

Fernando Barreira da Silva

Critérios para implantação de infraestrutura de Data Centers
alinhados aos princípios da TI verde: Um levantamento junto a especialistas

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT, como parte
dos requisitos para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia de
Computação.

Área de Concentração: Infraestrutura
Computacional.

Data da aprovação ____/____/____

Prof. Dr. Claudio Luís C. Larieira
(Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Claudio Luís C. Larieira (Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Alexandre Barbieri de Sousa (Membro)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Gerson Prando (Membro)
UNISANTA – Universidade Santa Cecília

Fernando Barreira da Silva

Critérios para implantação de infraestrutura de Data Centers
alinhados aos princípios da TI verde: Um levantamento junto a especialistas

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Computação.

Área de Concentração: Infraestrutura
Computacional.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luís C. Larieira

São Paulo
Março/2018

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

B271c Barreira Silva, Fernando

Critérios para implantação de infraestrutura de Data Centers alinhados aos
princípios da TI verde: um levantamento junto a especialistas. / Fernando Barreira da
Silva. / São Paulo, 2018.

121p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Infraestrutura
Computacional

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luís C. Larieira

DEDICATÓRIA

Aos meus exemplos

À memória de minha mãe Cremilda Barreira da Silva

E meu pai Edvaldo Correia da Silva

Ao amor da minha vida

Vanessa Miranda de Jesus Barreira Silva

Que este trabalho possa Inspirar vocês

Kauany, Mikael e Patrick

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado força e sabedoria nesta caminhada.

Aos meus pais, Cremilda (*in memoriam*) e Edvaldo, que me mostraram o melhor caminho a seguir, a tríade família, estudo e trabalho.

Ao meu orientador e Professor Dr. Claudio Luís C. Larieira, por todas as indicações, paciência e disponibilidade.

Aos ilustres professores Dr. Gerson Prando, Dr. Anderson Alves da Sila e Dr. Alexandre Barbieri, membros da minha banca, muito obrigado pelas contribuições.

Ao Dr. Paulo Marin, pelas sugestões e referências.

À todos os professores que acompanharam a minha vida acadêmica, em especial, à memória dos meus eternos professores e inspiradores João de Oliveira (*in memoriam*) e Jorge Rodrigues do Vale (*in memoriam*). O meu eterno agradecimento. À todos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

E finalmente, à Vanessa, minha esposa, meu braço direito e esquerdo e aos meus amados filhos, Kauany, Mikael e Patrick, agradeço por compreenderem as minhas ausências e por estarem ao meu lado ao término de mais uma jornada. Que este trabalho possa Inspirar vocês, assim como vocês me inspiram.

RESUMO

A Transformação Digital é uma tendência recente que preconiza uma mudança estrutural nas organizações, dando um papel essencial para a tecnologia da informação e fazendo com que os requisitos que envolvem a infraestrutura dos Data Centers tenham uma maior relevância, já que todas as aplicações utilizadas pelos serviços online dependem desta infraestrutura. Um Data Center pode ser definido como sendo um edifício, ou parte de um edifício, cuja função primária é a de abrigar uma sala de servidores e suas áreas de suporte. Já um Data Center Verde, deve além de priorizar a máxima eficiência energética, ser composto em sua plenitude por uma infraestrutura de tecnologia e de engenharia ambientalmente sustentáveis. Também se faz necessário a identificação dos requisitos que maximizam os impactos ambientais positivos e os que minimizam os possíveis impactos ambientais negativos trazidos com a sua operação. Esta pesquisa efetuou um levantamento junto a especialistas com o objetivo de verificar a aplicabilidade de requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis relacionados aos sistemas de Cabeamento estruturado, Climatização, Energia renovável, Grupos geradores, Iluminação, Segurança contra incêndio, *Uninterruptable Power Supply* (UPS) e baterias. Após a análise dos resultados obtidos com a devolutiva dos questionários, chegou-se à uma lista de requisitos de engenharia que poderão contribuir para o alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde.

Palavras Chaves: Data Center Verde; Requisitos de Infraestrutura; TI Verde.

ABSTRACT

Criteria for deployment of Data Center infrastructure aligned with the principles of green IT: A survey of specialists

The Digital Transformation is a recent trend that advocates a structural change in the organizations, giving an essential paper for the information technology and making the requirements that involve the infrastructure of Data Centers have a greater relevance, since all the applications used by the services depend on this infrastructure. A Data Center can be defined as a building, or part of a building, whose primary function is to house a server room and its support areas. A Green Data Center, in addition to prioritizing maximum energy efficiency, should be fully composed of an environmentally sustainable technology and engineering infrastructure. It is also necessary to identify the requirements that maximize the positive environmental impacts and those that minimize the possible negative environmental impacts brought with its operation. This research carried out a survey with specialists with the objective of verifying the applicability of environmentally sustainable engineering requirements related to structured cabling systems, air conditioning, renewable energy, generator sets, lighting, fire safety, uninterruptable power supply (UPS) and batteries . After analyzing the results obtained with the return of the questionnaires, a list of engineering requirements was reached, which could contribute to the alignment of the Data Center infrastructure with the principles of Green IT.

Keywords: Green Data center; Infrastructure Requirements; Green IT.

Lista de Figuras

Figura 1 - Sala de computadores de um Data Center	24
Figura 2 - Unidades Computer Room Air Conditioner (CRAC)	31
Figura 3 - Sistema de energia de um Data Center	33
Figura 4 - Painéis fotovoltaicos instalados no telhado de um Data Center	34
Figura 5 – Selo PROCEL	35
Figura 6 - Grupos Geradores	36
Figura 7 - Iluminação nos corredores e entre os armários	38
Figura 8 - Sistema de monitoramento individual das baterias	39
Figura 9 - Incêndio no Data Center da Samsung	42
Figura 10 - Selo Tier IV - Design	46
Figura 11 - Selo Efficient IT Stamp of Approval e Activated	47
Figura 12 - Selo Certificação TR4	47

Lista de Quadros

Quadro 1 - Tipos e características de Data Centers	25
Quadro 2 - Componentes de Engenharia da Infraestrutura de um Data Center	50
Quadro 3 - Trabalhos correlatos	51
Quadro 4 - Fontes de pesquisa dos trabalhos correlatos	53
Quadro 5 - Práticas de TI verde identificadas nos trabalhos correlatos	53
Quadro 6 - Práticas de TI verde aplicáveis nos trabalhos correlatos	56
Quadro 7 - Requisitos do Cabeamento estruturado de alto desempenho	57
Quadro 8 - Requisitos do Sistema de Climatização	58
Quadro 9 - Requisitos de Energia Renovável	60
Quadro 10 - Requisitos de Engenharia dos Grupos Geradores	61
Quadro 11 - Requisitos do Sistema de Iluminação	62
Quadro 12 - Requisitos do Sistema UPS e baterias	63
Quadro 13 - Requisitos do sistema de Segurança contra incêndio	64
Quadro 14 - Associações representativas	73
Quadro 15 - Sugestões de novos requisitos - Cabeamento estruturado	81
Quadro 16 - Sugestões de novos requisitos - Climatização	83
Quadro 17 - Sugestões de novos requisitos - Energia Renovável	84
Quadro 18 - Sugestões de novos requisitos - Grupos Geradores	86
Quadro 19 - Sugestões de novos requisitos - Iluminação	87
Quadro 20 - Sugestões de novos requisitos - Segurança contra incêndio	89
Quadro 21 - Requisitos considerados aplicáveis pelos Especialistas	91

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resumo dos Requisitos de Classificação Tier	27
Tabela 2 - Data Centers certificados LEED no Brasil	49
Tabela 3 - Requisitos ambientalmente sustentáveis identificados	68
Tabela 4 - Codificação para a primeira questão da parte comum do questionário	76
Tabela 5 - Grau de Instrução dos Especialistas	77
Tabela 6 - Cargo/Função do Especialista	77
Tabela 7- Experiência com Sistemas de Infraestrutura de Data Center	78
Tabela 8 - Área de especialização dos respondentes	78
Tabela 9 - Quantidade de requisitos aplicáveis e sugeridos por sistema	79
Tabela 10 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Cabeamento estruturado	80
Tabela 11 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Climatização	82
Tabela 12 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Energia Renovável	84
Tabela 13 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Grupos geradores	85
Tabela 14 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Iluminação	86
Tabela 15 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Segurança contra incêndio	88
Tabela 16 - Requisitos aplicáveis do Sistema UPS e baterias	90

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ATS	Automatic Transfer Switch
BICSI	Building Industry Consulting Service International
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPD	Centro de Processamento de Dados
CRAC	Computer Room Air Conditioner
CRAH	Computer Room Air Handling
DJSI	Dow Jones Sustainability Index
EAESP	Escola de Administração de Empresas de São Paulo
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GRI	Global Reporting Initiative
GWP	Global Warming Potential
IDC	International Data Corporation
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INMETRO	Instituto Nac. de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IoT	Internet of Things
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effects Level
LSZH	Low Smoke, Zero Halogen
NOAEL	No Observed Adverse Effects Level
ODP	Ozone Depletion Potential
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
ROHS	Restriction of Certain Hazardous Substances
SCI	Sistema Contra Incêndio
TIA	Telecommunications Industry Association
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UPS	Uninterruptable Power Supply
USGBC	United States Green Building Council

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Motivação	19
1.3	Objetivo	20
1.4	Contribuições	21
1.5	Método de trabalho	21
1.6	Organização do trabalho	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	Data Centers	24
2.2	Infraestrutura do Data Center	25
2.2.1	Classificações de Data Center	26
2.2.2	Cabeamento estruturado	29
2.2.3	Sistema de Climatização	30
2.2.4	Sistema Elétrico	32
2.2.4.1	Energia Renovável	33
2.2.4.2	Grupos Geradores	36
2.2.4.3	Sistema de Iluminação	37
2.2.4.4	Sistema UPS e Baterias	38
2.2.5	Sistema de Segurança contra Incêndio	40
2.3	Principais Métricas de desempenho do Data Center	42
2.3.1	Power Usage Effectiveness (PUE)	42
2.3.2	Data Center infrastructure Effectiveness (DCiE)	43
2.3.3	Carbon Usage Effectiveness (CUE)	43
2.3.4	Water Usage Effectiveness (WUE)	44
2.3.5	Green Energy Coefficient (GEC)	44
2.3.6	Energy Reuse Factor (ERF)	45
2.4	Certificações de Data Center	46

3	REFERENCIAL TEÓRICO	50
3.1	Comparação dos trabalhos correlatos	51
3.1.1	Métodos de identificação das práticas de TI verde	51
3.1.2	Métodos de verificação da aplicabilidade das práticas de TI verde	54
3.2	Requisitos do Cabeamento estruturado	57
3.3	Requisitos do Sistema de Climatização	58
3.4	Sistema de Distribuição Elétrica	59
3.4.1	Requisitos de Energia Renovável	59
3.4.2	Requisitos dos Grupos Geradores	60
3.4.3	Requisitos do Sistema de Iluminação	61
3.4.4	Requisitos do Sistema UPS e baterias	63
3.5	Requisitos do sistema de Segurança contra incêndio	64
4	MÉTODO DE PESQUISA	66
4.1	Especificação do objetivo	66
4.2	Método	66
4.3	Requisitos e Especialistas	67
4.4	Instrumento de coleta de dados	68
4.5	Desenvolvimento dos questionários	69
4.5.1	Consulta aos Especialistas	69
4.6	Seleção dos Respondentes	71
4.6.1	Definição da amostragem	71
4.7	Pré-teste dos questionários	73
4.8	Verificação dos dados	74
4.9	Análise dos resultados	74
5	RESULTADOS DA PESQUISA E ANALISE	76
5.1	Perfil dos respondentes	76
5.2	Resultados da parte específica do questionário	79
5.2.1	Resultados da parte específica do Sistema de Cabeamento estruturado	80
5.2.2	Resultados da parte específica do Sistema de Climatização	81
5.2.3	Resultados da parte específica do Sistema de Energia Renovável	83
5.2.4	Resultados da parte específica do Sistema de Grupos Geradores	85
5.2.5	Resultados da parte específica do Sistema de Iluminação	86

5.2.6	Resultados da parte específica do Sistema de Segurança contra Incêndio	88
5.2.7	Resultados da parte específica do Sistema de UPS e baterias	90
5.2.8	Lista de requisitos de engenharia aplicáveis	91
6	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICES	105
	APÊNDICE A: E-MAIL DE APRESENTAÇÃO	106
	APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE CONSULTA AOS ESPECIALISTAS	107
	ANEXO	119
	ANEXO A: PRÉ-REQUISITOS E SISTEMA DE PONTUAÇÃO LEED BD+C	120

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Recente pesquisa publicada pelo IDC (2017), aponta uma perspectiva de crescimento de 5,7% nos investimentos em Tecnologia da Informação (TI) em comparação ao ano de 2016. De acordo com a mesma pesquisa, grande parte dos investimentos das empresas neste ano deve ser impulsionado pela Transformação Digital, tendência recente que preconiza uma mudança estrutural nas organizações dando um papel essencial para a tecnologia da informação, destacando-se o amadurecimento do mercado de *Cloud Computing*, ampliação dos orçamentos de segurança da informação, experimentação de aplicações de realidade aumentada e virtual, além do início do crescimento da Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT).

A 28ª pesquisa anual de administração e uso da TI nas empresas, realizada pelo GVcia da Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV), mostra que mesmo com um cenário econômico adverso, 7,6% da receita líquida das médias e grandes empresas no Brasil é gasto e/ou investido em TI (MEIRELLES, 2017).

De acordo com os índices divulgados pelas pesquisas do IDC (2017) e Meirelles (2017) e considerando ainda os investimentos na Transformação Digital, pode-se inferir que os aspectos que envolvem a infraestrutura dos Data Centers ganham uma maior relevância, já que todas as aplicações utilizadas pelos serviços online dependem desta infraestrutura.

A norma TIA-942-A *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers* (ANSI/TIA, 2012), define o Data Center como sendo um edifício, ou parte de um edifício, cuja função primária é a de abrigar uma sala de computadores e suas áreas de suporte.

O Data Center pode ser considerado o sucessor do Centro de Processamento de Dados (CPD), com três importantes diferenças: (i) maior número de computadores, (ii) maior capacidade de processamento e armazenamento e (iii) do gerenciamento dos vários fornecedores necessários para atender a demanda de implantação de todos os sistemas que compõem o Data Center (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

Segundo Marin (2016), o projeto de infraestrutura de um Data Center começa pela identificação dos requisitos de tecnologia: rede, servidores, equipamentos de armazenamento de dados e conectividade. Na sequência são identificados os requisitos de engenharia, distribuição elétrica, climatização, cabeamento de rede e telecomunicações e sistemas de controle e segurança do site.

A eficiência energética é um dos problemas enfrentados em relação à operação dos Data Centers. De acordo com a pesquisa de Koomey (2011), de 2000 a 2005 o consumo mundial de energia dos Data Centers duplicou. Já de 2005 a 2010 o aumento foi de 56%. Essa desaceleração aconteceu devido à crise econômica de 2008 e 2009, o aumento da virtualização dos servidores e os esforços da indústria para melhorar a eficiência da infraestrutura dos Data Centers. Em 2010, o consumo de energia dos Data Centers nos EUA representou 1,3 % do consumo total de energia do mundo.

Antes mesmo do problema de eficiência energética enfrentado pelos Data Centers, o relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, intitulado O Nosso Futuro Comum, já trazia a definição de que o desenvolvimento sustentável é aquele que resulta das necessidades do presente a serem satisfeitas não devendo comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

O *Triple Bottom Line*, também conhecido como tripé da sustentabilidade, considera que, para ser sustentável, uma organização deve ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável (ELKINGTON, 1997).

Corroborando ainda com este contexto, o Pacto Global das Nações Unidas, maior iniciativa de cidadania corporativa do mundo, visa incentivar as empresas com a adoção de dez princípios relacionados às áreas de direitos humanos, trabalho, meio ambiente e anticorrupção. Destaque para os três princípios relacionados ao meio ambiente: (i) as empresas devem apoiar uma abordagem preventiva aos desafios ambientais, (ii) desenvolver iniciativas para promover maior responsabilidade ambiental e (iii) Incentivar o desenvolvimento e difusão de tecnologias ambientalmente amigáveis (*eco-friendly*) (ONU, 1999).

A responsabilidade ambiental por parte das organizações é um pré-requisito para a saúde e bem estar da sociedade. Sendo assim, os impactos gerados ao meio ambiente devem ser identificados, eliminando padrões de consumo e produção

insustentável. É aconselhável que as organizações adotem uma abordagem integrada, que leve em consideração as implicações econômicas, sociais, na saúde e no meio ambiente de suas decisões e atividades, direta e indiretamente (ABNT, 2010).

A alta direção das organizações deve estabelecer, implementar e manter uma política ambiental apropriada ao propósito e ao contexto da organização, incluindo a natureza, escala e impactos ambientais das suas atividades, produtos e serviços e que inclua o seu comprometimento com a proteção do meio ambiente (ABNT, 2015).

Considerando o crescimento da utilização dos Data Centers devido a Transformação Digital e a sua relação com a manutenção de uma política ambiental por parte das organizações, se faz necessário a identificação e a redução dos possíveis impactos ambientais negativos trazidos com a sua operação.

Para Molla e Abareshi (2012) o impacto da TI ao meio ambiente pode ser classificado em duas categorias. A primeira refere-se ao impacto ambiental negativo, denominando como TI Verde a produção, o uso e o descarte de equipamentos de TI de forma ecológica. A segunda refere-se ao impacto positivo do uso da TI nos processos comerciais e econômicos. Considerando a TI como parte das soluções para a eco-sustentabilidade, sendo denominada de TI para o verde. Apesar de TI Verde e TI para o verde serem inter-relacionados, cada um tem um foco e propósitos diferentes.

Tolond (2012) define TI Verde como uma aplicação eficiente (tamanho e capacidade) de tecnologias inteligentes (que gerenciam o consumo de energia) e tecnologias ecologicamente corretas (*eco-friendly*) em toda a organização.

De forma mais abrangente, o conceito de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) verde recebeu destaque no *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), entidade responsável pela definição de padrões mundiais para dispositivos elétricos e eletrônicos. No início de 2015, o IEEE declarou a missão da iniciativa TIC verde como a busca em promover a incorporação de métricas (Eficiência energética, redução das emissões de carbono e gerenciamento do ciclo de vida) e “padrões verdes” em conceitos de design para vários domínios técnicos. A iniciativa reúne conhecimentos de diferentes áreas, em conferências e publicações, com o objetivo de promover abordagens holísticas de design e padronização (IEEE, 2017).

Derivado do conceito de TI verde, temos o conceito de Data Center Verde, que apesar de não ser um conceito oficial ou normatizado, possui várias definições.

Para Uddin e Rahman (2012) um Data Center Verde é um ecossistema de computação densa em que os sistemas mecânicos, de iluminação, elétricos e de informática são projetados para a máxima eficiência energética e o mínimo impacto ambiental. Para Ye, Song e Sun (2014) a sua construção tem como ideia central a conservação de energia durante todo o seu ciclo de vida. Já para Patil; Duttagupta (2014), os Data Centers verdes foram projetados para a máxima eficiência de energia e o mínimo impacto ambiental, utilizando tecnologias avançadas, como o uso de fontes de energia verdes para alimentá-las, o uso de materiais de construção ecológicos, etc.

Considerando as várias definições de Data Center Verde apresentadas até o momento, se faz necessário uma definição que possa ser utilizada como principal referência nesta pesquisa. Sendo assim, a partir deste ponto, um Data Center Verde será definido como:

“Um Data Center Verde, além de priorizar a máxima eficiência energética, deve ser composto em sua plenitude, por uma infraestrutura de tecnologia e de engenharia ambientalmente sustentáveis.”

1.2 Motivação

O Grupo brasileiro Algar, anunciou no ano de 2015 o seu novo Data Center como sendo o primeiro Data Center Verde da América Latina. Em toda a sua comunicação ficou evidente que para a empresa um Data Center Verde deve utilizar fontes renováveis de energia, tendo como um dos principais benefícios a redução da emissão de gás carbônico (GRUPO ALGAR, 2015). Cabe destacar que não ficou evidenciado a utilização de outros requisitos para definir o Data Center do Grupo Algar como verde.

Para Lunardi, Frio e Brum (2011) as principais práticas verdes relacionadas aos Data Centers visam a (i) diminuição de servidores físicos, (ii) modernização da infraestrutura visando redução no consumo de energia elétrica e (iii) terceirização de serviços de infraestrutura. Já Loeser et al. (2017), consideram

como as principais práticas verdes de operação de um Data Center, (i) a consolidação de servidores e virtualização, (ii) monitoramento de energia e (iii) a otimização de fluxo de ar.

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), por sua vez, é a principal plataforma para certificação de edifícios verdes. Entre estas certificações, uma é específica para Data Center (USGBC, 2014). Alguns requisitos analisados para cada uma das sete dimensões, sendo elas: localização e transporte, espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna e inovação e processos, são igualmente utilizados durante o processo de certificação para outros tipos de edificações. Desta forma, pode-se inferir que esta certificação concentra-se na cobertura de pré-requisitos de aspectos construtivos da edificação do Data Center, não abrangendo, pelo menos em sua plenitude, as especificações de requisitos de tecnologia e de engenharia que envolvem a infraestrutura de um Data Center.

De acordo com Lunardi, Frio e Brum (2011), USGBC (2014), Grupo Algar (2015) e Loeser et al. (2017), pode-se inferir que considerar um Data Center como verde ainda é um assunto controverso e que não está satisfatoriamente respondido, já que não foram evidenciados critérios objetivos de tecnologia e de engenharia que possam ser utilizados para esta definição. Desta forma, o problema explorado nesta pesquisa pode ser traduzido na seguinte pergunta:

Quais são os requisitos de engenharia que devem ser atendidos por um Data Center para classificá-lo como verde?

1.3 Objetivo

Este trabalho tem por objetivo propor uma lista de requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis relacionados aos sistemas de Cabeamento estruturado, Climatização, Energia renovável, Grupos geradores, Iluminação, Segurança contra incêndio e UPS e baterias, que possam ser utilizados como critérios de infraestrutura para denominar um Data Center como verde.

1.4 Contribuições

Pode-se considerar que a inovação proposta por esta pesquisa está relacionada ao preenchimento de uma lacuna existente no processo de denominação de um Data Center Verde. Durante a pesquisa bibliográfica foram identificados trabalhos correlatos que atendem de forma limitada ao objetivo proposto por esta pesquisa, Lunardi, Frio e Brum (2011) e Loeser et al. (2017).

Os requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis dos principais sistemas que compõem o Data Center serão identificados e posteriormente avaliados pelos Especialistas. A lista de requisitos aplicáveis poderá ser utilizada por profissionais de TI como um dos critérios para a aquisição de serviços online ou como uma verificação inicial no desenvolvimento de projetos de construção ou adequação dos Data Centers aos princípios da TI verde.

1.5 Método de trabalho

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivos exploratórios, de abordagem qualitativa, utilizando-se do método de pesquisa de levantamento para a verificação da aplicabilidade dos requisitos de engenharia identificados durante a Pesquisa bibliográfica. Tendo em vista o objetivo que se pretende alcançar nesta pesquisa, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- a) **Pesquisa bibliográfica** - a composição do referencial teórico fundamenta-se na identificação dos requisitos de engenharia que podem ser utilizados para o alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde. Composta de dissertações de mestrado, artigos, em especial aos publicados no IEEE, com datas de publicação superiores ao ano de 2010. Livros técnicos com temas relacionados à infraestrutura de data centers e projetos de pesquisa, normas nacionais e internacionais, acesso aos sites de notícias e de fabricantes de equipamentos relacionadas ao tema e a participação em feiras e congressos;

- b) **Classificação dos requisitos** - de posse dos requisitos de engenharia identificados na pesquisa bibliográfica, os mesmos serão classificados de acordo com a sua aplicação e relacionados em quadros separados para cada um dos principais sistemas que compõe a infraestrutura do Data Center. Sendo eles, Cabeamento estruturado, Climatização, Energia renovável, Grupos geradores, Iluminação, Segurança contra incêndio, *Uninterruptable Power Supply* (UPS) e baterias;
- c) **Desenvolvimento dos questionários** – será desenvolvido um questionário para cada um dos sistemas. Como forma de avaliar o nível de aplicabilidade de cada um dos requisitos, será utilizada a seguinte escala: Nada aplicável (0%) Pouco aplicável (25%), Razoavelmente aplicável (50%), Muito aplicável (75%) e Plenamente aplicável (100%), contendo ainda a possibilidade de inclusão de comentários ou justificativas por parte dos respondentes;
- d) **Pré-teste** - Os questionários passarão por um pré-teste, ainda disponibilizando a possibilidade de inclusão de novos requisitos de engenharia por parte dos respondentes. Estes novos requisitos poderão ser inclusos nos questionários para a utilização na atividade seguinte, desde que no mínimo sejam identificados mais de uma referência em uma nova pesquisa bibliográfica ou que o mesmo seja indicado por mais de um respondente;
- e) **Consulta aos Especialistas** - Cada Especialista avaliará a aplicabilidade do requisito, podendo a seu critério comentar ou justificar a sua resposta. Os especialistas serão convidados de acordo com critérios preestabelecidos e mantendo a relação entre a sua especialidade e o sistema que compõe a infraestrutura do Data Center;
- f) **Análise dos resultados** - com base nos resultados obtidos na consulta aos Especialistas, os requisitos serão revisitados para refinamento complementar e para a geração de uma lista de requisitos que poderá ser utilizada para denominar um Data Center como alinhado aos princípios da TI verde.

1.6 Organização do trabalho

O trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo este primeiro de INTRODUÇÃO.

No **capítulo 2**, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, os principais fundamentos são apresentados conceituando o Data Center, os sistemas que compõem a sua infraestrutura, métricas, classificações e certificações e uma análise de três trabalhos correlatos.

No **capítulo 3**, REFERENCIAL TEÓRICO, busca-se identificar e classificar os requisitos de engenharia de acordo com a sua aplicação, dividindo os mesmos pelos sistemas de infraestrutura que compõe o Data Center. Este conhecimento será a base conceitual para a definição dos requisitos que poderão ser utilizados na avaliação de um Data Center alinhado aos princípios da TI verde.

No **capítulo 4**, apresenta-se a estratégia de pesquisa escolhida, o contato com os especialistas, a lógica aplicada no desenvolvimento dos questionários, bem como o formato das respostas e a explicação sobre a parte comum e específica para cada um dos questionários.

No **capítulo 5**, RESULTADOS DA PESQUISA E ANALISE, apresenta uma análise com os resultados encontrados após a aplicação e devolutiva dos questionários e os requisitos que foram considerados aplicáveis pelos Especialistas.

O **capítulo 6**, CONCLUSÃO, apresentará as contribuições e considerações finais sobre os principais resultados obtidos, como também as limitações deste trabalho e as propostas para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo discorre-se sobre os fundamentos que formam o embasamento teórico deste trabalho, dividindo-se nos principais sistemas que compõem um Data Center.

2.1 Data Centers

Segundo Marin (2016) os Data Centers são ambientes que abrigam equipamentos e sistemas responsáveis pelo processamento e armazenamento de informações cruciais, sendo assim considerado um ambiente de missão crítica que necessita de uma infraestrutura com operação ininterrupta ou pelo menos com a máxima disponibilidade. Os Data Centers podem ser entendidos como os antigos CPD's, com uma diferença considerável no aumento da densidade de equipamentos ativos. Porém, o Data Center não está limitado à sala de servidores, desta forma, torna-se primordial dispensar atenção especial aos principais sistemas durante as atividades iniciais do projeto de infraestrutura de um Data Center, como o sistema de distribuição elétrica, incluindo o sistema *Uninterruptable Power Supply* (UPS) e baterias, o sistema de climatização, o cabeamento estruturado de alto desempenho e os sistemas de monitoramento e segurança.

Como sucessores dos CPD's, os Data Centers se diferem principalmente pelo maior número de computadores e consequentemente pela capacidade de processamento e de armazenamento (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

A norma TIA-942-A, define o Data Center como sendo um edifício, ou parte de um edifício, cuja função primária é a de abrigar uma sala de computadores e suas áreas de suporte (ANSI/TIA, 2012). Na Figura 1 é possível verificar um exemplo dos racks localizados dentro da sala de computadores de um Data Center.

Figura 1 - Sala de computadores de um Data Center



Fonte: Tecnoblog (2012)

Os Data Centers podem ser divididos basicamente em três tipos, *enterprise*, *hosting* e *colocation*. No Quadro 1 é possível observar os principais tipos e características de Data Centers.

Quadro 1 - Tipos e características de Data Centers

Data Center	Características
<i>Enterprise</i>	• Normalmente instalado onde a empresa está estabelecida; • Geralmente em estruturas de pequeno porte, sem classificação em termos de disponibilidade e redundância; • O custo de instalação, operação e manutenção é normalmente o principal fator por se optar por um Data Center próprio.
<i>Hosting</i>	• Possuem vários clientes; • Possuem uma grande densidade de equipamentos críticos de TI; • Possuem maior redundância de componentes e sistemas; • A disponibilidade da infraestrutura é o principal fator do projeto do site.
<i>Colocation</i>	• Entregam a infraestrutura física pronta para a instalação dos equipamentos críticos do cliente; • São sites que ocupam espaços maiores que os Data Centers <i>enterprise</i>; • Podem ter menor densidade de equipamentos na sala de servidores; • Apresentam campos de terminação de cabeamento e equipamentos de rede centralizados; • A segurança do site e dos equipamentos críticos de TI deve ser um dos principais parâmetros do projeto, já que os clientes devem ter acesso aos seus equipamentos.

Fonte: Adaptado de Marin (2016)

2.2 Infraestrutura do Data Center

Fisicamente, um Data Center pode ser dividido pelos espaços principais como a sala de computadores, sala de entrada e sala de telecomunicações. A infraestrutura do Data Center é composta por elementos que visam suportar os sistemas de TI, promovendo um ambiente adequado ao seu funcionamento ininterrupto (FILHO, 2017).

O projeto de infraestrutura de um Data Center começa pela identificação dos requisitos de tecnologia: rede, servidores, equipamentos de armazenamento de dados – *storage* e conectividade. Na sequência são identificados os requisitos de engenharia: distribuição elétrica, climatização, cabeamento de rede e telecomunicações e sistemas de controle e segurança do site (MARIN, 2016).

Diferentemente dos CPD's, os Data Centers modernos são integrados por componentes de diversos fabricantes e fornecedores. O planejamento do ambiente de um Data Center deve ser realizado equilibrando-se três fatores: conhecimento das tendências tecnológicas, padronização e modularidade (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

2.2.1 Classificações de Data Center

As principais características que classificam os Data Centers são a sua disponibilidade, confiabilidade e redundância. Quando se fala de disponibilidade do Data Center, busca-se níveis próximos de cem por cento, ou seja, busca-se uma garantia de operação ininterrupta mesmo em casos adversos como falhas de hardware dos equipamentos críticos de TI, falhas no fornecimento de energia elétrica, do sistema de climatização, entre outras. A confiabilidade é definida como a probabilidade de um sistema não apresentar falhas antes de uma quantidade de horas bem determinada e a redundância em Data Centers pode ser entendida como a duplicidade de partes, módulos, caminhos, componentes e sistemas com a finalidade de evitar eventuais paradas planejadas ou acidentais (MARIN, 2016).

O *Uptime Institute* é uma organização norte-americana que desenvolveu um padrão de classificação da infraestrutura de Data Centers com base em suas características de redundância e tolerância a falhas, considerando os sistemas de distribuição elétrica e climatização (UPTIME INST., 2010). Este padrão estabelece classificações Tier, que variam de I a IV e que descrevem a topologia de infraestrutura, procedimentos para a confirmação de desempenho e impactos operacionais. Desta forma, temos os Data Centers Tier I: Data Center Básico, Tier II: Data Center com componentes redundantes, Tier III: Data Center com manutenção e operação simultâneas e Tier IV: Infraestrutura tolerante a falhas.

Na Tabela 1 é possível verificar os principais requisitos relacionados a cada uma das classificações desenvolvidas pelo *Uptime Institute*.

Tabela 1 - Resumo dos Requisitos de Classificação Tier

Requisitos	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Componentes de capacidade ativa para suportar a carga de TI	N	N + 1	N + 1	N Após qualquer falha
Caminhos de Distribuição	1	1	1 ativo e 1 alternativo	2 Simultaneamente ativos
Operação e manutenção simultâneas	Não	Não	Sim	Sim
Tolerância a falha	Não	Não	Não	Sim
Climatização contínua	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Adaptado da classificação Tier do *Uptime Institute* (2009)

A norma ABNT NBR 14565:2012 Cabeamento estruturado para edifícios comerciais e Data Centers, trata em seu anexo F, das melhores práticas para projeto e instalação de infraestrutura para Data Centers, abordando especificações gerais a respeito da localização dos Data Centers, estrutura civil, instalações elétricas, piso elevado, condicionamento de ar, automação e inclusive com algumas informações sobre a classificação de Data Centers com base no padrão do *Uptime* (ABNT, 2013).

Outra norma que traz um sistema de classificação de Data Centers com base no padrão *Uptime* é a ANSI/TIA-942-A. Além desta classificação a norma ANSI/TIA-942-A traz também especificações e recomendações sobre a infraestrutura física de Data Centers, cobrindo aspectos como a escolha do local do Data Center, sistemas elétricos, mecânicos, telecomunicações, etc (ANSI/TIA, 2012). A classificação dos Data Centers da norma ANSI/TIA-942-A também está disposta no seu anexo F - *(Informative) Data Center Infrastructure Tiers*, esta classificação tem uma abordagem diferente da adotada pela *Uptime*, pois apesar de utilizar a classificação de Tier I a IV a mesma é utilizada para classificar de forma independente quatro sistemas críticos do Data Center, telecomunicações (T), sistema elétrico (E), construção (A) e sistema mecânico (M), ou seja, diferentes sistemas do Data Center podem ter diferentes classificações de disponibilidade e redundância.

Abaixo temos um exemplo de classificação de acordo com esta norma:

$T_1E_3A_2M_2$

Sendo:

Telecomunicações (cabramento) = *Tier 1*

Sistema elétrico = *Tier 3*

Construção = *Tier 2*

Mecânico = *Tier 2*

As características de redundância reconhecidas pela ANSI/TIA-942-A são as seguintes: Data Center básico (N), Data Center com redundância (N+1), Data Center com redundância (N+2), Data Center com redundância (2N) e Data Center com redundância 2 (N+1), esta classificação varia de um Data Center sem qualquer tipo de redundância, *Tier I*, em que o Data Center deve ser desligado para manutenções preventivas e corretivas, até um Data Center que possui um caminho redundante ativo, sendo tolerante a falhas, *Tier IV*.

A norma norte-americana ANSI/BICSI-002 *Data Center Design and Implementation Best Practices*, Projeto de Data Center e melhores práticas de implementação, também define um sistema de classificação de Data Centers de acordo com a sua disponibilidade e redundância, dividida em cinco classes, de Data Centers classe F0 até F4, respectivamente da menor para a maior disponibilidade. Esta norma é a que apresenta a mais completa cobertura sobre infraestrutura de Data Centers, incluindo planejamento dos espaços, construção, sistemas elétricos, sistemas mecânicos, proteção contra incêndio, segurança, etc (ANSI/BICSI,2014).

A norma ANSI/BICSI-002 também classifica os Data Centers de acordo com as suas redundâncias, porém se diferencia das outras normas no ponto em que também prevê, para cada uma das classes, uma quantidade de horas por ano para a manutenção e uma disponibilidade mínima em percentual para o Data Center (ANSI/BICSI,2014).

Nesta seção, identificamos várias normas que estão relacionadas com os sistemas que fazem parte da infraestrutura dos Data Centers. Um ponto em comum nestas normas é a utilização de critérios, principalmente de redundância, para a classificação dos Data Centers.

2.2.2 Cabeamento estruturado

A topologia de distribuição do cabeamento estruturado nos Data Centers é bastante semelhante ao utilizado nos edifícios comerciais, apresentando pequena variação no que diz respeito às nomenclaturas utilizadas para representar os elementos funcionais do cabeamento. A nomenclatura utilizada depende da norma adotada para o projeto de cabeamento estruturado do Data Center. Entre elas estão as normas ABNT NBR 14565:2012 Cabeamento estruturado para edifícios comerciais e Data Centers e ANSI/TIA-942-A Infraestrutura de Telecomunicações para Data Centers, já mencionadas na seção Center.

De acordo com a norma ABNT NBR 14565:2012, podemos considerar os seguintes elementos funcionais de um Data Center: interface de rede externa, cabo de acesso à rede, distribuidor principal (MD), cabeamento de *backbone*, distribuidor de zona (ZD), cabeamento horizontal, ponto de distribuição local (LDP), cabo do ponto de distribuição local e tomada de equipamento (EO).

As normas técnicas ABNT NBR 14565:2012 e ANSI/TIA-942-A reconhecem os seguintes tipos de cabos utilizados nos subsistemas de cabeamento horizontal e de *backbone* nos Data Centers:

- Cabos balanceados de quatro pares, 100 ohms, blindados ou não, categoria 6A / Classe E_A (600 MHz);
- Cabos ópticos multimodo OM3 e OM4 (50/125 m), otimizados para transmissão laser;
- Cabos ópticos monomodo;
- Arranjos de cabos do tipo *trunking*;
- Cabos S/FTP categoria 7 / Classe F.

Os aspectos comportamentais do cabeamento em condições de incêndio, devem ser uma preocupação durante a atividade de projeto, pois classificam os cabos de telecomunicações e redes de acordo com as características de propagação do fogo, emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosividade.

Neste sentido, os cabos podem ser classificados em ordem hierárquica, do melhor desempenho para o pior. Sendo eles:

- *Low Smoke Zero Halogen (LSZH)*;
- *Plenum Communication Cable (CMP)*;
- *Riser Communication Cable (CMR)*;
- *General Purpose Communication Cable (CMG e CM)*;
- *Communication Cable, Limited Use (CMX)*.

Tanto os cabos ópticos, quanto os metálicos, podem ser classificados conforme a hierarquia acima, exceto a classificação CMX que é utilizada somente para os cabeamentos metálicos.

A diretiva ROHS - Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances, emitida pelo Parlamento e pelo conselho da União Europeia (UE), restringe ao uso de substâncias perigosas em produtos ou equipamentos eletroeletrônicos, comercializados nos estados-membros da UE, proibindo a entrada de novos produtos no mercado caso contenham chumbo, cádmio, cromo hexavalente, mercúrio, bifenilas polibromadas (PBB) e éteres difenílicos polibromados (PBDE). Esta diretiva deve ser atendida por todos os fabricantes de cabos que querem atuar na Europa. Porém, esta restrição ainda não é adotada por todos os fabricantes e exigida por todos os países.

Nota-se no texto acima, que o mesmo está concentrado nos impactos que o cabeamento pode trazer ao meio ambiente durante o seu ciclo de vida. Não foi utilizado como requisito nenhuma característica técnica de operação do cabeamento.

2.2.3 Sistema de Climatização

Como disposto nas seções anteriores, o sistema de climatização é tão importante e crítico como o sistema elétrico. Desta forma, torna-se primordial a identificação e utilização das técnicas mais eficientes para o processo de retirado de calor do ambiente do Data Center, em especial, da sala de computadores.

O sistema de climatização consome aproximadamente entre 40 a 45% do total consumido pelo Data Center, perdendo apenas para o consumo de energia dos servidores, sendo assim, se bem dimensionado, o sistema de climatização pode contribuir significativamente com a eficiência energética do Data Center (LANGE, 2014).

Os equipamentos críticos de TI dispostos dentro da sala de computadores geram muito calor, por este motivo, os projetos devem priorizar a climatização deste ambiente, porém, os espaços de suporte como a sala de impressão, sala de baterias, centro de controle de operações, etc., não podem ser desprezados.

A localização do Data Center deve apresentar características tais que garantam uma baixa probabilidade de ocorrência de catástrofes naturais, longe de grandes vias e centros populacionais, com temperaturas favoráveis à otimização do sistema de climatização (PEREIRA, 2015).

Dependendo do porte do Data Center, os sistemas de climatização podem utilizar unidades *Computer Room Air Handling* (CRAH), com refrigeração baseada em *chillers* de água gelada e torres de resfriamento ou unidades *Computer Room Air Conditioner* (CRAC), com expansão direta do refrigerante ou outros métodos de troca de calor, conforme exemplo da Figura 2.

Figura 2 - Unidades Computer Room Air Conditioner (CRAC)



Fonte: ICTO (2017)

Em busca de se tornar cada vez mais sustentável, a empresa Equinix inaugurou o seu quinto Data Center no Brasil, utilizando uma nova tecnologia de refrigeração, que integra soluções de resfriamento evaporativo de ar e free cooling indireto, a fim de reduzir o uso de energia elétrica no ar condicionado (MACIEL, 2017).

Uma forma de melhorar a eficiência energética dos sistemas de climatização é a aplicação das melhores práticas. Entre elas podemos considerar a redução da mistura de ar quente e ar frio, minimizar as desumidificações desnecessárias, efetuar o resfriamento próximo à carga térmica, otimizar o layout da sala de computadores, reduzir a recirculação do ar e aumentar a temperatura de operação do Data Center (LANGE, 2014).

As normas ABNT NBR 14565, ANSI/TIA-942-A e ANSI/BICSI 002 utilizam como referência para a definição da temperatura e umidade relativa do ar o padrão TC 9.9 especificado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), entidade norte Americana reconhecida na área de padronização de climatização. O padrão TC 9.9 recomenda que a temperatura na entrada de ar dos equipamentos críticos de TI deva estar entre 18°C e 27°C com uma umidade relativa do ar entre 40 e 55% e a saída de ar quente deve estar a uma temperatura aproximada de 38°C com umidade relativa do ar em 20% (ASHRAE TECHNICAL COMMITTEE, 2011)

Como visto nesta seção, o sistema de climatização tem como característica a utilização combinada de diversas técnicas com o intuito de manter as condições mínimas de operação de um Data Center, em especial, da sala de computadores.

2.2.4 Sistema Elétrico

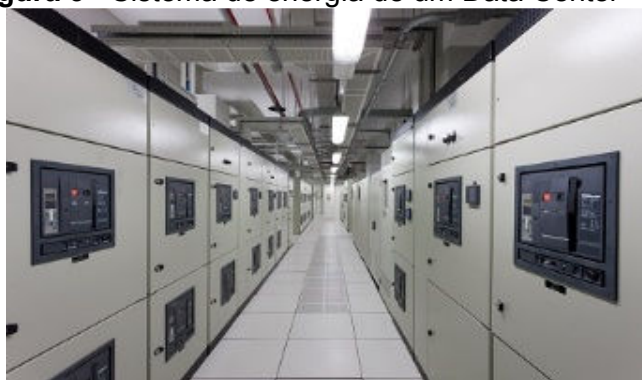
Entre os elementos básicos que compõem o sistema elétrico de um Data Center podemos enumerar desde a cabine primária ou subestação de entrada, quadro elétrico primário, grupo motor gerador, *Automatic Transfer Switch* (ATS) - Chave de transferência automática, quadro elétrico secundário, módulos *Uninterruptable Power Supply* (UPS) e baterias e *Power Distribution Unit* (PDU), entre outros equipamentos e componentes (MARIN, 2016).

O sistema de distribuição elétrica também é composto por cabos de cobre, que geram uma resistência à passagem da corrente, consumindo energia e dissipando calor. Esta perda de energia é inversamente proporcional à seção do condutor, desta forma, torna-se primordial a identificação durante a atividade de projeto da melhor relação entre a seção do condutor, energia desperdiçada e o custo de aquisição e instalação do cabo (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

A determinação da topologia de distribuição elétrica deve ser realizada com base em seu nível de redundância, sendo assim, o sistema elétrico de um Data Center deve ser projetado e instalado de forma adequada ao sistema de classificação adotado. Já a determinação do consumo elétrico do Data Center depende da carga crítica de TI, ou seja, da soma do consumo individual dos equipamentos existentes na sala de servidores, de um fator de crescimento para expansão futura, do consumo dos espaços de suporte, da iluminação, do sistema UPS e baterias, bem como do sistema de climatização, sendo este último, um dos maiores consumos de energia elétrica do Data Center. Desta forma, mostra-se que quanto maior o número de circuitos redundantes, ou seja, quanto maior a classificação Tier, maior será o consumo de energia elétrica do Data Center.

Na Figura 3 é possível verificar um exemplo do sistema de energia de um Data Center dimensionado em uma arquitetura paralelo/redundante para fornecer energia de forma ininterrupta para todos os sistemas críticos.

Figura 3 - Sistema de energia de um Data Center



Fonte: Data Center Dynamics (2016)

2.2.4.1 Energia Renovável

Nesta seção é apresentada as principais formas de geração de energia renovável que já estão em uso nos grandes Data Centers do mercado.

Os Data Centers Verdes foram projetados para a máxima eficiência de energia e o mínimo impacto ambiental, considerando o uso de tecnologias avançadas, como o uso de fontes de energia verdes para alimentá-las, o uso de materiais de construção ecológicos, etc (PATIL; DUTTAGUPTA, 2014).

A integração de fontes de energia renováveis no sistema de distribuição de um Data Center tem como finalidade a redução dos custos com energia elétrica e indiretamente na redução da emissão de carbono (ZHANG; MANTOOTH; BALDA, 2016).

Uma das principais fontes de energia renovável é a energia solar, pois durante o processo de geração nenhum tipo de poluente é emitido (CARTOCCI et al., 2016).

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Além das condições atmosféricas, a disponibilidade de radiação solar depende da latitude local e da posição no tempo (ANEEL, 2005a)

No final de 2016, a empresa Google anunciou que tinha como meta para o ano de 2017, que o fornecimento de 100% da fonte de energia para toda a empresa, incluindo os seus escritórios e o Data Center, seria gerada por painéis solares e de cata-ventos de energia eólica (FARINACCIO, 2016).

No Brasil, o Data Center pertencente ao Grupo Algar, foi um dos primeiros a ser energizado parcialmente com fonte de energia renovável. A captação de energia é realizada a partir de painéis fotovoltaicos, conforme pode ser observado na Figura 4. Para a empresa, esta iniciativa, além da redução da emissão de carbono, faz com que o seu Data Center seja considerado o primeiro Data Center Verde da América Latina (GRUPO ALGAR, 2015).

É importante destacar no exemplo acima, que não foi evidenciado nenhum outro tipo de ação desenvolvida para os outros sistemas que compõe a infraestrutura do Data Center pertencente ao grupo.

Figura 4 - Painéis fotovoltaicos instalados no telhado de um Data Center



Fonte: Grupo Algar (2015)

Outro exemplo de utilização de energia renovável é dado pela empresa Equinix, que utilizou no seu Data Center, intitulado SP3, um sistema de captação de energia solar que alimenta os escritórios e áreas comuns do Data Center. Tendo como objetivo um *Power Usage Effectiveness* (PUE) - indicador que mede a eficiência energética, (vide seção 2.3.1) inferior a 1,35, valor considerado como um dos menores da América Latina (MACIEL, 2017).

Os módulos fotovoltaicos, podem passar pelos critérios de aprovação para a concessão do selo Procel de economia de energia. Um exemplo deste selo pode ser visto na Figura 5. Coordenado pelo Inmetro, através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), os produtos são submetidos à um mecanismo de avaliação utilizando como referência o documento intitulado de Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC).

Já a energia eólica, é produzida por meio da conversão cinética contida nas massas do ar em movimento em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também conhecidos como aerogeradores. Para a implantação de um sistema de energia eólica, é preciso de um trabalho sistemático de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos, tendo como condição mínima de implantação, a velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m (ANEEL, 2005b).

Figura 5 – Selo PROCEL

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO
Fornecedor		ABCDEF
Marca		XYZ(Logo)
Versão		IPQR
Modelo		XPQOPT
Mais eficiente		A
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)		XY,Z
Área Externa do Módulo (m ²)		0,00
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)		00,0
Procedimento de Avaliação da Conformidade para Sistemas e equipamentos para Energia Fotovoltaica - Portaria Inmetro nº 694/2011 Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho		
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

Fonte: INMETRO (2011)

Cabe salientar que as fontes de energia renováveis, em especial, a solar, aparecem relacionadas com os requisitos de outros sistemas que compõem a infraestrutura de um Data Center.

2.2.4.2 Grupos Geradores

Nesta seção é apresentado os principais requisitos, relacionando o funcionamento dos geradores e as soluções para eliminar ou minimizar os impactos ao meio ambiente. Os grupos geradores tem como função suportar o Data Center no evento de falta de energia fornecida pela concessionária local.

Os Geradores são equipamentos obrigatórios nos grandes Data Centers, utilizam óleo diesel e ainda possuem um fator poluente. Sendo assim, torna-se imprescindível a busca por geração de energia a gás ou óleo combustível com baixa emissão de poluentes. Uma das apostas como opção para o óleo diesel é a utilização do biogás (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

Na Figura 6 é possível observar um dos geradores do Data Center da UOL. A autonomia de cada um dos geradores é de até 72 horas sem reabastecimento.

Figura 6 - Grupos Geradores



Fonte: UOL Notícias (2010)

Os impactos ambientais diretos causados pela utilização dos grupos geradores são perturbações acústicas e poluição pelas emissões dos gases de escapamento, esta última está relacionada com a combustão interna para o funcionamento do

motor diesel e indiretos, as quais acontecem quando da produção do óleo diesel nas refinarias e acompanham toda vida do equipamento (BARROS, 2007).

Normalmente os geradores, dois ou mais, são instalados numa configuração paralelo redundante, de modo que um cubra a falha do outro. Cada gerador deve ser capaz de suportar toda a carga do Data Center (MARIN, 2016).

Os principais pontos de atenção para o projeto de instalação dos grupos geradores são o local de instalação (Local abrigado ou ao tempo com o uso de carenagem), o processo de troca de ar (admissão de ar frio e exaustão de ar quente), o local adequado para exaustão de gases de escapamento, o local específico para o tanque de combustível (óleo diesel), o ruído e a Infraestrutura elétrica e quadros. Os principais impactos ambientais relacionados aos grupos geradores são o nível de ruído / vibração mecânica, emissões de poluentes e vazamento de fluídos (diesel, lubrificante e anti-congelante) (RUBBO; ROSA, 2017)

2.2.4.3 Sistema de Iluminação

Vários são os parâmetros relacionados aos sistemas de iluminação, entre eles destacamos o fluxo luminoso (iluminância), a eficiência luminosa, a temperatura de cor e a vida útil das lâmpadas.

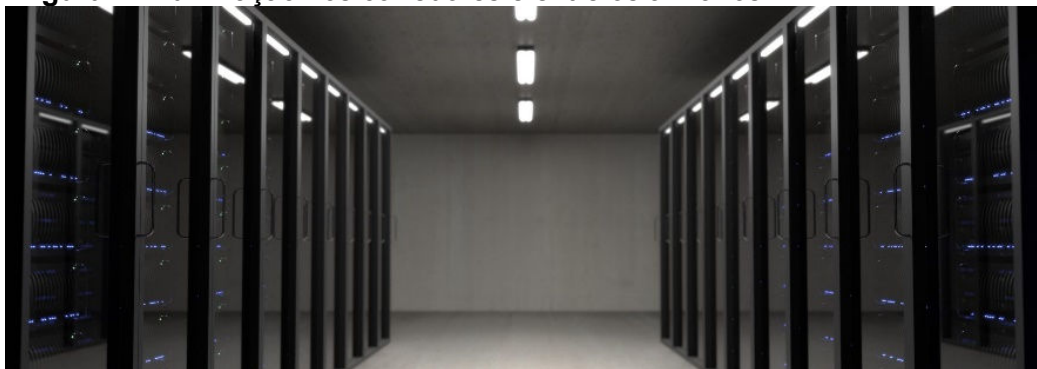
É importante que o sistema de iluminação atenda aos requisitos de um ambiente específico, tarefa ou de uma atividade, não comprometendo os aspectos visuais de uma instalação para a redução de energia (ABNT, 2013).

Uma das principais características relacionadas a eficiência energética que devemos observar nos sistemas de iluminação é a sua eficiência luminosa. Podemos considerar a eficiência luminosa como sendo a relação entre o fluxo luminoso emitido pela fonte de luz e a potência elétrica consumida. A unidade de medida da eficiência luminosa é o lúmens/Watt (lm/W). Quanto maior esse número, melhor a eficiência.

Dependendo da ocupação humana, recomenda-se a utilização de um protocolo de iluminação de três níveis nos Data Centers, sendo que no Nível 1 a iluminação deve ser suficiente para permitir o uso efetivo de equipamentos de Circuito Fechado de TV (CFTV). No Nível 2, a iluminação deve ser acionada por sensores, permitindo a circulação com segurança entre os corredores e a identificação através das

câmeras e no Nível 3 a iluminação deve ser de 500 lux no plano horizontal e 200 lux no plano vertical, medido a 1 m acima do piso acabado. Na Figura 7, é possível observar a instalação do sistema de iluminação nos corredores e entre os armários (ANSI/TIA, 2012).

Figura 7 - Iluminação nos corredores e entre os armários



Fonte: Sciencetrap (2017)

Para Filho, (2017), além do protocolo de iluminação acima, deve-se considerar a utilização de acabamentos claros para melhorar a eficiência do sistema de iluminação.

2.2.4.4 Sistema UPS e Baterias

Nesta seção discorre-se sobre a importância do sistema UPS para a infraestrutura de um Data Center, a relação do seu funcionamento com a dos grupos geradores e os principais requisitos para minimizar o impacto deste sistema ao meio ambiente.

O UPS tem como função manter a carga crítica de TI do Data Center funcionando até que os grupos de geradores sejam acionados e o chaveamento do sistema seja realizado. O UPS só entra em operação caso haja falhas no fornecimento da energia proveniente da concessionária ou de outra fonte de energia (MARIN, 2016).

O Sistema UPS normalmente possui dois modos de operação, o modo de dupla conversão e modo econômico. Basicamente o funcionamento do modo dupla conversão consiste em uma primeira conversão, onde a tensão alternada da rede é convertida em uma tensão contínua utilizando-se de um circuito retificador. O armazenamento de energia, utilizando baterias de chumbo-ácido, está conectado

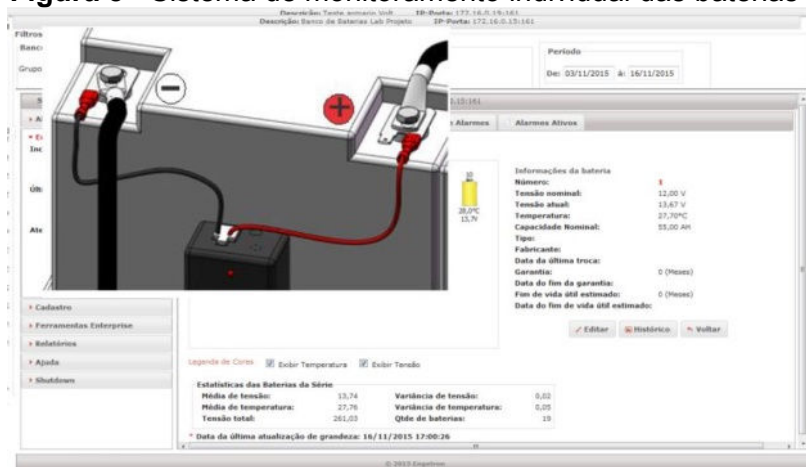
neste barramento, cuja tensão é então invertida novamente em uma tensão alternada que serve como a unidade de distribuição de energia (PDU). A vantagem da arquitetura tradicional é a sua robustez, pois a qualidade da tensão e a frequência de saída são independentes da entrada. No entanto, a eficiência de ponta a ponta é relativamente baixa; pelo menos 15% da energia do Data Center é desperdiçada e dissipada como calor (ZHANG; MANTOOTH; BALDA, 2016), (MOURA, 2017).

Já no modo econômico, o sistema trabalha priorizando a operação por bypass, restringindo a faixa de operação da tensão de entrada e em caso de instabilidade da rede elétrica, o UPS muda de modo de operação automaticamente para o modo de dupla conversão. O modo de operação econômico contribui com a performance relacionada ao fator de potência do sistema UPS (MOURA, 2017).

Existe no mercado diversos modelos de UPS, sendo mais comum o que utiliza baterias de chumbo ácido, porém novas tecnologias começam a chegar ao mercado, como um sistema com bateria de lítio e carga por meio da luz solar (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

A utilização de sistemas de monitoramento de forma individual e contínuo das baterias, exemplificado na Figura 8 e da temperatura ambiente onde se encontram instaladas, contribui com o seu tempo de vida, diminuindo assim os efeitos conhecidos como morte súbita e avalanche (MOURA, 2017)

Figura 8 - Sistema de monitoramento individual das baterias



Fonte: MOURA (2017)

O atual mercado de Data Center é muito exigente e busca por soluções com alta densidade de potência e que alia tamanho, flexibilidade e eficiência para reduzir o espaço consumido dentro do Data Center (DATACENTER DYNAMICS, 2017).

Diferente dos sistemas UPS convencionais, o sistema de UPS rotativo trabalha integrado aos geradores e acumula energia cinética, que é utilizada no caso de falha no fornecimento de energia (ASCENTY DC, 2015).

A Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008, deve ser utilizada no mercado brasileiro como uma das referências para o controle dos limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado (CONAMA, 2008).

2.2.5 Sistema de Segurança contra Incêndio

A segurança do Data Center deve ser aplicada para os aspectos de segurança da informação e segurança física. Contudo, os aspectos referentes à segurança da informação não serão foco desta pesquisa.

A segurança física está associada à vigilância eletrônica, utilizando-se de circuitos fechados de TV, controle de acesso implementado em vários níveis, pessoal de segurança e proteção contra incêndio. (MARIN, 2016)

O conceito de segurança contra incêndio (SCI), surgiu da necessidade de conhecer e prevenir o incêndio tendo como objetivos primordiais a proteção à vida humana e ao patrimônio (FRITZ, 2015).

Uma das normas mais utilizadas na proteção contra incêndio em ambientes de Data Center é a desenvolvida pela *National Fire Protection Association - NFPA 75® Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment*. Esta norma cobre os requisitos de proteção de equipamentos de TI, assim como das áreas onde os mesmos estão instalados (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2013).

Um sistema de proteção contra incêndio deve ser composto basicamente pelos elementos de detecção (fumaça, calor e fogo), supressão (Sprinkler de água e cilindros de gases inertes/agentes químicos), alarme e controle. O maior impacto

ambiental que o sistema de proteção contra incêndio em um Data Center pode gerar está relacionado ao processo de supressão, já que, invariavelmente, utiliza cilindros de gases ou agentes químicos que podem degradar o meio ambiente.

Os gases inertes atuam na redução do oxigênio para a extinção do fogo. Já os agentes químicos podem atuar tanto pelo arrefecimento quanto na reação química (AZEVEDO, 2017).

Pode-se considerar como agentes limpos aqueles utilizados para extinguir incêndios de Classe A (aparas de papel e madeiras), B (líquidos inflamáveis) e C (equipamentos elétricos), que não deixam resíduos, que são eletricamente isolante, nenhum nível de efeito adverso é observado e que não causam a depleção da camada de ozônio (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2012)

A utilização de agentes extintores no processo de supressão devem garantir a integridade dos equipamentos e o retorno ao funcionamento no menor tempo possível (AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013).

Para o entendimento e aplicação da norma NFPA 2001, Padrão em Sistemas de Extinção de Incêndio de Agente Limpo. É essencial o conhecimento das definições abaixo:

- a) Ozone Depletion Potential (ODP): É a capacidade de uma determinada substância de provocar danos à camada de ozônio;
- b) No Observed Adverse Effects Level (NOAEL): É a maior concentração de um determinado agente, em que não se observa nenhuma reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera;
- c) Lowest Observed Adverse Effects Level (LOAEL): É a menor concentração de um determinado agente, na qual pode se observar qualquer reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera.

Para proteção de ambientes habitados a máxima concentração de agente permitida é o NOAEL e o tempo máximo de permanência no local é de 5 minutos.

Na Figura 9 é possível observar o incêndio ocorrido no dia 20 de abril de 2014 no Data Center da Samsung, localizado em Gwacheon, na Coreia do Sul (DATACENTER DYNAMICS, 2014).

Figura 9 - Incêndio no Data Center da Samsung



Fonte: Data Center Dynamics (2014)

2.3 Principais Métricas de desempenho do Data Center

O *Triple Bottom Line*, também conhecido como tripé da sustentabilidade, considera que para ser sustentável uma organização deve ser financeiramente viável, socialmente justa e ambientalmente responsável. (ELKINGTON, 1997)

Várias são as iniciativas internacionais que contribuem para a redução dos impactos negativos que a utilização dos equipamentos de TI podem causar ao meio ambiente. Um dos destaques entre as iniciativas internacionais relacionadas aos Data Centers é o *The Green Grid*, associação que tem como principal objetivo tratar dos aspectos relacionados ao consumo de energia elétrica e requisitos de climatização em Data Centers.

2.3.1 Power Usage Effectiveness (PUE)

Uma das métricas mais utilizadas como parâmetro para avaliação da eficiência do consumo de energia em Data Centers e que foi desenvolvida pelo Green Grid é a Power Usage Effectiveness (PUE) (AVELAR et al., 2012), conforme a expressão (1), a seguir:

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}} \quad (1)$$

Sendo:

Total Facility Energy ou Carga Total da Infraestrutura, trata-se do consumo de energia dedicada exclusivamente ao Data Center, medido na entrada do edifício ou

do Data Center quando este é atendido diretamente pela concessionária e não compartilha a alimentação elétrica com outros sistemas.

IT Equipament Energy ou Carga de TI, trata-se do consumo de energia total de equipamentos usados para processar, armazenar e rotear informações dentro do Data Center, ou seja, o consumo de todos os equipamentos ativos presentes na sala de computadores.

Por recomendação da Força Tarefa Global, a medição da Carga de TI deve ser realizada na saída da unidade de distribuição de energia (PDU) ou no mínimo na saída da fonte de alimentação ininterrupta (UPS). (THE GREEN GRID et al., 2014)

Desta forma a PUE nos mostra a relação entre a energia disponível para alimentar o Data Center e aquela utilizada pelos equipamentos críticos de TI. Quanto mais próximo de 1.0 for o resultado do PUE, melhor será a eficiência energética do Data Center.

2.3.2 Data Center infrastructure Effectiveness (DCiE)

Outra métrica aplicada aos Data Centers é a *Data Center infrastructure Effectiveness* (DCiE) (THE GREEN GRID, 2007). A eficiência da infraestrutura do Data Center é definida como o inverso da PUE, conforme a expressão (2) a seguir:

$$DCiE = \frac{1}{PUE} = \frac{IT\ Equipment\ Energy}{Total\ Facility\ Energy} \times 100\% \quad (2)$$

2.3.3 Carbon Usage Effectiveness (CUE)

A *Carbon Usage Effectiveness* (CUE) eficiência de uso do dióxido de carbono, é outra métrica desenvolvida pelo *The Green Grid*. Ela é definida como a emissão total de CO₂, resultante da operação do Data Center dividida pela carga de equipamentos críticos de TI. (BELADY et al., 2010) conforme expressão (3) a seguir:

$$CUE = \frac{Total\ CO_2\ emissions\ caused\ by\ the\ Total\ Data\ Center\ Energy}{IT\ Equipment\ Energy} \quad (3)$$

Sendo:

Total CO₂ emissions by Total Data Center Energy, a emissão de CO₂ total resultante da operação do Data Center.

IT Equipment Energy ou Carga de TI, trata-se do consumo de energia total de equipamentos usados para processar, armazenar e rotear informações dentro do Data Center, ou seja, o consumo de todos os equipamentos ativos presentes na sala de computadores.

A unidade de medida do CUE é quilogramas de dióxido de carbono por quilowatts-hora, KgCO₂/KWh

2.3.4 Water Usage Effectiveness (WUE)

A *Water Usage Effectiveness* (WUE) eficiência no uso da água, é definida pela relação entre o consumo de água da infraestrutura do Data Center e a energia consumida pelos equipamentos críticos de TI. O WUE é dado em litros por Quilowatts hora, L/KWh. (PATTERSON et al., 2011) conforme expressão (4) a seguir:

$$WUE = \frac{\text{Annual Water Usage}}{\text{IT Equipment Energy}} \quad (4)$$

Sendo:

Annual Water Usage, o consumo de água utilizado no sistema de climatização durante o período de um ano.

IT Equipment Energy ou Carga de TI, trata-se do consumo de energia total de equipamentos usados para processar, armazenar e rotear informações dentro do Data Center, ou seja, o consumo de todos os equipamentos ativos presentes na sala de computadores.

2.3.5 Green Energy Coefficient (GEC)

A métrica *Green Energy Coefficient* (GEC), coeficiente de energia verde, é a relação entre a energia proveniente de fontes de energia renováveis, medida em quilowatts-hora ou KWh, consumida pelo Data Center e a energia total consumida

por ele em sua operação durante um determinado período. Conforme expressão (5) a seguir:

$$GEC = \frac{\text{Green energy used by the data center}}{\text{Total Data Center Source Energy}} \quad (5)$$

Sendo:

Green energy used by the Data Center, é a energia proveniente de fontes renováveis consumida pelo Data Center

Total Data Center Source Energy, é a energia total consumida pelo Data Center proveniente de fontes renováveis e não renováveis, sendo este equivalente ao *Total Facility Energy* utilizado na expressão do PUE.

O valor máximo que o GEC pode assumir é 1.0, ou seja, 100% da energia utilizada pelo Data Center é de energia de fontes renováveis. Esta comprovação pode ser feita utilizando-se dos diretos legais adquiridos com a aquisição dos certificados de energia renovável. (THE GREEN GRID et al., 2014)

2.3.6 Energy Reuse Factor (ERF)

Outra métrica desenvolvida pelo *The Green Grid* é a *Energy Reuse Factor* (ERF) ou Fator de Reuso de Energia. Esta métrica é calculada dividindo-se a energia reutilizada fora do Data Center pela energia total consumida, sendo esta última equivalente ao *Total Facility Energy* utilizado na expressão do PUE. Conforme expressão (6) a seguir:

$$ERF = \frac{\text{Reuse energy outside of the data center}}{\text{Total Data Center Source Energy}} \quad (6)$$

Sendo:

Reuse energy outside of the Data Center é a energia reutilizada fora do Data Center.

Total Data Center Source Energy, é a energia total consumida pelo Data Center proveniente de fontes renováveis e não renováveis, sendo este equivalente ao *Total Facility Energy* utilizado na expressão do PUE.

2.4 Certificações de Data Center

Na seção anterior analisamos as principais normas referentes aos Data Centers, com foco na classificação relacionada à disponibilidade, confiabilidade e redundância. No entanto, estas normas não possuem força de lei, não sendo de utilização obrigatória. Sendo assim, algumas organizações oferecem o serviço de certificação da infraestrutura do Data Center com base nestas e em outras normas.

A primeira certificação apresentada é a realizada pela *The Uptime Institute*, que utiliza como referência a sua própria classificação *Tier*, de I a IV. O *Uptime Institute* certifica tanto o projeto do Data Center, avaliando o projeto executivo e o memorial descritivo, emitindo um selo de certificação referido como *Design*. A infraestrutura do Data Center é certificada utilizando como base a certificação do projeto previamente obtida e emitindo uma certificação referida como *Facility*. Um exemplo do selo *Tier IV Design* pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Selo Tier IV - Design



Fonte: Datacenter Dynamics (2015)

Outra ação importante desenvolvida pelo *Uptime Institute* são as premiações *Efficient IT Stamp of Approval* e *Activated*. Estas premiações são entregues para organizações que atendem critérios de desempenho para os componentes de liderança, infraestrutura de TI e Data Center. Os critérios que envolvem o componente de infraestrutura de TI são a utilização do servidor, rede e armazenagem, consumo e utilização de nuvem, resiliência e redundância de aplicativos, controle do ciclo de vida de ativos de TI, ferramentas e informações, plano mestre da sala de computadores, gestão de racks e otimização de espaço, energia e resfriamento. Na Figura 11 podemos verificar os selos e a sua validade, dois anos e um ano respectivamente, findo esta validade, será necessária uma

reavaliação, que tem por objetivo validar o processo de melhoria continua utilizado pela organização para cada um dos componentes.

Figura 11 - Selo Efficient IT Stamp of Approval e Activated



Fonte: *The Uptime Institute* (2016)

Já a certificação TÜV Rheinland, utiliza como referência a norma norte americana ANSI/TIA-942-A classificando os Data Centers em quatro níveis, chamados de TÜV *Ranking*, variando de TR1 a TR4. O processo de certificação da TÜV envolve as atividades de avaliação do projeto, avaliação da infraestrutura, avaliação da operação treinamento e revalidação da certificação. Esta classificação inclui ainda quatro níveis relacionados à disponibilidade da infraestrutura de instalação e à segurança do Data Center, enfatizando a aplicação das normas ISO-27001/27002 e requisitos especiais que atendam à legislação e características do mercado brasileiro. Desta forma os três requisitos básicos que norteiam esta certificação são disponibilidade, segurança e eficiência (“Notícias | TÜV Rheinland do Brasil”).

Na Figura 12 é possível verificar o selo de certificação do nível TR4 nos requisitos de disponibilidade e segurança.

Figura 12 - Selo Certificação TR4



Fonte: TÜV Rheinland do Brasil (2017)

A certificação LEED para edifícios verdes, atualmente na versão 4, utiliza os critérios estabelecidos pelo *Green Building Council*. Os projetos que buscam esta certificação serão analisados de acordo com uma das quatro tipologias, projeto e construção de edifícios – LEED BD+C, design de interiores – LEED ID+C, edifícios existentes – LEED O+M e bairros – LEED ND. Para cada uma das tipologias é analisado os pré-requisitos mínimos obrigatórios e créditos se referindo a recomendações para ações. A medida que são atendidos, são garantidos pontos para a edificação. De 40 a 49 pontos *Certified*, de 50 a 59 pontos *Silver*, de 60 a 79 pontos *Gold* e acima de 80 pontos, *Platinum* (USGBC, 2014).

Existe uma certificação específica para Data Centers, LEED BD+C: Data Center. Com o auxílio de uma lista de verificações é possível identificar os pré-requisitos mínimos obrigatórios e as recomendações para cada uma das sete dimensões.

No Anexo A: Pré-requisitos e sistema de pontuação LEED *BD+C* é possível verificar todos os pré-requisitos analisados na certificação LEED para Data Centers.

Um dos créditos, ou seja, recomendações fornecida por esta certificação, faz referência ao processo integrado, que tem como objetivo realizar uma análise prévia dos inter-relacionamentos entre os sistemas.

Relacionado ao sistema elétrico, as principais recomendações passam pela condição do terreno e a avaliação da massa térmica e a orientação que afetam o dimensionamento de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), consumo de energia, níveis de iluminação e oportunidades de utilização de energia renovável.

Para o sistema de água, as principais recomendações são a avaliação da demanda de água interna de acordo com o requisito *Water Efficiency* (WE), avaliar os volumes de demanda das torres de resfriamento, avaliação de todos os volumes de fontes de abastecimento de água não potável em potencial, como água de chuva e água cinza no local, água não potável fornecida pelo município e condensado de equipamentos de AVAC.

Outro crédito ou recomendação que deve ser utilizado faz referência à avaliação do terreno onde o Data Center será instalado, tendo como um dos requisitos a avaliação do clima, composto pela verificação da exposição solar, potencial do efeito ilha de calor, ângulos solares sazonais, ventos predominantes, precipitação mensal e faixas de temperatura, sendo esta última importante para a definição do sistema de

climatização do Data Center e consequentemente, contribuindo com a eficiência energética.

A produção de energia renovável também é considerada por esta certificação, com foco em reduzir os prejuízos ambientais e econômicos associados ao consumo de energia. É possível utilizar os certificados de energia renováveis como forma de aumentar a pontuação das certificações LEED (RMAI, 2014).

Na Tabela 2 é possível verificar os sete projetos de Data Centers certificados LEED no Brasil até o momento, outros onze estão em processo de certificação.

Tabela 2 - Data Centers certificados LEED no Brasil

Nome do Projeto	Sistema	Data da Certificação	Pontos	Nível
VIVO Data Center Tamboré	LEED NC	31/10/2012	64	<i>Gold</i>
Centro Tecnológico Campinas - CTC 03	LEED NC	18/07/2014	64	<i>Gold</i>
Centro Tecnológico Campinas - CTC 02	LEED NC	21/07/2014	64	<i>Gold</i>
Confidencial	LEED NC	06/03/2015	66	<i>Gold</i>
Confidencial	LEED NC	06/03/2015	66	<i>Gold</i>
Confidencial	LEED NC	04/01/2016	67	<i>Gold</i>
Data Center BMF Bovespa	LEED NC	10/07/2015	44	<i>Certified</i>

Fonte: Green Building Council Brasil (2017)

A Certificação de Data Centers para novas construções (BD+C: Data Center), não precisam ser renovadas e não possuem validade, uma vez que informam apenas o resultado final da construção de um empreendimento. As certificações de Novas construções avaliam todas as etapas de construção, desde a concepção do projeto até a finalização e entrega da obra, sendo o certificado emitido nesta etapa.

Já a Certificação de Data Centers Existentes (O+M: Data Center), irá avaliar a operação e manutenção desse empreendimento ao longo de um determinado período, avaliando o desempenho e performance do mesmo, tendo validade de 5 anos.

Como visto, as entidades certificadoras adotam critérios próprios e normas internacionais, que abordam desde os aspectos construtivos, como os de operação de um Data Center.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os requisitos de engenharia identificados durante a pesquisa realizada para o desenvolvimento do capítulo de REVISÃO BIBLIOGRÁFICA e que de acordo com o conceito de TI verde apresentado na contextualização, se utilizados, poderiam impactar de forma positiva ou negativa o meio ambiente. Para cada um dos sistemas, é apresentado um quadro identificando o nome do sistema, o número do item, o requisito, um parâmetro e a sua referência bibliográfica. Desta forma, pode-se ter mais de um requisito para um mesmo parâmetro, com a mesma ou com múltiplas fontes de referências.

No Quadro 2 é possível observar os principais sistemas de engenharia que compõem um Data Center. Pode-se inferir, com base no que foi observado até o momento nesta pesquisa, que o grau de complexidade para a implantação de um Data Center pode ser avaliado de acordo com a relação entre a classificação do Data Center definida para a disponibilidade, confiabilidade e redundância e o número de componentes de cada um dos sistemas.

Quadro 2 - Componentes de Engenharia da Infraestrutura de um Data Center

Requisitos	Sistemas	Componentes
Engenharia	Distribuição Elétrica	Cabine Primária ou Subestação
		Chave de transferência automática
		Energia Renovável
		Grupos Geradores
		Iluminação
		Módulos UPS e Baterias
		<i>Power Distribution Unit</i> (PDU)
		Quadro elétrico primário
		Quadro elétrico secundário
	Mecânico	Climatização
	Cabeamento de Rede e Telecomunicações	Cabeamento estruturado de alto desempenho
	Sistema de segurança física do site	Segurança Contra Incêndio
		Vigilância e controle de acesso
	Sistema de monitoramento	<i>Data Center Infrastructure Monitoring</i> (DCIM)

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.1 Comparação dos trabalhos correlatos

Nesta seção apresentam-se os trabalhos correlatos identificados na pesquisa bibliográfica que buscam identificar as práticas de TI verde. Foram analisados três trabalhos conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Trabalhos correlatos

Trabalho	Tipo	Título	Referências
Trabalho 1	Artigo	Tecnologia da Informação e Sustentabilidade: Levantamento das Principais Práticas Verdes Aplicadas à Área de Tecnologia	(LUNARDI; FRIO; BRUM, 2011)
Trabalho 2	Dissertação	Contribuição à formação de critérios de seleção de projetos de tecnologia da informação verde.	(OLIVEIRA, 2014)
Trabalho 3	Artigo	TI Verde: Mito ou realidade na indústria digital brasileira	(FARIA; MARTINS; SIQUEIRA, 2013)

Fonte: Elaborado pelo Autor

A comparação dos trabalhos levou em consideração os seguintes parâmetros: Método de identificação e de verificação da aplicabilidade das práticas de TI verde.

3.1.1 Métodos de identificação das práticas de TI verde

Nesta seção foram comparados os métodos utilizados por cada um dos trabalhos na identificação das principais práticas de TI verde utilizadas por empresas de diversos portes e segmentos.

O Trabalho 1 teve como objetivo identificar as principais práticas de TI Verde adotadas pelas organizações, analisando-se ainda os seus benefícios. Este trabalho utilizou como fonte de pesquisa, publicações (artigos, cases, entrevistas, notícias e sites institucionais) disponibilizados na internet no período de 2006 a março de 2011, sendo identificados 196 anúncios relacionados ao tema.

Foram identificadas 37 práticas de TI verde, sendo agrupadas em sete categorias: práticas de conscientização, datacenter verde, descarte e reciclagem, fontes alternativas de energia, hardware, impressão e software. Para cada uma das

práticas foram analisados os motivos de adoção de acordo com os seguintes objetivos de sustentabilidade: (i) ecoeficiência (preços competitivos x qualidade de vida x redução dos impactos), (ii) ecoequidade (consumo consciente dos recursos naturais x gerações futuras) e a ecoeficácia (trabalhar nas coisas certas).

O Trabalho 2, por sua vez, teve como objetivo identificar e agrupar os critérios de TI verde utilizados na seleção de carteiras de projetos de tecnologia da informação, especificamente aqueles voltados para o segmento de infraestrutura.

O Trabalho 2 se preocupou em separar as práticas que maximizam os impactos positivos da TI para o negócio e as práticas que minimizam os impactos negativos da TI para a eco-sustentabilidade, respectivamente *IT for Green* e *Green for IT*.

A tecnologia da informação (TI) pode ser vista como uma disciplina que atua no desenvolvimento sustentável com um aspecto negativo, no qual é consumidora de recursos naturais, mas que por outro lado propicia ferramentas e sistemas que auxiliam a reduzir efeitos sobre o meio ambiente, com consequências que alcançam também o ambiente social e econômico.(OLIVEIRA, 2014, p. 7)

Ainda referente ao Trabalho 2, após a busca na literatura especializada, foram identificados dezesseis práticas relacionadas a TI verde, sendo que mais duas práticas foram identificadas após a realização de uma pesquisa piloto, sendo elas: *Voice over Internet Protocol* (VoIP) e Tablets e Smartphones.

O Trabalho 3 teve como objetivo verificar quais as práticas de TI Verde as empresas brasileiras da indústria digital estão evidenciando em seus relatórios de sustentabilidade e websites. Desta forma, foram identificadas doze práticas de TI verde presentes na fundamentação teórica. Verificou-se, também que estas ações podem ser observadas nos indicadores de desempenho ambiental do *Global Reporting Initiative* (GRI) divulgadas por algumas das empresas pesquisadas.

No Quadro 4 é possível verificar as fontes de pesquisa para cada um dos trabalhos correlatos analisados nesta seção e o número de práticas de TI verde identificadas.

Quadro 4 - Fontes de pesquisa dos trabalhos correlatos

Trabalho	Fonte de pesquisa	Práticas de TI verde identificadas
Trabalho 1	Publicações disponibilizados na internet no período de 2006 a março de 2011	37
Trabalho 2	Pesquisa bibliográfica	18
Trabalho 3	Pesquisa bibliográfica e webgráfica.	12

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se verificar que as práticas de TI verde identificadas por cada um dos três trabalhos e dispostas no Quadro 5, possuem algumas semelhanças, porém, ainda diferem significativamente em quantidade e em terminologia. Sendo assim, ainda não existe um consenso no que diz respeito aos critérios que utilizem como base o conceito de TI verde.

Quadro 5 - Práticas de TI verde identificadas nos trabalhos correlatos

Trabalho	Práticas de TI verde identificadas
Trabalho 1	Práticas de Conscientização 1-Campanhas de conscientização, 2-Fornecedores verdes, 3-Política de sustentabilidade, 4-Teletrabalho/videoconferência, 5-Prédio verde, 6-Comitês de sustentabilidade, 7-Análise de eficiência energética Data Center Verde 8-Consolidação de servidores, 9-Consolidação de desktops, 10-Modernização do datacenter, 11-Terceirização de servidores Descarte e Reciclagem 12-Reciclagem de peças, cartuchos e equipamentos, 13-Descarte correto, 14-Recolhimento de materiais, 15-Doação ou entrega de equipamentos, 16-Estímulo para os recicladores, 17-Leis de regulamentação, 18-Trade-in (incentivo à entrega do equipamento antigo na compra de um novo) Fontes Alternativas de Energia 19-Uso de energias renováveis, 20-Aproveitamento do calor para outros fins, 21-Aproveitamento da água Hardware 22-Equipamentos mais eficientes, 23-Substituição de monitores CRT por LCD, 24-Eliminação de componentes nocivos nos produtos, 25-Produtos novos com componentes reciclados, 26-Aumento do ciclo de vida dos produtos Impressão

Trabalho	Práticas de TI verde identificadas
	27-Monitorar impressões, 28-Digitalização de documentos, 29-Terceirização de impressões, 30-Impressão frente-e-verso, 31-Consolidação de impressoras, 32-Uso de papel reciclado, 33-Uso de multifuncionais Software 34-Sistemas de gerenciamento de energia, 35-Aplicativos eficientes, 36-Sistemas de controle (emissão de gases, qualidade da água), 37-Sistema para projetar produtos mais eficientes.
Trabalho 2	IT for Green 1-Teletrabalho, 2-Telepresença, 3-Desmaterialização Green for IT 4-Virtualização de servidores, 5- <i>Cloud Computing</i> , 6-Equipamentos multifuncionais, 7-Equip. incremento de <i>Power Usage Effectiveness</i> (PUE), 8-Tecnologia de gestão de energia, 9- <i>Terminal Server</i> , 10- <i>Thin Client</i> , 11- <i>Screen Savers</i> , 12-Selo de eficiência energética, 13-Redução de materiais tóxicos, 14-Reuso, 15-Renovação e atualização, 16-Reciclagem, 17-Telefonia VoIP (Voice over Internet Protocol) e 18-Tablets e Smartphones.
Trabalho 3	1-Compra de hardware eficiente de energia, 2-Tecnologia de gerenciamento de energia / Economia de energia, 3-Consolidação e Virtualização, 4-Redução de temperatura nos Data Centers, 5-Uso de <i>thin clients</i> , 6-Reciclagem e descarte de equipamentos / Ciclo de Vida, 7-Economia no consumo de papel, 8-Conscientização de seus profissionais sobre TI verde, 9-Conscientização de seus fornecedores sobre TI verde, 10-Conscientização de seus clientes sobre TI verde, 11-Certificações, 12-Uso do termo "TI Verde.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.2 Métodos de verificação da aplicabilidade das práticas de TI verde

Nesta seção serão abordados os métodos utilizados para verificar a aplicabilidade das práticas de TI verde identificadas por cada um dos trabalhos.

O Trabalho 1 se pautou em identificar as práticas de TI verde em publicações com exemplos de empresas em que as haviam adotado. Nas 196 publicações analisadas, pôde-se encontrar 109 diferentes organizações utilizando-se de algumas das 37 práticas identificadas. Porém, o Trabalho 1 se preocupou em identificar e categorizar, não utilizando-se destas práticas para realizar algum tipo de verificação da aplicação das mesmas em organizações específicas.

Para o Trabalho 2, as organizações que buscam diferenciação no mercado pelo conteúdo sustentável, devem compor os índices de bolsa de ações que fazem o acompanhamento do desempenho dos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Desta forma, as organizações selecionadas para participar da validação, deveriam

estar engajadas no desenvolvimento sustentável e para tanto foi utilizado como critério de seleção, organizações cujas ações (papéis) componham os índices de sustentabilidade como o Dow Jones Sustainability Index (DJSI) ou o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE).

Seguindo estes critérios, o Trabalho 2 selecionou seis empresas de segmentos diversos, três delas compondo o índice de sustentabilidade DJSI e as outras três compondo o ISE. As práticas de TI verde identificadas na pesquisa bibliográfica foram validadas nas seis empresas pesquisadas por um questionário respondido pelos responsáveis da seleção de portfólio de projetos de TI e pela área de sustentabilidade.

Os resultados apresentados foram que dos dezoito critérios de TI Verde identificados na pesquisa, incluindo os dois identificados na pesquisa piloto, somente dez foram considerados aplicáveis e efetivamente capazes de distinguir projetos de infraestrutura de TI, sendo os outros oito considerados obsoletos pelos respondentes.

Já o Trabalho 3 como mencionado anteriormente, escolheu o segmento da indústria digital, utilizando-se do fato de que estas empresas estão relacionadas diretamente com a produção de hardware e da criação de software e seus recursos de sistemas de telecomunicações e gestão de dados e informações, ou seja, que estão envolvidas com a TIC.

As quatro empresas selecionadas para a composição da amostra foram escolhidas a partir do ranking da Revista Exame - Melhores e Maiores edições de 2010, 2011 e 2012 que considera as empresas com o melhor desempenho ponderado no conjunto dos indicadores de comparação dos resultados obtidos, em termos de crescimento, rentabilidade, saúde financeira, investimentos, participação de mercado e produtividade por empregado.

Para a seleção da amostra desta pesquisa, foram observadas quais empresas brasileiras estiveram presentes, consecutivamente, no ranking dos anos de 2010, 2011 e 2012, destacando que tais edições fazem referência ao ano anterior de cada edição.

Nota-se que o Trabalho 3 utiliza o ranking da Revista Exame apenas como critério para selecionar as empresas, pois não foi evidenciado se este ranking considera a utilização da TI verde por parte das empresas classificadas. Cabe aqui

uma outra ressalva, o Trabalho 3 utilizou como referência para a validação da sua relação de práticas de TI verde os relatórios de sustentabilidade disponíveis nos websites das empresas selecionadas. Ficou evidenciada a não utilização do DJSI, do ISE e do ranking da Revista Exame Guia de Sustentabilidade, por não haverem empresas brasileiras do segmento da indústria digital. Duas das empresas selecionadas, além de não possuírem Relatórios de Sustentabilidade, não evidenciaram nenhuma informação sobre sustentabilidade ou TI Verde em seus websites. Sendo assim, não foram utilizados dados referentes a estas empresas no processo de definição das práticas de TI verde.

Das doze práticas de TI verde identificadas pelo Trabalho 3, apenas nove foram validadas. Ficando de fora as práticas de consolidação e virtualização de servidores, a redução de temperatura nos Data Centers e o uso de thin clients.

No Quadro 6 é possível verificar as práticas de TI verde validadas para os trabalhos 2 e 3.

Quadro 6 - Práticas de TI verde aplicáveis nos trabalhos correlatos

Trabalho	Práticas de TI verde aplicáveis
Trabalho 1	O Trabalho 1 realizou a identificação e categorização das práticas de TI verde.
Trabalho 2	<i>IT for green</i> 1-Teletrabalho, 2-Telepresença, 3-Desmaterialização <i>Green for IT</i> 4-Virtualização de servidores, 5- <i>Cloud Computing</i> , 6- <i>Thin Client</i> , 7-Reuso, 8-Renovação e atualização, 9-Telefonia VoIP e 10- <i>Tablets e Smartphones</i> .
Trabalho 3	1-Compra de hardware eficiente de energia, 2-Tecnologia de gerenciamento de energia / Economia de energia, 3-Reciclagem e descarte de equipamentos / Ciclo de Vida, 4-Economia no consumo de papel, 5-Conscientização de seus profissionais sobre TI verde, 6-Conscientização de seus fornecedores sobre TI verde, 7-Conscientização de seus clientes sobre TI verde, 8-Certificações, 9-Uso do termo "TI Verde"

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na comparação dos trabalhos correlatos, podemos inferir que os mesmos atendem de forma limitada ao objetivo proposto por esta pesquisa, já que não possuem como objetivo principal a identificação de requisitos alinhados aos princípios da TI verde relacionados especificamente a infraestrutura dos Data Centers. Porém, o método utilizado nesta pesquisa teve como base algumas

práticas utilizadas nos trabalhos correlatos. Dentre estas práticas, destaca-se a divisão dos requisitos identificados na pesquisa bibliográfica por parâmetros que levam em consideração a semelhança do impacto da utilização do requisito para o meio ambiente.

3.2 Requisitos do Cabeamento estruturado

No Quadro 7 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para o cabeamento estrutura de alto desempenho.

Quadro 7 - Requisitos do Cabeamento estruturado de alto desempenho

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Cabeamento estruturado	01	Utilização de componentes do Cabeamento estruturado que atendam a diretiva ROHS	Ciclo de Vida do produto	Diretiva ROHS (EUROPEAN PARLIAMENT, 2011)
	02	Utilização de cabeamento com o maior índice de reaproveitamento no processo de reciclagem		(VAINSENCER, 2017)
	03	Utilização de cabeamento com o menor índice de propagação a chama	Aspectos comportamentais em condições de incêndio	(RODRIGUES, 2014), (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b)
	04	Utilização de cabeamento com a menor densidade de fumaça durante a queima		
	05	Utilização de cabeamento com a menor toxidez dos gases gerados na queima		
	06	Utilização de cabeamento com a menor corrosividade dos gases gerados na queima		
	07	Utilização de cabeamento com o menor diâmetro, mantendo as especificações técnicas para a sua categoria.	Otimização do espaço	(VAINSENCER, 2017)
	08	Utilização de cabeamento que utilize no processo de fabricação alternativas aos derivados de petróleo	Consumo de combustíveis fósseis	

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 Requisitos do Sistema de Climatização

Em termos de consumo elétrico de Data Centers, em geral os sistemas mecânicos (Climatização) são responsáveis por aproximadamente 45% do consumo total do site (MARIN, 2016). No Quadro 8 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para o sistema de Climatização.

Quadro 8 - Requisitos do Sistema de Climatização

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Sistema de climatização	01	Instalação do Data Center em locais com temperaturas favoráveis à otimização do sistema de climatização. (Dados climáticos)	Localização geográfica do Data Center	(PEREIRA, 2015),
	02	Utilizar sistemas de climatização que operem com o menor consumo de água anual.	<i>Water Usage Effectiveness</i> (WUE)	(PATTERSON et al., 2011)
			Uso racional da água WE (<i>Water Efficiency</i>)	(USGBC, 2014)
	03	Utilizar sistemas de confinamento, com a separação dos corredores quente e frio.	<i>Power Usage Effectiveness</i> (PUE)	(LANGE, 2014)
				(AVELAR et al., 2012)
				(NIEMANN; BEAN; AVELAR, 2016)
	04	Utilizar sistemas de climatização que utilizem gases refrigerantes (naturais ou sintéticos) classificados como limpos – com índice zero de <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP) e índice inferior a cinquenta de <i>Global Warming Potential</i> (GWP)	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	(USGBC, 2014)
	05	Indicar o aumento da faixa de temperatura e umidade relativa do ar na entrada e saída dos equipamentos críticos de TI	<i>Power Usage Effectiveness</i> (PUE)	(ASHRAE TECHNICAL COMMITTEE, 2016)
	06	Utilização de resfriamento evaporativo	Modos de operação	(MACIEL, 2017)
	07	Utilizar sistemas de climatização que possam operar no modo econômico parcial ou completo, utilizando o ar externo durante os meses mais frios.		(NIEMANN; BEAN; AVELAR, 2016)

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
	08	Utilizar os itens que compõem o sistema de climatização, como por exemplo, os trocadores de calor e os resfriadores evaporativos com a maior expectativa de vida.	Ciclo de vida do produto	
	09	Considerar a complexidade de controle para a transição do modo de operação econômico e de operação normal.	Modos de operação	
	10	Considerar o espaço ocupado do sistema de climatização em m ² /KW	Otimização do espaço	
	11	Utilizar o modo de operação econômico parcial mesmo sob condições do pior caso.	Modos de operação	
	12	Reduzir ou eliminar o uso de um sistema de compressor.	<i>Power Usage Effectiveness (PUE)</i>	

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 Sistema de Distribuição Elétrica

Nesta seção são apresentados os requisitos identificados para os principais componentes do sistema de Distribuição Elétrica.

3.4.1 Requisitos de Energia Renovável

No Quadro 9 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica referente à utilização de energia renovável.

Quadro 9 - Requisitos de Energia Renovável

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Energia Renovável	01	Utilizar fontes de energia renovável no sistema de distribuição elétrica do Data Center	Produção de energia renovável	(USGBC, 2014)
			Redução da emissão de carbono	(ZHANG; MANTOOTH; BALDA, 2016), (GRUPO ALGAR, 2015) (NATIONS, 1998)
			<i>Green Energy Coefficient</i> (GEC)	(THE GREEN GRID et al., 2014)
	02	Aquisição de certificados de energia renovável. Renewable energy certificates (RECs)	Certificação LEED	(USGBC, 2014) (RMAI, 2014)
	03	Instalação do Data Center em local com disponibilidade de irradiação solar (latitude local e da posição no tempo) favorável à otimização do sistema fotovoltaico.	Localização geográfica do Data Center	(ANEEL, 2005a)
	04	Selecionar módulos fotovoltaicos com o maior período de garantia de potência mínima.	Ciclo de vida do produto	(PORTAL SOLAR, [s.d.])
	05	Selecionar módulos fotovoltaicos com a classificação energética “A” disponível na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou com a maior eficiência energética.	Eficiência Energética	(INMETRO, 2017)
	06	Selecionar o módulo fotovoltaico com o maior valor de produção média de energia (kWh/mês)		

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.2 Requisitos dos Grupos Geradores

No Quadro 10 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para os grupos geradores.

Quadro 10 - Requisitos de Engenharia dos Grupos Geradores

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Grupos Geradores	01	Menor / baixa emissão de poluentes (óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, partículas sólidas e CO ₂)	Carbon Usage Effectiveness (CUE)	(BELADY et al., 2010)
	02	Utilização do biogás como alternativa de combustível	Consumo de combustíveis fósseis	(AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013)
	03	Menor consumo de combustível a plena carga (diesel - l/h / gás - Nm ³ /h)		NBR ISO 3046
	04	Durabilidade estendida do óleo lubrificante		(PEREIRA, 2016)
	05	Utilização de catalizadores para redução da emissão de poluentes	Carbon Usage Effectiveness (CUE)	(RUBBO; ROSA, 2017)
	06	Utilização de sistemas de amortecimento de vibrações mecânicas	Poluição sonora	
	07	Instalação dos grupos geradores sem carenagens em salas acústicas		
	08	Utilização de carenagem/container		(A GERADORA, 2017)
	09	Utilização de carenagem com espuma termoacústica		
	10	Utilização de métodos de contenção para vazamento de fluidos (Exemplo: bandejas ou bacias coletoras)	Contaminação do solo	(RUBBO; ROSA, 2017)

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.3 Requisitos do Sistema de Iluminação

Em termos de consumo elétrico de Data Centers, em geral a iluminação é responsável por aproximadamente 3% do consumo total do site (MARIN, 2016).

No Quadro 11 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para o sistema de Iluminação.

Quadro 11 - Requisitos do Sistema de Iluminação

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Sistema de Iluminação	01	Utilização de sistema de iluminação com alta eficiência luminosa Lúmens/Watt	Eficiência luminosa	(FRANCO, 2017)
	02	Utilização de acabamentos claros		(FILHO, 2017)
	03	Avaliação dos valores de refletância de superfícies	Processo integrado	(USGBC, 2014)
	04	Controle de iluminação para pelo menos 90% dos espaços ocupados, permitindo ajuste da iluminação de acordo com as tarefas, com pelo menos três níveis ou cenários de iluminação (ligada, desligada, média). A configuração média tem de 30% a 70% do nível máximo de iluminação	Iluminação Interior	
	05	A instalação do sistema de iluminação na sala de computadores deve ser realizada acima dos corredores e entre os armários	Projeto Arquitetônico Iluminação	(ANSI/TIA, 2012)
	06	Recomenda-se a utilização de um protocolo de iluminação de três níveis nos Data Centers dependendo da ocupação humana, Nível 1: iluminação deve ser suficiente para permitir o uso efetivo de equipamentos de videovigilância; Nível 2: iluminação acionada por sensores, permitindo a circulação com segurança entre os corredores e a identificação através das câmeras; Nível 3: a iluminação deve ser de 500 lux no plano horizontal e 200 lux no plano vertical, medido a 1 m acima do piso acabado.		
	07	Em Data Centers maiores que 230 m ² , a iluminação de zona é recomendada, fornecendo Nível 3 na área de trabalho (ocupada) e Nível 2 em todas as outras zonas.		

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.4 Requisitos do Sistema UPS e baterias

Em termos de consumo elétrico de Data Centers, em geral os sistemas UPS são responsáveis por aproximadamente 11% do consumo total do site (MARIN, 2016). No Quadro 12 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para o sistema UPS e baterias.

Quadro 12 - Requisitos do Sistema UPS e baterias

Sistema	Item	Requisitos	Parâmetros	Referência
Sistema UPS e baterias	01	Utilização de sistemas UPS com alta densidade (tamanho físico)	Otimização do espaço	(DATACENTER DYNAMICS, 2017)
	02	Utilização de Sistema UPS alimentado por energia renovável	Eficiência Energética	(AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013)
	03	Utilização de Sistema UPS com modo de operação econômico - <i>bypass</i>		(MOURA, 2017)
	04	Utilização de Sistema UPS com o maior fator de potência, tanto no modo de dupla conversão quanto no modo econômico		(DATACENTER DYNAMICS, 2017)
	05	Selecionar sistemas UPS que não utilizem baterias (Energia Cinética)		(ASCENTY DC, 2015)
	06	Considerar os requisitos de manutenção durante o tempo de vida útil da bateria	Ciclo de vida do produto	(UPTIME INSTITUTE, 2016)
	07	Seleção de baterias que utilizem no processo de fabricação alternativas aos tipos de chumbo-ácido, por exemplo, lítio		(AMÂNCIO; ZUCCHI, 2013)
	08	Controle da temperatura ambiente do banco de baterias		(MOURA, 2017)
	09	Considerar a utilização de sistema de monitoramento individual, contínuo e em tempo real das baterias (Efeito morte súbita e efeito avalanche)		
	10	Tomar medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguro de baterias e resíduos eletrônicos.		(CONAMA, 2008)
				(USGBC, 2014)

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 Requisitos do sistema de Segurança contra incêndio

No Quadro 13 é possível observar os requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica para o sistema de segurança contra incêndio.

Quadro 13 - Requisitos do sistema de Segurança contra incêndio

Sistema	Item	Requisito	Parâmetro	Referência
Segurança contra incêndio	01	Considerar o potencial efeito ambiental de um incêndio na área protegida	Agentes Limpos	(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 2012)
	02	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito ambiental de depleção da camada de ozônio - <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP).		
	03	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito de aquecimento Global <i>Global Warming Potential</i> (GWP)		
	04	Considerar a margem de segurança para a inundação total do ambiente com base no valor máximo de <i>No Observed Effect Level</i> (NOEL)	Segurança Humana	
	05	Considerar a utilização de sistemas de supressão com o menor impacto aos ativos do Data Center.	Proteção aos ativos	(AZEVEDO, 2017)
	06	Considerar a utilização de gases com o menor tempo de descarga e melhor eficiência.		
	07	Considerar o tempo de vida na atmosfera do agente utilizado.	Segurança humana e ambiental	
	08	Considerar a utilização de gases ativos (agentes químicos), pela sua alta eficiência, maior segurança humana e ambiental.		
	09	Considerar a utilização de ambientes Hipóxicos estanques, mantendo o oxigênio < 16%	Diminuição do comburente	(DECOURT, 2017)

Fonte: Elaborado pelo autor

Os requisitos identificados e classificados por sistemas neste capítulo, podem contribuir para o alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde. Porém, para que estas condições ou requisitos sejam utilizados para este fim, deve-se verificar a aplicabilidade de cada um dos requisitos utilizando-se de algum método de pesquisa.

4 MÉTODO DE PESQUISA

4.1 Especificação do objetivo

Conforme descrito anteriormente, o objetivo que se pretende alcançar nesta pesquisa é a proposição de uma lista de requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis que possam ser utilizados para denominar um Data Center como verde. Para que este objetivo seja atingido, busca-se primeiro responder a seguinte questão de pesquisa: Quais são os requisitos de engenharia que devem ser atendidos por um Data Center para denominá-lo como verde?

4.2 Método

O processo de definição do método de pesquisa deve ser executado após a definição do objetivo. De acordo com o objetivo, o método descreve o caminho para atingi-lo (WAZLAWICK, 2009).

Uma pesquisa que tem como objetivo a aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica, pode ser considerada como uma pesquisa aplicada (GIL, 2017). Para o mesmo autor, uma pesquisa pode ser considerada exploratória quando têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, podendo envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o assunto.

As pesquisas do tipo levantamento visam descrever a distribuição das características, opiniões ou fenômenos que ocorrem naturalmente no público alvo pesquisado. O levantamento das características do grupo estudado é feito através da aplicação de questionários auto administrados ou através de entrevistas dirigidas por um questionário (BANDEIRA, 2016).

Apesar de ser considerado apenas como um conjunto de questões, os questionários são desenvolvidos para gerar os dados necessários para que se alcance os objetivos de um projeto. Desta forma, para se atingir os resultados esperados, deve-se aplicar tempo e esforço no seu planejamento (CARMO, 2013).

Desta forma, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivos exploratórios, de abordagem qualitativa, utilizando-se do método de pesquisa de levantamento para a verificação da aplicabilidade dos requisitos de engenharia.

4.3 Requisitos e Especialistas

Um dos significados da palavra requisito, remete a uma condição necessária para obtenção de certo objetivo (REQUISITO, 2018). Para esta pesquisa, os requisitos identificados servirão de condição mínima para a realização do alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde.

Durante a pesquisa exploratória, foram identificados os principais sistemas que contribuem com os critérios de disponibilidade, confiabilidade e redundância exigidos para a operação dos Data Centers e consequentemente, os principais requisitos ambientalmente sustentáveis relacionados a estes sistemas.

Foram utilizadas como fontes de pesquisa, dissertações, teses, periódicos científicos, trabalhos de conferencias, livros com temas relacionados à infraestrutura de Data Centers e projetos de pesquisa, normas nacionais e internacionais, acesso aos sites dos fabricantes de equipamentos e a participação em feiras e congressos.

Os sistemas selecionados para compor esta pesquisa foram o sistema de cabeamento estruturado, climatização, segurança contra incêndio e distribuição elétrica, composto pelos subsistemas de UPS, Grupos Geradores, Iluminação e Energia Renovável.

Foram identificados e classificados no capítulo REFERENCIAL TEÓRICO, sessenta e dois requisitos distribuídos nos sete sistemas selecionados. O critério de seleção dos requisitos considerou os princípios da TI verde, ou seja, foram selecionados os requisitos de engenharia, que se utilizados, poderiam impactar o meio ambiente de forma positiva ou negativa. Cabe salientar que não faz parte do escopo desta pesquisa medir o nível de impacto da utilização de um determinado requisito e sim, de acordo com as referências, identificar se o requisito pode gerar ou não algum tipo de impacto ao meio ambiente.

Na Tabela 3 é possível verificar o número de requisitos ambientalmente sustentáveis identificados para cada um dos sete sistemas selecionados.

Tabela 3 - Requisitos ambientalmente sustentáveis identificados

Sistema	Requisitos identificados por sistema
Cabeamento estruturado	8
Climatização	12
Energia Renovável	6
Grupos Geradores	10
Iluminação	7
Segurança contra incêndio	9
UPS e baterias	10
Total de Requisitos	62

Fonte: Elaborado pelo autor

Os requisitos de engenharia alinhados aos princípios da TI verde identificados foram validados junto a Especialistas. Foram considerados como Especialistas, os consultores, representantes dos fabricantes ou dos integradores de soluções de engenharia que possuíam experiência em projetos de implantação de um ou mais sistemas dentre os selecionados para esta pesquisa e que faziam parte da lista de associados de entidades representativas do setor.

4.4 Instrumento de coleta de dados

As técnicas de investigação mais utilizadas nos levantamentos são os questionários, as entrevistas e os formulários. Pode-se definir um questionário como um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado, constituindo-se como o meio mais rápido e barato de obtenção de informações e ainda garantindo o anonimato do respondente (GIL, 2017)

Entende-se, que buscar a opinião de especialistas quanto ao conhecimento de aspectos da realidade sob investigação é uma estratégia a ser integrada às sondagens de usuários e outros recursos de pesquisa (PINHEIRO; FARIAS; ABELIMA, 2013)

Desta forma, considera-se a utilização de questionários e a opinião dos Especialistas como parte desta pesquisa e como forma de verificar a aplicação dos sessenta e dois requisitos anteriormente identificados.

4.5 Desenvolvimento dos questionários

Não existe uma metodologia padrão para as etapas envolvidas no desenvolvimento de um questionário, porém, existem recomendações de diversos autores com relação a essa importante tarefa no processo de pesquisa científica (CARMO, 2013).

O desenvolvimento de um bom questionário não depende somente do conhecimento de técnicas, como também da experiência do pesquisador. Porém, é primordial identificar e utilizar as etapas básicas para a construção de um instrumento eficaz (CHAGAS, 2000).

Basicamente, a redação do questionário deve traduzir os objetivos da pesquisa (GIL, 2017)

4.5.1 Consulta aos Especialistas

Na atividade, intitulada como Consulta aos Especialistas, cada respondente avaliou a aplicabilidade do requisito de engenharia, podendo a seu critério comentar ou justificar as suas respostas. Desta forma, buscou-se ainda nesta atividade, um refinamento e a identificação de novos requisitos.

A definição do formato das respostas, deve levar em consideração as vantagens e desvantagens de cada um dos tipos para o objetivo da pesquisa. Entre os formatos, pode-se destacar as questões com respostas do tipo abertas, de múltipla escolha e dicotômicas (CHAGAS, 2000).

O questionário da atividade de Consulta aos Especialistas é composto de uma parte comum e uma parte específica para cada um dos sistemas. A parte comum é composta de cinco questões divididas em três páginas. Na primeira página teremos uma breve explicação sobre o objetivo da pesquisa e alguns pontos sobre os quais os respondentes devem ser orientados. Ainda é composta de uma única questão do tipo aberta, que terá como tema a opinião pessoal do especialista sobre o conceito de Data Center Verde. Para Carmo (2013) as perguntas do tipo abertas são muito úteis como primeira questão de um determinado tema, pois estimulam a cooperação, deixando o respondente mais à vontade.

Os questionários foram respondidos por meio de uma ferramenta eletrônica e o seu acesso se deu por um link enviado por um e-mail de apresentação e convite de

participação. O texto do e-mail de apresentação pode ser conferido no Apêndice A: E-mail de apresentação.

A página seguinte, Perfil do Especialista, é composta de três questões que visam validar os critérios de elegibilidade dos respondentes, em especial, a experiência com projetos e/ou com a implantação de infraestrutura de Data Centers. Caso seja identificado que o perfil do respondente não atenda a este critério, o respondente será desclassificado, sendo direcionado para uma página contendo as devidas explicações para o termino da sua participação na pesquisa.

Na terceira página, Área de Especialização, teremos a quinta e última questão da parte comum do questionário. Busca-se com esta pergunta, identificar em quais sistemas o respondente é especialista. Esta pergunta é do tipo múltipla escolha. Desta forma, os respondentes tiveram acesso somente às questões relacionadas a cada um dos sistemas de sua especialidade.

Na sequência, foi disponibilizado para o respondente as páginas com as questões específicas de cada um dos sistemas que foram selecionados na questão referente a área de especialização.

Para cada sistema foi disponibilizado uma página com duas questões. A primeira questão foi do tipo múltipla escolha e tinha como objetivo identificar qual a aplicabilidade de cada um dos requisitos de engenharia. Ainda para Carmo (2013), quando da utilização de questões fechadas, múltipla escolha ou dicotômicas, deve-se considerar a utilização de escalas como forma de medir aspectos de atitudes ou opiniões do público alvo. Sendo assim, os requisitos foram incluídos dentro de frases de proposições positivas da sua aplicação para um Data Center Verde.

Como forma de avaliar o nível de aplicabilidade de cada um dos requisitos, foi utilizada a seguinte escala:

- a) Nada aplicável (0%)
- b) Pouco aplicável (25%)
- c) Razoavelmente aplicável (50%)
- d) Muito aplicável (75%)
- e) Plenamente aplicável (100%)

A segunda questão da parte específica e relacionada a cada um dos sistemas foi do tipo aberta e tinha como objetivo colher os comentários, justificativas ou a indicação de novos critérios por parte dos Especialistas.

No Apêndice B: Questionário de Consulta aos Especialistas é possível verificar o questionário desenvolvido para a Atividade de Consulta aos Especialistas. O questionário está dividido por páginas, na forma como foram vistas pelos Especialistas. Constam as questões das partes comum e específicas para cada um dos sistemas e com as observações referentes a questões com respostas do tipo obrigatórias.

4.6 Seleção dos Respondentes

De um universo tão grande de elementos, o mais frequente é trabalhar com uma amostra, ou seja, uma pequena parte da totalidade dos respondentes. Quando bem selecionada, os resultados obtidos com a amostra tendem a representar de forma aproximada os resultados que seriam obtidos caso fosse possível pesquisar todos os elementos (GIL, 2017).

A seleção da amostra começa com a definição de uma população alvo. Para que uma amostra possa ser considerada válida, ela deve ser representativa. Uma amostra é considerada não-probabilística quando os pesquisadores têm alguma justificativa por acreditar que eles são representativos da população (CARMO, 2013).

4.6.1 Definição da amostragem

Define-se como a população alvo para esta primeira atividade, profissionais que estejam envolvidos com o projeto, a implantação ou com a fabricação dos componentes relacionados com cada um dos sete sistemas selecionados anteriormente.

Ainda como forma de definir uma amostra não-probabilística, porém considerada nesta pesquisa como representativa, foram selecionados como Especialistas todos os membros das listas de associados de entidades brasileiras ligadas à população alvo. Para Gil (2017), a seleção de uma amostra de cada subgrupo da população

alvo, pode ser considerada como uma amostragem estratificada. Ainda de acordo com o mesmo autor, esta amostragem estratificada pode ser considerada não proporcional, quando a extensão das amostras dos vários subgrupos não é proporcional à extensão deste subgrupo em relação ao público alvo. Gil (2017) complementa que esse procedimento é o mais adequado quando se tem interesse na comparação entre vários subgrupos. Sendo assim, cada entidade representará um subgrupo da população alvo. Quando foram identificadas mais de uma associação relacionada com o mesmo sistema, foi utilizado como critério de seleção, a associação com o maior número de associados divulgados na sua página oficial.

Para os sistemas de Segurança contra Incêndio e o de Energia Renovável, foram mantidas duas associações, pois cada uma delas representam especialistas que atuam com tecnologias diferentes para a mesma finalidade. Respectivamente, tecnologias de supressão de incêndio e de Geração de Energia. Esta ação teve como objetivo evitar um viés nos resultados obtidos para estes sistemas e garantir que se possa declarar que os resultados generalizam o pensamento destes subgrupos, representando assim a população alvo.

Pode-se inferir desta forma, que os Especialistas selecionados para a amostra não-probabilística, possuíam experiência e qualificação profissional relacionada com os sistemas que cada uma das associações representam, já que este é um pré-requisito para a sua filiação.

Foram consideradas para esta pesquisa as respostas dos questionários que atendiam ao perfil mínimo de experiência do Especialista. A participação de no mínimo cinco Especialistas por sistema era a condição de validar a amostragem de cada sistema, considerando a mesma como representativa. Desta forma, os sistemas que não obtivessem no mínimo cinco respondentes seriam desconsiderados.

No Quadro 14 está disponibilizada a relação entre os sete sistemas, as associações representativas e para algumas, os setores internos que desenvolvem ações com relação aos aspectos ligados ao meio ambiente.

Quadro 14 - Associações representativas

Sistema	Entidade	Setores
Cabeamento estruturado	UBIC – União Brasileira dos Integradores de Soluções de Engenharia	Não identificado
Climatização	ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento	Diretoria Nacional de Meio Ambiente
Energia Renovável	ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica	Grupo de trabalho ambiental
	ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica	Não identificado
Grupos Geradores	ABIMAQ – Associação Brasileira da indústria de Máquinas e Equipamentos	Conselho de Responsabilidade Ambiental
Iluminação	ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação	Projeto de Responsabilidade Socioambiental
Módulos UPS e Baterias	ABRABAT – Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais	Promover ações que ofereçam suporte à manutenção do meio ambiente
Segurança Contra Incêndio	ABIEX - Associação Brasileira das Indústrias de equipamentos contra Incêndio e cilindros de alta pressão.	Não identificado
	ABSpk - Associação Brasileira de Sprinklers	Não identificado

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 Pré-teste dos questionários

Após o desenvolvimento dos questionários, foi realizado um pré-teste como forma de validá-los tal como um instrumento de coleta de dados. Para Gil, 2017, após o pré-teste deve-se analisar se todas as perguntas foram respondidas adequadamente e se as respostas dadas não denotam dificuldade no entendimento das questões.

Se após o pré-teste seja identificado a necessidade de muitas alterações, o questionário deverá ser revisado e então novamente testado (CARMO, 2013).

O pré-teste foi realizado com cinco respondentes e foi útil no sentido de identificar que as questões realmente traduziam os objetivos da pesquisa, já que alguns dos respondentes sugeriram novos requisitos. Porém, foi identificado um problema com relação a forma como foi inserida a escala de aplicabilidade dos requisitos dentro da ferramenta online utilizada, necessitando assim a inversão da escala, iniciando a mesma de Nada aplicável (0%) até Plenamente aplicável (100%).

4.8 Verificação dos dados

A verificação da consistência e a integridade das respostas devem anteceder ao detalhamento de uma análise inicial (CARMO, 2013).

Somente serão considerados como válidos os questionários finalizados em que o respondente chegou na última página e clicou no botão fim. De qualquer forma, é importante reafirmar que os questionários serão respondidos utilizando-se de uma ferramenta eletrônica, configurada de forma que as questões de múltipla escolha não fiquem sem respostas.

Já a questão aberta da parte específica do questionário, será configurada como optativa e deverá ser validada para cada um dos questionários finalizados, pois permite a inclusão de comentários, justificativas ou a indicação de novos requisitos por parte dos Especialistas.

4.9 Análise dos resultados

Para Carmo (2013) a codificação de perguntas do tipo abertas são mais complexas do que as do tipo múltipla escolha ou dicotômicas. Já para Gil (2017) esta codificação pode ser realizada antes ou após a etapa de coleta dos dados.

A primeira questão da parte comum, da atividade de Consulta aos Especialistas, visa identificar qual é a sua opinião pessoal sobre o conceito de Data Center Verde. Porém, as respostas para esta questão podem trazer uma infinidade de dados e consequentemente uma etapa complexa de julgamento. Desta forma, esta questão será codificada posteriormente à etapa de aplicação dos questionários.

Já as respostas para as perguntas do tipo aberta, da parte específica do questionário, serão codificadas em duas categorias, a de comentários e a de novos requisitos. Esta pré-codificação foi condição inicial para auxiliar no desenvolvimento da questão aberta, já que a mesma deveria buscar como resposta um comentário e/ou uma sugestão de um novo requisito. Para as questões de múltipla escolha, referentes a parte específica do questionário de consulta aos Especialistas, a análise de aplicabilidade será realizada de forma individualizada.

Para esta pesquisa, o requisito torna-se aplicável, quando a soma do número de escolhas das variáveis, plenamente aplicável e muito aplicável, for superior a cinquenta por cento das escolhas do número total de respostas.

5 RESULTADOS DA PESQUISA E ANALISE

5.1 Perfil dos respondentes

Conforme descrito no método de pesquisa, a parte comum do questionário foi composta por cinco questões. As respostas para a primeira questão da parte comum do questionário, a que buscava identificar a opinião dos Especialistas sobre o conceito de Data Center Verde, seriam codificadas após à etapa de aplicação. As respostas para esta pergunta geraram as seguintes codificações:

- a) Concordância com o conceito de Data Center Verde;
- b) Relação do conceito de Data Center Verde com Eficiência Energética.

Na Tabela 4 é possível observar os resultados obtidos com base nas respostas dos trinta e três Especialistas respondentes de cento e vinte e-mails enviados durante o período de 25 de novembro à 15 de dezembro de 2017.

Tabela 4 - Codificação para a primeira questão da parte comum do questionário

Codificação	%
Concordância com o conceito de Data Center Verde	78%
Relação do conceito de Data Center Verde com Eficiência Energética	58%

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre as respostas dos Especialistas para a primeira questão, setenta e oito por cento concordaram com o conceito de Data Center Verde e os outros vinte e dois por cento dos Especialistas se posicionaram como neutros ou contrários à este conceito ou tipo de denominação. Dos trinta e três Especialistas, cinquenta e oito por cento relacionaram o Data Center Verde com a eficiência energética. Dentre eles o posicionamento disposto no texto abaixo fornecido no dia 25 de novembro de 2017 pelo Especialista anônimo.

“Na minha opinião falta inserir e tratar esse conceito nas normas e institutos de cabeamento estruturado e data center. Bom, mas o que seria um green data center? na minha opinião, para ser enquadrado nesse conceito deve ter 100% do consumo energético de fontes renováveis, programas e sistemas para reutilização da água, utilização de free cooling para refrigeração e finalmente uma certificação de um instituto independente.” (Especialista Anônimo)

Outro destaque para o posicionamento disposto no texto abaixo fornecido no dia 11 de dezembro de 2017 pelo Especialista anônimo.

“Hoje é preciso entender o que realmente é o Green Data Center. Alguns acreditam que ao utilizar determinado tipo de produto já caracteriza, mas acredito que a visão precisa ser ampliada. A construção deve ser pensada para permitir o uso de energias alternativas, materiais que tragam um retorno ao meio ambiente nos sistemas de ar condicionado, na posição dos prédios em relação a melhoria no sistema de fluxo de ar e na customização de espaços, a verdadeira identificação com as necessidades dos usuários e não apenas um ou outro requisito atendido.” (Especialista Anônimo)

As quatro próximas questões analisadas visam identificar o perfil dos Especialistas respondentes. O grau de instrução foi identificado na segunda pergunta da parte comum do questionário e o resultado pode ser observado na Tabela 5. É importante observar que esta questão buscou identificar apenas o grau de instrução do respondente, não tendo como objetivo identificar alguma especialização relacionada ao tema desta pesquisa.

Tabela 5 - Grau de Instrução dos Especialistas

Grau de Instrução	%
Educação Superior completa	29 %
Pós-Graduação/Especialização	56 %
Mestrado completo	9 %
Doutorado completo	3 %
Pós-Doutorado	3 %

Fonte: Elaborado pelo autor

A terceira questão da parte comum do questionário identificou o cargo ocupado pelo especialista e o resultado para esta questão pode ser observado na Tabela 6. Como esta pergunta foi do tipo aberta, gerou resultados diversos, desta forma é importante salientar que a maioria dos Especialistas estão atuando profissionalmente em diferentes cargos ou funções, tabulados nesta pesquisa como Outros.

Tabela 6 - Cargo/Função do Especialista

Cargo	%
Consultor	22 %
Diretor	22 %
Gerente	14 %
Outros	42 %

Fonte: Elaborado pelo autor

A quarta questão visa identificar o conhecimento do especialista com relação ao assunto abordado nesta pesquisa. Ficou evidenciado com o resultado disposto na Tabela 7, que a maioria dos respondentes possuíam uma vasta experiência com os sistemas que compõem a infraestrutura do Data Center, já que setenta por cento dos Especialistas responderam possuir mais de cinco anos de experiência em um ou mais sistemas. Cabe lembrar também que conforme descrito no capítulo de Método de pesquisa, os respondentes que optaram pela alternativa de nunca ter trabalhado com infraestrutura de Data Center foram desclassificados, pois não atenderam à este critério de elegibilidade para a participação na pesquisa.

Tabela 7- Experiência com Sistemas de Infraestrutura de Data Center

Período	%
Menos de 1 ano	3 %
Entre 1 ano e 3 anos	9 %
Entre 3 anos e 5 anos	18 %
Acima de 5 anos	70 %

Fonte: Elaborado pelo autor

A quinta e última questão da parte comum do questionário teve como objetivo identificar em quais sistemas o respondente é especialista. Comparando o número de trinta e três respondentes com o número de sistemas selecionados, ficou evidenciado que alguns respondentes são especialistas em mais de um sistema. A amostra também se mostrou representativa de acordo com o que ficou definido no capítulo de Método de pesquisa, já que atendeu ao número mínimo de cinco respondentes para cada um dos sete sistemas. O resultado pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Área de especialização dos respondentes

Sistemas	Questionários respondidos
Cabeamento estruturado	16
Climatização	12
Energia Renovável	5
Grupos Geradores	6
Iluminação	6
Segurança contra incêndio	9
UPS e baterias	8

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Resultados da parte específica do questionário

Dos sessenta e dois requisitos identificados durante a pesquisa bibliográfica, quarenta e sete foram considerados aplicáveis e dezesseis novos foram sugeridos pelos Especialistas. Para cada um dos sistemas pesquisados foram utilizadas duas questões, uma questão padrão de múltipla escolha para validar os requisitos e outra questão padrão do tipo aberta para a sugestão de novos requisitos.

Segue abaixo as questões padronizadas para todos os sistemas:

Questão de múltipla escolha – Validação dos requisitos.

Responda para cada um dos requisitos de (nome do sistema pesquisado) abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

Questão aberta – Sugestão de novos requisitos.

Como especialista no assunto em (nome do sistema pesquisado), você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Na Tabela 9 é possível observar o resultado obtido para cada um dos sistemas pesquisados. Foi possível identificar uma certa proporcionalidade entre o número de novos requisitos em relação ao número de questionários respondidos disposto na Tabela 8.

Tabela 9 - Quantidade de requisitos aplicáveis e sugeridos por sistema

Sistema	Requisitos Identificados	Requisitos Aplicáveis	Novos Requisitos
Cabeamento estruturado	8	8	6
Climatização	12	8	4
Energia Renovável	6	6	1
Grupos Geradores	10	4	2
Iluminação	7	5	1
Segurança contra incêndio	9	8	2
UPS e baterias	10	8	0
Total de Requisitos	62	47	16

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.1 Resultados da parte específica do Sistema de Cabeamento estruturado

A relação de requisitos do sistema de cabeamento estruturado e do sistema de energia renovável, foram os únicos entre os sete sistemas considerados aplicáveis em sua totalidade. Na Tabela 10 é possível verificar os resultados para os requisitos de cabeamento estruturado.

Tabela 10 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Cabeamento estruturado

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Cabeamento estruturado	01	Utilização de componentes do Cabeamento estruturado que atendam a diretiva ROHS	80%	SIM
	02	Utilização de cabeamento com o maior índice de reaproveitamento no processo de reciclagem	60%	SIM
	03	Utilização de cabeamento com o menor índice de propagação a chama	73%	SIM
	04	Utilização de cabeamento com a menor densidade de fumaça durante a queima	80%	SIM
	05	Utilização de cabeamento com a menor toxidez dos gases gerados na queima	80%	SIM
	06	Utilização de cabeamento com a menor corrosividade dos gases gerados na queima	80%	SIM
	07	Utilização de cabeamento com o menor diâmetro, mantendo as especificações técnicas para a sua categoria	53%	SIM

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
	08	Utilização de cabeamento que utilize no processo de fabricação alternativas aos derivados de petróleo	53%	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre os sistemas pesquisados, o de cabeamento estruturado foi o que obteve o maior número de sugestões de novos requisitos. Estes novos requisitos podem ser observados no Quadro 15. Foi adotado a ordem cronológica para a disposição das sugestões dos novos requisitos para cada um dos sistemas.

Quadro 15 - Sugestões de novos requisitos - Cabeamento estruturado

Sistema	Item	Requisitos sugeridos pelos Especialistas
Cabeamento estruturado	01	Garantia estendida de até 25 anos;
	02	Que atenda a demanda atual e futura com relação a largura de banda e transferência de dados;
	03	Utilização de cabeamento de alta densidade;
	04	A utilização de cabos do tipo Plenum;
	05	Utilização de produtos que atendam a diretiva <i>Reach</i> ;
	06	Utilização de <i>patch panel</i> de alta densidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Resultados da parte específica do Sistema de Climatização

Dentre os sessenta e dois requisitos pesquisados, o requisito que propõe a redução ou a eliminação do uso de um sistema de compressor, foi o que obteve o menor índice de aprovação. Apenas 16% dos Especialistas consideraram este requisito como muito ou plenamente aplicável, sendo assim, este requisito não foi considerado aplicável para esta pesquisa.

Confirmando ao que havia sido identificado durante a pesquisa bibliográfica, dado ao número de referências como um requisito de grande contribuição para o sistema de climatização, a separação dos corredores quente e frio obteve 100% de aprovação por parte dos Especialistas como muito ou plenamente aplicável.

Na Tabela 11 é possível observar os resultados obtidos para todos os requisitos relacionados ao sistema de climatização.

Tabela 11 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Climatização

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Sistema de climatização	01	Instalação do Data Center em locais com temperaturas favoráveis à otimização do sistema de climatização. (Dados climáticos)	67%	SIM
	02	Utilizar sistemas de climatização que operem com o menor consumo de água anual.	75%	SIM
	03	Utilizar sistemas de confinamento, com a separação dos corredores quente e frio.	100%	SIM
	04	Utilizar sistemas de climatização que utilizem gases refrigerantes (naturais ou sintéticos) classificados como limpos – com índice zero de <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP) e índice inferior a cinquenta de <i>Global Warming Potential</i> (GWP)	84%	SIM
	05	Indicar o aumento da faixa de temperatura e umidade relativa do ar na entrada e saída dos equipamentos críticos de TI	92%	SIM
	06	Utilização de resfriamento evaporativo	50%	NÃO
	07	Utilizar sistemas de climatização que possam operar no modo econômico parcial ou completo, utilizando o ar externo durante os meses mais frios	58%	SIM
	08	Utilizar os itens que compõem o sistema de climatização, como por exemplo, os trocadores de calor e os resfriadores evaporativos com a maior expectativa de vida.	67%	SIM

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
	09	Considerar a complexidade de controle para a transição do modo de operação econômico e de operação normal.	67%	SIM
	10	Considerar o espaço ocupado do sistema de climatização em m ² /KW	42%	NÃO
	11	Utilizar o modo de operação econômico parcial mesmo sob condições do pior caso.	34%	NÃO
	12	Reduzir ou eliminar o uso de um sistema de compressor.	16%	NÃO

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas dos Especialistas para a pergunta aberta da parte específica ao sistema de climatização, gerou quatro novos requisitos que podem ser observados no Quadro 16 a seguir.

Quadro 16 - Sugestões de novos requisitos - Climatização

Sistema	Item	Requisitos sugeridos pelos Especialistas
Sistema de climatização	01	Tomar medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguro;
	02	Utilizar chillers com condensação à ar no lugar de chillers com condensação à água;
	03	Utilização de chillers de absorção para uso de cogeração em data centers;
	04	Considerar o espaço ocupado do sistema de climatização em kW / rack.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 Resultados da parte específica do Sistema de Energia Renovável

Conforme descrito anteriormente, todos os requisitos do sistema de Energia Renovável foram considerados aplicáveis.

Na Tabela 12 é possível observar os resultados obtidos para todos os requisitos relacionados ao sistema de Energia Renovável.

Tabela 12 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Energia Renovável

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Energia Renovável	01	Utilizar fontes de energia renovável no sistema de distribuição elétrica do Data Center	80%	SIM
	02	Aquisição de certificados de energia renovável. Renewable energy certificates (RECs)	60%	SIM
	03	Instalação do Data Center em local com disponibilidade de irradiação solar (latitude local e da posição no tempo) favorável à otimização do sistema fotovoltaico.	60%	SIM
	04	Selecionar módulos fotovoltaicos com o maior período de garantia de potência mínima.	80%	SIM
	05	Selecionar módulos fotovoltaicos com a classificação energética "A" disponível na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou com a maior eficiência energética.	80%	SIM
	06	Selecionar o modulo fotovoltaico com o maior valor de produção média de energia (kWh/mês)	60%	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema de Energia Renovável foi o que obteve o menor número de respostas entre os sete sistemas pesquisados e apenas um novo requisito foi sugerido por um dos cinco Especialistas respondentes. No Quadro 17 é possível verificar este requisito.

Quadro 17 - Sugestões de novos requisitos - Energia Renovável

Sistema	Item	Requisitos sugeridos pelos Especialistas
Energia Renovável	01	Utilização do inversor CC/CA com o maior índice de eficiência energética.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.4 Resultados da parte específica do Sistema de Grupos Geradores

Dentre os sistemas pesquisados, os do Grupos geradores foram os que tiveram o menor índice de requisitos considerados como aplicáveis. De dez requisitos pesquisados, apenas quatro foram validados pelos Especialistas como muito ou plenamente aplicável. Na Tabela 13 é possível observar o resultado obtido para cada um dos requisitos.

Tabela 13 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Grupos geradores

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Grupos Geradores	01	Menor / baixa emissão de poluentes (óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, partículas sólidas e CO ₂)	50%	NÃO
	02	Utilização do biogás como alternativa de combustível	67%	SIM
	03	Menor consumo de combustível a plena carga (diesel - l/h / gás - Nm ³ /h)	83%	SIM
	04	Durabilidade estendida do óleo lubrificante	50%	NÃO
	05	Utilização de catalizadores para redução da emissão de poluentes	67%	SIM
	06	Utilização de sistemas de amortecimento de vibrações mecânicas	50%	NÃO
	07	Instalação dos grupos geradores sem carenagens em salas acústicas	50%	NÃO
	08	Utilização de carenagem/container	50%	NÃO
	09	Utilização de carenagem com espuma termoacústica	50%	NÃO
	10	Utilização de métodos de contenção para vazamento de fluidos (Exemplo: bandejas ou bacias coletoras)	67%	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 18 é possível observar as sugestões de novos requisitos obtidas junto aos Especialistas para o Sistema de Grupos Geradores.

Quadro 18 - Sugestões de novos requisitos - Grupos Geradores

Sistema	Item	Requisito
Grupos Geradores	01	Contingenciamento dos resíduos gerados, incluindo sua dispersão após o uso.
	02	Utilização de um sistema de separação de água e óleo para a bacia de contenção.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.5 Resultados da parte específica do Sistema de Iluminação

Na Tabela 14 é possível observar o resultado obtido para cada um dos requisitos do Sistema de Iluminação. Destaque para o requisito de eficiência luminosa, único com 100% de aprovação na soma dos resultados de muito ou plenamente aplicável.

Tabela 14 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Iluminação

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Sistema de Iluminação	01	Utilização de sistema de iluminação com alta eficiência luminosa Lúmens/Watt	100%	SIM
	02	Utilização de acabamentos claros	60%	SIM
	03	Avaliação dos valores de refletância de superfícies	40%	NÃO
	04	Controle de iluminação para pelo menos 90% dos espaços ocupados, permitindo ajuste da iluminação de acordo com as tarefas, com pelo menos três níveis ou cenários de iluminação (ligada, desligada, média). A configuração média tem de 30% a 70% do nível máximo de iluminação	40%	NÃO

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
	05	A instalação do sistema de iluminação na sala de computadores deve ser realizada acima dos corredores e entre os armários	80%	SIM
	06	Recomenda-se a utilização de um protocolo de iluminação de três níveis nos Data Centers dependendo da ocupação humana, Nível 1: iluminação deve ser suficiente para permitir o uso efetivo de equipamentos de videovigilância; Nível 2: iluminação acionada por sensores, permitindo a circulação com segurança entre os corredores e a identificação através das câmeras; Nível 3: a iluminação deve ser de 500 lux no plano horizontal e 200 lux no plano vertical, medido a 1 m acima do piso acabado.	60%	SIM
	07	Em Data Centers maiores que 230 m ² , a iluminação de zona é recomendada, fornecendo Nível 3 na área de trabalho (ocupada) e Nível 2 em todas as outras zonas.	60%	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

Apenas um novo requisito foi sugerido pelos Especialistas para o Sistema de Iluminação. No Quadro 19 é possível observar esta única sugestão.

Quadro 19 - Sugestões de novos requisitos - Iluminação

Sistema	Item	Requisitos sugeridos pelos Especialistas
Sistema de Iluminação	01	A utilização de software de gerenciamento

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.6 Resultados da parte específica do Sistema de Segurança contra Incêndio

Para o Sistema de Segurança contra Incêndio, apenas o requisito relacionado à utilização de ambientes Hipóxicos não foi considerado aplicável, tendo apenas 25% de aprovação. Dentre algumas justificativas dadas pelos Especialista para este requisito, o aspecto financeiro e o de segurança foram os que mais contribuíram para este resultado. Na Tabela 15 é possível observar o resultado obtido para cada um dos requisitos pesquisados.

Tabela 15 - Requisitos aplicáveis do Sistema de Segurança contra incêndio

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Segurança contra incêndio	01	Considerar o potencial efeito ambiental de um incêndio na área protegida	88%	SIM
	02	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito ambiental de depleção da camada de ozônio - <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP).	88%	SIM
	03	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito de aquecimento Global <i>Global Warming Potential</i> (GWP)	88%	SIM
	04	Considerar a margem de segurança para a inundação total do ambiente com base no valor máximo de <i>No Observed Effect Level</i> (NOEL)	63%	SIM
	05	Considerar a utilização de sistemas de supressão com o menor impacto aos ativos do Data Center.	75%	SIM
	06	Considerar a utilização de gases com o menor tempo de descarga e melhor eficiência.	75%	SIM

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
	07	Considerar o tempo de vida na atmosfera do agente utilizado.	88%	SIM
	08	Considerar a utilização de gases ativos (agentes químicos), pela sua alta eficiência, maior segurança humana e ambiental.	63%	SIM
	09	Considerar a utilização de ambientes Hipóxicos estanques, mantendo o oxigênio < 16%	25%	NÃO

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme visto anteriormente, o requisito que considera a margem de segurança para a inundação total do ambiente com base no valor máximo de *No Observed Effect Level* (NOEL) foi considerado aplicável com 63% de aprovação. Porém, como sugestão de um dos Especialistas, o nível de exposição dos seres humanos ao agente utilizado deve considerar o valor máximo de *No Observed Adverse Effects Level* (NOAEL). Por inferência podemos considerar o NOEL em comparação ao NOAEL como um requisito mais rígido, pois estabelece a ausência completa de qualquer tipo de efeito para a exposição ao agente utilizado. No Quadro 20 podemos observar os requisitos sugeridos pelos Especialistas.

Quadro 20 - Sugestões de novos requisitos - Segurança contra incêndio

Sistema	Item	Requisitos sugeridos pelos Especialistas
Segurança contra incêndio	01	Considerar a maior concentração de um determinado agente, em que não se observa nenhuma reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera. <i>No Observed Adverse Effects Level</i> (NOAEL)
	02	Utilização de água estanqueada por válvulas de contenção na presença de eletricidade como forma de preservar a vida humana.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.7 Resultados da parte específica do Sistema de UPS e baterias

Apesar de ter sido identificado durante a pesquisa bibliográfica como uma tendência, a utilização de energia renovável para alimentar o sistema UPS e baterias não foi validado pelos especialistas. Este requisito foi considerado muito ou plenamente aplicável por 50% dos Especialistas, não atendendo assim ao critério de validação definido no método de pesquisa. Na Tabela 16 é possível observar o resultado obtido para cada um dos requisitos pesquisados para este sistema.

Tabela 16 - Requisitos aplicáveis do Sistema UPS e baterias

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
Sistema UPS e baterias	01	Utilização de sistemas UPS com alta densidade (tamanho físico)	63%	SIM
	02	Utilização de Sistema UPS alimentado por energia renovável	50%	NÃO
	03	Utilização de Sistema UPS com modo de operação econômico - <i>bypass</i>	75%	SIM
	04	Utilização de Sistema UPS com o maior fator de potência, tanto no modo de dupla conversão quanto no modo econômico	100%	SIM
	05	Selecionar sistemas UPS que não utilizem baterias (Energia Cinética)	50%	NÃO
	06	Considerar os requisitos de manutenção durante o tempo de vida útil da bateria	100%	SIM
	07	Seleção de baterias que utilizem no processo de fabricação alternativas aos tipos de chumbo-ácido, por exemplo, lítio	88%	SIM
	08	Controle da temperatura ambiente do banco de baterias	88%	SIM
	09	Considerar a utilização de sistema de monitoramento individual, contínuo e em tempo real das baterias (Efeito morte súbita e efeito avalanche)	63%	SIM

Sistema	Item	Requisito	Soma do % Plenamente aplicável + Muito aplicável	Requisito de Engenharia aplicável
	10	Tomar medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguro de baterias e resíduos eletrônicos.	100%	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o sistema UPS e baterias não foram sugeridos novos requisitos. Havendo apenas algumas justificativas para as respostas dadas pelos Especialistas.

5.2.8 Lista de requisitos de engenharia aplicáveis

Está disposto no Quadro 21 uma lista consolidada obtida do resultado do levantamento realizado junto aos Especialistas como forma de responder a questão de pesquisa em que se busca identificar os requisitos de engenharia que devem ser atendidos por um Data Center para denominá-lo como verde.

É importante destacar que a identificação da experiência acima de cinco anos nos sistemas que compõem o Data Center de setenta por cento dos respondentes, faz com que esta lista se aproxime do que pode ser considerado como as melhores práticas em relação ao alinhamento entre o Data Center e os princípios da TI verde.

Quadro 21 - Requisitos considerados aplicáveis pelos Especialistas

	Nº	Requisitos aplicáveis
Cabeamento estruturado	01	Utilização de componentes do Cabeamento estruturado que atendam a diretiva ROHS
	02	Utilização de cabeamento com o maior índice de reaproveitamento no processo de reciclagem
	03	Utilização de cabeamento com o menor índice de propagação a chama
	04	Utilização de cabeamento com a menor densidade de fumaça durante a queima
	05	Utilização de cabeamento com a menor toxidez dos gases gerados na queima
	06	Utilização de cabeamento com a menor corrosividade dos gases gerados na queima
	07	Utilização de cabeamento com o menor diâmetro, mantendo as especificações técnicas para a sua categoria
	08	Utilização de cabeamento que utilize no processo de fabricação alternativas aos derivados de petróleo

	Nº	Requisitos aplicáveis
Sistema de climatização	09	Instalação do Data Center em locais com temperaturas favoráveis à otimização do sistema de climatização. (Dados climáticos)
	10	Utilizar sistemas de climatização que operem com o menor consumo de água anual.
	11	Utilizar sistemas de confinamento, com a separação dos corredores quente e frio.
	12	Utilizar sistemas de climatização que utilizem gases refrigerantes (naturais ou sintéticos) classificados como limpos – com índice zero de <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP) e índice inferior a cinquenta de <i>Global Warming Potential</i> (GWP)
	13	Indicar o aumento da faixa de temperatura e umidade relativa do ar na entrada e saída dos equipamentos críticos de TI
	14	Utilizar sistemas de climatização que possam operar no modo econômico parcial ou completo, utilizando o ar externo durante os meses mais frios
	15	Utilizar os itens que compõem o sistema de climatização, como por exemplo, os trocadores de calor e os resfriadores evaporativos com a maior expectativa de vida.
	16	Considerar a complexidade de controle para a transição do modo de operação econômico e de operação normal.
Energia Renovável	17	Utilizar fontes de energia renovável no sistema de distribuição elétrica do Data Center
	18	Aquisição de certificados de energia renovável. Renewable energy certificates (RECs)
	19	Instalação do Data Center em local com disponibilidade de irradiação solar (latitude local e da posição no tempo) favorável à otimização do sistema fotovoltaico.
	20	Selecionar módulos fotovoltaicos com o maior período de garantia de potência mínima.
	21	Selecionar módulos fotovoltaicos com a classificação energética “A” disponível na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou com a maior eficiência energética.
	22	Selecionar o módulo fotovoltaico com o maior valor de produção média de energia (kWh/mês)
Grupos Geradores	23	Utilização do biogás como alternativa de combustível
	24	Menor consumo de combustível a plena carga (diesel - l/h / gás - Nm ³ /h)
	25	Utilização de catalizadores para redução da emissão de poluentes
	26	Utilização de métodos de contenção para vazamento de fluidos (Exemplo: bandejas ou bacias coletoras)

	Nº	Requisitos aplicáveis
Sistema de Iluminação	27	Utilização de sistema de iluminação com alta eficiência luminosa Lúmens/Watt
	28	Utilização de acabamentos claros
	29	A instalação do sistema de iluminação na sala de computadores deve ser realizada acima dos corredores e entre os armários
	30	Recomenda-se a utilização de um protocolo de iluminação de três níveis nos Data Centers dependendo da ocupação humana, Nível 1: iluminação deve ser suficiente para permitir o uso efetivo de equipamentos de videovigilância; Nível 2: iluminação acionada por sensores, permitindo a circulação com segurança entre os corredores e a identificação através das câmeras; Nível 3: a iluminação deve ser de 500 lux no plano horizontal e 200 lux no plano vertical, medido a 1 m acima do piso acabado.
	31	Em Data Centers maiores que 230 m ² , a iluminação de zona é recomendada, fornecendo Nível 3 na área de trabalho (ocupada) e Nível 2 em todas as outras zonas.
Segurança contra incêndio	32	Considerar o potencial efeito ambiental de um incêndio na área protegida
	33	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito ambiental de depleção da camada de ozônio - <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP).
	34	Utilizar sistemas de supressão que utilizem Agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito de aquecimento Global - <i>Global Warming Potential</i> (GWP)
	35	Considerar a margem de segurança para a inundação total do ambiente com base no valor máximo de <i>No Observed Effect Level</i> (NOEL)
	36	Considerar a utilização de sistemas de supressão com o menor impacto aos ativos do Data Center.
	37	Considerar a utilização de gases com o menor tempo de descarga e melhor eficiência.
	38	Considerar o tempo de vida na atmosfera do agente utilizado.
	39	Considerar a utilização de gases ativos (agentes químicos), pela sua alta eficiência, maior segurança humana e ambiental.
Sistema UPS e baterias	40	Utilização de sistemas UPS com alta densidade (tamanho físico)
	41	Utilização de Sistema UPS com modo de operação econômico - <i>bypass</i>
	42	Utilização de Sistema UPS com o maior fator de potência, tanto no modo de dupla conversão quanto no modo econômico
	43	Considerar os requisitos de manutenção durante o tempo de vida útil da bateria
	44	Seleção de baterias que utilizem no processo de fabricação alternativas aos tipos de chumbo-ácido, por exemplo, lítio
	45	Controle da temperatura ambiente do banco de baterias
	46	Considerar a utilização de sistema de monitoramento individual, contínuo e em tempo real das baterias (Efeito morte súbita e efeito avalanche)
	47	Tomar medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguro de baterias e resíduos eletrônicos.

Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÃO

Considerando o fato de que a eficiência energética é um dos problemas enfrentados em relação à operação dos Data Centers e que um Data Center Verde, além de priorizar a máxima eficiência energética, deve ser composto em sua plenitude por uma infraestrutura de tecnologia e de engenharia ambientalmente sustentáveis, se faz necessário a identificação dos requisitos que maximizam os impactos ambientais positivos e os que minimizam os possíveis impactos ambientais negativos trazidos com a sua operação.

A inovação proposta por esta pesquisa está relacionada ao preenchimento de uma lacuna existente no processo de denominação de um Data Center Verde. Foram identificados durante a pesquisa bibliográfica sessenta e dois requisitos de engenharia relacionados aos principais sistemas que compõem o Data Center. Após a análise dos resultados obtidos com a devolutiva dos questionários enviados aos Especialistas, quarenta e sete requisitos foram considerados aplicáveis e dezesseis novos foram sugeridos. Para esta pesquisa considera-se como Especialistas os representantes dos fabricantes e dos integradores de soluções de engenharia envolvidos com o projeto e com a implantação dos sistemas que compõem a infraestrutura de um Data Center.

Além de contribuir para o alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde, os requisitos considerados aplicáveis pelos Especialistas podem ser utilizados como um dos critérios para a aquisição de serviços online e ainda como uma verificação inicial no desenvolvimento de projetos de construção de novos Data Centers.

Como trabalho futuro, pode-se realizar uma nova verificação da aplicabilidade dos dezesseis requisitos sugeridos pelos Especialistas. Já que os mesmos não foram identificados durante a pesquisa bibliográfica inicial. Pode-se ainda realizar uma revalidação dos requisitos junto à Profissionais envolvidos com a operação, manutenção e gestão de Data Centers. Outra pesquisa que pode ser realizada é a verificação da aplicação dos requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis em Data Centers de tipo ou portes diferentes.

Como alternativa a este trabalho, pode-se efetuar uma nova pesquisa bibliográfica e verificação da aplicabilidade dos requisitos de tecnologia, ou seja,

rede, servidores, equipamentos de armazenamento de dados – *storage* e conectividade.

Esta pesquisa se mostrou contemporânea, pois os posicionamentos dos Especialistas com relação à denominação de um Data Center Verde demonstrou ainda ser um assunto controverso e que não está satisfatoriamente respondido. Desta forma, a proposição da lista de requisitos de engenharia ambientalmente sustentáveis gerada por esta pesquisa e relacionada aos sistemas de Cabeamento estruturado, Climatização, Energia renovável, Grupos geradores, Iluminação, Segurança contra incêndio e UPS e baterias, pode contribuir para o alinhamento da infraestrutura do Data Center aos princípios da TI Verde.

REFERÊNCIAS

A GERADORA. **Gerador carenado ou silenciado?** Disponível em: <<http://www.ageradora.com.br/gerador-carenado-ou-silenciado/>>. Acesso em: 15 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Energia Solar. In: **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília, 2005. p. 29–42.

_____. Energia Eólica. In: **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília, 2005. p. 93–110.

AMÂNCIO, A. B.; ZUCCHI, W. L. Construindo um data center. **Revista USP**, São Paulo, v. 0, n. 97, p. 43–58, maio 2013.

ASCENTY DC. **Data Center Ascenty Jundiaí**, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=M4NFeChMkdo>>. Acesso em: 8 out. 2017

ASHRAE TECHNICAL COMMITTEE. **Thermal Guidelines for Data Processing Environments: Expanded Data Center Classes and Usage Guidance**, 2011. Disponível em: <http://ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/ashrae_2011_thermal_guidelines_data_center.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2017

_____. **Mission Critical Facilities , Data Centers , Technology Spaces and Electronic Equipment**, 2016. Disponível em: <https://tc0909.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_TC0909_Overview_6_May_2016.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2015. 41p.

_____. **NBR ISO 26000: Diretrizes sobre responsabilidade social**. Rio de Janeiro, 2010a. 110p.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro, 2013a. 46p.

_____. **NBR 14565:** Cabeamento estruturado para edifícios comerciais e data centers. Rio de Janeiro, 2013b. 133p.

_____. **NBR 14705:** Cabos internos para telecomunicações — Classificação quanto ao comportamento frente à chama. Rio de Janeiro, 2010b. 3p.

AVELAR, V. et al. **PUE™:** A Comprehensive Examination of the Metric. The Green Grid, v. 49, Oregon, USA, 2012. Disponível em: <<http://nikom.in/Downloads/0a58778d-fc96-4482-8c46-13abe76b015c.pdf>>. Acesso em: 30 maio. 2017.

AZEVEDO, J. **Detecção, supressão e controle de incêndio em data centers.** In: 8ª Fera e Congresso Netcom. São Paulo, 2017.

BANDEIRA, M. **Tipos de Pesquisa.** São João Del Rei:UFSJ, 2016. 10p. (Apostila da disciplina)

BARROS, M. A. T. M. **Emissões atmosféricas de grupos motogeradores na Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo, 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Energia) Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BELADY, C. et al. **Carbon Usage Effectiveness (CUE):** A Green Grid Data Center Sustainability MetricThe Green Grid. The Green Grid,v. 32, Oregon, 2010. Disponível em: <<http://tmp2014.airatwork.com/wp-content/uploads/The-Green-Grid-White-Paper-32-CUE-Usage-Guidelines.pdf>>. Acesso em: 30 maio. 2017.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. **Medicine, Conflict and Survival**, v. 4, n. 1, p. 300, 1987.

CARMO, V. **O uso de questionários em trabalhos científicos.** Santa Catarina: UFSC, 2013. 14 p.

CARTOCCI, C. et al. Estudo de viabilidade para utilização de sistemas solares fotovoltaicos no Porto de Santos-SP Brasil. **Unisanta Science and Technology**, São Paulo, v.65, n.2, p.54–62, dez. 2016.

Certificação LEED no Brasil já pode utilizar certificados de energia renovável brasileira. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, p. 56–57, maio 2015.

CHAGAS, A. T. R. O questionário na pesquisa científica. **Revista Administração Online**, v.1, n. 1, p. 1–14, 2000. Disponível em:
<http://www.fecap.br/adm_online/art11/anival.htm> Acesso em: 9 set. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

DATACENTER DYNAMICS. **Incêndio em data center da Samsung provoca falhas globais**. Disponível em:
<<http://www.datacenterdynamics.com.br/focus/archive/2014/04/incendio-em-data-center-da-samsung-provoca-falhas-globais>>. Acesso em: 19 out. 2017.

_____. **Novo UPS Vertiv tem alta densidade de potência e tamanho compacto**. Disponível em: <<http://www.datacenterdynamics.com.br/focus/archive/2017/07/novo-ups-vertiv-tem-alta-densidade-de-potencia-e-tamanho-compacto>>. Acesso em: 8 jul. 2017.

DECOURT, F. **Garantindo a Disponibilidade do DATACENTER pela ótica da Prevenção de Incêndio**. In: 8º Congresso RTI Data Centers. Fortaleza, 2017.

ELKINGTON, J. Partnerships from Cannibals with Forks : The Triple Bottom line of 21 st Century Business. **Environmental Quality Management**, v. 199, p. 37–51, 1997.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS). **Official Journal of the European Union**, v. 54, n. 1 July, p. 88–110, 2011.

FARIA, A. C. DE; MARTINS, M. DA S.; SIQUEIRA, L. D. **Ti verde: mito ou realidade na indústria digital brasileira**. Encontro da ANPAD - EnANPAD, 37. **Anais**... Rio de Janeiro: 2013 Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_ADI441.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2017

FARINACCIO, R. **Google: 100% de sua energia elétrica deve vir de fontes renováveis em 2017**. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/google/112485-google-100-energia-eletrica-deve-vir-fontes-renovaveis-2017.htm>>. Acesso em: 29 set. 2017.

FILHO, A. A. **Critérios de projeto e instalação de infraestrutura para Data Centers** In: 8º Congresso RTI Data Centers. Fortaleza, 2017.

FRANCO, A. **Eficiência Energética** In: Palestra SENAI-SP. Santos, 2017

FRIGO, A. B. G. **Infraestrutura de data center e suas tendências com foco em eficiência energética**. Guaratinguetá, 2015. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Graduação, Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015

FRITZ, J. **Sistema fixo de proteção contra incêndio por agentes limpos: instrumentação e projeto**. Rio Grande do Sul, 2015. 100 f. Monografia (Engenharia mecânica) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2015.

GAO, P. X. et al. It ' s Not Easy Being Green. **Sigcomm**, n.12, p. 211–222, May 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 173p.

GRUPO ALGAR. **Conheça o 1º Data Center Verde da América Latina**. Disponível em: <<http://www.algar.com.br/praticas-e-tendencias/cidadania/algar-abre-1-data-center-verde-da-america-latina>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

IEEE Green ICT. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://greenict.ieee.org/>>. Acesso em: 13 set. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. **Portaria nº 004, de 04 de janeiro de 2011.** Requisitos de avaliação da conformidade para sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica. Rio de Janeiro, n. 431, p. 56, 2011.

_____. Tabela de Eficiência Energética - Sistema de Energia Fotovoltaica - Módulos - Edição 2017. Rio de Janeiro, p. 30, 2017.

INTERNATIONAL DATA CORPORATION - IDC. **IDC Brasil prevê retomada de projetos em 2017 e crescimento de cerca de 2,5% para o mercado de TIC.** Disponível em: <<http://br.idclatin.com/releases/news.aspx?id=2129>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

JUNIOR, J. S. F. **Eficiência energética em data center:** estudo de caso Univates. Lajeado, 2015. 137 f. Monografia (Engenharia da Computação) - Bacharelado, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

KOOMEY, J. G. Growth in Data Center Electricity use 2005 to 2010. **Analytics Press.**, p.1-24, Aug. 2011.

LANGE, M. **Contribuição da climatização na eficiência energética do Data Center.** Disponível em: <<https://blog-br.schneider-electric.com/gestao-de-energia/2014/10/21/contribuicao-da-climatizacao-na-eficiencia-energetica-data-center/>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

LOESER, F. et al. How IT executives create organizational benefits by translating environmental strategies into Green IS initiatives. **Information Systems Journal**, v. 27, n. 4, p. 503–553, jul. 2017.

LUNARDI, G. L.; FRIO, R. S.; BRUM, M. DE M. Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia. **Gerais : Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 4, n. SPE, p. 159–172, 2011.

MACIEL, P. F. **Equinix inaugura Mega data center e inova em “TI verde”** Disponível em: <<http://overbr.com.br/artigos/equinix-inaugura-mega-data-center-e-inova-em-ti-verde>>. Acesso em: 13 set. 2017.

MARIN, P. S. **Data Centers engenharia:** infraestrutura física. São Paulo: PM Books, 2016. 280p.

MEIRELLES, F. S. **Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas**. 28. ed. São Paulo: FGV-EAESP, 2017.

MOLLA, A.; ABARESHI, A. Organizational green motivations for information technology: Empirical study. **Journal of Computer Information Systems**, v. 52, n. 3, p. 92–102, 2012.

MOURA, F. **Fatores que impactam na alta disponibilidade de energia em ambientes de missão crítica**. In: 8ª Ferie e Congresso Netcom. São Paulo, 2017.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA® 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems**. Massachusetts, USA, 2012.

_____. **NFPA 75® Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment**. Massachusetts, USA, 2013.

NIEMANN, J.; BEAN, J.; AVELAR, V. **Modos Econômicos dos Sistemas de Refrigeração de Data Centers**, 2016. Disponível em:

<<http://www.upsclimate.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Modos-Econômicos-dos-Sistemas.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2017

OLIVEIRA, J. C. DE. **Contribuição à Formação de Critérios de Seleção de Projetos de Tecnologia da Informação Verde**. São Paulo, 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Gestão de Projetos da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo, 2014.

ONU. Kyoto Protocol To the United Nations Framework Kyoto Protocol To the United Nations Framework. **Review of European Community and International Environmental Law**, v. 7, p. 214–217, 1998.

_____. Pacto global. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.pactoglobal.org.br/>>. Acesso em: 14 maio. 2017.

PATIL, T. C.; DUTTAGUPTA, S. P. Hybrid self - Sustainable green power generation system for powering green data center. International Conference on Control, Instrumentation, Energy and Communication, CIEC 2014. **Anais...IEEE**, Jan. 2014

PATTERSON, M. et al. **Water usage effectiveness (WUE™): a green grid data center sustainability metric**The Green Grid. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://airatwork.com/wp-content/uploads/The-Green-Grid-White-Paper-35-WUE-Usage-Guidelines.pdf>>. Acesso em: 30 maio. 2017.

PEREIRA, A. M. DE J. M. **Critérios de projecto de um Data Centre**. Lisboa, 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil - Especialização de Edificações) Instituto Superios de Engenahria de Lisboa, Lisboa 2015.

PEREIRA, J. C. **Motores e geradores** - Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupos diesel geradores. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

PINHEIRO, J. DE Q.; FARIAS, T. M.; ABE-LIMA, J. Y. Painel de Especialistas e Estratégia Multimétodos: Reflexões, Exemplos, Perspectivas. **Psico**, v. 44, n. 2, p. 184–192, 2013.

PORTAL SOLAR. **Escolhendo o Painel Fotovoltaico** - 10 Coisas Para Saber. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/escolhendo-o-painel-fotovoltaico--10-coisas-para-saber.html>>. Acesso em: 4 out. 2017.

REQUISITO. Dicionário de sinonimos online . Disponível em <<https://www.sinonimos.com.br/requisito/>>. Acesso em 11 MAR 2018

RMAI. Certificação LEED no Brasil já pode utilizar certificados de energia renovável brasileira. **Revista Meio Ambiente Industrial**, p. 56–57, 2014.

RODRIGUES, L. Classificações do cabo LAN no comportamento ante a chama. **RTI - Redes, Telecom e instalações**, São Paulo, p. 48-50, dez. 2014.

RUBBO, R.; ROSA, D. DA. **Reduzindo o impacto ambiental na instalação de grupo gerador para fornecimento de energia auxiliar**. In: GREENBUILDING BRASIL CONFERÊNCIA INTERNACIONAL E EXPO. São Paulo, 2017.

SCHULZ, M. A.; SILVA, T. N. Ti Verde e Eficiência Energética Em Data Centers. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 121–133, 2012.

TEIXEIRA, M. **Maiores Data Centers no Brasil**. Disponível em: <<https://techinbrazil.com.br/maiores-data-centers-no-brasil>>. Acesso em: 5 jul. 2017.

TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. **TIA-942-A** Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. Arlington, USA, 2012.

THE GREEN GRID. **The green grid data center power efficiency metrics: PUE and DCiE**, 2007. Disponível em: <http://www.premiersolutionsco.com/wp-content/uploads/TGG_Data_Center_Power_Efficiency_Metrics_PUE_and_DCiE.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2017

THE GREEN GRID et al. Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency. **Taskforce notes**, p. 25, 2014.
TOLOND, I. Smart /green ICT framework - green ICT definition. **e2Readiness**, 2012.

TÜV RHEINLAND BRASIL. **TÜV Rheinland certifica data centers**. Disponível em: <<http://www.uciee.com.br/noticias.asp?Rg=162>>. Acesso em: 6 jun. 2017.

UDDIN, M.; RAHMAN, A. A. Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, ago. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032112001979>>. Acesso em: 3 jul. 2017

UPTIME INSTITUTE, LCC. Data center site infrastructure tier standard: Topology. 2009.

_____. Efficient IT - Avaliação e Stamp of Approval. 2016.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL - USGBC. LEED V4 para Projeto e Construção de Edifícios. p.183, 2014.

VAINSENER, A. Dentro do prédio, um cabo ecológico. **Anuário Tele.Síntese de Inovação em Comunicações**. São Paulo, p.92-93, 2017.

WAZLAWICK, R.S., Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, Editora Elsevier, 2009. 184p.

WIERNAN, A. et al. Opportunities and challenges for data center demand response. **International Green Computing Conference**, p. 1–10, 2014.

YE, H.; SONG, Z.; SUN, Q. Design of green data center deployment model based on Cloud computing and TIA942 heat dissipation standard. Proceedings - 2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications, IWECA 2014. **Anais...**IEEE, maio 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6845649/>>. Acesso em: 9 jul. 2017

YOKOTA, A. K.; GIMENE, E. J. C. Aumento da eficiência energética em datacenters através da virtualização e atualização tecnológica. **Revista Científica da FAI**, p. 35–42, 2013.

ZHANG, Y.; MANTOOTH, H. A.; BALDA, J. C. Ultracapacitor application and controller design in 400 v DC-powered green data centers. INTELEC, International Telecommunications Energy Conference (Proceedings). **Anais...**IEEE, oct. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7749127/>>. Acesso em: 8 jul. 2017

APÊNDICES

Apêndice A: E-mail de apresentação

Caro (a) Senhor (a). [Nome],

Meu nome é Fernando Barreira e sou mestrando em Engenharia da Computação no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Em minha dissertação de mestrado tenho pesquisado sobre o tema Data Center Verde. Cabe aqui enfatizar que durante as minhas pesquisas não foi evidenciado um consenso, padrão ou norma no que diz respeito aos requisitos de engenharia que utilizem como base o conceito de ambientalmente sustentável para classificar um Data Center como verde.

Para tanto, a partir da literatura disponível (normas, artigos, etc.) identifiquei e classifiquei de acordo com a sua aplicação, uma lista de 62 requisitos de engenharia relacionados com os principais sistemas que compõem a infraestrutura de um Data Center.

Para a validação destes requisitos de engenharia para o mercado brasileiro, será utilizado o método de consulta aos especialistas. Esta atividade será realizada com o envio de um questionário. Cada especialista avaliará a aplicabilidade do requisito, podendo a seu critério justificar a resposta e ainda sugerir novos requisitos.

Considerando a sua especialidade em um ou mais sistemas que compõe um Data Center, solicito a sua participação. Naturalmente as informações obtidas serão mantidas sob total sigilo. Informo ainda que os resultados da pesquisa e as análises efetuadas também estarão disponíveis para os especialistas respondentes.

Agradeço antecipadamente a sua colaboração e participação.

Link para o questionário: [LinkPesquisa]

Fernando Barreira (13) 99137-3285 – fernando@bistec.com.br

Apêndice B: Questionário de Consulta aos Especialistas

Pág. 1. - Consulta aos Especialistas

Este questionário integra uma pesquisa de Mestrado de Engenharia da Computação do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo.

Tem como objetivo identificar quais são os requisitos de engenharia utilizados na infraestrutura de um Data Center para classificá-lo como verde.

Será disponibilizado aos respondentes deste questionário, no final da pesquisa, um resumo com os principais resultados.

Perg.1. - Qual é a sua opinião sobre o conceito de Data Center Verde?

(* Esta pergunta é obrigatória)

Pág. 2. - Perfil do especialista

Perg.2. - Qual é o seu grau de instrução?

(* Esta pergunta é obrigatória)

- ☐ Educação Superior incompleta
- ☐ Educação Superior completa
- ☐ Pós-Graduação/Especialização
- ☐ Mestrado completo
- ☐ Doutorado completo
- ☐ Pós-Doutorado

Perg.3. - Qual é o seu cargo atual?

(* Esta pergunta é obrigatória)

Perg.4. - Quantos anos você tem de experiência com sistemas de infraestrutura de Data Center?

(* Esta pergunta é obrigatória)

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ Entre 1 ano e 3 anos
- ☐ Entre 3 anos e 5 anos
- ☐ Acima de 5 anos
- ☐ Nunca trabalhei com sistemas de infraestrutura de Data Center

Pág. 3. - Área de especialização

Perg.5. - Relacionado aos Data Centers, qual é a sua área de especialização?

ATENÇÃO - Esta questão aceita mais de uma resposta. As questões seguintes serão filtradas com base na resposta desta questão.

(* Esta pergunta é obrigatória)

- ☐ Cabeamento Estruturado
- ☐ Climatização
- ☐ Energia Renovável
- ☐ Grupos Geradores
- ☐ Iluminação
- ☐ Segurança contra incêndio
- ☐ Uninterruptable Power Supply (UPS) e baterias

Pág. 4. - Requisitos de Cabeamento Estruturado para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos de Cabeamento Estruturado abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Utilizar componentes do cabeamento estruturado que atendam a diretiva Restriction of Certain Hazardous Substances (ROHS)	☐	☐	☐	☐	☐
2. Selecionar o cabeamento com o maior índice de reaproveitamento no processo de reciclagem.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Utilizar cabeamento com o menor índice de propagação a chama.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Utilizar cabeamento com a menor densidade de fumaça durante a queima.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Utilizar cabeamento com a menor	☐	☐	☐	☐	☐

toxidez dos gases gerados durante a queima.

6. Utilizar cabeamento com a menor corrosividade dos gases gerados durante a queima. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

7. Utilização de cabeamento com o menor diâmetro, mantendo as especificações técnicas para a sua categoria. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

8. Utilizar cabeamento que utilize no processo de fabricação alternativas aos derivados de petróleo como forma de diminuir o consumo de combustíveis fósseis. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto em Cabeamento Estruturado, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 5. - Requisitos de Climatização para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos de Climatização abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Considerar os dados climáticos para a instalação do Data Center em locais com temperaturas favoráveis à otimização do sistema de climatização.	☐	☐	☐	☐	☐

- | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2. Utilizar sistemas de climatização que operem com o menor consumo de água anual. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3. Utilizar na sala de computadores um sistema de confinamento com a separação dos corredores quentes e frios. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 4. Utilizar unidades Computer Room Air Conditioner (CRAC), que utilizem gases refrigerantes (naturais ou sintéticos) classificados como limpos. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5. Considerar a indicação do aumento da faixa de temperatura na entrada e saída dos equipamentos críticos de TI. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 6. Considerar a utilização de resfriamento evaporativo. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 7. Utilizar sistemas de climatização que possam operar no modo econômico parcial ou completo, utilizando o ar externo durante os meses mais frios do ano. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 8. Utilizar os itens que compõem o sistema de climatização, como por exemplo, os trocadores de calor e os resfriadores evaporativos com a maior expectativa de vida. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 9. Considerar a complexidade de controle para a transição do modo de operação econômico e de operação normal. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

10. Considerar o espaço ocupado do sistema de climatização em m2/KW. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

11. Considerar a utilização do modo de operação econômico parcial mesmo sob condições do pior caso. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

12. Considerar a redução ou eliminação do uso de um sistema de compressor. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto em Climatização, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 6. - Requisitos de Energia Renovável para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos de Energia Renovável abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Utilização de fontes de energia renováveis no sistema de distribuição elétrica.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Aquisição de certificados de energia renovável. Renewable energy certificates (RECs).	☐	☐	☐	☐	☐
3. Instalação do Data Center em local com disponibilidade de irradiação solar favorável à otimização do sistema fotovoltaico.	☐	☐	☐	☐	☐

4. Selecionar módulos fotovoltaicos com o maior período de garantia de potência mínima.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

5. Selecionar módulos fotovoltaicos com a classificação energética “A” disponível na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou com a maior eficiência energética.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

6. Selecionar o modulo fotovoltaico com o maior valor de produção média de energia (kWh/mês)

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto em Energia Renovável, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 7. - Requisitos dos Grupos Geradores para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos dos Grupos Geradores abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Selecionar os grupos geradores de energia com a menor/baixa emissão de poluentes. (Óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, partículas sólidas e CO2).	☐	☐	☐	☐	☐
2. Selecionar os grupos geradores que utilizem como alternativa de	☐	☐	☐	☐	☐

combustível o biogás.

3. Selecionar os grupos geradores com o menor consumo de combustível a plena carga (diesel - l/h / gás - Nm³/h).

4. Considerar a durabilidade estendida do óleo lubrificante.

5. Utilizar grupos geradores que utilizem catalizadores para redução da emissão de poluentes.

6. Utilizar grupos geradores com sistemas de amortecimento de vibrações mecânicas.

7. Considerar a instalação dos grupos geradores que não utilizam carenagens em salas com proteção acústica.

8. Considerar a utilização dos grupos geradores com carenagem/container.

9. Considerar a utilização dos grupos geradores com carenagens que contenham espuma termo acústica.

10. Considerar a seleção dos grupos geradores que utilizem métodos de contenção para vazamento de fluidos.
(Exemplo: bandejas ou bacias coletoras)

Como especialista no assunto em Grupos Geradores, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 8. - Requisitos do sistema de Iluminação para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos de Iluminação abaixo, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Considerar a utilização de sistema de iluminação com alta eficiência luminosa (Lúmens/Watt).	☐	☐	☐	☐	☐
2. Utilizar acabamentos claros (Armários, pintura, etc) como forma de melhorar a eficiência luminosa.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Avaliar os valores de refletância de superfície dos componentes do Data Center como forma de melhorar a eficiência luminosa.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Efetuar o controle de iluminação para pelo menos 90% dos espaços ocupados, permitindo ajuste da iluminação de acordo com as tarefas, com pelo menos três níveis ou cenários de iluminação (ligada, desligada, média). A configuração média tem de 30% a 70% do nível máximo de iluminação.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Considerar a instalação do sistema de iluminação na sala de computadores acima dos corredores e entre os armários.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Utilizar um protocolo de iluminação de três níveis nos Data Centers	☐	☐	☐	☐	☐

dependendo da ocupação humana, tendo em seu nível máximo os valores de 500 lux no plano horizontal e 200 lux no plano vertical, medido a 1 m acima do piso acabado.

7. Considerar para os Data Centers maiores que 230 m², o nível máximo de iluminação na área de trabalho (ocupada) e nível intermediário para todas as outras zonas.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto em Iluminação, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 9. - Requisitos de Segurança Contra Incêndio para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos de Segurança Contra Incêndio, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Deve-se considerar o potencial efeito ambiental de um incêndio na área protegida.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Considerar a seleção de sistemas de supressão que utilizem agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito ambiental de depleção da camada de ozônio <i>Ozone Depletion Potential</i> (ODP).	☐	☐	☐	☐	☐
3. Considerar a seleção sistemas de	☐	☐	☐	☐	☐

supressão que utilizem agentes classificados como limpos com o menor potencial efeito de aquecimento Global - *Global Warming Potential* (GWP).

4. Considerar a margem de segurança para a inundação total do ambiente com base no valor máximo de *No Observed Effect Level* (NOEL). ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

5. Considerar a utilização de sistemas de supressão com o menor impacto aos ativos do Data Center. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

6. Considerar a utilização de gases no sistema de segurança contra incêndio com o menor tempo de descarga e melhor eficiência. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

7. Considerar o tempo de vida na atmosfera do agente utilizado no sistema de segurança contra incêndio. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

8. Considerar a utilização de gases ativos (agentes químicos), pela sua alta eficiência, maior segurança humana e ambiental. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

9. Considerar a utilização de ambientes Hipóxicos estanques, mantendo o oxigênio < 16% ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto de Segurança Contra Incêndio, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 10. - Requisitos do sistema UPS e Baterias para um Data Center Verde

Responda para cada um dos requisitos do sistema UPS e baterias, o quanto você concorda que ele seja aplicável para um projeto de infraestrutura de um Data Center Verde para o mercado brasileiro.

(* Esta pergunta é obrigatória)

	Plenamente aplicável (100%)	Muito aplicável (75%)	Razoavelmente aplicável (50%)	Pouco aplicável (25%)	Nada aplicável (0%)
1. Considerar a utilização de sistemas UPS com alta densidade. (Tamanho físico)	☐	☐	☐	☐	☐
2. Considerar a utilização de Sistema UPS alimentado por energia renovável.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Considerar a utilização de Sistema UPS com modo de operação econômico – bypass.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Considerar a utilização de Sistema UPS com o maior fator de potência, tanto no modo de dupla conversão quanto no modo econômico.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Considerar a tomada de medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguro de baterias e resíduos eletrônicos.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Considerar os requisitos de manutenção durante o tempo de vida útil da bateria.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Considerar a seleção de baterias que utilizem no processo de fabricação alternativas aos tipos de chumbo-ácido, por exemplo, baterias de lítio.	☐	☐	☐	☐	☐

8. Considerar o controle da temperatura ambiente do banco de baterias. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

9. Considerar a utilização de sistema de monitoramento individual, contínuo e em tempo real das baterias como forma de evitar o efeito morte súbita e/ou efeito avalanche. ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

10. Selecionar sistemas UPS que não utilizem baterias (Energia Cinética) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Como especialista no assunto de sistemas UPS e baterias, você teria algum comentário ou sugestão de requisito que não foi abordado na questão anterior e que poderia ser utilizado como requisito de engenharia de infraestrutura para um Data Center Verde?

Pág. 10. - Agradecimento

Em breve você receberá um resumo com as principais informações coletadas junto aos especialistas.

Agradeço a sua colaboração e participação.

ANEXO

Anexo A: Pré-requisitos e sistema de pontuação LEED BD+C



LEED for New Construction for Data Centers (v4)

POSSIBLE: 1

Credit	Integrative process	1
--------	---------------------	---



LOCATION & TRANSPORTATION

POSSIBLE: 16

Credit	LEED for Neighborhood Development location	16
Credit	Sensitive land protection	1
Credit	High priority site	2
Credit	Surrounding density and diverse uses	5
Credit	Access to quality transit	5
Credit	Bicycle facilities	1
Credit	Reduced parking footprint	1
Credit	Green vehicles	1



SUSTAINABLE SITES

POSSIBLE: 10

Prereq	Construction activity pollution prevention	REQUIRED
Credit	Site assessment	1
Credit	Site development - protect or restore habitat	2
Credit	Open space	1
Credit	Rainwater management	3
Credit	Heat island reduction	2
Credit	Light pollution reduction	1



WATER EFFICIENCY

POSSIBLE: 11

Prereq	Outdoor water use reduction	REQUIRED
Prereq	Indoor water use reduction	REQUIRED
Prereq	Building-level water metering	REQUIRED
Credit	Outdoor water use reduction	2
Credit	Indoor water use reduction	6
Credit	Cooling tower water use	2
Credit	Water metering	1



ENERGY & ATMOSPHERE

POSSIBLE: 33

Prereq	Fundamental commissioning and verification	REQUIRED
Prereq	Minimum energy performance	REQUIRED
Prereq	Building-level energy metering	REQUIRED
Prereq	Fundamental refrigerant management	REQUIRED
Credit	Enhanced commissioning	6
Credit	Optimize energy performance	18
Credit	Advanced energy metering	1
Credit	Demand response	2
Credit	Renewable energy production	3
Credit	Enhanced refrigerant management	1
Credit	Green power and carbon offsets	2

**MATERIAL & RESOURCES**

POSSIBLE: 13

Prereq	Storage and collection of recyclables	REQUIRED
Prereq	Construction and demolition waste management planning	REQUIRED
Credit	Building life-cycle impact reduction	5
Credit	Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	2
Credit	Building product disclosure and optimization - sourcing of raw materials	2
Credit	Building product disclosure and optimization - material ingredients	2
Credit	Construction and demolition waste management	2

**INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY**

POSSIBLE: 16

Prereq	Minimum IAQ performance	REQUIRED
Prereq	Environmental tobacco smoke control	REQUIRED
Credit	Enhanced IAQ strategies	2
Credit	Low-emitting materials	3
Credit	Construction IAQ management plan	1
Credit	IAQ assessment	2
Credit	Thermal comfort	1
Credit	Interior lighting	2
Credit	Daylight	3
Credit	Quality views	1
Credit	Acoustic performance	1

**INNOVATION**

POSSIBLE: 6

Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1

**REGIONAL PRIORITY**

POSSIBLE: 4

Credit	Regional priority	4
--------	-------------------	---

TOTAL

110

40-49 Points
CERTIFIED50-59 Points
SILVER60-79 Points
GOLD80+ Points
PLATINUM