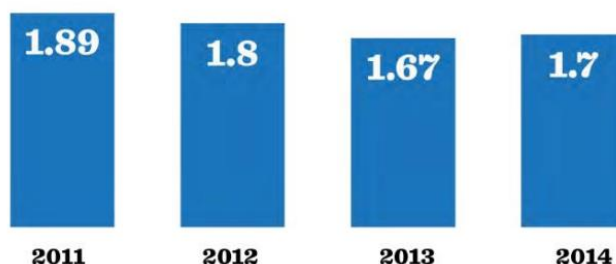


Figura 11 – Relatório de PUE para *Data Center* médio.

Fonte: Uptime (2014).

2.4.4 NÍVEIS DE MEDIÇÃO PUE

Conforme Avelar et al. (2012), existe três níveis para medir PUE, sendo classificados em níveis básicos, intermediários e avançados. As medidas são descritas na Tabela 11 abaixo. O diagrama que segue a tabela mostra um *Data Center* padrão com pontos de medição identificados para os níveis de medição PUE propostos.

Tabela 11: Níveis de medição do PUE.

	Nível 1 (L1) Básico	Nível 2 (L2) Intermediário	Nível 3 (L3) Avançado
Carga Equipamentos de TI	Sem UPS ¹	Sem Unidade de Distribuição de Energia (PDU) ²	Com Equipamentos de TI
Carga Total da Instalação	Com energia total do Data Center	Com energia total do Data Center	Com energia total do Data Center
Intervalo de Medição	Mensal / Por Semana	Diária / Por hora	15 minutos ou menos

Fonte: adaptado de Avelar et al. (2012, pág. 14).

¹ Fonte de alimentação ininterrupta, também conhecida pelo acrônimo UPS (sigla em inglês de uninterruptible power supply) ou no-break no Brasil, é um sistema de alimentação secundário de energia elétrica que entra em ação, alimentando os dispositivos a ele ligados, quando há interrupção no fornecimento de energia primária.

² A unidade de distribuição de energia (PDU) é um dispositivo equipado com várias saídas projetadas para distribuir energia elétrica, especialmente para racks de computadores e equipamentos de rede localizado dentro do centro de dados.

De acordo Avelar et al. (2012), são recomendados outros locais de medição adicionais para fornecer informações mais completas sobre a infraestrutura de um *Data Center* e sua eficiência energética. O monitoramento de vários componentes da distribuição mecânica e elétrica fornecerá mais dados sobre os grandes consumidores de energia, conforme mostra a figura 12.

Mais dados sobre os grandes equipamentos que consomem enorme quantidade de energia e, quando possível, realizar alterações para que obtenha ganhos de eficiência energética (por exemplo, *Chillers*, bombas, torres, PDUs, aparelhagem, etc.).

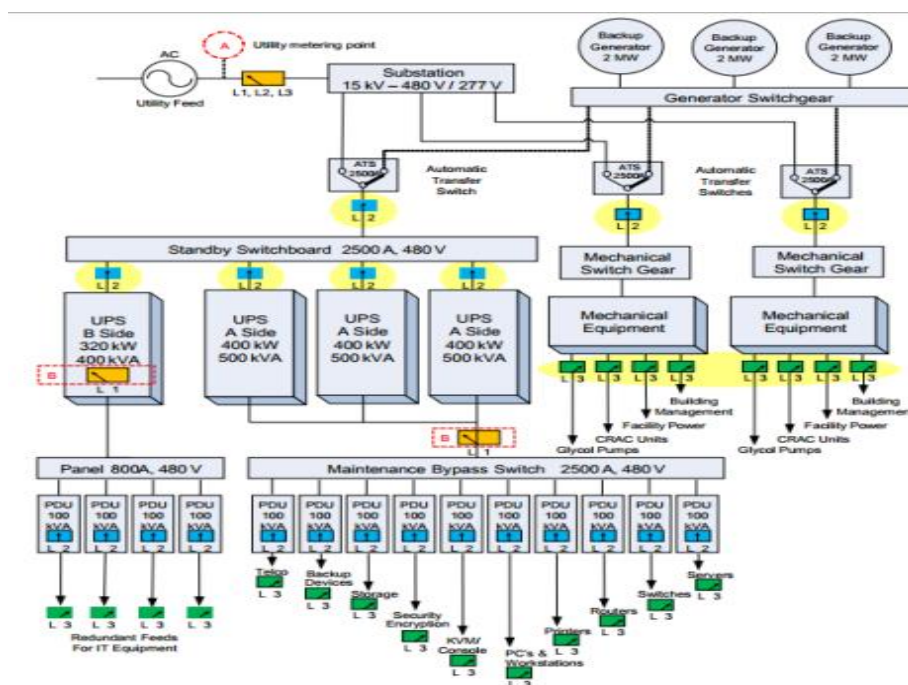


Figura 12 – Pontos de medição PUE.

Fonte: adaptado de Avelar et al. (2012, pág. 15).

O nível 1 básico de medição do PUE é quando a carga dos equipamentos de TI é medida na saída do equipamento do nobreak (UPS), ou em casos de vários nobreaks, através de um único medidor no barramento de saída comum da UPS. A energia total do *Data Center* recebida é medida a partir da entrada que alimentam todos os equipamentos elétricos e mecânicos que são utilizados para alimentar, refrigerar e condicionar o *Data Center*. A medição nível básica necessita, no mínimo, que a coleta das medidas de potência seja realizada uma vez por mês sendo recomendado medições semanais.

O nível 2 intermediário de medição do PUE é quando a carga dos

equipamentos de TI é medida na saída das PDUs (unidade de distribuição de energia) dentro do *data center* e pode também ser através de um medidor no secundário do transformador PDU. A medição do circuito de derivação individual também é aceitável para o nível 2. A energia total do *Data Center* é medida a partir da entrada que alimentam todos os equipamentos elétricos e mecânicos utilizados para alimentar, refrigerar o *Data Center*. A medição nível intermediário necessita, no mínimo, que a coleta das medições uma vez por dia, contudo é recomendado medições por hora.

O nível 3 avançado de medição do PUE é quando a carga dos equipamentos de TI é medida individualmente em cada equipamento de TI dentro do *Data Center*, seja por PDUs de rack com medidor que monitora o consumo ou direto no equipamento de TI. As cargas que não sejam de TI devem ser excluídas dessas medições. A energia total do *Data Center* é medida da entrada que alimentam todos os equipamentos elétricos e mecânicos utilizados para alimentar, refrigerar o *Data Center*. A medição nível avançado necessita, no mínimo, a coleta das medições uma vez a cada 15 minutos ou menos.

As medições de nível 3 não devem exigir que a atividade humana colete e registre dados, já que os dados serão coletados por sistemas automatizados em tempo real e devem suportar tendências e análises extensivas. O desafio é coletar os dados em um formato simples que atende às necessidades de vários usuários e, em última instância, agrega esses dados por um Imagem completa do *Data Center*.

Conforme explica Avelar et al. (2012), para as etapas de medição do Nível 1 e Nível 2, orienta-se que as medidas sejam realizadas em aproximadamente na mesma hora do dia, quando a utilização do *Data Center* é a mais requerida possível.

2.4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NAS CATEGORIAS DO PUE

Para o cálculo do PUE deve-se classificar onde cada equipamento está inserido. Se fazem parte da carga dos equipamentos de TI ou da carga total do *Data Center*. As cargas de TI são identificadas e classificadas na categoria de Carga de TI. Alguns equipamentos de TI são classificados de maneira mais simples, entretanto outros tipos nem sempre são classificados de modo igual. Por exemplo, normalmente há alguma confusão se as cargas de TI de recuperação de desastres

ou as cargas do centro de operações da rede (NOC) devem ser classificadas como cargas de TI dentro do *Data Center*.

Cargas dos equipamentos de TI:

- Servidores;
- Equipamentos de armazenamentos;
- Dispositivos de rede;
- Teclado, mouse e monitores;
- Cargas de TI em recuperação de desastres;
- Equipamentos de TI em centro de operações (NOC).

As cargas elétricas da infraestrutura do *Data Center*:

- Dispositivos de manobras e painéis;
- Chaves de transferência automáticas (ATS);
- Geradores;
- *Nobreaks* (UPS);
- Chaves de transferência estática (STS);
- Unidades de distribuição de energia (PDU);
- Recuperação de desastres em sistemas elétricos;
- *Chillers*;
- Bombas de água gelada;
- Bombas de água de condensador;
- Torre de resfriamento;
- Tratamento de água;
- Compressores de ar;
- Resfriadores secos;
- Resfriadores para o NOC;
- Luzes no *Data center*;
- Luzes em salas mecânicas e elétricas.

Não estão incluídas na medição da infraestrutura:

- Luzes externas;
- Cargas de escritórios pessoais;
- Luzes em áreas de pessoal do *Data Center*;

- Sistema de energia alternativo (eólico, fotovoltaico).

Conforme explica Avelar et al. (2012), identificar e classificar as cargas do *Data Center* de maneira correta e uniforme, é uma parte importante da determinação da PUE dos *Data Centers*. Entretanto alguns equipamentos que consomem energia e estão ligados a um *Data Center* podem estar sendo compartilhados com outros usos. Pode-se citar como exemplo, um *data center* pode compartilhar uma estação de água gelada com um edifício comercial ao lado ou o nobreak do *Data Center* também pode fornecer energia ao call center. Quando esses compartilhamentos ocorrem, mesmo que se tenha uma medição exata do uso da energia desses dispositivos não será útil para o cálculo da eficiência do *Data Center*, já que as perdas desses equipamentos associadas às cargas de fora do *Data Center* não devem ser incluídas no cálculo do PUE.

2.4.6 ÍNDICE DAS FONTES DE ENERGIA DO PUE

A origem da fonte de energia de um *Data Center* é um caminho para se avaliar o consumo total de energia primária do mesmo, conforme explica Avelar et al. (2012). A necessidade de analisar a origem da energia é garantir que os *data centers* que utilizam outros tipos de fonte (nuclear, gás natural, água gelada) possam ser comparadas de forma igualitária no seu uso da energia. Citando um exemplo simples, caso um *Data Center* compre água gelada de uma empresa de serviços locais, enquanto outro *data center* use eletricidade para produzir a mesma quantidade de água gelada no local, é importante e necessário para formula um fator que coloque o uso de energia em unidades comuns para comparação. Este fator é chamado de fator fonte de energia.

Como a maioria dos *Data Centers* operam com 100% de eletricidade, os fatores de energia são relacionados com à eletricidade. Com isso, depois que um fator de origem é dimensionado para cada combustível, é determinado sua proporção em relação ao fator fonte da eletricidade. Esta convenção permite que qualquer *Data Center* que utilize eletricidade seja multiplicada por um fator de um. Caso o *Data Center* utilize outras fontes de energia serão multiplicadas pelos respectivos fatores antes de serem adicionados ao total conforme tabela 12.

Tabela 12: Fator Global Fonte de Energia do PUE.

Tipo de Energia	Fator Fonte de Energia
Eletricidade	1.0
Gás Natural	0.35
Óleo	0.35
Outros Óleos	0.35
Água Gelada	0.4
Água Quente	0.4
Vapor	0.4

Fonte: adaptado de Avelar et al. (2012, pág. 32).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 APLICAÇÃO DO ÍNDICE PUE

Neste trabalho é utilizado a tabela 12 com os fatores de fonte de energia para o cálculo do PUE relacionado ao exemplo da tabela 13 com a ferramenta MATLAB.

O MATLAB (*MATrix LABoratory*) trata-se de um *software* interativo de alta *performance* voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

Um exemplo da utilização do fator global de fonte de energia do PUE é:

Tabela 13: Exemplo Fator Fonte de Energia - Eletricidade.

Tipo de Energia	Usuários Final	Energia Utilizada
Eletricidade 1705 kwh	Carga Total TI	1000 kwh
	Energia Perdida	250 kwh
	Iluminação	50 kwh
	Refrigeração	400 kwh
	Outros	5 kwh

Fonte: adaptado de Avelar et al. (2012, pág. 37).

$$\text{PUE} = \frac{\text{Carga Total Data center}}{\text{Carga Total TI}}$$

$$\text{PUE} = \frac{\text{Carga Total Data center} * \text{Fator Fonte de Energia}}{\text{Carga Total TI} * \text{Fator Fonte de Energia}}$$

```
%Cálculo PUE - Fator de Energia Eletricidade
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Fator de Energia Eletricidade');
disp(' ');
Carga_Total_TI = 1000;
Energia_Perdida = 250;
Iluminacao = 50;
Refrigeracao = 400;
```

```

Outros = 5;
Fator_Fonte_Energia_Eletricidade = 1.0;

%Cálculo Carga Total Data center
Carga_Total_Data_Center = Carga_Total_TI + Energia_Perdida + Iluminacao +
Refrigeracao + Outros;
fprintf('Carga Total Data center = %9.1f kWh \n', Carga_Total_Data_Center);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total de TI
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f kWh \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = (Carga_Total_Data_Center * Fator_Fonte_Energia_Eletricidade) /
(Carga_Total_TI * Fator_Fonte_Energia_Eletricidade);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);

```

Respostas

Cálculo PUE - Fator de Energia Eletricidade
 Carga Total *Data center* = 1705.0 kWh
 Carga Total de TI = 1000.0 kWh
 PUE = 1.705

No próximo exemplo foram utilizados dois tipos de fonte de energia com fatores globais diferentes:

Tabela 14: Exemplo Fator Fonte de Energia – Eletricidade e Água Gelada.

Tipo de Energia	Usuários Final	Energia Utilizada
Eletricidade 1305 kwh	Carga Total TI	1000 kwh
	Energia Perdida	250 kwh
	Iluminação	50 kwh
	Outros	5 kwh
Água Gelada 1300 kwh	Refrigeração	1300 kwh (4.44 M BTUs)

Fonte: adaptado de Avelar et al. (2012, pág. 38).

$$\text{PUE} = \frac{\text{Carga Total Data center}}{\text{Carga Total TI}}$$

$$\text{PUE} = \frac{\text{Carga Total Data center} * \text{Fator Fonte de Energia}}{\text{Carga Total TI} * \text{Fator Fonte de Energia}}$$

Utilizando a tabela 12 com os fatores de fonte de energia foi calculado o PUE para o exemplo da tabela 14 com a ferramenta MATLAB.

```
%Cálculo PUE - Fator de Energia Eletricidade e Água Gelada
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Fator de Energia Eletricidade e Água Gelada');
disp(' ');
Carga_Total_TI = 1000;
Energia_Perdida = 250;
Iluminacao = 50;
Outros = 5;
Refrigeracao = 1300;
Fator_Fonte_Energia_Eletricidade = 1.0;
Fator_Fonte_Energia_Agua_Gelada = 0.4;

%Cálculo Carga Total Data center Eletricidade
Carga_Total_Data_Center_Eletricidade = Carga_Total_TI + Energia_Perdida +
Iluminacao + Outros;
fprintf('Carga Total Data center Eletricidade = %9.1f kWh \n',
Carga_Total_Data_Center_Eletricidade);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data center Água Gelada
Carga_Total_Data_Center_Agua_Gelada = Refrigeracao;
fprintf('Carga Total Data center Água Gelada = %9.1f kWh \n',
Carga_Total_Data_Center_Agua_Gelada);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data center Eletricidade e Água Gelada
Carga_Total_DC = (Carga_Total_Data_Center_Eletricidade *
Fator_Fonte_Energia_Eletricidade) + (Carga_Total_Data_Center_Agua_Gelada *
Fator_Fonte_Energia_Agua_Gelada);
fprintf('Carga Total Data center Eletricidade e Água Gelada = %9.1f kWh
\n', Carga_Total_DC);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total de TI
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f kWh \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = Carga_Total_DC / (Carga_Total_TI * Fator_Fonte_Energia_Eletricidade);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);
```

Respostas

```
Carga Total Data center Água Gelada =      1300.0 kWh
Carga Total Data center Eletricidade e Água Gelada =      1825.0 kWh
Carga Total de TI =      1000.0 kWh
PUE =      1.825
```

3.2 COMPONENTES DATA CENTER

No *Data Center* da Instituição Federal de Ensino Superior estudado estão instalados alguns equipamentos de TI. Serão relacionados os equipamentos com suas configurações e especificações técnicas de cada componente estudado.

3.2.1 SWITCH

O *switch* (comutador) é um importante equipamento que permite a conexão dos equipamentos de TI (computadores, impressoras, servidores, etc) em redes. Por isso, a melhor maneira de compreender o funcionamento do *Switch* é considerá-lo como uma melhoria de um HUB. Isso porque ocupa também a função central da rede, realizando a conexão entre vários dispositivos da rede numa LAN (De SOUSA, 2014). Entretanto, possui uma diferença fundamental – os dados vindos do computador de origem somente são repassados ao computador de destino, pois esses equipamentos possuem gerenciamento das suas funções, permitindo configurações de Vlans (Virtual Local Area Network) que isolam as redes umas das outras, fazendo que tenha um melhor controle da rede instalada.

Revisão HP A5800-24G *Switch* (JC100A).



Figura 13 – Switch HP A5800 (JC100A).

Fonte: adaptado de HP (2014, pg.3).

Conforme explica HP (2014), os *switches* da série HP 5800, conforme a figura 13, oferecem uma combinação inigualável de densidade de porta Gigabit e 10

Gigabit Ethernet, de alta disponibilidade arquitetura e recursos completos de IPv4 e IPv6 de camada dupla 2 e camada 3. Além do desempenho da taxa de linha de velocidade em todas as portas, os switches incluem tecnologia patenteada Inteligente Resilient Framework (IRF) e Rapid Ring Protection Protocol (RRPP), que permitem que interruptores HP 5800 locais ou geograficamente distribuídos sejam interligados para uma maior capacidade de resiliência e desempenho.

Especificações HP A5800-24G *Switch* (JC100A).

- 24 portas RJ-45 para autodetecção de 10/100/1000
- 1 slot de módulo estendido
- 4 portas fixas de 1000/10000 SFP +
- min = 0 \ max = 4 Transceptores SFP +
- Fonte de alimentação incluída 300W AC
- 1U – Altura

Revisão HP 3100-48 v2 *Switch* JG315A.



Figura 14 – Switch HP 3100-48 v2 (JG315A).

Fonte: adaptado de HP (2014).

Conforme explica HP (2014), os *switches* da série HP 3100, como mostra a Figura 14, são *switches Ethernet* Camada 2 projetados para redes empresariais que exigem alta segurança e inteligência. Eles fornecem 10/100 Mbps de ligação descendente e 1000 Mbps *uplink* nas portas *Ethernet*, e servem como dispositivos de acesso para 100 Mbps para aplicativos em redes corporativas. Nas redes de área metropolitana (WAN) ou em várias redes industriais, eles conectam os usuários ou dispositivos cliente com conexões de 10/100 Mbps, convergindo em um *switch* de maior capacidade com 1000 Mbps Interfaces.

Especificações HP 3100-48 v2 *Switch* JG315A.

- 48 portas RJ-45 para autodetecção de 10/100
- 2 portas fixas de 1000/10000 SFP +

- min = 0 \ max = 4 Transceptores SFP +
- Fonte de alimentação incluída 41W AC
- 1U – Altura

Revisão *Switch* Cisco SG 300-28P Gigabit PoE Gerenciável.



Figura 15 – Switch Cisco SG 300-28P Gigabit PoE Gerenciável.

Fonte: adaptado de Cisco (2014).

Conforme explica Cisco (2014), os *switches* da série Cisco 300, observe a Figura 15 fazem parte da linha de soluções *Cisco Small Business Network*, é um portfólio de *switches* gerenciáveis acessíveis que fornece uma base confiável para sua rede comercial. Esses *switches* fornecem os recursos que você precisa para melhorar a disponibilidade de seus aplicativos de negócios críticos, proteger suas informações confidenciais e otimizar sua largura de banda de rede para fornecer informações e aplicativos de forma mais eficaz.

Especificações Switch Cisco SG 300-28P Gigabit PoE Gerenciável.

- 28 portas RJ-45 para autodeteção de 10/100
- 4 portas fixas de 1000/10000 SFP +
- min = 0 \ max = 2 Transceptores SFP +
- Fonte de alimentação incluída 218W AC
- 1U – Altura

Revisão Datacom DmSwitch 3000.



Figura 16 – Datacom DmSwitch 3000.

Fonte: adaptado de Datacom (2014).

Os equipamentos da linha DmSwitch 3000 registrado na Figura 16, possuem 1U de altura, permitem a instalação em racks de 19”, oferecem fontes hot-swap redundantes AC/DC full-range e entradas e saídas de alarmes. As portas SFP disponíveis permitem a utilização de módulos mini-GBIC com diferentes alcances e tipos de fibra.

Especificações Datacom DmSwitch 3000.

- 24 portas RJ-45 para autodetecção de 10/100
- 4 portas fixas de 1000/10000 SFP +
- Fonte de alimentação incluída 100W AC / PSU 85 - Fonte de alimentação (48-60Vdc) ou (100-240Vac)
- 1U – Altura

Revisão Juniper Networks SRX240.



Figura 17 – Switch Juniper Networks SRX240.

Fonte: adaptado de Juniper (2012).

Gateways de Serviços da Série SRX exemplificado na Figura 7 é a próxima geração gateways de segurança que fornecem capacidades essenciais que de conectar, proteger e gerenciar locais de trabalho para centenas de usuários. O equipamento é altamente disponível, roteamento, segurança, e firewall de próxima geração recursos em um único dispositivo.

Especificações Juniper srx240.

- 16 portas LAN Ethernet 10/100/1000, 4 slots Mini-PIM
- Opção de fábrica de 16 portas PoE; PoE + 802.3at, compatível com o 802.3af
- Suporte para T1 / E1, serial, ADSL2 / 2 +, VDSL, G.SHDSL e Ethernet SFP
- Sistema de prevenção de intrusão1, AppSecure1.
- Dimensões: 17.5 x 1.75 x 15.1 in (44.4 x 4.4 x 38.5 cm)
- Peso: For LM and HM-AC: 11.2 lb (5.1 kg) For HM - DC: 12.56 lb (5.7 kg) / 12.3 lb (5.6 kg) PoE No interface modules

- Rack: 1 RU
- Fonte de alimentação: 150 W for LM and HM 190 W for HM with DC 360 W for PoE
- Máxima potência PoE: 150 W

Revisão Cisco Catalyst 3750.



Figura 18 – Switch Cisco Catalyst 3750.

Fonte: adaptado de HP (2014).

As séries Cisco Catalyst 3750 v2, conforme figura 18, são os *switches* empilháveis Fast Ethernet Layer 3 com eficiência energética da próxima geração. Esses novos *switches* suportam a tecnologia Cisco EnergyWise, que o ajuda a gerenciar o consumo de energia da sua rede, reduzindo os custos de energia e a pegada de carbono.

A série Cisco Catalyst 3750 v2 consome menos energia do que os seus predecessores e é uma camada de acesso ideal para ambientes corporativos, de varejo e de agência. Isso ajuda a aumentar a produtividade e protege seu investimento na rede, fornecendo uma rede unificada para dados, voz e vídeo.

Especificações Cisco Catalyst 3750.

- 3750G-24TS 190W
- 100-240VAC, 0.6-1.2A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 3750-24TS)
- +12V at 10.5A (Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U)
- 12.5 lb (5.7 kg) (Cisco Catalyst 3750G-24TS)
- 2.59 x 17.5 x 11.6 in. (6.6 x 44.5 x 29.5 cm) (Cisco Catalyst 3750G-24TS)
- 32-Gbps switching fabric
- Stack-forwarding rate of 38.7 mpps for 64-byte packets

3.2.2 SERVIDORES

Um servidor é um equipamento de TI que centraliza o processamento de diferentes serviços a uma rede de computadores, existem muitos tipos de servidores com funções diferentes. Os computadores que acessam os serviços de um servidor são chamados clientes, em pequenas e médias empresas é normal termos um ou mais servidores que acumulem funções, enquanto em grandes organizações tem-se um servidor para cada serviço (De SOUSA, 2010).

Os tipos de redes que usam servidores são chamadas de cliente-servidor. A nomenclatura servidor é aplicada a computadores completos, mesmo que um servidor seja apenas um *software* ou partes de um sistema, ou até uma máquina que não seja um computador.

Revisão HP Compaq 6200 Pro Microtower veja Figura 19.



Figura 19 – HP Compaq 6200 Pro Microtower.

Fonte: HP (2010).

Especificações HP Compaq 6200 Pro Microtower conforme tabela 15.

Tabela 15: Especificações HP Compaq 6200 Pro Microtower.

Feature	Description
Processor	Intel Core i3-2120 (3.30 GHz, 3MB cache, 2 cores)
Chipset	Intel Q65 Express

Network interface	- Integrated Intel 82579LM Gigabit Ethernet 802.11 b/g/n wireless
Storage	Internal drive: 3.5-inch Removable SATA (7200 rpm): From: 250GB Up to: 500GB
Graphics	NVIDIA Quadro NVS 300 (512MB)
Chassis (H x W x D)	377 x 177 x 431 mm (14.9 x 7.0 x 17.0 in)
Packaging (H x W x D)	500 x 310 x 600 mm (19.7 x 12.2 x 23.6 in)
System weight	9.3 kg (20.5 lb)
Shipping weight	13.1 kg (28.8 lb)
Standard efficiency	320 W active PFC
High efficiency ¹	320 W active PFC 87%/90%/87% efficient @ 20%/50%/100% load
Rated voltage range	100 - 240 V ac
Rated line frequency	50/60 Hz

Fonte: adaptado de HP (2010).

Revisão Lenovo ThinkStation E32



Figura 20 – Lenovo ThinkStation E32.

Fonte: Lenovo (2012).

Desempenho e economia equipada com processadores Intel® Xeon® de alta performance e memória ECC que entrega a melhor qualidade e resultados profissionais com ótimo custo benefício, a estação ThinkStation E32, como proposto na Figura 20, suporta gráficos tanto da Intel® HD Graphics P4600 quanto NVIDIA Quadro (até K4000), garantindo resultados profissionais. O ThinkStation E32 é confiável e não agride o meio ambiente, oferecendo o certificado 80 Plus Platinum com até 92% de eficiência energética e o melhor valor para uma estação de trabalho de classe de entrada. Alta eficiência de energia em conformidade com as certificações ENERGY STAR 5.2, GREENGUARD e padrões EPEAT™ Gold. Suporte a multiplus.

Especificações Lenovo ThinkStation E32.

- Intel Xeon E3
- HD Graphics P4600
- Dimensões: 43,1 x 17,5 x 42,54 cm
- Peso: 12,5 kg
- Máxima potência: 450 W

Revisão Dell OptiPlex 7010 como ilustra a Figura 21.



Figura 21 – Dell OptiPlex 7010.

Fonte: Dell (2012).

Especificações Dell OptiPlex 7010

- Intel Core i5
- Memória 4 GB
- Dimensões: 29 x 9,30 x 31,20 cm
- Peso: 6,0 kg
- Máxima potência: 240 W
- Tensão: 100 VCA a 200 VCA , 50 Hz a 60 Hz, 3,6A.

Revisão Dell PowerEdge T620



Figura 22 – Dell PowerEdge T620.

Fonte: Dell (2011).

O Dell PowerEdge T620 conforme Figura 22 é rico em recursos, 2 soquetes Servidor de torre com até 24 DIMMs, capacidade de armazenamento de até 32 compartimentos e Intel® Xeon® E5-2600 de processamento. O T620 brilha em sua capacidade para lidar com ambientes de virtualização exigentes com até 16 núcleos de processador e alta memória densidade. O T620 é uma excelente plataforma para cargas de trabalho, como bancos de dados, web service, gerenciamento de relacionamento com clientes (CRM) e virtualização de desktops, imagens médicas e segurança. Especificações Dell PowerEdge T620 conforme Figura 23.

Recurso	Especificações técnicas do PowerEdge T620
Formato	Torre (montável em rack de 5 U)
Processadores	Família de produtos E5-2600 do processador Intel® Xeon®
Soquetes de processador	2
Interconexão interna	Dois links Intel QuickPath Interconnect (QPI): 6,4 GT/s; 7,2 GT/s; 8,0 GT/s
Cache	2,5 MB por núcleo; opções de núcleo: 2, 4, 6, 8
Chipset	Intel C600
Memória ¹	Até 768 GB (24 slots DIMM); DDR3 de 2 GB/4 GB/8 GB/16 GB/32 GB até 1.600 MT/s
Slots de E/S	Sete slots PCIe: - Quatro slots x16 com largura de banda x16, altura e comprimento completos - Dois slots x8 com largura de banda x8, altura e comprimento completos - Um slot x8 com largura de banda x4, altura e comprimento completos
Controlador RAID	Controladores internos: PERC S110 (RAID de SW) PERC H310 PERC H710 PERC H710P HBAs externos (RAID): PERC HB10 HBAs externos (não RAID): HBA SAS de 6 Gbps
Compartimentos de unidade	Escolha de oito compartimentos de unidade de conector automático de 3,5" mais quatro unidades SSD PCIe (opcional), doze compartimentos de unidade de conector automático de 3,5", dezesseis compartimentos de unidade de conector automático de 2,5" mais quatro unidades SSD PCIe (opcional) ou trinta e dois compartimentos de unidade de conector automático de 2,5"
Storage interno máximo ¹	Até 36 TB
Discos rígidos	Opções de disco rígido de conector automático: SSD SAS, SSD SATA, SAS (15.000, 10.000), SAS nearline (7.200), SATA (7.200) de 2,5" SAS nearline de 3,5" (7.200), SATA (7.200), SAS (15.000) Unidades com autcriptografia disponíveis
Placa de rede incorporada	LOM Intel de 1 GbE de duas portas
Fonte de alimentação	Eficiência excelente de 495 W, 750 W ou 1.100 W Fontes de alimentação de variação automática
Disponibilidade	Fontes de alimentação redundantes, de alta eficiência e com conector automático; compartimentos de unidade de conector automático; TPM; suporte a SD interno duplo; ventilador redundante de conector automático; tampa frontal opcional; etiqueta de pacote; memória ECC; tela LCD interativa; suporte térmico estendido; compatível com ENERGY STAR®, variação de alimentação estendida; particionamento independente de switch (SIP)
Gerenciamento remoto	iDRAC7 com Lifecycle Controller iDRAC7 Express (padrão), iDRAC7 Enterprise (atualização) Mídia vFlash de 8 GB (atualização), mídia vFlash de 16 GB (atualização)
Gerenciamento de sistemas	Compatível com IPMI 2.0 Dell OpenManage™ Essentials e Dell Management Console Dell OpenManage Power Center Conexões do Dell OpenManage: • Dell OpenManage Integration Suite para o Microsoft® System Center • Dell Plug-in para o VMware® vCenter™ • HP Operations Manager, IBM Tivoli® Netcool® e CA Network and Systems Management
Suporte a rack	Trilhos deslizantes ReadyRails™ II para montagem sem ferramentas em racks de 4 hastes com orifícios redondos não rosqueados ou quadrados ou montagem com ferramenta em rack de 4 hastes com orifícios rosqueados, com suporte para braço de gerenciamento de fios opcional sem ferramentas
Sistemas operacionais	Microsoft® Windows Server® 2008 R2 SP1, x64 (inclui Hyper-V™ v2) Microsoft® Windows® Small Business Server 2011 SUSE® Linux® Enterprise Server Red Hat® Enterprise Linux Hipervisores incorporados opcionais: Citrix® XenServer™ VMware vSphere™

¹ GB equivale a 1 bilhão de bytes e 1 TB equivale a 1 trilhão de bytes; a capacidade real depende do material carregado anteriormente e do ambiente operacional, podendo ser menor.

Figura 23 – Especificações Dell PowerEdge T620.

Fonte: Dell (2011).

Revisão Supermicro Micron SC743 conforme Figura 24.



Figura 24 – Supermicro Micron SC743.

Especificações Supermicro Micron SC743.

- Máxima potência: 760 W
- Tensão: 100 VCA a 200 VCA , 50 Hz a 60 Hz, 8A.

3.2.3 NOBREAK

Um *nobreak* ou UPS (Fonte de Energia Ininterrupta) é um dispositivo que regula a tensão e a qualidade da energia que chega até os equipamentos eletrônicos conectados a ele. Ele também é responsável por alimentar os equipamentos, quando ocorra queda de luz, através de uma bateria (VERAS, 2009).

Os *nobreaks* possuem potência de utilização, em VA (volt ampère). Esta medida indica quanta energia a bateria pode produzir quando não tiver luz elétrica, o que está relacionado ao tempo que ele é capaz de manter o equipamento ligado. Mas isso depende da quantidade de equipamentos ligados e a potência de cada um.

Há três modelos de nobreaks: os *Standby* (Offline), o de Linha-Interativa e o Online. O *Standby* ou *Offline* é o mais simples e barato. Este modelo utiliza somente sua bateria para reprimir as flutuações de energia e assim pode não aguentar os surtos de energia. Geralmente o *nobreak Standby* não evitará que as flutuações de tensões diárias diminuam a vida útil do eletrônico. É recomendado mais para pequenos equipamentos de escritórios e residências. O *nobreak* de Linha-Interativa é parecido ao primeiro modelo, mas tem uma característica importante. Ele possui uma peça chamada regulador automático de voltagem ou AVR. Essa peça controla as flutuações de tensões que ocorrem na rede, mesmo que seja para cima ou para baixo.

Revisão *Nobreaks* 1400VA Net 4+ SMS conforme Figura 25.



Figura 25 – Nobreaks 1400VA Net 4+ SMS.

Fonte: SMS (2013).

Especificações *Nobreaks* 1400VA Net 4+ SMS

- Proteções
- Curto-circuito no inversor;
- Surtos de tensão entre fase e neutro;
- Sub/sobretensão da rede elétrica. Na ocorrência destas, o nobreak passa a operar em modo bateria;
- Sobreaquecimento no inversor e no transformador;
- Potência excedida com alarme e posterior desligamento;
- Descarga total das baterias.
- Modelos bivolt automático: entrada 115/127/220V~ e saída 115V~ (nas potências 700 VA e 1.400VA)
- Fator de potência: 0,7

3.2.4 LAYOUT DATA CENTER

A Divisão de Tecnologia da Informação ou apenas DTI é composta por duas salas: a sala do *Data Center* e a sala técnica do *Data Center* conforme figura 26. As medidas da sala Técnica do *Data Center* são 5,75m x 3,95m totalizando uma área útil de 22,71m², nessa sala estão lotados os Analistas e Técnicos que gerenciam e administram o *Data Center*.

As medidas da sala do *Data Center* são 6,35m x 5,75m totalizando uma área útil de 36,51m². Contudo devido a necessidade de espaço físico e a dificuldade de novos espaços, o setor precisou redimensionar o tamanho da mesma. Com isso foi definido um tamanho menor para o local do *Data Center* reduzindo-o para 4,55m x 2,10 totalizando uma área 9,555m².

Conforme define Ganeshalingam et al. (2017), os *Data Centers* podem ser classificados pelo tamanho da área e quantidade de servidores instalados, sendo classificados através da *International Data Corporation* (IDC). As classificações do

Data Center estudado é um *Data Center* de Pequeno Porte do tipo Sala, que corresponde a área quadra entre 9,30m² e 92,90 m² e quantidade de servidores, atualmente há 6 servidores, que fica entre 5 e 25 servidores instalados.

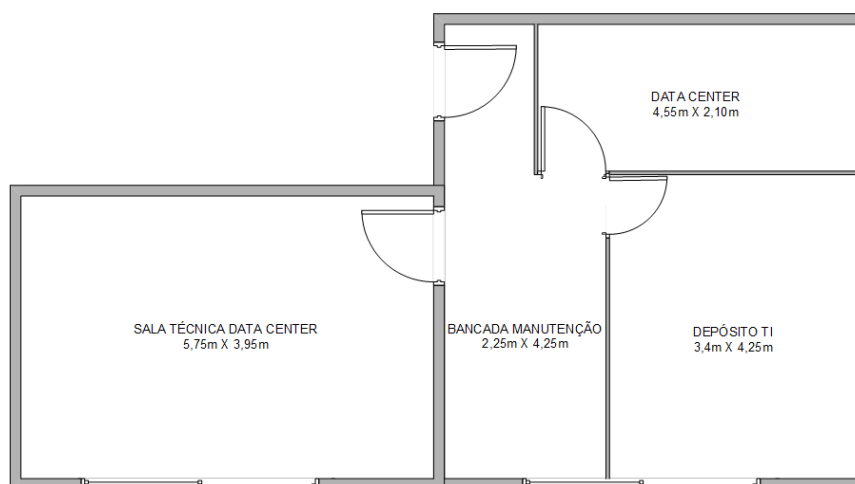


Figura 26 – Layout Data Center.

3.2.5 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA.

O DTI possui na entrada sala do *Data Center* um quadro de distribuição de energia, conforme figura 27, onde ficam os barramentos de energia. As tomadas de energia do *Data Center* possuem um circuito independente, assim como as tomadas e luzes das salas do *Data Center* e sala técnica do *Data Center*.



Figura 27 – Quadro de distribuição de energia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados abaixo foram apresentados referente ao caso estudado do *Data center* de pequeno Porte de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), onde se identificou um desperdício energético dos equipamentos de TI. O primeiro cenário simulado é o atual da instituição que possui a estrutura dos *switches*, servidores e *nobreaks*, já o segundo cenário é com a otimização dos ativos de rede (*switches*) para que possa ser dimensionada a eficiência energética dessa otimização e o terceiro cenário é a virtualização dos servidores de gerenciamento, a otimização dos equipamentos físicos de rede e *nobreaks* proporcionando outro índice de eficiência energética, o quarto cenário é uma proposta de melhoria para o *data center* atual.

4.1 CENÁRIO 1

4.1.1 LAYOUT DATA CENTER - CENÁRIO 1

No estudo do Cenário 1 foi analisado o índice de eficiência energética da estrutura atual da instituição. A figura 28 ilustra a distribuição dos *racks*. Cada *rack* tem uma demanda específica sendo: Dados, Servidores, Telecom e *Nobreaks*.

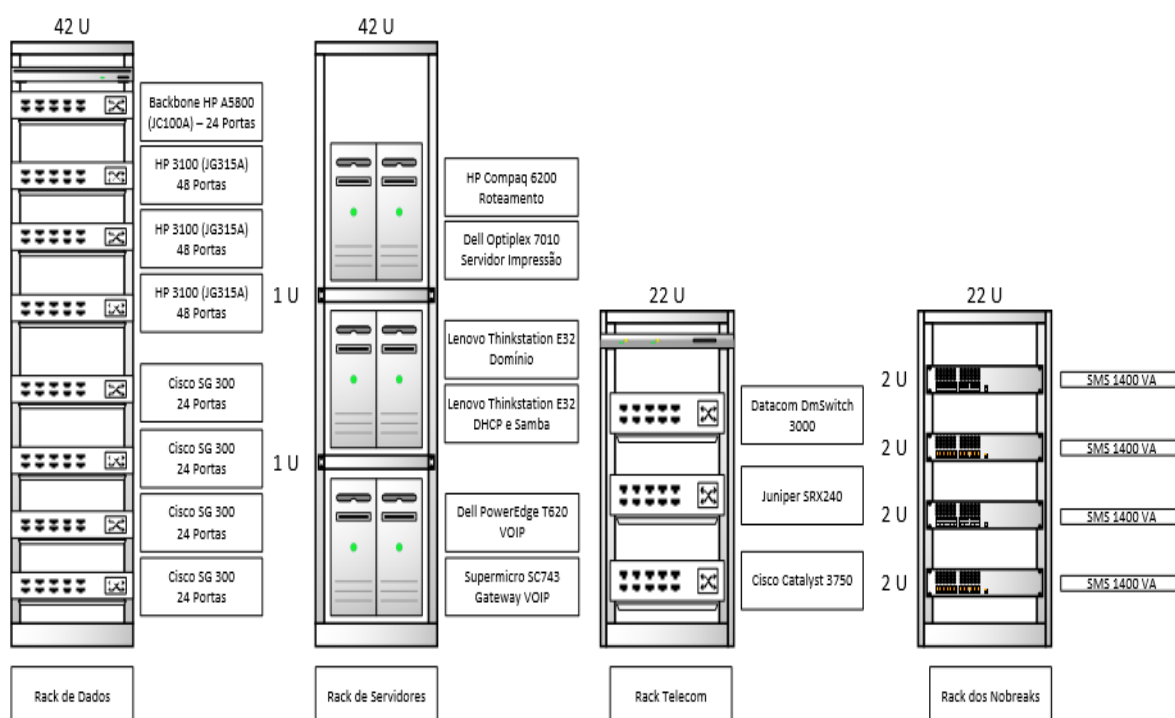


Figura 28 – Layout Data center – Cenário 1.

4.1.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 1

Foram realizadas medições, visualizado na Figura 29, em horários e dias diferentes para termos o consumo real do ambiente em pleno funcionamento, conforme tabela 16.

Tabela 16: Medições consumo de energia cenário atual.

PERIODO		TENSÃO (V)			TENSÃO (V)			CORRENTE (A)		
DATA	HORA	RS	RT	ST	RN	SN	TN	R	S	T
05/04/2017	09:50	379	380	380	219	220	220	4,9	4,0	0,6
05/06/2017	14:30	379	380	380	219	220	220	4,9	1,0	0,6
07/08/2017	16:40	377	378	380	218	220	218	4,5	0,4	4,0
15/08/2017	11:00	378	379	380	218	219	220	4,5	4,1	0,5

A configuração do barramento de energia foi projetada pela equipe elétrica da empresa que construiu o prédio do IFES. Por economia ficou estabelecido que o cabeamento fosse trifásico, e que o barramento do neutro também seria uma fase. Sendo assim as tomadas são energizadas por uma fase (RS, RT ou ST) e uma fase/neutro (RN, SN ou TN) totalizando uma alimentação em 220 volts.



Figura 29 – Medição corrente fase R.

Com os valores mensurados foi definida a potência utilizada naquele instante de medição. Segundo Nilsson e Riedel (2009) a formula para calcular a potência é:

$P = V * I$, sendo que foi considerada a média da corrente R:

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = 4,7 \text{ A}$$

Logo a potência será:

$$P = 220 * 4,7$$

$$P = 1034 \text{ W}$$

A potência total utilizada no instante da medição foi 1034 W, pois nem toda estrutura da sala técnica do *Data Center* estava ligada, visto que há turno de revezamento entre analistas e técnicos, e também a refrigeração do local tem alimentação central. Devido a isso não foi possível medir o consumo de corrente nas medições do quadro geral de energia.

Conforme explicado anteriormente uma das causas de ineficiência em um *Data Center* é a baixa taxa de utilização média dos recursos (geralmente inferior a 50%) causada pela oscilação da carga de trabalho, que força a instituição dispor de infraestrutura para lidar com picos de trabalho que raramente acontecem, mas que causariam prejuízos se o *Data Center* não suportasse esses picos.

Conforme explica Avelar et al. (2012), para se calcular o PUE de um *Data Center* em uma instalação de uso misto (equipamento compartilhados), é necessário mensurar os valores dessas contribuições. O *Data Center* estudado é um desses casos, já que a refrigeração é alimentada fora dos circuitos do *Data Center*, sendo assim foi adotado os valores de conversão dos BTUs para Watts (1 BTU igual a 0,29 Watts) para efeito dos cálculos.

O formato utilizado foi o nível 2 (intermediário) nas medições do PUE que é quando a carga dos equipamentos de TI é medida na saída da PDU (unidade de distribuição de energia) dentro do *data center*. A medição foi com uma periodicidade mensal.

Segundo Avelar et al. (2012), é fundamental definir claramente qual energia constitui a carga de TI, e qual energia é da infraestrutura física. Embora a designação de servidores e dispositivos de armazenamento como carga de TI seja evidente, e a designação de *nobreaks* e unidades de refrigeração como infraestrutura física também seja evidente, existem muitos subsistemas que

consomem energia no *Data Center* que possuem uma participação menos evidente no cálculo da eficiência, entre eles espaços pessoais, painéis de distribuição e centros de operações de rede. As cargas de TI do cenário 1 são conforme Tabela 17.

Tabela 17: Cargas de TI – Cenário 1.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Servidores	HP Compaq 6200	1	320	320
	Dell Optiplex	1	240	240
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
	Dell PowerEdge T620	1	750	750
	Supermicro SC743	1	760	760
Switches	HP A5800	1	300	300
	HP 3100	3	41	123
	Cisco SG 300	4	218	872
	Datacom Dmswitch 3000	1	100	100
	Juniper SRX240	1	150	150
	Cisco Catalyst 3750	1	190	190
Impressora	Canon C1030	1	1905	1905
PC NOC	HP Compaq 6200	4	320	1280
	Dell Optiplex	2	240	480
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
Monitor NOC	HP LCD H108	9	45	405
	Dell OPT20F	6	40	240
	HP Lg W1942	1	36	36
	Lenovo Thinkstation 24 W	3	40	120
TOTAL				10071

As cargas da infraestrutura são constituídas das potências dos *nobreaks* (utiliza-se fator de potência 0,7), iluminação e refrigeração (1 BTU igual 0,29 watts) conforme Tabela 18:

Tabela 18: Cargas de Infraestrutura – Cenário 1.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Nobreaks	SMS Net + 1400 VA	4	980	3920

Refrigeração	Ar Condicionado Midea 30.000 BTUs	3	8700	26100
Iluminação	Luminárias	9	56	504
TOTAL				30524

4.1.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 1

Com o levantamento de todas as cargas através das especificações contidas nos manuais dos equipamentos, foi realizado o cálculo do PUE através do *software* MatLab. Nesse cálculo não há necessidade do fator de fonte de energia, já que toda a energia utilizada no *Data Center* é proveniente da eletricidade, com fator de fonte de energia 1.0.

$$\text{PUE} = \frac{\text{Carga Total Data center}}{\text{Carga Total TI}}$$

$$\text{PUE} = \frac{\text{Cargas TI + Cargas Infraestrutura}}{\text{Carga TI}}$$

As tabelas 17 e 18 foram utilizadas para o cálculo do PUE.

```
%Cálculo PUE - Cenário 1 - Atual
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Cenário 1 - Atual');
disp(' ');
Ar_condicionado = 30000;
Fator_btu = 0.29;
Sms = 1400;
Fator_nobreak = 0.7;
Servidores = 2970;
Switches = 1735;
Impressora = 1905;
Pc_noc = 2660;
Monitor_noc = 801;
Iluminacao = 504;

%Cálculo das conversões
disp('Conversão Potência Refrigeração');
Refrigeracao = Ar_condicionado * Fator_btu;
fprintf('Potência Refrigeração (unidade) = %9.1f W \n', Refrigeracao);
Refrigeracao_total = 3 * Refrigeracao;
fprintf('Potência Refrigeração Total = %9.1f W \n', Refrigeracao_total);
disp(' ');

disp('Conversão Potência Nobreak');
Nobreak = Sms * Fator_nobreak;
```

```

fprintf('Potência Nobreak (unidade) = %9.1f W \n', Nobreak);
Nobreak_total = 4 * Nobreak;
fprintf('Potência Nobreak Total = %9.1f W \n', Nobreak_total);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total de TI
Carga_Total_TI = Servidores + Switches + Impressora + Pc_noc + Monitor_noc;
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f W \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Infraestrutura
Carga_Total_Infraestrutura = Iluminacao + Refrigeracao_total +
Nobreak_total;
fprintf('Carga Total Infraestrutura = %9.1f W \n',
Carga_Total_Infraestrutura);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data center
Carga_Total_Data_Center = Carga_Total_TI + Carga_Total_Infraestrutura;
fprintf('Carga Total Data center = %9.1f W \n', Carga_Total_Data_Center);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = (Carga_Total_Data_Center) / (Carga_Total_TI);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);

%Gráfico Distribuição das cargas
A= [Servidores Switches Impressora Pc_noc Monitor_noc Iluminacao
Refrigeracao_total Nobreak_total];
pie(A,[1 0 0 0 0 0 1 1 ]) % destaca as fatias com 1 na posicao
correspondente
legend('Servidores','Switches','Impressora','Pcs Noc','Monitores
Noc','Iluminação','Refrigeração', 'Nobreak' )

%Gráfico PUE Cenários
function createfigure(PUE1, Y1, X1)
%CREATEFIGURE(PUE1, Y1, X1)
% PUE1: scatter x
% Y1: scatter y
% X1: scatter x

% Create figure
figure1 = figure('NumberTitle','off');

% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
'Position',[0.164531478348497 0.11 0.243960468942865
0.803151364764268]);
hold(axes1,'on');

% Create scatter
scatter(PUE1,Y1,'DisplayName','0 vs PUE');

% Create scatter
scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 0','MarkerFaceColor',[1 0 0],...
'MarkerEdgeColor',[1 0 0]);

% Create scatter

```

```

scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 1');

% Create xlabel
xlabel({'Cenário',''});

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the axes
% xlim(axes1,[0 4]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the axes
% ylim(axes1,[1 4.2]);
% Set the remaining axes properties
set(axes1,'CLim',[1 4.2],'XGrid','on','XTick',[0 1 2 3 4],'XTickLabel',...
{'0','1','2','3',''},'YAxisLocation','origin','YGrid','on','YTickLabel',...
{'','','',' ',' ',' ',' '});
% Create colorbar
colorbar('peer',axes1,'Position',...
[0.125915080527086 0.109181141439206 0.0346510496995925
0.801488833746898]);

```

Respostas

Cálculo PUE - Cenário 1 - Atual

Conversão Potência Refrigeração

Potência Refrigeração (unidade) = 8700.0 W

Potência Refrigeração Total = 26100.0 W

Conversão Potência Nobreak

Potência Nobreak (unidade) = 980.0 W

Potência Nobreak Total = 3920.0 W

Carga Total de TI = 10071.0 W

Carga Total Infraestrutura = 30524.0 W

Carga Total *Data center* = 40595.0 W

PUE = 4.031

Conforme explica Junior (2016), o resultado do PUE está inserido na classificação de um *Data Center* altamente ineficiente necessitando de alterações em suas configurações para melhorar esse desempenho energético. Abaixo na figura 30 indica o valor do PUE na escala de eficiência, estando muito distante da região entre 1 e 2, onde estão os *Data Centers* considerados eficientes.

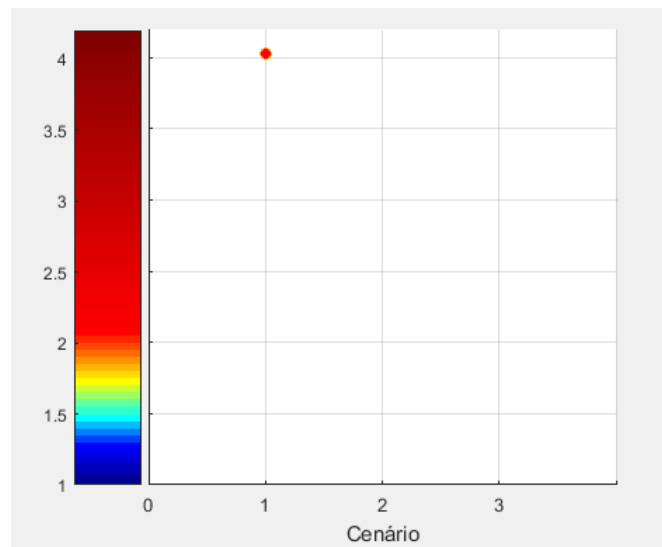


Figura 30 – PUE Cenário 1.

De acordo com Avelar *et al.* (2012), na análise da distribuição das cargas se identifica onde há um maior consumo e provavelmente desperdício energético. A figura 31 mostra o alto consumo de refrigeração na estrutura do *Data Center* estudado, seguido do consumo dos *nobreaks* e servidores.

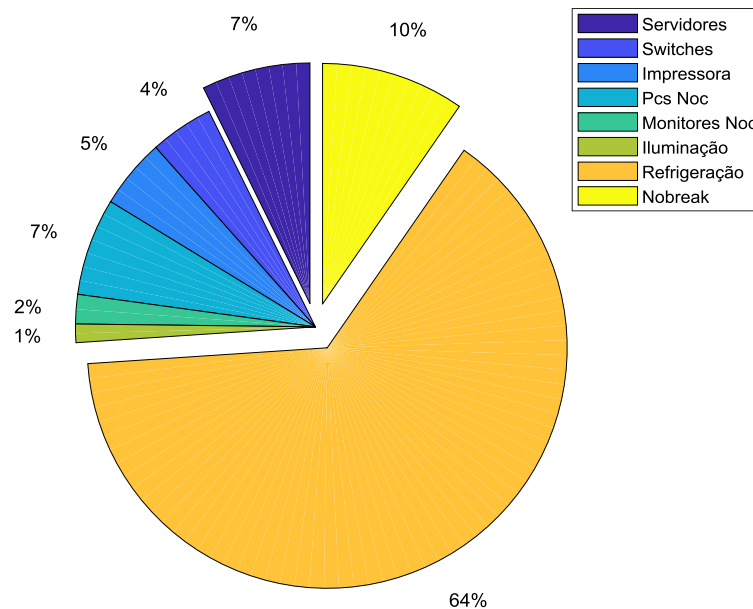


Figura 31 – Distribuição das Cargas Cenário 1.

4.2 CENÁRIO 2

4.2.1 LAYOUT DATA CENTER - CENÁRIO 2

No estudo do Cenário 2, conforme figura 32, foi realizada a otimização dos ativos de redes (*switches*). O *rack* de dados possui atualmente 264 portas, sendo um *switch* dedicado apenas ao *backbone*, que interligam todos os servidores e *racks*, e sete *switches* que alimentam os pontos de rede da instituição. No *rack* de telecom existem três *switches* que fazem a interligação dos *links* de dados com as outras unidades e também com a matriz em São Paulo. A otimização no *rack* de dados busca diminuir o consumo de energia elétrica sem perder a quantidade de pontos de rede atual, com isso foram substituídos os quatro *switches* de 24 portas (Cisco SG 300) por dois novos *switches* de 48 portas (HP 3100). O consumo energético desse novo *switch* é aproximadamente quatro vezes menor do que o atual. No *rack* de telecom a quantidade de portas não é o fator determinante, pois eles fazem apenas interligações com as outras unidades, sendo assim apenas um *switch* de 24 portas é o suficiente para essa demanda, pois assim se mantém as unidades da Baixada Santista interligadas e o *link* principal com a matriz em funcionamento.

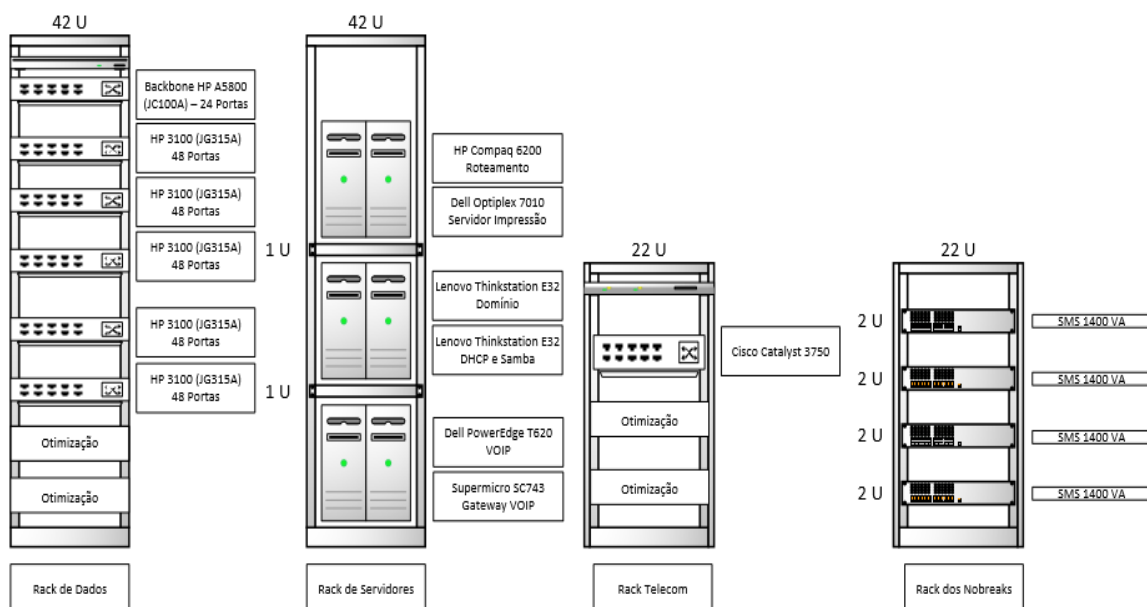


Figura 32 – Layout Data Center – Cenário 2.

4.2.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 2

O *rack* de dados teve uma otimização de aproximadamente 61% no total de

consumo energético. Já no *rack* de telecom a otimização foi de aproximadamente 56,8% no total de consumo energético. As cargas de TI do cenário 2 são conforme Tabela 19.

Tabela 19: Cargas de TI – Cenário 2.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Servidores	HP Compaq 6200	1	320	320
	Dell Optiplex	1	240	240
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
	Dell PowerEdge T620	1	750	750
	Supermicro SC743	1	760	760
Switches	HP A5800	1	300	300
	HP 3100	5	41	205
	Cisco Catalyst 3750	1	190	190
Impressora	Canon C1030	1	1905	1905
PC NOC	HP Compaq 6200	4	320	1280
	Dell Optiplex	2	240	480
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
Monitor NOC	HP LCD H108	9	45	405
	Dell OPT20F	6	40	240
	HP Lg W1942	1	36	36
	Lenovo Thinkstation 24 W	3	40	120
TOTAL				9031

As cargas da infraestrutura são constituídas das potências dos *nobreaks* (utiliza-se fator de potência 0,7), iluminação e refrigeração (1 BTU igual 0,29 watts) conforme Tabela 20.

Tabela 20: Cargas de Infraestrutura - Cenário 2.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Nobreaks	SMS Net + 1400 VA	4	980	3920
Refrigeração	Ar Condicionado Midea 30.000 BTUs	3	8700	26100
Iluminação	Luminárias	9	56	504
TOTAL				30524

4.2.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 2

```
%Cálculo PUE - Cenário 2
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Cenário 2');
disp(' ');

Ar_condicionado = 30000;
Fator_btu = 0.29;
Sms = 1400;
Fator_nobreak = 0.7;
Servidores = 2970;
Switches = 695;
Impressora = 1905;
Pc_noc = 2660;
Monitor_noc = 801;
Iluminacao = 504;

%Cálculo das conversões
disp('Conversão Potência Refrigeração');
Refrigeracao = Ar_condicionado * Fator_btu;
fprintf('Potência Refrigeração (unidade) = %9.1f W \n', Refrigeracao);
Refrigeracao_total = 3 * Refrigeracao;
fprintf('Potência Refrigeração Total = %9.1f W \n', Refrigeracao_total);
disp(' ');

disp('Conversão Potência Nobreak');
Nobreak = Sms * Fator_nobreak;
fprintf('Potência Nobreak (unidade) = %9.1f W \n', Nobreak);
Nobreak_total = 4 * Nobreak;
fprintf('Potência Nobreak Total = %9.1f W \n', Nobreak_total);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total de TI
Carga_Total_TI = Servidores + Switches + Impressora + Pc_noc + Monitor_noc;
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f W \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Infraestrutura
Carga_Total_Infraestrutura = Iluminacao + Refrigeracao_total +
Nobreak_total;
fprintf('Carga Total Infraestrutura = %9.1f W \n',
Carga_Total_Infraestrutura);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data center
Carga_Total_Data_Center = Carga_Total_TI + Carga_Total_Infraestrutura;
fprintf('Carga Total Data center = %9.1f W \n', Carga_Total_Data_Center);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = (Carga_Total_Data_Center) / (Carga_Total_TI);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);

%Gráfico Distribuição das cargas
```

```

A= [Servidores Switches Impressora Pc_noc Monitor_noc Iluminacao
Refrigeracao_total Nobreak_total];
pie(A,[1 0 0 0 0 0 1 1 ]) % destaca as fatias com 1 na posicao
correspondente
legend('Servidores','Switches','Impressora','Pcs Noc','Monitores
Noc','Iluminação','Refrigeração','Nobreak' )

%Gráfico PUE Cenários
function createfigure(PUE1, Y1, X1)
%CREATEFIGURE(PUE1, Y1, X1)
% PUE1: scatter x
% Y1: scatter y
% X1: scatter x

% Create figure
figure1 = figure('NumberTitle','off');

% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'Position',[0.164531478348497 0.11 0.243960468942865
0.803151364764268]);
hold(axes1,'on');

% Create scatter
scatter(PUE1,Y1,'DisplayName','0 vs PUE');

% Create scatter
scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 0','MarkerFaceColor',[1 0 0],...
    'MarkerEdgeColor',[1 0 0]);

% Create scatter
scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 2');

% Create xlabel
xlabel({'Cenário',''});

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the axes
% xlim(axes1,[0 4]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the axes
% ylim(axes1,[1 4.2]);
% Set the remaining axes properties
set(axes1,'CLim',[1 4.2],'XGrid','on','XTick',[0 1 2 3 4],'XTickLabel',...
    {'0','1','2','3',''},'YAxisLocation','origin','YGrid','on','YTickLabel',...
    {'','','','','','',''});
% Create colorbar
colorbar('peer',axes1,'Position',...
    [0.125915080527086 0.109181141439206 0.0346510496995925
0.801488833746898]);

```

Respostas

Cálculo PUE - Cenário 2

Conversão Potência Refrigeração

Potência Refrigeração (unidade) = 8700.0 W

Potência Refrigeração Total = 26100.0 W

Conversão Potência Nobreak

Potência Nobreak (unidade) = 980.0 W
Potência Nobreak Total = 3920.0 W

Carga Total de TI = 9031.0 W

Carga Total Infraestrutura = 30524.0 W

Carga Total *Data center* = 39555.0 W

PUE = 4.380

A otimização dos ativos de rede demonstrou que não houve uma melhora na métrica PUE, pois a grande demanda energética contida nas cargas da infraestrutura impacta diretamente na eficiência energética do *Data Center*. Abaixo na figura 33 mostra-se a localização do novo índice do PUE.

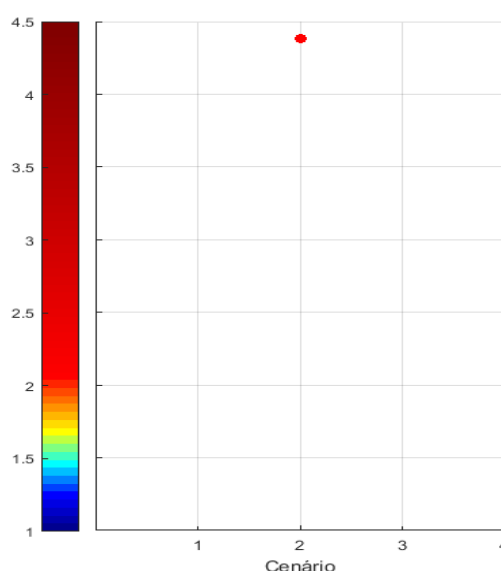


Figura 33 – PUE Cenário 2.

De acordo com Avelar *et al.* (2012), na análise da distribuição das cargas pode-se identificar onde há um maior consumo e provavelmente desperdício energético. A figura 34 mostra o alto consumo de refrigeração na estrutura do *Data Center* estudado, seguido do consumo dos *nobreaks* e servidores.

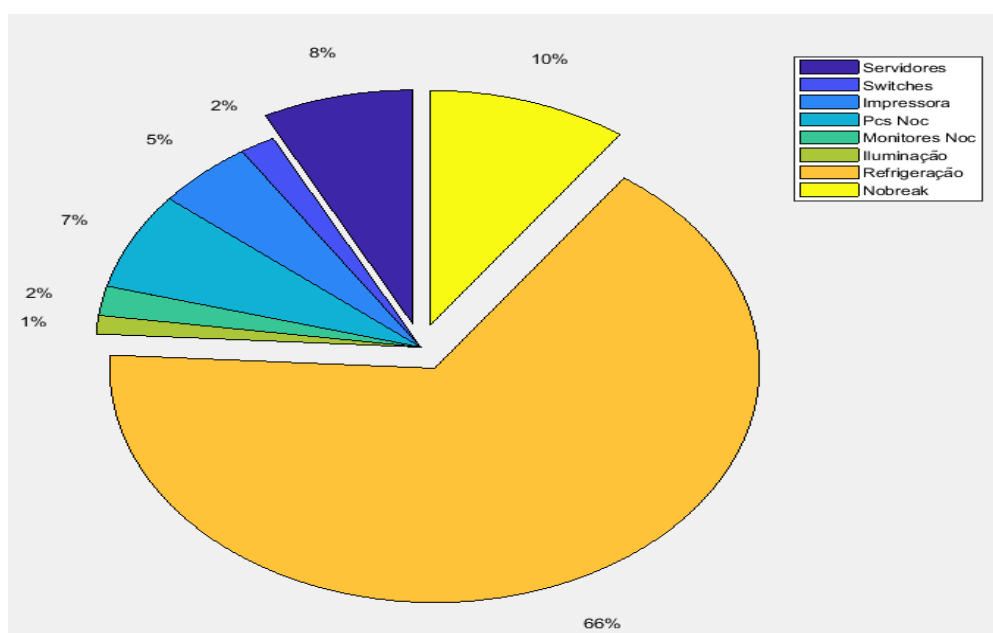


Figura 34 – Distribuição das Cargas Cenário 2.

4.3 CENÁRIO 3

4.3.1 LAYOUT DATA CENTER - CENÁRIO 3

No estudo do Cenário 3, conforme figura 35, foram otimizados os servidores e os *nobreaks*. O *rack* dos servidores possui atualmente seis máquinas para realizar todo o processamento e gerenciamento da rede da instituição. A otimização será realizada com a aquisição de outro servidor Dell Poweredge T620 que trabalhará em paralelo com o servidor de mesma configuração, através da virtualização de servidores (*Softwares* de virtualização KVM, VMware, Hyper-V). As seis máquinas virtuais ficarão divididas entre os dois servidores, sendo que cada um deles terão três em modo ativo e outras três em modo *standby*, para que em caso de algum problema os sistemas não sofram impactos. No *rack* dos *nobreaks* fez-se a otimização reduzindo a quantidade de *nobreaks* para apenas um equipamento de 3000 VA, já que a carga total também teve uma grande redução de potência.

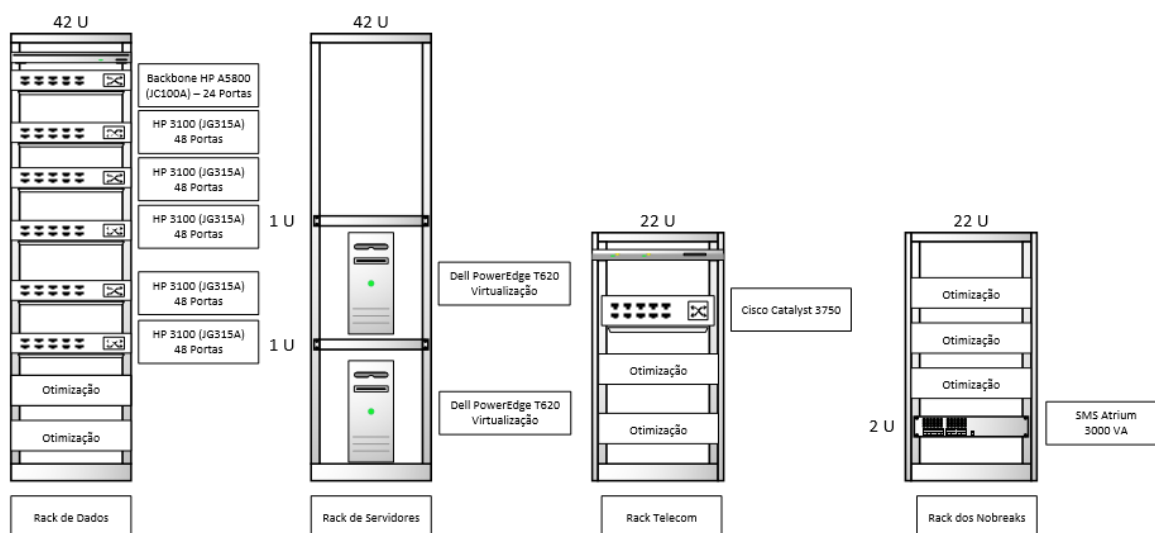


Figura 35 – Layout Data center – Cenário 3.

4.3.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 3

O rack dos servidores teve uma otimização de aproximadamente 49,5% no total de consumo energético. Já no rack de *nobreaks* a otimização foi de aproximadamente 46,4% no total de consumo energético. As cargas de TI do cenário 3 são conforme Tabela 21.

Tabela 21: Cargas de TI – Cenário 3.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Servidores	Dell PowerEdge T620	2	750	1500
Switches	HP A5800	1	300	300
	HP 3100	5	41	205
	Cisco Catalyst 3750	1	190	190
Impressora	Canon C1030	1	1905	1905
PC NOC	HP Compaq 6200	4	320	1280
	Dell Optiplex	2	240	480
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
Monitor NOC	HP LCD H108	9	45	405
	Dell OPT20F	6	40	240
	HP Lg W1942	1	36	36
	Lenovo Thinkstation 24 W	3	40	120
TOTAL				7561

As cargas da infraestrutura são constituídas das potências dos *nobreaks* (utiliza-se fator de potência 0,7), iluminação e refrigeração (1 BTU igual 0,29 watts) conforme Tabela 22.

Tabela 22: Cargas de Infraestrutura - Cenário 3.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Nobreaks	SMS Atrium 3000 VA	1	2100	2100
Refrigeração	Ar Condicionado Midea 30.000 BTUs	3	8700	26100
Iluminação	Luminárias	9	56	504
TOTAL				28704

4.3.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 3

```
%Cálculo PUE - Cenário 3
```

```
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Cenário 3');
disp(' ');
```

```
Ar_condicionado = 30000;
Fator_btu = 0.29;
Sms = 3000;
Fator_nobreak = 0.7;
Servidores = 1500;
Switches = 695;
Impressora = 1905;
Pc_noc = 2660;
Monitor_noc = 801;
Iluminacao = 504;
```

```
%Cálculo das conversões
```

```
disp('Conversão Potência Refrigeração');
Refrigeracao = Ar_condicionado * Fator_btu;
fprintf('Potência Refrigeração (unidade) = %9.1f W \n', Refrigeracao);
Refrigeracao_total = 3 * Refrigeracao;
fprintf('Potência Refrigeração Total = %9.1f W \n', Refrigeracao_total);
disp(' ');
```

```
disp('Conversão Potência Nobreak');
Nobreak = Sms * Fator_nobreak;
fprintf('Potência Nobreak (unidade) = %9.1f W \n', Nobreak);
Nobreak_total = 1 * Nobreak;
fprintf('Potência Nobreak Total = %9.1f W \n', Nobreak_total);
disp(' ');
```

```
%Cálculo Carga Total de TI
```

```
Carga_Total_TI = Servidores + Switches + Impressora + Pc_noc + Monitor_noc;
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f W \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');
```

```

%Cálculo Carga Total Infraestrutura
Carga_Total_Infraestrutura = Iluminacao + Refrigeracao_total +
Nobreak_total;
fprintf('Carga Total Infraestrutura = %9.1f W \n',
Carga_Total_Infraestrutura);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data center
Carga_Total_Data_Center = Carga_Total_TI + Carga_Total_Infraestrutura;
fprintf('Carga Total Data center = %9.1f W \n', Carga_Total_Data_Center);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = (Carga_Total_Data_Center) / (Carga_Total_TI);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);

%Gráfico Distribuição das cargas
A= [Servidores Switches Impressora Pc_noc Monitor_noc Iluminacao
Refrigeracao_total Nobreak_total];
pie(A,[1 0 0 0 0 0 1 1 ]) % destaca as fatias com 1 na posicao
correspondente
legend('Servidores','Switches','Impressora','Pcs Noc','Monitores
Noc','Iluminação','Refrigeração','Nobreak' )

%Gráfico PUE Cenários
function createfigure(PUE1, Y1, X1)
%CREATEFIGURE(PUE1, Y1, X1)
% PUE1: scatter x
% Y1: scatter y
% X1: scatter x

% Create figure
figure1 = figure('NumberTitle','off');

% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
'Position',[0.164531478348497 0.11 0.243960468942865
0.803151364764268]);
hold(axes1,'on');

% Create scatter
scatter(PUE1,Y1,'DisplayName','0 vs PUE');

% Create scatter
scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 0','MarkerFaceColor',[1 0 0],...
'MarkerEdgeColor',[1 0 0]);

% Create scatter
scatter(X1,PUE1,'DisplayName','PUE vs 3');

% Create xlabel
xlabel({'Cenário',''});

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the axes
% xlim(axes1,[0 4]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the axes
% ylim(axes1,[1 4.2]);

```

```
% Set the remaining axes properties
set(axes1, 'CLim', [1 4.2], 'XGrid', 'on', 'XTick', [0 1 2 3 4], 'XTickLabel', ...

{'0', '1', '2', '3', ''}, 'YAxisLocation', 'origin', 'YGrid', 'on', 'YTickLabel', ...
{'', '', '', '', ''}, 'YTick', [0 1 2 3 4], 'YTickLabel', ...
{'', '', '', '', ''});
% Create colorbar
colorbar('peer', axes1, 'Position', ...
[0.125915080527086 0.109181141439206 0.0346510496995925
0.801488833746898]);
```

Respostas

Cálculo PUE - Cenário 3

Conversão Potência Refrigeração

Potência Refrigeração (unidade) = 8700.0 W

Potência Refrigeração Total = 26100.0 W

Conversão Potência Nobreak

Potência Nobreak (unidade) = 2100.0 W

Potência Nobreak Total = 2100.0 W

Carga Total de TI = 7561.0 W

Carga Total Infraestrutura = 28704.0 W

Carga Total *Data center* = 36265.0 W

PUE = 4.796

A otimização dos servidores e dos *nobreaks* demonstrou que não houve uma melhora na métrica PUE, pois a grande demanda energética contida nas cargas da infraestrutura continua impactando extremamente na eficiência energética do *Data Center*. Abaixo na figura 36 mostra-se a localização do novo índice de PUE.

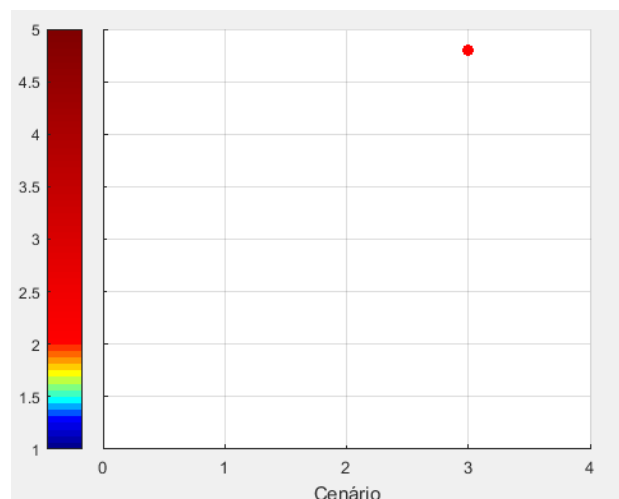


Figura 36 – PUE Cenário 3.

Com a otimização dos servidores e principalmente dos *nobreaks* pode-se verificar a grande quantidade de consumo na área de refrigeração visto na figura 37 na análise da distribuição das cargas.

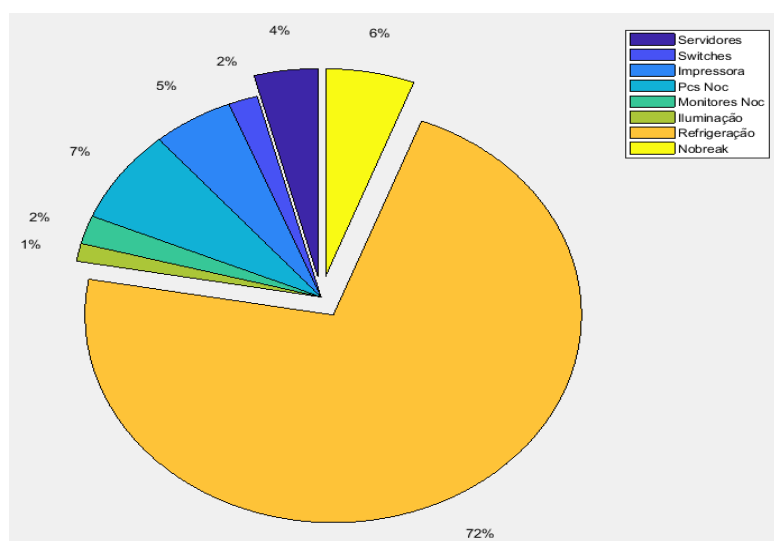


Figura 37 – Distribuição das Cargas Cenário 3.

4.4 CENÁRIO 4 - PROPOSTA DE MELHORIA

4.4.1 LAYOUT DATA CENTER - CENÁRIO 4

No estudo do Cenário 4, conforme figura 38, permaneceu a estrutura do atual *Data Center* da instituição, mas realizando a simulação da retirada da sala técnica do *Data Center*, onde estão localizados todos os analistas e técnicos do departamento. Apenas dois computadores e dois monitores que são usados para monitoramento do *Data Center* foram mantidos dentro da estrutura. Com essa alteração foi possível realizar a otimização do sistema de refrigeração retirando dois aparelhos de ar condicionado do ambiente do *Data Center*. O Cenário 4 contempla uma estimativa para proposta de melhoria na eficiência energética do *Data Center* estudado, mas sem realizar um estudo específico do sistema de refrigeração.

Conforme Stucchi (2017), o sistema de refrigeração otimizado e operando entre a temperatura entre 20° C e 25° C permite um funcionamento equilibrado de todo sistema, e com isso promovendo a economia no uso da energia e nos custos, já que o mesmo funciona durante 24 horas por 7 dias da semana. Segundo Heinrich (2016), os administradores das instalações de infraestrutura dos *Data Centers* enfrentam grande dificuldade, no dia a dia, para entender os impactos das modificações de ordenação física (localização de equipamentos), instalações de cabos e acessórios ou mesmo a posição e calibração dos elementos que compõem os sistemas de AVAC (Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado).

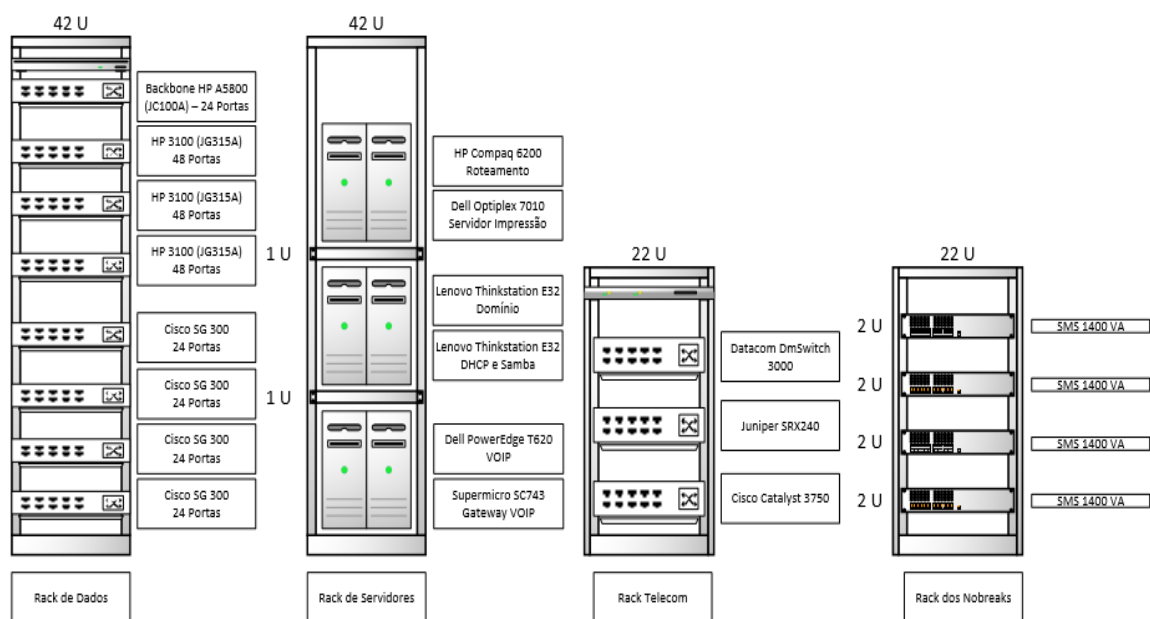


Figura 38 – Layout Data center – Cenário 4.

4.4.2 COLETA DE DADOS - CENÁRIO 4

Com a retirada da sala técnica do *Data Center* foi possível uma redução nas cargas de TI. As cargas de TI do cenário 4 são conforme Tabela 23.

Tabela 23: Cargas de TI – Cenário 4.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Servidores	HP Compaq 6200	1	320	320
	Dell Optiplex	1	240	240
	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
	Dell PowerEdge T620	1	750	750
	Supermicro SC743	1	760	760
Switches	HP A5800	1	300	300
	HP 3100	3	41	123
	Cisco SG 300	4	218	872
	Datacom Dmswitch 3000	1	100	100
	Juniper SRX240	1	150	150
	Cisco Catalyst 3750	1	190	190
PC NOC	Lenovo Thinkstation E32	2	450	900
Monitor NOC	Lenovo Thinkstation 24 W	2	40	80
TOTAL				5685

As cargas da infraestrutura são constituídas das potências dos *nobreaks* (utiliza-se fator de potência 0,7), iluminação e refrigeração (1 BTU igual 0,29 watts) conforme Tabela 24. Com a saída da sala técnica do *Data Center* foi possível reduzir a quantidade da carga nominal da iluminação e da refrigeração.

Tabela 24: Cargas de Infraestrutura - Cenário 4.

	Modelo	Quantidade [un]	Potência [W]	Potência Total [W]
Nobreaks	SMS Net + 1400 VA	4	980	3920
Refrigeração	Ar Condicionado Midea 30.000 BTUs	1	8700	8700
Iluminação	Luminárias	5	56	280
TOTAL				12900

4.4.3 CÁLCULOS - CENÁRIO 4

```
%Cálculo PUE - Cenário 4 Proposta de Melhoria
clear all;
clc;
disp('Cálculo PUE - Cenário 4 Proposta de Melhoria');
disp(' ');

Ar_condicionado = 30000;
Fator_btu = 0.29;
Sms = 1400;
Fator_nobreak = 0.7;
Servidores = 2970;
Switches = 1735;
Pc_noc = 900;
Monitor_noc = 80;
Iluminacao = 280;

%Cálculo das conversões
disp('Conversão Potência Refrigeração');
Refrigeracao = Ar_condicionado * Fator_btu;
fprintf('Potência Refrigeração (unidade) = %9.1f W \n', Refrigeracao);
Refrigeracao_total = 1 * Refrigeracao;
fprintf('Potência Refrigeração Total = %9.1f W \n', Refrigeracao_total);
disp(' ');

disp('Conversão Potência Nobreak');
Nobreak = Sms * Fator_nobreak;
fprintf('Potência Nobreak (unidade) = %9.1f W \n', Nobreak);
Nobreak_total = 4 * Nobreak;
fprintf('Potência Nobreak Total = %9.1f W \n', Nobreak_total);
disp(' ');
```

```

%Cálculo Carga Total de TI
Carga_Total_TI = Servidores + Switches + Pc_noc + Monitor_noc;
fprintf('Carga Total de TI = %9.1f W \n', Carga_Total_TI);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Infraestrutura
Carga_Total_Infraestrutura = Iluminacao + Refrigeracao_total +
Nobreak_total;
fprintf('Carga Total Infraestrutura = %9.1f W \n',
Carga_Total_Infraestrutura);
disp(' ');

%Cálculo Carga Total Data Center
Carga_Total_Data_Center = Carga_Total_TI + Carga_Total_Infraestrutura;
fprintf('Carga Total Data Center = %9.1f W \n', Carga_Total_Data_Center);
disp(' ');

%Cálculo PUE
PUE = (Carga_Total_Data_Center) / (Carga_Total_TI);
fprintf('PUE = %9.3f \n', PUE);

%Gráfico Distribuição das cargas
A= [Servidores Switches Pc_noc Monitor_noc Iluminacao Refrigeracao_total
Nobreak_total];
pie(A,[1 0 0 0 0 1 1 ]) % destaca as fatias com 1 na posicao correspondente
legend('Servidores','Switches','Pcs Noc','Monitores
Noc','Iluminação','Refrigeração','Nobreak' )

%Gráfico PUE Cenários
function createfigure1(X1, Y1)
%CREATEFIGURE1(X1, Y1)
% X1: vector of x data
% Y1: vector of y data

% Create figure
figure1 = figure;

% Create axes
axes1 = axes('Parent',figure1,...
'Position',[0.191142020118184 0.11 0.218081991594847 0.815]);
hold(axes1,'on');

% Create plot
plot(X1,Y1,'MarkerFaceColor',[1 0 0],'MarkerSize',10,'Marker','o',...
'LineStyle','none');

% Create xlabel
xlabel('Cenário');

% Create ylabel
ylabel('PUE');

% Uncomment the following line to preserve the X-limits of the axes
% xlim(axes1,[1 5]);
% Uncomment the following line to preserve the Y-limits of the axes
% ylim(axes1,[1 5]);
% Set the remaining axes properties
set(axes1,'CLim',[1 5],'XGrid','on','XTick',[1 2 3 4 5 6 7 8 9],...

```

```

        'XTickLabel',{'1','2','3','4','5','6','7','8','9'}, 'YGrid','on',...
        'YTickLabel',{' ',' ',' ',' ',' ',' ',' ',' ',' '});
% Create colorbar
colorbar('peer',axes1,'westoutside');

```

Respostas

Cálculo PUE - Cenário 4 Proposta de Melhoria

Conversão Potência Refrigeração

Potência Refrigeração (unidade) = 8700.0 W

Potência Refrigeração Total = 8700.0 W

Conversão Potência Nobreak

Potência Nobreak (unidade) = 980.0 W

Potência Nobreak Total = 3920.0 W

Carga Total de TI = 5685.0 W

Carga Total Infraestrutura = 12900.0 W

Carga Total Data Center = 18585.0 W

PUE = 3.269

A proposta de melhoria para o Data Center estudado foi realizada com a retirada da sala técnica do Data Center de dentro da estrutura total e a diminuição da quantidade de refrigeração, com isso o índice de eficiência energética diminui, o que permitiu uma aproximação da área considerada eficiente na tabela de classificação do PUE. A proposta não contemplou um estudo específico para o sistema de refrigeração utilizando apenas o valor nominal do ar condicionado instalado atualmente. Essa refrigeração necessita de um estudo mais detalhado para que se otimize o gasto energético do Data Center. Abaixo na figura 39 mostra-se a localização do novo índice de PUE.

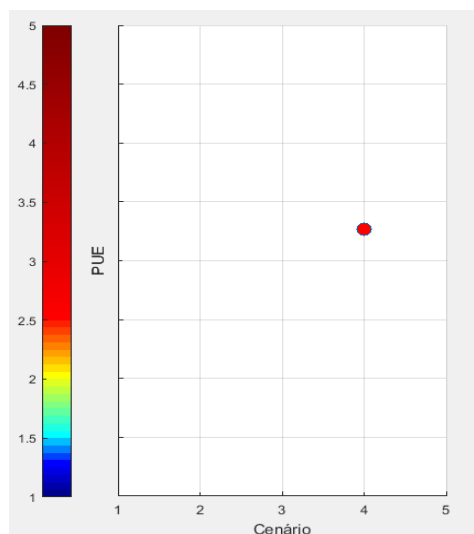


Figura 39 – PUE Cenário 4.

Com a otimização das cargas da sala técnica do *Data Center* e da refrigeração pode-se verificar uma melhor distribuição das cargas visto na figura 40 na análise da distribuição das cargas.

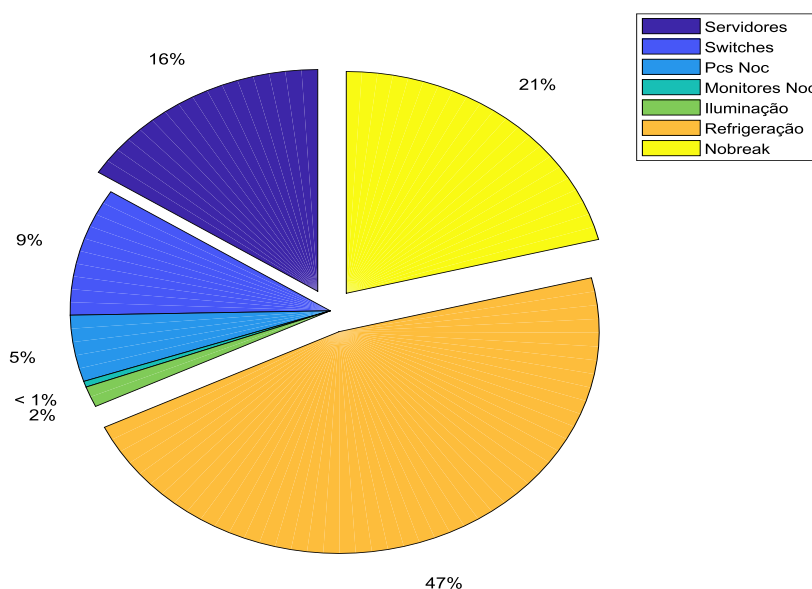


Figura 40 – Distribuição das Cargas Cenário 4.

4.5 RESULTADOS

O estudo dos cenários possibilitou mensurar resultados que identificaram os maiores responsáveis pelo consumo energético do *Data Center*. A eficiência energética do *Data Center* estudado está bem distante dos índices considerados eficientes. Conforme explica Marin (2011), algumas pesquisas realizadas mostram que os *Data Centers* de pequeno e médio porte atuais estão com PUE acima de 2,50, que são considerados ineficientes. O *Data Center* do IFES estudado está com o PUE atual de 4,031 (altamente ineficiente) muito longe da faixa considerada eficiente que compreende entre 1 e 2,5.

A figura 41 apresenta os valores do cenário atual, dois cenários otimizados e o último cenário com uma proposta de melhoria, portanto analisando os valores dos PUEs calculados se faz necessário uma reestruturação nas cargas da infraestrutura, pois com a otimização das cargas de TI teve-se uma piora no índice PUE. Apenas no último cenário com a aplicação da solução de melhoria que tivemos um avanço

positivo na eficiência do *Data Center*.

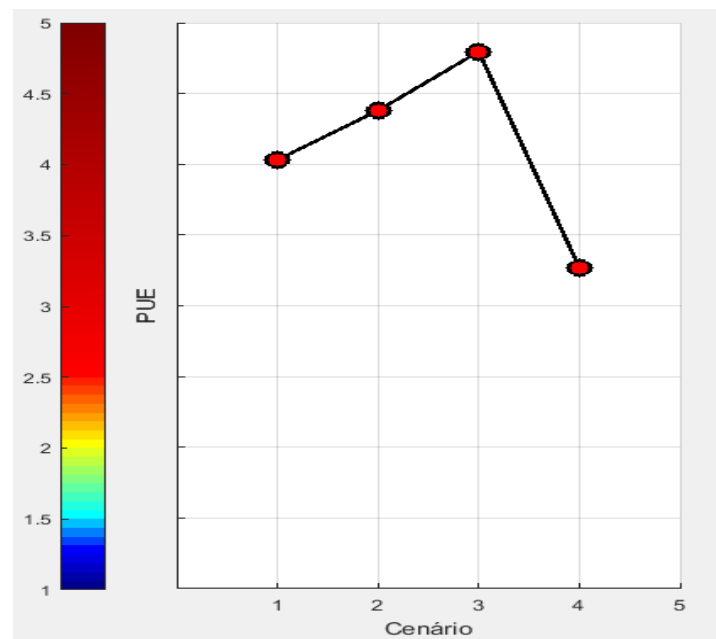


Figura 41 – PUE Resultados gráficos dos 4 Cenários.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho veio a confirmar que a estrutura do *Data Center* necessita de planejamento constante, já que o bom funcionamento influencia nas condições de trabalho de toda a organização. Como por exemplo um *Data Center* sem redundância de servidores ou equipamentos de proteção contra interrupção de energia podem gerar impactos significativos nas produções das indústrias, organizações ou instituições. Tratando-se da eficiência energética do *Data Center*, esta pesquisa contribui com o tema sustentabilidade, visto que está em alta a preocupação com este tema dentro das empresas e instituições atualmente. Liga-se ao fato de que as organizações estão buscando certificações de qualidade (ISO), para se destacarem nos *rankings* empresariais, já que uma empresa que se importa com o meio ambiente e tenha políticas criteriosas de produção, sempre estará conectada com esse novo mundo sustentável e racional. Em toda esta questão que envolve sustentabilidade a preocupação com os *Data Centers* torna-se importante devido as grandes crises hídricas e o aumento exagerado do consumo de energia. Os estudos referentes a eficiência energética terão um valor cada vez maior no mundo considerando ainda que o objetivo da indústria que é ter uma maior produção com uma demanda menor de energia, e o seu alto custo vem impactando diretamente os valores dos produtos.

Neste trabalho, a realização do estudo da eficiência energética do *Data Center* de uma instituição federal de ensino superior foi para otimizar o consumo energético da mesma e oferecer sugestões para estas mudanças. Com a montagem dos cenários e levantamentos dos dados possibilitou-se através das normas de classificações de cargas elétricas identificar os pontos de maiores consumos energéticos.

O cenário 1 mensurou que o consumo atual do *Data Center* através da métrica PUE um valor que o classificava como altamente ineficiente. Neste mesmo cenário pode-se avaliar o alto consumo energético do sistema de refrigeração, *nobreaks* e servidores.

Na simulação do cenário 2 otimizou-se a estrutura do *rack* de dados e de telecomunicações, com a diminuição dos ativos de redes (switches), analisando o

impacto gerado nas cargas de TI através da métrica PUE foi possível verificar a evolução da eficiência energética. Identificou-se um aumento do consumo energético, pois houve apenas uma redução nas cargas de TI e nenhuma alteração nos grandes consumidores energéticos que se encontravam nas cargas da infraestrutura do *Data Center*.

Na simulação do cenário 3 realizou-se a otimização do *rack* de servidores e do *rack* de *nobreak*. Desta vez conseguiu-se reduzir tanto as cargas de TI como as cargas de infraestrutura do *Data Center*, atingindo dois grandes consumidores de energia. Contudo com a aplicação da métrica PUE pode-se identificar um novo aumento da ineficiência do *Data Center*, já que o sistema de refrigeração não foi modificado nenhuma vez, dessa forma fez com que aumentasse a porcentagem de consumo de energia em relação a carga total energética do *Data Center*.

Na implementação da proposta de melhoria do cenário 4 realizou-se a retirada da sala técnica do *Data Center* e a diminuição do sistema de refrigeração. Com a redução das cargas de TI e das cargas de infraestrutura do *Data Center*, onde foi diminuída a refrigeração, já que era o maior gasto energético da estrutura do atual *Data Center*, o índice de eficiência energética melhorou na escala de classificação do PUE. Nessa proposta apesar de não ter sido realizado nenhum estudo aprofundado no sistema de refrigeração, os resultados mostraram um caminho promissor para a amenização do problema considerando que ainda há um resíduo de gasto energético nesse sistema. De forma geral conclui-se com o estudo que as otimizações dentro de um *Data Center* devam ser realizadas englobando todas as áreas do mesmo, e não individualizando por grupos ou cargas. Destaca-se também que a ferramenta do PUE é de grande importância na busca de um *Data Center* equilibrado e eficiente, pois com as classificações corretas das cargas de TI e de infraestrutura pode-se identificar com exatidão o local de desperdício energético.

5.2 SUGESTÕES

Com base nos estudos dos cenários sugere-se, para trabalhos futuros, a implantação de um sistema de refrigeração individualizado para o *Data Center* estudado, pois o atual é compartilhado com a infraestrutura do prédio. Com a individualização da refrigeração pode-se diminuir o consumo energético excessivo

encontrado através deste estudo.

A segunda sugestão para o *Data Center* estudado é a retirada da sala técnica de dentro da estrutura do *Data Center*, visto que na sua instalação original ela não está próxima, mas sim dentro do *Data Center*. Com isso ocorre o aumento do consumo energético das cargas de TI impactando na métrica PUE. Esta sugestão é embasada no fato de que na configuração de um *Data Center* moderno verifica-se que dentro do ambiente eles tem um terminal para acesso e apoio, no entanto as equipes técnicas ficam em salas separadas com sistemas de refrigeração independentes do sistema do *Data Center*.

REFERÊNCIAS

- AKATU, I. **Consumidores conscientes: O que pensam e como agem**. Akatu, Instituto, São, 2005.
- ALBERTIN, A. L. **Valor estratégico dos projetos de tecnologia de informação**. Revista de Administração de Empresas, v. 41, n. 3, p. 42-50, 2001. ISSN 0034-7590.
- ALDABÓ, R. **Energia eólica**. ArtLiber, 2012. ISBN 8588098148.
- ANDREA, M. **Data center size and density**. White Paper # DCISE-001. 2014.
- ANEEL, R. 456– **Condições Gerais de Fornecimento, Agência Nacional de Energia Elétrica–ANEEL**. Brasília, Novembro de, 2000.
- ASHRAE. **Data center networking equipment – issues and best practices**. White Paper preparado por ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Technical Committee (TC) 9.9. 2013.
- ASSOCIATION, T. I. **Tia-942 data center standards overview**. White Paper, 2006.
- AVELAR, V. **Guidance for Calculation of Efficiency (PUE) in Data centers**. Schneider Electric, Rueil Malmaison, France, White Paper, v. 158, 2010.
- AVELAR, V. et al. **PUE: a comprehensive examination of the metric**. White paper, v. 49, 2012.
- BAJAY, S. V.; FERREIRA, A. L. **A energia da biomassa no Brasil. Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Editora Unicamp, Campinas. Cap, v. 2, p. 68-120, 2005.
- BARROS, B. F. D.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Gerenciamento de energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica**. São Paulo-SP: Érica Ltda, 2010.
- BELADY, C. et al. **Green grid data center power efficiency metrics: PUE and DCIE**. Technical report, Green Grid. 2008
- _____. **DECRETO Nº 20.466, DE 1º DE OUTUBRO DE 1931. Estabelece a hora de economia de luz no verão em todo o território brasileiro.**, 1931.
- _____. **DECRETO Nº 41.019, DE 26 DE FEVEREIRO DE 1957. Regulamenta os serviços de energia elétrica**, 1957.
- _____. **DECRETO DE 18 DE JULHO DE 1991. Dispõe sobre o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL e dá outras providências.**, 1991.

_____. **DECRETO DE 8 DE DEZEMBRO DE 1993. Dispõe sobre a criação do Selo Verde de eficiência energética.**, 1993.

_____. **Lei nº 9.991 de 24/07/2000 publicado em 25/07/2000. Dispõe sobre realização de investimento em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências**, 2000a.

_____. **LEI Nº 13.280, DE 3 DE MAIO DE 2016. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética**, 2000b.

_____. **DECRETO Nº 4.059, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências.**, 2001.

_____. **LEI n 10.847, DE 15 DE MARÇO DE 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências.**, 2004.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 556, DE 18 DE JUNHO DE 2013. Aprovar os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL**, 2013.

BRASIL, L. N. 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2001.

CALILI, R. F. **Políticas de Eficiência Energética no Brasil: uma abordagem em um Ambiente Econômico sob Incerteza**. Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, Tese de Doutorado, 2013.

CAMARGO, D. S. et al. **GreenHop: Open source environmental monitoring for small and medium data centers**. Computer Science Society (SCCC), 2016 35th International Conference of the Chilean, 2016, IEEE. p.1-12.

CEPAL, N.; DE PESQUISA ENERGETICA, B. E. **Relatório nacional de monitorização da eficiência energética do Brasil**. 2016.

CISCO. **Cisco Catalyst 3750** Disponível em:<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3750-series-switches/product_data_sheet0900aecd80371991.pdf>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2013.

CISCO. **Switchs 300G Series Datasheet** Disponível em:<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/small-business-smart-switches/data_sheet_c78-610061.pdf>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2014.

DA EDUCAÇÃO SUPERIOR, I. C. Disponível em: Acesso 2014.

DATACOM. **Datacom DmSwitch 3000** Disponível em:<<http://www.datacom.ind.br/wp-content/uploads/2015/02/134.0086.30-Descritivo-DmSwitch-3000.pdf>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2014.

DCE. **Denominações das Instituições de Ensino Superior (IES)** <http://www.dce.mre.gov.br/nomenclatura_cursos.html>. Acesso em, v. 01/08/2017.

DE AZEVEDO BRAYNER, F. L.; RAMOS, P. G. S.; DE AZEVEDO BRAYNER, P. V. **TI VERDE: SUSTENTABILIDADE NA ÁREA DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.**

DE FARIA, A. C.; SIQUEIRA, L. D.; DA SILVA MARTINS, M. **TI Verde: mito ou realidade na indústria digital brasileira.** Revista Electronica de Sistemas de Informacao, v. 15, n. 1, p. 1, 2016. ISSN 1677-3071.

DE OLIVEIRA, M. J. **Termodinâmica,-Editora Livraria da Física.** São Paulo/SP, v. 2, 2012.

DE SOUSA, L. B. **TCP/IP básico & conectividade em redes.** Érica, 2010. ISBN 8571949069.

DE SOUSA. **Redes de Computadores–Guia Total.** Editora Érica, 2014.

DELL. **Dell PowerEdge T620** Disponível em:<http://www.dell.com/downloads/global/products/pedgedell_poweredge_t620_spec_sheet.pdf>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2011.

DELL. **Dell OptiPlex 7010** Disponível em:<http://downloads.dell.com/manuals/all-products/esuprt_desktop/esuprt_optiplex_desktop/optiplex-7010_owner%27s%20manual4_pt-br.pdf>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2012.

EMPRESA, D. P. E. **Balanço energético nacional 2012: Ano base 2011.** Rio de Janeiro: EPE, 2012.

FEDERAL, S. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Brasília: MEC, 1996.

FOINA, P. R. **Tecnologia de informação: planejamento e gestão.** Editora Atlas SA, 2013. ISBN 8522480850.

GANESHALINGAM, M.; SHEHABI, A.; DESROCHES, L.-B. **Shining a Light on Small Data Centers in the US.** 2017.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento:** Editora da Universidade de São Paulo. 3 2012.

GOMES, D. AS DIMENSÕES DA OFERTA...-**Energia nuclear na geração de energia elétrica.** Revista do Serviço Público, v. 43, p. 35-36, 2017. ISSN 2357-8017.

GRADELLA, M.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações: Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica. 2 2015.

GRID, G. **The Green Grid *data center* power efficiency metrics: PUE and DCiE**. Green Grid report, 2007.

HAAS, J. et al. **Usage and public reporting guidelines for the green grid's infrastructure metrics (PUE/DCiE)**. White Paper, v. 22, 2009.

HEINRICH, R.E. **Coordenação de fluxo de ar condicionado em Data Centers: Arranjos e Simulações com CFD (Computational Fluid Dynamics)**, 2016

HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. Cengage Learning Editores, 2014. ISBN 8522103372.

HINTEMANN, R. **The Future of *Data center* Energy Demand**. 2014.

HORNER, N.; AZEVEDO, I. **Power usage effectiveness in *data centers*: overloaded and underachieving**. The Electricity Journal, v. 29, n. 4, p. 61-69, 2016. ISSN 1040-6190.

HP. **HP Compaq 6200 Pro Microtower** Disponível em:<<https://support.hp.com/us-en/product/hp-compaq-6200-pro-microtower-pc/5037909/document/c02779499#AbT2>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2010.

HP. **5800 Switches Series Datasheet** Disponível em:<<https://www.hpe.com/h20195/v2/getpdf.aspx/c04111584.pdf?ver=28>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2014.

IRWIN, J. D. **Análise de Circuitos em Engenharia**. 4ª: Edição, São Paulo: Makron Books 2000.

JUNIOR, J. S. F. **Eficiência energética em *data center*: estudo de caso Univates**. 2016.

JUNIOR, Z. S. **ACERVO ACADÊMICO DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR (IFES): MANUTENÇÃO, GUARDA E ACESSO AOS DOCUMENTOS DE ARQUIVO**. Projetos e Dissertações em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento, v. 6, n. 1, 2017. ISSN 2358-5501.

JUNIPER. **Juniper Networks SRX240** Disponível em:<https://www.juniper.net/documentation/en_US/release-independent/junos/information-products/pathway-pages/hardware/srx240/index.html>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2012.

LENOVO. **Lenovo ThinkStation E32** Disponível em:<<http://shop.lenovo.com/br/pt/workstations/thinkstation/e-series/e32/>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2012.

LUNARDI, G. L.; SIMÕES, R.; FRIO, R. S. **TI Verde: Uma análise dos principais benefícios e práticas utilizadas pelas organizações**. 2014. ISSN 1413-2311.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARIN, P. S. **Data centers - Desvendando Cada Passo-Conceitos, Projeto, Infraestrutura Física e Eficiência Energética**. Editora: Érica, 2011.

MENEZES, E. T. D.; SANTOS, T. H. D. **Dicionário Interativo da educação brasileira-EducaBrasil**. São Paulo: Midiamix Editora, 2002.

NASCIMENTO PONTES, F.; GIORDANO, F. **Práticas De TI Verde em uma Empresa Educacional para Fomentar a Responsabilidade Socioambiental**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 4, n. 2, 2015.

NETO, R. M.; FAXINA, J. M. **TI verde e sustentabilidade**. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v. 7, n. 7, p. 159-174, 2015. ISSN 2178-6895.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. **Circuitos Elétricos, 8a. Edição**: São Paulo, Pearson 2009.

NÍVEIS, C. G. D. I. E. DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA–CGIEE. MME. **Implementação da Lei de Eficiência Energética. Relatório de Atividades–maio a dezembro, 2013**.

OLIVEIRA, A. J. D. **Programa Reuni nas Instituições de Ensino Superior Federal [IFES] brasileiras**. 2013.

OLIVITEL. **Introdução Soluções Data Center**. <<http://www.olivetel.pt/catalogo/?cat=48>> Acesso em, v. 10/08/2017, 2015.

PEREIRA, G. M. **Projeto de usinas hidrelétricas: passo a passo**. Oficina de Textos, 2015. ISBN 857975173X.

PRADO, A. **Sustentabilidade em TI: indo além da" TI Verde"**. 2009. URL: <http://imasters.com.br/artigo/11140/tendencias/sustentabilidadeemtiindoalemdativerde>, Acesso em, v. 10/08/2017, 2013.

PROGRAMA, D. A. A. P. D. **REESTRUTURAÇÃO E EXPANSÃO DAS UNIVERSIDADES FEDERAIS (REUNI)**. Edital REUNI 2/2011, 2013.

RASMUSSEN, N. **Calculating space and power density requirements for data centers**. White paper, v. 155, 2013.

ROSSETTI, A. G.; MORALES, A. B. T. **O papel da tecnologia da informação na gestão do conhecimento**. Ciência da Informação, v. 36, n. 1, p. 124-135, 2007.

SANTOS, A. H. M. et al. **Conservação de energia: eficiência energética de**

instalações e equipamentos. Editora da EFEI, 2001.

SILVA FILHO, C. F. D.; SILVA, L. F. **Tecnologia da informação e gestão do conhecimento.** Rio de Janeiro: Alínea, 2013.

SILVA, N. R. D. **TI verde—o armazenamento de dados e a eficiência energética no *data center* de um banco brasileiro.** 2015.

SMS. **Nobreaks 1400VA Net 4+ SMS** Disponível em: <<http://www.sms.com.br/produtos/Nobreak-SMS/Net-4>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2013.

STANDARDS, T. I. A.; DEPT, T.; INSTITUTE, A. N. S. **Telecommunications infrastructure standard for *data centers*.** Telecommunication Industry Association, 2005.

STUCCHI, A.F. **Sistema de Monitoramento de Eficiência Energética do Data Center do Simulador Portuário aplicando o conceito de Internet da Coisas,** 2017.

SUPERMICRO. **Supermicro Micron** Disponível em: <<http://content.etilize.com/user-manual/10290402.pdf>>. Acesso em, v. 01/08/2017, 2007.

TERRA, J. C. C. **Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial:** Elsevier 2005.

TURNER IV, W. P. et al. **Tier classifications define site infrastructure performance.** Uptime Institute, v. 17, 2011.

VALENTE, I.; ROMANO, R. **PNE: Plano Nacional de Educação ou carta de intenção.** Educação & Sociedade, v. 23, n. 80, p. 96-107, 2002.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** FGV Editora, 2005. ISBN 8522505063.

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

VERAS, M. **Virtualização.** Brasport, 2016. ISBN 8574524670.

VIANA, A. Eficiência energética: fundamentos e aplicações. **1a. ed. Campinas, SP: PEE-Programa de Eficiência Energética ANEEL,** 2012.

WALTENBERG, F. **Cursos em estabelecimentos públicos de ensino superior devem permanecer gratuitos.** 2017.

WHITNEY, J. et al. **Scaling up energy efficiency across the *data center* industry: Evaluating key drivers and barriers.** Issue Paper No. IP, p. 14-08, 2014.

ZUCCHI, W. L.; AMÂNCIO, A. B. **Construindo um *data center***. Revista USP, n. 97, p. 43-58, 2013. ISSN 2316-9036.

APÊNDICE

Relatórios de Medição de Energia.

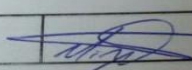
2	Verificar estado e funcionamento das seccionadoras	✓	✓	✓					
3	Limpeza interna e externa do quadro		✓	✓	✓				
4	Verificar estado dos barramentos principal e derivações	✓			✓				
5	Medir temperatura dos cabos, terminais e conexões								
6	Medir temperatura da parte frontal dos disjuntores e seccionadoras								
7	Medir temperatura dos barramentos, derivações e conexões								

MEDIÇÕES									
Tensão			Tensão			Corrente			
RS	RT	ST	RN	SN	TN	R	S	T	N
377V	378V	380V	219V	220V	219V	4,5A	0,4A	0A	4,0A

OBSERVAÇÕES

→ Foi realizada a limpeza interna e externa do quadro elétrico.

→ Foi realizado o reaperto dos parafusos dos disjuntores, contadores, entre outros.

Supervisor:  Data: 07/08/2017 

UNIDADE: Silva Jardim LOCAL: Sala D.T.I. ANDAR: Térreo

QUADRO: QLF-EAP-TE-Com DISJ/CHAVE GERAL: 40A CABOS (F/N/T): mm² REVISÃO: R01

DATA: 05.06.2017 HORA INICIO: HORA TÉRM.: 11:40

QUADROS ELÉTRICOS						
ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	STATUS INICIAL		STATUS FINAL		
		OK	NOK	OK	NOK	NA
MENSAL						
1	Verificar existência de ruídos anormais	✓		✓		
2	Reaperto de terminais de disjuntores e barramentos	✓		✓		
3	Verificar estado e funcionamento das seccionadoras	✓		✓		
4	Limpeza interna e externa do quadro	✓		✓		
5	Inspeccionar isoladores e conexões	✓		✓		
6	Medir temperatura dos cabos, terminais e conexões	✓		✓		
7	Medir temperatura da parte frontal dos disjuntores e seccionadoras	✓		✓		
8	Medir temperatura dos barramentos, derivações e conexões	✓		✓		

MEDIÇÕES									
Tensão			Tensão			Corrente			
RS	RT	ST	RN	SN	TN	R	S	T	N
379	380	380	219	220	220	4,9	1,0	0,6	

OBSERVAÇÕES

UNIDADE: Silva Jardim LOCAL: Sala D.T.I. ANDAR: Térreo

QUADRO: QLF-EAP-TE-Com DISJ/CHAVE GERAL: 40(A) CABOS (F/N/T): mm² REVISÃO: R01

DATA: 05/04/2017 HORA INICIO: 09:50 HORA TÉRM.: 10:15

QUADROS ELÉTRICOS						
ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	STATUS INICIAL		STATUS FINAL		
		OK	NOK	OK	NOK	NA
MENSAL						
1	Verificar existência de ruídos anormais	✓		✓		
2	Verificar estado e funcionamento dos disjuntores	✓		✓		
3	Verificar estado e funcionamento das seccionadoras	✓		✓		
4	Verificar porta fusíveis	✓		✓		
5	Verificar estado dos barramentos principal e derivações	✓		✓		
6	Medir temperatura dos cabos, terminais e conexões	✓		✓		
7	Medir temperatura da parte frontal dos disjuntores e seccionadoras	✓		✓		
8	Medir temperatura dos barramentos, derivações e conexões	✓		✓		

MEDIÇÕES									
Tensão			Tensão			Corrente			
RS	RT	ST	RN	SN	TN	R	S	T	N
379	380	380	219	220	220	4,9	1,0	0,6	

OBSERVAÇÕES

Figura 42 – Relatórios de Medição.

ANEXO

Manuais dos Fabricantes.

HP 5800-24G Switch (JC100A)		
Ports	24 RJ-45 autosensing 10/100/1000 ports (IEEE 802.3 Type 10BASE-T, IEEE 802.3u Type 100BASE-TX, IEEE 802.3ab Type 1000BASE-T); Duplex: 10BASE-T/100BASE-TX: half or full; 1000BASE-T: full only 1 extended module slot 4 fixed 1000/10000 SFP+ ports 1 RJ-45 serial console port	
Physical characteristics	Dimensions	17.32(w) x 14.35(d) x 1.72(h) in (44.0 x 36.45 x 4.36 cm) (1U height)
	Weight	13.23 lb (6 kg)
Memory and processor	1024 MB SDRAM, 512 MB flash; packet buffer size: 4 MB	
Performance	Latency	4.02 µs (Store and Forward) (64-byte packets)
	Throughput	155 million pps
	Routing/Switching capacity	208 Gbps
	Routing table size	16000 entries
	MAC address table size	32000 entries
Environment	Operating temperature	32°F to 113°F (0°C to 45°C)
	Operating relative humidity	10% to 90%
	Acoustic	Low-speed fan: 42.3 dB, High-speed fan: 52.9 dB
Electrical characteristics	Maximum heat dissipation	358 BTU/hr (377.69 kJ/hr)
	Voltage	100-120-240 VAC
	Frequency	50/60 Hz
Safety	UL 60950-1; EN 60825-1 Safety of Laser Products-Part 1; EN 60825-2 Safety of Laser Products-Part 2; IEC 60950-1; CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1; Anatel; ULAR; GOST; EN 60950-1/A11; FDA 21 CFR Subchapter J; NOM; ROHS Compliance	
Emissions	VCCI Class A; EN 55022 Class A; ICES-003 Class A; ANSI C63.4 2003; AS/NZS CISPR22 Class A; EN 61000-3-2:2006; EN 61000-3-3:1995 +A1:2001+A2:2005; EMC Directive 2004/108/EC; FCC (CFR 47, Part 15) Class A	
Immunity	Generic	ETSI EN 300 386 V1.3.3
	EN	EN 55024:1998 + A1:2001 + A2:2003
	ESD	EN 61000-4-2; IEC 61000-4-2
	Radiated	EN 61000-4-3; IEC 61000-4-3
	EFT/Burst	EN 61000-4-4; IEC 61000-4-4
	Surge	EN 61000-4-5; IEC 61000-4-5
	Conducted	EN 61000-4-6; IEC 61000-4-6
	Power frequency magnetic field	IEC 61000-4-8; EN 61000-4-8
	Voltage dips and interruptions	EN 61000-4-11; IEC 61000-4-11

Figura 43 – Especificações Switch HP A5800 (JC100A).

Fonte: adaptado de HP (2014, pg.26).

HP 3100-48 V2 Switch (JG315A)	
Ports	48 RJ-45 autosensing 10/100 ports (IEEE 802.3 Type 10BASE-T, IEEE 802.3u Type 100BASE-TX); Duplex: half or full 2 SFP dual-personality 10/100/1000 ports (IEEE 802.3 Type 10BASE-T, IEEE 802.3u Type 100BASE-TX, IEEE 802.3ab Type 1000BASE-T) 4 SFP fixed Gigabit Ethernet SFP ports 1 RJ-45 serial console port
Physical characteristics	Dimensions 17.32(w) x 10.24(d) x 1.72(h) in (43.99 x 26.01 x 4.37 cm) (1U height)
Mounting	Mounts in an EIA-standard 19 in. telco rack or equipment cabinet (hardware included)
Performance	100 Mb Latency < 6 µs (64-byte packets) 1000 Mb Latency < 5 µs (64-byte packets) Throughput 13.1 million pps Routing/Switching capacity 17.6 Gbps Routing table size 32 entries MAC address table size 32000 entries
Environment	Operating temperature 32°F to 113°F (0°C to 45°C) Operating relative humidity 10% to 90%, noncondensing Nonoperating/Storage temperature -40°F to 158°F (-40°C to 70°C) Nonoperating/Storage relative humidity 5% to 95%, noncondensing
Electrical characteristics	Acoustic Low-speed fan: 43.2 dB, High-speed fan: 50.0 dB Maximum heat dissipation 140 BTU/hr Voltage 100-240 VAC Maximum power rating 41 W Frequency 50/60 Hz Notes Maximum power rating and maximum heat dissipation are the worst-case theoretical maximum numbers provided for planning the infrastructure with fully loaded PoE (if equipped), 100% traffic, all ports plugged in, and all modules populated.
Safety	UL 60950; NOM-019-SCFI Mexico; EN 60950: 2000, ZB and ZC Deviations; IEC 60950: 1999, Corr Feb 2000, all national deviations; AS/NZS 60950: 2000 Australia, Russian GOST Safety Approval
Emissions	FCC part 15 Class A; VCCI Class A; EN 55022 Class A; CISPR 22 Class A; ICES-003 Class A; ANSI C63.4 2003; ETSI EN 300 386 V1.3.3; AS/NZS CISPR22 Class A; EN 61000-3-2; EN 61000-3-3; EN 61000-4-2; EN 61000-4-3; EN 61000-4-4; EN 61000-4-5; EN 61000-4-6; EN 61000-4-11; EN 61000-3-2:2006; EN 61000-3-3:1995 +A1:2001+A2:2005; EMC Directive 2004/108/EC; FCC (CFR 47, Part 15) Class A

Figura 44 – Especificações Switch HP 3100-48 v2 (JG315A).

Fonte: adaptado de HP (2014).

Feature	Description		
Performance			
Switching capacity and forwarding rate		Capacity in Millions of Packets per Second (mpps) (64-byte packets)	Switching Capacity in Gigabits per Second (Gbps)
All switches are wire-speed and non-blocking	Model Name		
	SF300-08	1.19	1.6
	SF302-08	4.17	5.6
	SF302-08P	4.17	5.6
	SF302-08PP	4.17	5.6
	SF302-08MP	4.17	5.6
	SF302-08MPP	4.17	5.6
	SF300-24	9.52	12.8
	SF300-24P	9.52	12.8
	SF300-24PP	9.52	12.8
	SF300-24MP	9.52	12.8
	SF300-48	13.10	17.6
	SF300-48P	13.10	17.6
	SF300-48PP	13.10	17.6
	SG300-10	14.88	20.0
	SG300-10SFP	14.88	20.0
	SG300-10P	14.88	20.0
	SG300-10PP	14.88	20.0
	SG300-10MP	14.88	20.0
	SG300-10MPP	14.88	20.0
	SG300-20	29.76	40.0
	SG300-28	41.67	56.0
	SG300-28P	41.67	56.0
	SG300-28PP	41.67	56.0
	SG300-28MP	41.67	56.0
SG300-52	77.38	104.0	
SG300-52P	77.38	104.0	
SG300-52MP	77.38	104.0	
SG300-28SFP	41.67	56.0	

Feature	Description
Layer 2 Switching	
Spanning Tree Protocol (STP)	Standard 802.1d Spanning Tree support Fast convergence using 802.1w (Rapid Spanning Tree [RSTP]), enabled by default 8 instances are supported Multiple Spanning Tree instances using 802.1s (MSTP)
Port grouping	Support for IEEE 802.3ad Link Aggregation Control Protocol (LACP) - Up to 8 groups - Up to 8 ports per group with 16 candidate ports for each (dynamic) 802.3ad link aggregation
VLAN	Support for up to 4096 VLANs simultaneously Port-based and 802.1Q tag-based VLANs MAC-based VLAN Management VLAN Private VLAN Edge (PVE), also known as protected ports, with multiple uplinks Guest VLAN Unauthenticated VLAN Dynamic VLAN assignment via Radius server along with 802.1x client authentication CPE VLAN
Voice VLAN	Voice traffic is automatically assigned to a voice-specific VLAN and treated with appropriate levels of QoS. Auto voice capabilities deliver network-wide zero touch deployment of voice endpoints and call control devices.
Multicast TV VLAN	Multicast TV VLAN allows the single multicast VLAN to be shared in the network while subscribers remain in separate VLANs (Also known as MVR)
Q-in-Q VLAN	VLANs transparently cross a service provider network while isolating traffic among customers Protocols for automatically propagating and configuring VLANs in a bridged domain
Generic VLAN Registration Protocol (GVRP)/Generic Attribute Registration Protocol (GARP)	
Unidirectional Link Detection (UDLD)	UDLD monitors physical connection to detect unidirectional links caused by incorrect wiring or cable/port faults to prevent forwarding loops and blackholing of traffic in switched networks
Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Relay at Layer 2	Relay of DHCP traffic to DHCP server in different VLAN. Works with DHCP Option 82
Internet Group Management Protocol (IGMP) versions 1, 2, and 3 snooping	IGMP limits bandwidth-intensive multicast traffic to only the requesters; supports 1K multicast groups (source-specific multicasting is also supported)
IGMP Querier	IGMP querier is used to support a Layer 2 multicast domain of snooping switches in the absence of a multicast router
Head-of-line (HOL) blocking	HOL blocking prevention

Feature	Description	
Cisco Discovery Protocol (CDP)	The switch advertises itself using the Cisco Discovery Protocol. It also learns the connected device and its characteristics via CDP.	
Power over Ethernet (PoE)		
802.3af PoE and 802.3at PoE+ delivered over any of the RJ-45 ports within the listed power budgets	Switches support 802.3at PoE+, 802.3af, and Cisco pre-standard (legacy) PoE. Maximum power of 30.0W to any 10/100 or Gigabit Ethernet port for PoE+ supported devices and 15.4W for PoE supported devices, until the PoE budget for the switch is reached. The total power available for PoE per switch is as follows:	
Model Name	Power Dedicated to PoE	Number of Ports That Support PoE
SF302-08P	62W	8
SF302-08PP	62W (PoE+ supported)	8
SF302-08MP	124W	8
SF302-08MPP	124W (PoE+ supported)	8
SF300-24P	180W	24
SF300-24PP	180W (PoE+ supported)	24
SF300-24MP	375W (PoE+ supported)	24
SF300-48P	375W	48
SF300-48PP	375W (PoE+ supported)	48
SG300-10P	62W	8
SG300-10PP	62W (PoE+ supported)	8
SG300-10MP	124W	8
SG300-10MPP	124W (PoE+ supported)	8
SG300-28P	180W	24
SG300-28PP	180W (PoE+ supported)	24
SG300-28MP	375W (PoE+ supported)	24
SG300-52P	375W (PoE+ supported)	48
SG300-52MP	740W (PoE+ supported)	48

Power consumption (worst case)					
	Model Name	Power Savings Mode	System Power Consumption	Power Consumption: Case (with PoE)	Heat Dissipation Worst Case (BTU/hr)
	SF300-08	Energy Detect	110V=6.1W 220V=7.2W	N/A	24.57
	SF302-08	Energy Detect	110V=8.0W 220V=8.6W	N/A	29.34
	SF302-08P	Energy Detect	110V=10.3W 220V=11.5W	110V=81.3W 220V=82.1W	280.13
	SF302-08PP	Energy Detect	110V=9.12W 220V=9.31W	110V=80.68W 220V=79.62W	271.67
	SF302-08MP	Energy Detect	110V=9.5W 220V=10.3W	110V=150.1W 220V=149.9W	512.14
	SF302-08MPP	Energy Detect	110V=9.66W 220V=9.83W	110V=143.89W 220V=142.97W	487.83
	SF300-24	Energy Detect	110V=16.4W 220V=17.1W	N/A	58.35
	SF300-24P	Energy Detect	110V=25.8W 220V=27.3W	110V=223W 220V=217.9W	760.88
	SF300-24PP	Energy Detect	110V=26.7W 220V=27.9W	110V=218.57W 220V=213.35W	727.98
	SF300-24MP	Energy Detect Short Reach	110V=37.7W 220V=38.0W	110V=441W 220V=431W	1504.69
	SG300-28	Energy Detect Short Reach	110V=19.8W 220V=20.6W	N/A	70.29
	SG300-28P	Energy Detect Short Reach	110V=29.7W 220V=30.7W	110V=214.4W 220V=210W	731.53

Figura 45 – Especificações Switch Cisco SG 300-28P Gigabit PoE Gerenciável.

Fonte: adaptado de Cisco (2014).

	DmSwitch 3224F2	DmSwitch 3224F3	DmSwitch 3324F2	DmSwitch 3324F3
Switch L2	Wire Speed	Wire Speed	Wire Speed	Wire Speed
Router L3	Não disponível	Não disponível	Wire Speed	Wire Speed
QoS	L2-L4	L2-L4	L2-L4	L2-L4
Portas Fast Ethernet	24 x 10/100Base-TX	24 x 100Base-FX (SFP ótico ou elétrico)	24 x 10/100Base-TX	24 x 100Base-FX (SFP ótico ou elétrico)
Portas Gigabit Ethernet (SFP)	4 x Combo (1000Base-X ou 10/100/1000Base-T)	4 x Combo (1000Base-X ou 10/100/1000Base-T)	4 x Combo (1000Base-X ou 10/100/1000Base-T)	4 x Combo (1000Base-X ou 10/100/1000Base-T)
Buffer de Pacotes	32 MB	32 MB	32 MB	32 MB
Switch Fabric	12,8 Gbit/s	12,8 Gbit/s	12,8 Gbit/s	12,8 Gbit/s
Memória Flash	32 MB	32 MB	32 MB	32 MB
SDRAM	128 MB	128 MB	128 MB	128 MB
Alarmes	1 saída 3 entradas	1 saída 3 entradas	1 saída 3 entradas	1 saída 3 entradas
Tabela de MAC Address	16K	16K	16k	16k
Hosts L3	Não disponível	Não disponível	4k	4k
Rotas L3	Não disponível	Não disponível	16k	16k
Grupos Multicast L2	256	256	256	256
Grupos Multicast L3	Não disponível	Não disponível	256	256
Regras de Filtro	1k	1k	1k	1k
Alimentação	Suporta 2 fontes AC/DC full range, hot-swap redundantes.	Suporta 2 fontes AC/DC full range, hot-swap redundantes.	Suporta 2 fontes AC/DC full range, hot-swap redundantes.	Suporta 2 fontes AC/DC full range, hot-swap redundantes.

Figura 46 – Especificações Datacom DmSwitch 3000.

Fonte: adaptado de Datacom (2014).

Lenovo® recommends Windows 8 Pro.

lenovo **FOR**
THOSE
WHO DO.

SPECIFICATIONS

PROCESSORS	OPERATING SYSTEM	MEMORY
Tower / SFF Intel® Xeon® E3-1200v3 Intel® Core™ i3 Processor Intel® Core™ i5 Processor Intel® Core™ i7 Processor	Tower / SFF Windows 8 Pro Windows 8 Windows 7 Professional 64 bit Windows 7 Professional 32 bit	Tower / SFF 4 DIMM slots, up to 32GB ECC/non-ECC
GRAPHICS	STORAGE	PORTS AND SLOTS
Tower Integrated Intel® HD Graphics P4600 NVIDIA® NVS NVIDIA® Quadro® (up to K4000) ¹ SFF Integrated Intel® HD Graphics P4600 NVIDIA® NVS NVIDIA® Quadro® (up to K600)	Tower Up to 3 HDDs: 3.5" SATA, 250GB / 500GB / 1TB / 2TB / 3TB (7200rpm) 2.5" SATA, 250GB / 500GB / 1TB (10K rpm) 2.5" SSD, 128GB / 180GB / 240GB / 256GB mSATA, 24GB / 128GB SFF Up to 3 HDDs: 3.5" SATA, 250GB / 500GB / 1TB / 2TB / 3TB (7200rpm) 2.5" SATA, 150GB / 300GB / 600GB (10K rpm) 2.5" SSD, 128GB / 180GB / 240GB / 256GB mSATA, 24GB / 128GB	Tower / SFF (4) USB 3.0 (Rear) (2) USB 2.0 (Rear) (2) USB 3.0 (Front) (1) USB 2.0 (Internal)
OPTICAL DEVICE	DIMENSIONS (D x W x H)	PSU
Tower DVD-ROM DVD-RW Blu-ray Disc Burner SFF DVD-ROM / Slim DVD-ROM DVD-RW / Slim DVD-RW Blu-Ray Disc Burner / Slim Blu-Ray Disc Burner	Tower 431 mm x 175 mm x 425.2 mm (16.9" x 6.9" x 16.7") SFF 375 mm x 102 mm x 338 mm (14.8" x 4.0" x 13.3")	Tower 280W 85% 450W ² 92% SFF 240W 85% 240W ² 92%
ETHERNET	WEIGHT	
Tower / SFF 1 GbE	Tower 12.5 kg (27.56 lbs) SFF 7.8 kg (17.2 lbs)	

Figura 47 – Especificações Lenovo ThinkStation E32.

Fonte: Lenovo (2012).

Tabela 15. Processador

Recurso	Especificação
Tipo do processador	- Intel Core série i3 - Intel Core série i5 - Intel Core série i7 - Intel Pentium série Dual Core - Intel Celeron  NOTA: o Intel Celeron está disponível somente para o Dell OptiPlex 7010.
Cache total	Até 8 MB de cache de acordo com o tipo do processador

Tabela 16. Memória

Recurso	Especificação
Tipo	DDR3
Velocidade	1600 MHz
Conectores:	
Desktop, Minitorre, Small Form Factor	quatro slots DIMM
Ultra Small Form Factor	dois slots DIMM
Capacidade	
Optiplex 7010	2 GB, 4 GB, 6 GB, 8 GB e 16 GB.
Optiplex 9010	2 GB, 4 GB, 6 GB, 8 GB, 16 GB e 32 GB
Memória mínima	2 GB
Memória máxima:	
Optiplex 7010	16 GB
Optiplex 9010	32 GB

Alimentação	Potência	Dissipação máxima de calor	Tensão	
Minitorre	275 W	1390 BTU/h	100 VCA a 240 VCA, 50 Hz a 60 Hz, 5,0 A	
Desktop	250 W	1312 BTU/h	100 VCA a 240 VCA, 50 Hz a 60 Hz, 4,4 A	
Small Form Factor	240 W	1259 BTU/h	100 VCA a 240 VCA, 50 Hz a 60 Hz, 3,6 A	
Ultra Small Form Factor	200 W	758 BTU/h	100 VCA a 240 VCA, 50 Hz a 60 Hz, 2,9 A	
Características físicas	Altura	Largura	Profundidade	Peso
Minitorre	36,00 cm (14,17 polegadas)	17,50 cm (6,89 polegadas)	41,70 cm (16,42 polegadas)	9,40 kg (20,72 lb)
Desktop	36,00 cm (14,17 polegadas)	10,20 cm (4,01 polegadas)	41,00 cm (16,14 polegadas)	7,90 kg (17,42 lb)
Small Form Factor	29,00 cm (11,42 polegadas)	9,30 cm (3,66 polegadas)	31,20 cm (12,28 polegadas)	6,00 kg (13,22 lb)
Ultra Small Form Factor	23,70 cm (9,33 polegadas)	6,50 cm (2,56 polegadas)	24,00 cm (9,45 polegadas)	3,30 kg (7,28 lb)

Tabela 29. Requisitos ambientais

Recurso	Especificação
Faixa de temperatura:	
De operação	10 °C a 35 °C (50 °F a 95 °F)
De armazenamento	-40 °C a 65 °C (-40 °F a 149 °F)
Umidade relativa (máxima):	
De operação	20% a 80% (sem condensação)
De armazenamento	5% a 95% (sem condensação)
Vibração máxima:	
De operação	0,26 GRMS
De armazenamento	2,20 GRMS
Choque máximo:	
De operação	40 G
De armazenamento	105 G
Altitude:	
De operação	-15,20 m a 3048 m (-50 pés a 10.000 pés)

Figura 48 – Especificações Dell OptiPlex 7010.

Fonte: Dell (2012).

Component	Quantity	Part Number
SCA 1" Drive Tray (*SC743S1 only)	8	CSE-PT17 (B)
IDE Drive Carriage (*SC743i only)	2	CSE-PT31 (B)
80mm Hot-Swap Chassis Fan	4	FAN-0072
80mm Rear Chassis Fan (Hot Swap)	2	Fan-0073
760 W Triple Redundant (2+1) Power Supply	1	PWS-0050
8-port SCSI Single-channel w/SAF-TE Back plane (*SC743S1 only)	1	CSE-SCA-743S1
Fan Shroud	1	CSE-PT54
SCSI Cable (*9") (*SC743S1 only)	1	CBL-033-U320

Power supply spec	SC743 series
Mfr. model #	SP762-TS(3xSP382-TS Models)
Mfr. part #	PWS-0050
Rated AC input voltage	100-240V AC
Rated input frequency	50-60 Hz
Rated input current	14A (115V) 8A (230V)
Rated output power	760W
Maximum rated BTU	4350 BUTs/Hr
Nominal DC output	
+3.3V	36A
+5V	36A
+12V	50A combined
-12V	1A
+5V Standby	3.5A

Figura 49 – Especificações Supermicro Micron SC743.

Fonte: Supermicro (2007).