



**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

**CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
GESTÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO**

VICTOR LEAL TRENTO

**APLICANDO MÉTODOS DE
DECISÃO MULTICRITÉRIO
PARA ATUALIZAÇÃO DE *DATA
CENTER* - ESTUDO DE CAMPO**

Florianópolis - SC

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Trento, Victor Leal
APLICANDO MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA ATUALIZAÇÃO
DE DATA CENTER - ESTUDO DE CAMPO / Victor Leal Trento
; orientação de Underlea Cabreira Corrêa; coorientação
de Eder Daniel Corvalão. - Florianópolis,
SC, 2020.

81 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Gestão da Tecnologia da Informação. Departamento
Acadêmico de Saúde e Serviços.

Inclui Referências.

1. Analytic Hierarchy Process. 2. Atualização de
Data center. 3. Tomada de Decisão de Múltiplos Critérios.
I. Corrêa, Underlea Cabreira. II. Corvalão, Eder Daniel.
III. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento
Acadêmico de Saúde e Serviços. IV. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA TECNOLOGIA DA
INFORMAÇÃO**

VICTOR LEAL TRENTO

**APLICANDO MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA ATUALIZAÇÃO
DE *DATA CENTER* - ESTUDO DE CAMPO - ESTUDO DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação.

Professora Orientadora:

Prof. Underlea Cabreira Corrêa, Doutora.

Professor Coorientador:

Prof. Eder Daniel Corvalão, Doutor.

FLORIANÓPOLIS - SC

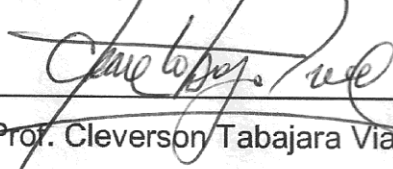
JULHO/2020

**APLICANDO MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA ATUALIZAÇÃO
DE DATA CENTER - ESTUDO DE CAMPO**

VICTOR LEAL TRENTO

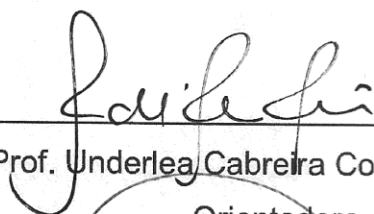
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis-SC, 06 de Julho de 2020.

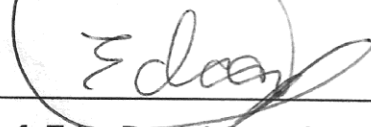


Prof. Cleversson Tabajara Vianna, Mestre
Coordenador do CST em Gestão da Tecnologia da Informação
Instituto Federal de Santa Catarina

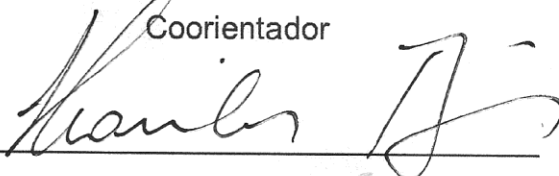
Banca Examinadora:



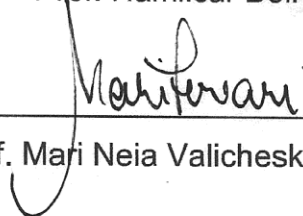
Prof. Underlea Cabreira Corrêa, Doutora
Orientadora



Prof. Eder Daniel Corvalão, Doutor
Coorientador



Prof. Hamilcar Boing, Doutor



Prof. Mari Neia Valicheski Ferrari, Mestre

*Este trabalho é dedicado aos meus pais, Everaldo Trento e Elaine Cristina Leal, que
proveram toda a base necessária para me tornar hoje uma melhor versão minha do
que de ontem.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente à minha mãe e ao meu pai, Elaine Cristina Leal e Everaldo Trento, que sempre me incentivaram a seguir meus sonhos.

À minha namorada Bianca Forbici por todo apoio e amor nas horas difíceis.

À minha tia, Jéssica Sabrina Leal e ao meu avô, Pedro Venâncio Leal, por me ajudarem diretamente e indiretamente ao longo dos anos.

Aos meus orientadores, Dra. Prof. Underlea Cabreira Corrêa e Dr. Prof. Eder Daniel Corvalão, pelo auxílio, dedicação e incentivo.

À organização que disponibilizou os documentos relacionados ao trabalho, tornando possível o desenvolvimento da pesquisa.

E por fim, gostaria de agradecer ao Instituto Federal de Santa Catarina, pelos ótimos profissionais que conheci, tanto do campus Florianópolis desde 2016 quanto da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação de 2018.

“A TI não diminuiu a quantidade de trabalho por pessoa, mas sim aumentou a quantidade de trabalho que a mesma pessoa pode executar na mesma quantidade de horas”.

RESUMO

Data centers são estruturas físicas onde se localizam o *hardware* e *software* responsáveis por armazenar e processar dados/informações de quaisquer áreas de negócio suportadas pelo setor de TI. Porém, essa infraestrutura se torna obsoleta com o desenvolvimento de novas tecnologias de TI. A atualização de um *data center* exige que o gestor de TI, após determinar os critérios que devem compor essa melhoria, escolham uma entre as alternativas de propostas encaminhadas pelos fornecedores de infraestrutura de *data center*. Considerando a quantidade de informações a serem analisadas, escolher uma alternativa de atualização pode ser uma tarefa difícil. Esta decisão pode ser auxiliada por métodos matemáticos com múltiplos critérios, fornecendo um indicador de resultado ao gestor. Este trabalho aplica o uso de um método de tomada de decisão com multicritérios, chamado de *Analytic Hierarchy Process* para apoio a decisão do Gestor de TI na escolha de uma proposta de melhoria de *data center*.

Palavras-chave: *Analytic Hierarchy Process*. Atualização de *Data center*. Tomada de Decisão de Múltiplos Critérios.

ABSTRACT

Data centers are physical structures where hardware and software responsible for storing and processing data/information from any business areas are located. Even though, this infrastructure becomes obsolete with the development of new IT technologies. The data center upgrade requires that the IT manager, after determining the criteria that compose this upgrade, choose between the available alternatives forwarded by the data center infrastructure providers. Considering the amount of information to be analyzed, picking one alternative may be a hard task. This decision can be auxiliated by multiple criteria mathematical methods, providing a result indicator to the manager. This study applies the use of a multiple criteria decision making method called Analytic Hierarchy Process to support the IT manager's decision in choosing a data center upgrading proposal.

Key-words: Analytic Hierarchy Process. *Data center* Upgrade. Multiple Criteria Decision Making.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - <i>Hierarchical & Over-Subscribed</i>	24
Figura 2 - <i>Mainframe Business Model</i>	25
Figura 3 - Diagrama dos serviços em nuvem.	27
Figura 4 - Organograma dos pontos principais.	41
Figura 5 - Organograma do problema de pesquisa.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo do sumário de aplicações de métodos de tomada de decisão para serviços em Nuvem.....	30
Quadro 2 - Aplicações de MCDA para serviços em nuvem numeradas e classificadas por ordem decrescente.	31
Quadro 3 - Definição dos pesos utilizados no <i>Analytic Hierarchy Process</i>	33
Quadro 4 - Síntese das propostas.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do <i>data center</i> atual.....	40
Tabela 2 - Resultado final da execução do método de tomada de decisão.....	45
Tabela 3 - Pontuações e resultados normalizados.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MCDA	<i>Multiple Criteria Decision Analysis (Análise de Decisão com Múltiplos Critérios)</i>
MCDM	<i>Multiple Criteria Decision Making (Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios)</i>
TI	Tecnologia da Informação
vCPU	<i>Virtual Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento Virtuais)</i>
RAM	<i>Random Access Memory (Memória de Acesso Randômico)</i>
HDD	<i>Hard Disk Drive (Disco Rígido)</i>
SSD	<i>Solid State Drive (Unidade de estado sólido)</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service (Infraestrutura como serviço)</i>
PaaS	<i>Platform as a Service (Plataforma como serviço)</i>
SaaS	<i>Software as a Service (Programa como serviço)</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process (Processo Analítico Hierárquico)</i>
GB	<i>Gigabytes</i>
TB	<i>Terabytes</i>
Mbps	<i>Megabits por segundo</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. JUSTIFICATIVA.....	18
1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. Objetivo Geral.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1. <i>DATA CENTER</i>	22
2.1.2. Colocation	26
2.1.3. Computação em Nuvem.....	27
2.2. TOMADA DE DECISÃO.....	28
2.2.1. Métodos MCDA.....	29
2.2.2. AHP - Analytic Hierarchy Process	32
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	35
3.2. ESCOPO DA PESQUISA.....	35
3.3. ETAPAS DA PESQUISA.....	36
3.3.1. Construção das bases teóricas.....	36
3.3.2. Definição dos critérios para pesquisa de campo.....	36
3.3.3. Elaboração da pesquisa de campo.....	36
3.3.4. Análise e construção do modelo decisório.....	37
3.3.5. Conclusão.....	37
4. USO DO AHP PARA ESCOLHA DE PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DE <i>DATA CENTER</i>.....	38

4.1. A ORGANIZAÇÃO	38
4.1.1. Regulamentação interna.....	38
4.1.2. Infraestrutura de <i>data center</i>.....	39
4.1.3. Novos requisitos para o <i>data center</i> da organização	40
4.2. ANÁLISE DAS PROPOSTAS.....	40
4.3. MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO	43
4.3.1. Estruturação da hierarquia de decisão.....	43
4.3.2. Construir o conjunto de matrizes de comparação.....	44
4.3.3. Resultado do AHP	44
5. CONCLUSÕES.....	47
5.1 EM RELAÇÃO AO OBJETIVO GERAL	47
5.2 EM RELAÇÃO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
5.3 TRABALHOS FUTUROS	48
6. REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A - Detalhamento das propostas	57
1. PROPOSTA 1	57
2. PROPOSTA 2.....	58
3. PROPOSTA 3	59
4. PROPOSTA 4.....	60
APÊNDICE B - Tabelas da execução do método de tomada de decisão	61
1. OBJETIVO GERAL	61
2. SERVIÇO.....	62
2.1 MONITORAMENTO.....	63
2.2 SUPORTE TÉCNICO.....	63
2.3 BACKUP	64
2.4 LINK DE INTERNET	64
3. <i>HARDWARE</i>.....	65

	16
3.1 CPU	65
3.2 RAM.....	66
3.3 HDD/SSD.....	67
4. SEGURANÇA.....	68
4.1 FÍSICA	68
4.2 VIRTUAL.....	69
5. DETALHAMENTO	69
6. MODALIDADE.....	70
7. VALOR	71
APÊNDICE C - Cenário escola de execução do <i>Analytic Hierarchy Process</i>	72

1. INTRODUÇÃO

Data centers são os meios disponibilizados pela Tecnologia da Informação (TI) para armazenar e processar os dados. Sendo basicamente composto pelo cabeamento estruturado e pelos equipamentos de *hardware* e *software* que dão suporte a todos os serviços nele executados. Para BENSON et al. 2010, um *data center* pode ser visto como uma imensa instalação com uma enorme quantidade de máquinas servidoras.

Com o desenvolvimento da virtualização e com o aumento da velocidade das conexões de Internet, o uso de *data centers* para o armazenamento de dados e processamento de aplicações, se tornou uma peça importante em qualquer organização vinculada a Internet. Seja esse um grande *data center* que fornece serviços próprios; serviços para diversas empresas (nuvem) ou apenas um pequeno conjunto de servidores usados como repositório de armazenamento de dados para uma empresa local.

Independentemente do tipo e do tamanho do negócio, os serviços de armazenamento e processamento de dados são necessários. A questão a ser respondida pela gestão de TI é se a infraestrutura que oferece o serviço de armazenamento e processamento de dados será própria ou alugada.

Os avanços em tecnologia de redes tornaram possíveis o armazenamento e processamento em nuvem, direcionando as tarefas e arquivos, que antes eram processados localmente, para os equipamentos dedicados e com acessos remotos.

Data centers se tornam obsoletos ao atingirem sua capacidade máxima de armazenamento, e processamento; ou apresentarem gargalos no desempenho, e maior latência nos tempos de respostas que comprometem a disponibilidade dos serviços, etc.

A melhoria contínua do *data center* é uma tarefa monitorada e executada pelo gestor de TI, visando manter o alinhamento da infraestrutura de TI aos requisitos organizacionais baseados na visão estratégica e tática do negócio. As atualizações exigem requisitos e limitações tecnológicas, dos quais, o responsável pela área de TI precisa conhecer para tomar uma decisão.

A tomada de decisão está vinculada às rotinas dos seres humanos de escolher dentre as alternativas disponíveis, a que mais se adere aos requisitos definidos pelo

contexto da decisão. A complexidade de uma decisão está diretamente relacionada a quantidade de critérios a serem ponderados. Para trazer mais clareza, transparência, e apoio ao processo decisório, métodos matemáticos podem ser aplicados em diversas áreas do conhecimento.

No cenário de atualização de *data center*, o gestor responsável precisará alinhar os requisitos estratégicos da organização, a um conjunto de fatores com múltiplas subáreas e multicritérios técnicos a serem ponderados. Assim, neste trabalho buscou-se aplicar uma técnica de métodos de decisão multicritérios para oferecer apoio à decisão sobre a melhoria de *data center*.

1.1. JUSTIFICATIVA

DREYFUS (1960) afirma que enquanto o maquinário deteriora devido à ação do tempo, e novos equipamentos se tornam disponíveis no mercado, o momento crítico se aproxima, aonde o grande custo inicial de substituição é coberto pelo potencial lucro futuro da nova máquina.

Os servidores de armazenamento e processamento, cada vez são mais alimentados com enormes quantidades de informações e demandas de processamento, bem como a comunicação ubíqua, torna obrigatória a disponibilidade destes centros de dados 24/7 (vinte quatro horas por dia nos sete dias da semana), tornando a indisponibilidade dos serviços um transtorno para as organizações, medida em perdas de receita e confiabilidade.

Muitos são os requisitos que precisam ser levados em consideração na escolha de um serviço de *data center*. Além de considerar os requisitos técnicos operacionais que demandam melhoria e os valores de investimento, o gestor deve também incluir em sua avaliação, se as melhorias são alinhadas em médio e longo prazo às novas tendências tecnológicas e à visão do negócio. DREYFUS (1960), VERAS (2015).

MCKNIGHT (1999) afirma que a atualização de *hardware* é a modificação menos difícil e menos custosa para aliviar gargalos (baixo desempenho) no sistema. ZOPOUNIDIS (1999) apud BETENCOURT & BORENSTEIN, justifica que o uso de técnicas de decisão multicritério para resolver problemas de TI, permite estruturar problemas complexos, introduzindo critérios quantitativos, qualitativos e transparência para a gestão financeira.

Além da importante contribuição que os métodos de decisão multicritérios podem oferecer ao gestor de TI, este trabalho se justifica por sua aderência com o curso de Gestão da Tecnologia da Informação, refletindo no perfil do egresso, que o considera “capaz de analisar cenários para fins de diagnósticos e/ou elaboração de soluções na área de TIC” (IFSC, Projeto Pedagógico do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação, 2015, p. 19).

1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Sempre que se trata de investimentos em infraestrutura, os gestores de TI passam por esse processo decisório entre investimentos numa solução própria ou terceirizada. Contratar uma terceira para resolver seu problema com relação a prestação de serviços em *data center* é um tema a ser ponderado com cuidado e responsabilidade.

O custo-benefício desta decisão envolvem critérios que atendam, todos os requisitos da melhoria necessária, não apenas considerando capacidade computacional, disponibilidade, escalabilidade, elasticidade, mas inclusive, políticas de acesso, segurança, proteção de dados, qualidade de serviço, etc.

Empresas como Amazon e Microsoft fazem investimentos bilionários e vem tornando o serviço de terceirização de *data center* muito atrativo em relação ao custo-benefício do serviço. Na terceirização, custos com pessoas e equipamentos técnicos atualizados tendem a serem reduzidos, pois podem ser diluídos entre inúmeras outras empresas.

No entanto, ainda cabe ao gestor de TI especificar os diferentes tipos de serviços contratados que vão desde de dimensionamento de acesso, serviços de banda larga, redundância da rede de dados e elétrica; segurança física e virtual, salas resfriadas e seguras contra invasões; atualização e instalação de *hardware* ou *software*, etc., até configuração e manutenção das plataformas de serviço, gerenciamento de contrato, restrições na manutenção do espaço físico, etc.

Além disso, ter a própria infraestrutura de *data center* pode ser mais caro, mas o investimento pode ser relevante para empresas que necessitam total controle de suas instalações, seguindo políticas de segurança e de controle de acesso aos dados que gerenciam.

Considerando as distintas alternativas tecnológicas e a complexidade para avaliar múltiplos critérios entre propostas de melhoria para *data center*, este projeto busca identificar como aplicar um modelo decisório para encontrar tendências que embasem e orientem gestores de TI em suas decisões de escolha entre as propostas de atualização de seu *data center*?

1.3. OBJETIVOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos: geral e específicos.

1.3.1. Objetivo Geral

Aplicar um método de apoio à decisão que oriente o gestor de TI na escolha de uma proposta de melhoria de serviço de *data center*, associando requisitos estratégicos da organização e as alternativas tecnológicas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analisar a infraestrutura de *data center* de uma organização;
- Levantar os requisitos estratégicos da organização;
- Classificar os critérios de decisão quanto a relação organizacional;
- Escolher e aplicar um método MCDA para definir a melhor alternativa.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco seções. Na seção 1 se faz a contextualização do problema, e objetivos do trabalho. Na segunda seção se apresenta uma revisão da literatura em relação a *data centers* e os métodos de tomada de decisão. Na seção 3, são definidos os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Já na seção 4, apresenta-se o desenvolvimento da pesquisa, abrangendo desde a definição do local estudado até a execução e resultado do método de tomada de decisão, finalizando com as conclusões e propostas de

trabalhos futuros na seção 5.

Os dados utilizados no modelo, bem como o material de apoio referente ao desenvolvimento da pesquisa podem ser visualizados nas seções de Apêndice no final do trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção apresentamos uma revisão referente aos temas centrais deste trabalho de conclusão de curso os quais relacionam atualização de *data center* e métodos de apoio a tomada de decisões alinhadas a gestão de TI, buscando relacionar a organização e critérios que estruturam um *data center* bem como elementos que os tornam obsoletos

2.1. DATA CENTER

Os *data centers* são conjuntos integrados de componentes de alta tecnologia que permitem fornecer serviços de infraestrutura de TI de valor agregado, tipicamente processamento e armazenamento de dados, em larga escala. (VERAS, 2011). Parte vital dos componentes são os servidores, descritos por como máquinas compostas por *Central Processing Units* (CPUs), memória (RAM), unidades de disco (HDDs) com capacidade de processamento e armazenamento superiores a máquinas de clientes, bem como aplicações específicas e várias interfaces de comunicação MCKNIGHT (1999).

Um dos desafios das organizações de TI é gerar mais valor e eficiência com o uso de *data centers*. Os *data centers* possuem um papel de grande importância na sociedade moderna. São as instalações provedoras de parte significativa da infraestrutura de tecnologia da informação das instituições que situam seus negócios na Internet. Segundo a definição da Cisco (2018, p. 1), um *data center* é:

Uma instalação física utilizada por organizações para armazenar seus dados e aplicações críticas. O design de um *data center* é baseado numa rede de computação e recursos de armazenamento que possibilitam a entrega de aplicações e dados compartilhados.

Os *data centers*, também definidos por VERAS (2011, p. 61) são “conjuntos integrados de componentes de alta tecnologia que permitem fornecer serviços de infraestrutura de TI de valor agregado, tipicamente processamento e armazenamento de dados, em larga escala”. Parte vital dos componentes são os servidores, descritos por MCKNIGHT (1999) como máquinas compostas por *Central Processing Units* (CPUs), memória (RAM), unidades de disco (HDDs) com capacidade de

processamento e armazenamento superiores a máquinas de clientes, bem como aplicações específicas e várias interfaces de comunicação (placa de rede).

Os servidores em *data centers* utilizam a tecnologia de virtualização, permitindo a partição ou combinação de *hardwares* (servidores) para criar um ambiente virtual individual e isolado dos demais, possibilitando o manuseio de aplicações com um maior grau de liberdade e segurança (LOBO & SERUYA, 2014).

Data centers são classificados em *Tiers* (camadas), baseados nas características descritas na norma TIA-942 de 2005, da primeira, nível mais básico até a quarta, com nível mais complexo. Segundo VERAS (2012, p. 101), a TIA-942 “define os requisitos mínimos da infraestrutura de telecomunicações de *data centers* e salas de computadores”. VERAS (2012) também descreve os aspectos mais importantes para a TIA-942, como o *layout*, espaço físico, seleção do *site*, infraestrutura de cabeamento, aspectos mecânicos e elétricos.

A Qualidade de Serviço (definida pelo *downtime* anual) possui padrões mais rígidos conforme os níveis aumentam. VERAS (2012, p. 103-105) resume as camadas definidas pela TIA-942:

- **Tier 1:** Básico. Não possui redundância nas rotas físicas e lógicas. *Downtime* de 28.8 horas/ano (99,671%).
- **Tier 2:** Componentes Redundantes. Os equipamentos de telecomunicações devem ter módulos de energia redundantes, assim como o cabeamento. *Downtime* de 22 horas/ano (99,749%).
- **Tier 3:** Manutenção sem paradas. Deve ser atendido por no mínimo duas operadoras de telecomunicações distintas e possuir redundâncias de estrutura física. *Downtime* de 1.6 horas/ano (99,982%).
- **Tier 4:** Todo o cabeamento deve ser redundante e protegido, possuir pelo menos duas fontes de energia ativas e independentes, assim como o prédio. *Downtime* de 0.4 horas/ano (99,995%).

A sociedade atual está em uma época em que a computação se tornou extremamente atrelada à vida cotidiana, as necessidades de maior capacidade, quantidade e mobilidade de processamento e armazenamento se tornam cada vez maiores (YAN et al., 2016).

MCKNIGHT (1999, p. 7) afirma que enquanto a carga de trabalho de servidor aumenta com o passar do tempo, gargalos atrapalham o funcionamento do sistema,

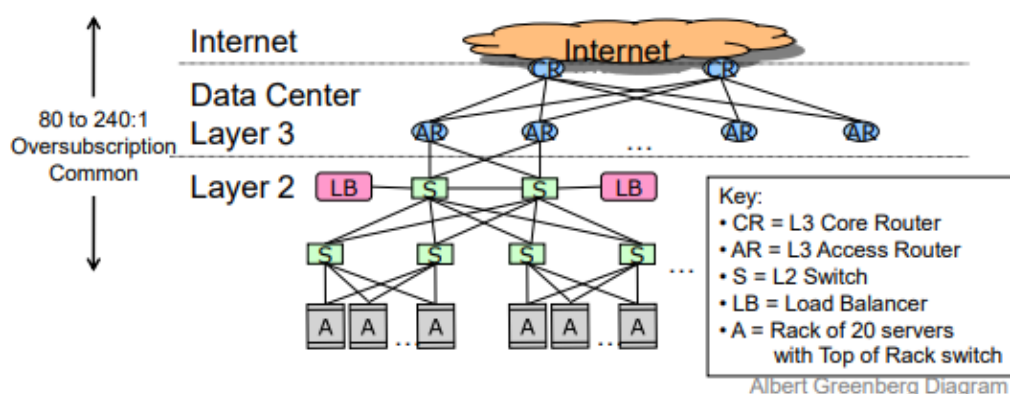
resultando em baixo desempenho geral.

R. Miller (2008) apud YAN et al. (2016) mostram que devido ao crescimento exponencial da demanda por capacidade computacional, o *upgrading* de *data centers* leva a Microsoft a aumentar entre 10.000 e 20.000 servidores todo mês em seus *data centers*. Além do crescimento exponencial, os equipamentos de tecnologia de informação se tornam obsoletos necessitando de constante atualização para se manter nos padrões da indústria.

HAMILTON (2010) diz que o modelo de negócio dos equipamentos de redes está obsoleto por se basear em um modelo clássico *over-subscribed*¹ que acaba limitando a inovação e otimização do restante dos equipamentos. A Figura 1 demonstra como está estruturada uma rede que utiliza o modelo hierárquico *oversubscribed*.

Figura 1 - Hierarchical & Over-Subscribed.

Hierarchical & Over-Subscribed



Fonte: HAMILTON, 2010, p. 6.

A Figura 2 mostra o modelo de negócio de um mainframe, onde todos os equipamentos de rede são proprietários e sem modularização, enquanto os servidores possuem um vasto leque de escolhas.

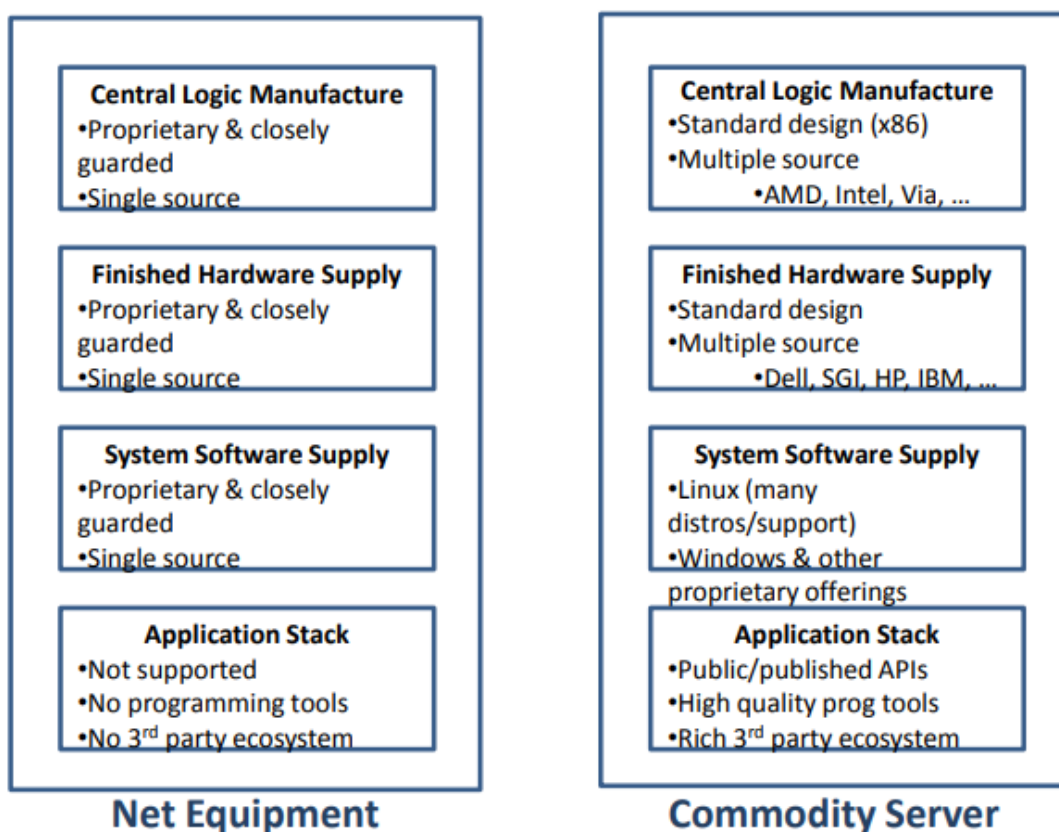
Para ilustrar um exemplo que induz o gestor a pensar numa atualização de sua infraestrutura de *data center*, destaca-se o momento em que este trabalho está sendo desenvolvido, o mercado dos equipamentos de infraestrutura de redes antigos, que

¹ Segundo a Cisco (2015), o *oversubscription* pode ser resumido pela situação de um equipamento que possui uma velocidade de conexão que não é atingida pelo desempenho do cabeamento.

possuíam arquitetura agregada (*hardware* e *software* construídos juntos) está sendo pressionado pela proliferação de plataformas de *switching whitebox* e *britebox* (que seguem o conceito de *network disaggregation*), junto com a explosão de sistemas operacionais de redes (Chris, 2017).

Vale ressaltar que a desagregação da rede não se refere a algo em específico, mas a um conjunto de ideias que devem ser ponderadas entre aspectos positivos e negativos no qual devem ser contextualizadas a uma aplicação. A *network disaggregation* é ainda definida em três tipos: i) *chassis to fabric*; ii) *software from hardware*; iii) *function from appliance* e iv) *control plane from appliance* (WHITE, 2018).

Figura 2 - Mainframe Business Model



Fonte: HAMILTON, 2010, p. 8.

O *upgrade* de *data centers* também traz à tona questionamentos sobre sua sustentabilidade e responsabilidade ambiental. Forrest, Kaplan e Kindler, citados por GAO et al. (2012), no McKinsey trimestral, em novembro de 2008 mostraram que as emissões de carbono de *data centers* eram de 0,6% do total global em 2008. Até 2020, quando desenvolvemos este trabalho a fração esperada é para alcançar 2,6%,

excedendo as emissões de carbono da Alemanha.

No *paper It's Not Easy Being Green*, GAO et al. (2012), introduzem o FORTE, *Flow Optimization based framework for Request-routing and Traffic Engineering*, uma ferramenta que, utilizando uma função objetiva, balanceia o peso da soma da latência de acesso, custos de eletricidade e pegadas de carbono.

Os *data centers*, por serem grandes consumidores de energia elétrica, acabam também emitindo grandes quantidades de calor. Para que não ocorra problemas, um *data center* resfriado a ar requer um sistema de resfriamento eficiente para assegurar que o *data center* pode prover seus serviços aos clientes com máxima disponibilidade e confiabilidade a um custo operacional mínimo (SIRIWARDANA et al., 2012).

Seguindo a questão do calor emitido pelos equipamentos em *data centers*, SIRIWARDANA et al. (2012), apresentam uma nova técnica de espalhamento de carga, que permite a atualização de equipamentos de computação, rede e armazenamento com mínimo impacto térmico em um ambiente de resfriamento otimizado já existente de um *data center*.

Além da aquisição de um *data center* próprio, existem outras modalidades que suportam os serviços de hospedagem, podendo ser através do *colocation*, da nuvem, ou de uma mistura desses meios abordados nas próximas seções

2.1.2. Colocation

Caso a construção de uma infraestrutura de *data center* própria seja inviável, a Gestão de TI pode optar pelo uso de *colocation*, um serviço comercial, habilitando empresas a alugarem espaço de *data center* em uma instalação terceirizada (Network World, 2009) possibilitando o uso de infraestrutura terceirizada com *hardware* próprio e banda larga compartilhada (KYRNIN, 2018).

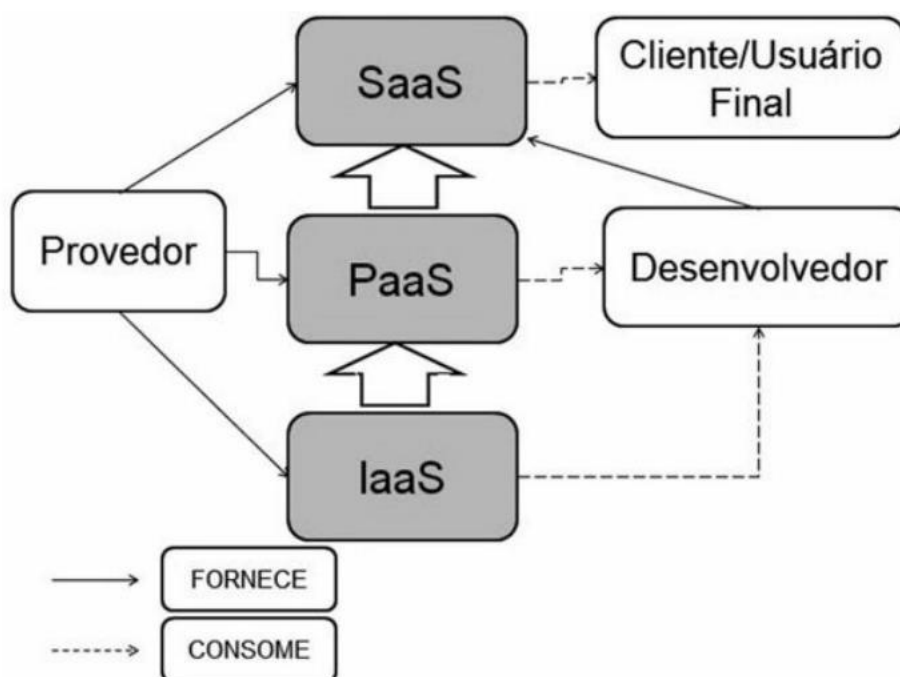
Isto é, *colocation* possibilita que empresas definidas como inquilinas, aluguem o espaço físico de *racks* e a infraestrutura de energia e de telecomunicações, disponibilizadas por outras empresas especializadas nesta área de negócio. O inquilino pode ficar responsável pelo próprio *hardware*, *software* e suporte técnico (VERAS, 2012). Custos com a construção e manutenção de uma instalação de um *data center* são visivelmente menores por estarem compartilhados entre diferentes inquilinos (Psychz Networks, 2015).

colocation de aplicações é uma técnica testada para melhorar a utilização de *hardware*. Avanços recentes na virtualização tornaram a *colocation* de aplicações independentes em *hardwares* compartilhados um cenário comum em *data centers*. A *colocation*, enquanto mantendo *Quality-of-Service* para cada aplicação é um problema complexo que está ganhando relevância para esses *data centers* (SUDAN et al., 2012, p. 1).

2.1.3. Computação em Nuvem

A nuvem é uma outra solução de *data center* possível. Esta alternativa é composta por soluções privadas que alugam seus serviços de *data center* divididos entre infraestrutura, software e plataforma computacional localizada em infraestruturas físicas remotas acessadas por meio da Internet. A nuvem, definida por Gartner é “um estilo de computação onde as capacidades de escalonamento e elasticidade de TI são providas como um serviço para múltiplos clientes usando tecnologias da Internet”.

Figura 3 - Diagrama dos serviços em nuvem.



Fonte: VERAS, 2012, p. 53.

RÚBEN (2017), VERAS (2016) citam três modelos principais de Serviços

oferecidos pela computação em nuvem, de acordo com a NIST (2011a) sendo:

1. **IaaS** - *Infrastructure as a Service*: é o usufruto de recursos fundamentais como processamento, armazenamento, rede e outros para hospedar suas aplicações. O utilizador tem controle sobre os sistemas operacionais, armazenamentos e aplicações desenvolvidas.
2. **PaaS** - *Platform as a Service*: é o fornecimento de uma plataforma já configurada para a hospedagem de aplicações. O utilizador não administra a infraestrutura de rede, servidores, sistemas operacionais ou armazenamento, porém possui controle sobre as aplicações implantadas nos servidores.
3. **SaaS** - *Software as a Service*: é o uso de aplicações disponíveis em nuvem. MARSTON et al. (2010) apud VERAS (2016) define como o uso da Internet para a execução de aplicativos, tornando desnecessária a necessidade de instalar e executar localmente no próprio computador do usuário.

O modelo IaaS suporta o modelo PaaS, que suporta o modelo SaaS (VERAS, 2012). Para VERAS (2012), a computação em nuvem é uma solução mais sofisticada comparada ao *colocation*.

2.2. TOMADA DE DECISÃO

Todas as pessoas são fundamentalmente decisoras. Cada movimento feito é resultado de uma tomada de decisão. As informações coletadas acerca de um assunto as auxiliam a desenvolver um julgamento melhor para decidir em relação ao mesmo assunto (SAATY, 2008).

As decisões envolvem critérios utilizados para classificar as alternativas. Os critérios podem ser intangíveis e sem mensuração, um dos desafios da tomada de decisão é avaliar e medir esses critérios, pesando-os e classificando-os dentro das alternativas presentes (SAATY, 2008).

Para dar objetividade à tomada de decisão, após o fim da segunda guerra mundial, ocorreu um grande esforço para desenvolver métodos estritamente matemáticos para encontrar a melhor solução para um problema. Esses métodos fazem parte da otimização clássica, e estão atrelados à procura do valor máximo ou mínimo de uma função, sendo excessivamente rígidos nas decisões.

Porém, na década de 70, começaram a surgir os métodos de apoio ou auxílio multicritério da decisão, métodos que possuem caráter científico e ao mesmo tempo subjetivo, menos engessados, com a finalidade de atribuir transparência e sistematização no processo de auxílio à tomada de decisão (GOMES et al., 2004, p. 2).

SAATY (2008, p. 84) também afirma que a Tomada de Decisão com base na ciência matemática formaliza o processo da tomada de decisão e aplica a metodologia científica, resultando em decisões melhores e mais transparentes a área de negócio.

A *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) ou *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) tem o objetivo de construir ferramentas matemáticas e computacionais para auxiliar na decisão pelo melhor resultado dentro de um conjunto de alternativas. (BEHZADIAN et al., 2012). Os métodos de MCDA foram desenvolvidos para auxiliar o tomador de decisão em seu processo único e pessoal de decisão. (ISHIZAKA, 2013)

2.2.1. Métodos MCDA

Dentre os métodos MCDA, destacam-se: (i) *Analytic Hierarchy Process* (AHP), (ii) *Analytic Network Process* (ANP), (iii) *Technique for Order of Preferences by Similarity to Ideal Solutions* (TOPSIS), (iv) *Preference Ranking Organization METHod of Enrichment Evaluations* (PROMETHEE), (v) VIKOR, e (vi) A lógica Fuzzy.

Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método no qual os fatores são arranjados em uma estrutura hierárquica. O AHP é usado com dois tipos de mensuração, relativa e absoluta (SAATY, 1990). AL-HARBI (1999) ilustra a aplicação da técnica AHP em um exemplo onde o método é utilizado para pré-qualificar empresas do ramo da construção civil, tendo suas competências e habilidades calculadas a partir de um conjunto predeterminado de critérios necessários para um bom desempenho do projeto, sendo definida suas aptidões para participar no projeto.

O *Analytic Network Process* (ANP) utiliza dos sete pilares do AHP como ponto de partida para construir *frameworks* que lidam com decisões, nas quais a influência (de cada elemento) é o conceito central, usando uma rede sem especificar níveis hierárquicos (SAATY, 1999). HALLIKAINEN et al. (2009) usam a metodologia ANP para decidir a sequência de implantação de módulos de *Enterprise Resource Planning*

(ERP) em uma organização.

O *Technique for Order of Preferences by Similarity to Ideal Solutions* (TOPSIS) tenta escolher alternativas que possuem a menor distância para a solução ideal e a maior distância para a solução ante ideal (BEHZADIAN et al., 2012). O TOPSIS já foi aplicado para avaliar as condições de segurança de 4 minas de carvão, tendo suas características aplicadas no método, determinando a mina mais segura até a mina menos segura (LI et al., 2011)

Preference Ranking Organization METHod of Enrichment Evaluations (PROMETHEE) é uma forma melhorada do método ELECTRE (WHAIDUZZAMAN et al., 2014), se baseia na noção generalizada de critérios para construir relações de classificação onde todos os parâmetros a serem definidos possuem significado econômico (BRANS et al., 1986). O PROMETHEE junto a um método próprio foi executado para determinar a abertura ideal e calcular a direção do fluxo em depressões de água (CHOU et al., 2003).

O método VIKOR foi desenvolvido para a otimização com múltiplos critérios de sistemas complexos, focando na classificação e seleção de um conjunto de alternativas com critérios conflitantes (OPRICOVIC & TZENG, 2002). Diversos *papers* e jornais foram estudados de 2002 até 2014, classificando diversas aplicações do método VIKOR em 9 categorias (YAZDANI e GRAEML, 2014).

A lógica Fuzzy expressa resultados aproximados, diferentemente de sistemas binários, nos quais o valor verdade só pode ser verdadeiro ou falso (GOMIDE & GUDWIN, 1994). A lógica Fuzzy possui um exemplo de utilização na mensuração da qualidade de serviços (LIN, 2010).

WHAIDUZZAMAN et al. (2014) afirmam que a aplicação de MCDA para selecionar serviços em nuvem é efetiva. O quadro 1 apresenta um resumo com a revisão de literatura efetuada pelos atores, enquanto o quadro 2 classifica os métodos em relação a quantidade de aplicações em cenários da TI.

Quadro 1 - Resumo do sumário de aplicações de métodos de tomada de decisão para serviços em Nuvem.

(continua)

Método	Título	Autor e ano
AHP	<i>Consumer-centered cloud services selection using AHP</i>	SUN et al. (2013)

Método	Título	Autor e ano
TOPSIS	<i>Service selection based on fuzzy TOPSIS method</i>	LO et al. (2010)
PROMETHEE	<i>Dynamic resource allocation in computing clouds using distributed multiple criteria decision analysis</i>	YAZIR et al.
Fuzzy	<i>Resource selection using fuzzy logic for dynamic service placement and replication.</i>	OOI et al. (2011)
ANP	<i>QoS evaluation of cloud service architecture based on ANP</i>	Wang & Liu (2013)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em WHAIDUZZAMAN et al., 2014.

Quadro 2 - Aplicações de MCDA para serviços em nuvem numeradas e classificadas por ordem decrescente.

Método	Quantidade
AHP	6
Fuzzy	2
TOPSIS	1
Fuzzy TOPSIS	1
AHP and Fuzzy TOPSIS	1
Fuzzy VIKOR	1
IVF and VIKOR	1
Fuzzy DNAP and Fuzzy VIKOR	1
PROMETHEE	1
ANP	1

Fonte: Elaborada pelo autor com base em WHAIDUZZAMAN et al., 2014.

WHAIDUZZAMAN et al. (2014) apresentam dezesseis trabalhos onde a MCDA foi utilizada para selecionar um serviço em nuvem. Dentre estes trabalhos, nota-se que o método AHP se destaca, sendo aplicado 6 vezes, conforme pode ser visto no

Quadro 2.

2.2.2. AHP - Analytic Hierarchy Process

MARINS et al. (2009) afirmam que o AHP é o método de multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios, por isso, foi o método escolhido para ser aplicado neste trabalho.

Nos parágrafos seguintes serão apresentados os elementos que fundamentam o método AHP, e as etapas que norteiam a construção e execução da decisão usando o AHP;

Aprofundando a conceituação do método que será utilizado, GOMES et al. (2004) citam os quatro elementos fundamentais do AHP:

- **Atributos e Propriedades:** um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades.
- **Correlação Binária:** ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro.
- **Escala Fundamental:** a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais.
- **Hierarquia:** um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

Para que a tomada de decisão seja feita de forma organizada, SAATY (2008, p. 85) propõe um passo a passo com quatro etapas que auxiliam no seu processo de construção e execução da decisão. Estas etapas envolvem os processos de:

1. Definir o problema e o conhecimento procurado;
2. Estruturar a hierarquia da decisão (de cima para baixo) com o objetivo da decisão, então definir os objetivos de uma perspectiva ampla, através dos níveis intermediários (critérios) até o nível mais baixo (alternativas).
3. Construir um conjunto de matrizes de comparação entre pares. Os elementos são comparados em respeito ao seu elemento superior.

4. Usar as prioridades obtidas nas comparações para pesar as prioridades do nível abaixo para cada elemento. Para cada elemento no nível abaixo, adicione os seus valores pesados para obter a sua prioridade global. Faça isso até que as últimas prioridades das alternativas no nível mais inferior sejam obtidas.

O decisor, através de seu julgamento e experiências, possui preferências, portanto, é necessário atribuir peso aos critérios por terem importâncias desiguais (GOMES et al., 2004, p. 11). Para que ocorra a comparação matemática e objetiva entre critérios pares, SAATY (2008, p. 86) facilita o processo de atribuição, apresentando a escala fundamental dos pesos utilizados no AHP (veja Quadro 3).

Quadro 3 - Definição dos pesos utilizados no *Analytic Hierarchy Process*.

Intensidade	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente ao objetivo
2	Fraca	Experiência e julgamento levemente favorecem uma sobre outra
3	Moderada	
4	Moderada +	
5	Forte	
6	Forte +	Experiência e julgamento fortemente favorecem uma sobre outra
7	Muito forte	Uma atividade é favorecida muito fortemente sobre outra
8	Muito, muito forte	
9	Extrema	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a maior possível
Valores Recíprocos	Se A comparado com B for 8, B comparado com A será 1/8	Caso a atividade I possuir um número de intensidade quando comparado com a atividade J, então J tem um valor recíproco quando comparado com I

Fonte: Elaborado pelo autor com base em SAATY, 2008, p. 86.

Para ilustrar a ideia prática do método AHP, estabelecidos por SAATY (2008) foi utilizado um exemplo de GOMES et al. (2004, p. 51-58) que desenharam um cenário, no qual o objetivo é selecionar o melhor carro (conhecimento procurado, primeiro

passo de Saaty) de acordo com os critérios, subcritérios e seus pesos respectivamente. Os detalhes do ensaio podem ser encontrados no apêndice C deste trabalho.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção visa definir a metodologia que será utilizada na pesquisa, bem como identificar quais ferramentas serão usadas no apoio a estruturação e conclusão dos resultados finais.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho caracteriza-se por ser uma pesquisa científica aplicada de caráter descritivo, pois “[...] teve a finalidade de descrever o objeto de estudo, as suas características e os problemas relacionados, apresentando com a máxima exatidão possível os fatos e fenômenos. [...]” (ALMEIDA; p. 26; 2014).

Quanto a sua abordagem, o trabalho caracterizou-se de forma qualitativa, por utilizar “[...] o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental [...]” (GODOY, 1995, p. 62 apud ALMEIDA, p. 26, 2014). O projeto objetivou identificar e categorizar quais são os fatores que levam a necessidade da atualização de *data center* de uma organização, classificando os critérios principais de sucesso através de um método de tomada de decisão.

O trabalho utilizou procedimentos de revisão bibliográfica e pesquisa documental. A fundamentação teórica, teve como objetivo o estudo de campo, foi utilizada a referência bibliográfica “que toma como contexto apenas livros e artigos científicos, com a finalidade de buscar relações entre conceitos, características e ideias” (ALMEIDA; 2014; p. 33).

No estudo de campo, visando o objetivo de compreender a organização estudada, utilizou-se procedimentos de pesquisa documental da organização do estudo de campo. Este procedimento teve como objetivo a coleta de informações para fundamentar os critérios que compunham a necessidade da atualização do *data center* da empresa.

3.2. ESCOPO DA PESQUISA

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu dentro do setor de Gestão da TI de

uma organização privada sem fins lucrativos no estado de Santa Catarina. Devido questões legais, as organizações participantes não aceitaram ter suas identidades divulgadas.

O trabalho se desenvolve dentro do *data center* desta instituição e limita-se a apontar uma alternativa de atualização de *data center* que apresente maior aderência com os critérios de decisão definidos por meio do método AHP. No entanto, vale ressaltar que os resultados não serão validados pelo gestor da instituição, nem foram medidos critérios referentes a emissão de carbono, por este não ter sido especificado nos requisitos do gestor.

3.3. ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em etapas: construção das bases teóricas, definição dos critérios para pesquisa de campo, análise e construção do modelo decisório, conclusão.

3.3.1. Construção das bases teóricas

Nessa fase foi selecionado a bibliografia, restringida a livros e artigos científicos, que formou a base teórica pela qual caracterizou a etapa de construção e concepção do modelo decisório, apresentada na seção 2 deste trabalho.

3.3.2. Definição dos critérios para pesquisa de campo

Nessa etapa se abordou os critérios a serem levados em consideração para a pesquisa de campo, entre estes a identificação da estrutura atual do *data center* e os elementos que conduziam a necessidade de atualização.

3.3.3. Elaboração da pesquisa de campo

Os dados foram coletados durante a pesquisa de campo, e teve como base principal um relatório confeccionado para auxiliar na aquisição do próximo *data center*. A pesquisa de campo foi realizada pelo período de dois meses com reuniões

esporádicas. Este relatório, apesar de conter informações relevantes ao sujeito da pesquisa, ainda possui deficiências, limitando a quantidade de dados extraíveis.

3.3.4. Análise e construção do modelo decisório

O modelo decisório aplicado ao método AHP foi baseado nos dados coletados na pesquisa de campo. Após a definição do cenário interno atual, os dados das propostas foram retirados do relatório, divididos em áreas comuns e relacionados aos requisitos principais definidos, para a melhor visualização e compreensão, além de facilitar a extração dos dados posteriormente para o uso no método de tomada de decisão.

Com os requisitos e as propostas definidas, foi possível iniciar a construção do método de tomada de decisão, pela estruturação da hierarquia do problema com o objetivo, os critérios e subcritérios, pela construção dos conjuntos de matrizes de comparação, resultando na conclusão do método com a matriz final.

3.3.5. Conclusão

Esta etapa foi construída a partir dos resultados obtidos pelo modelo decisório. Nela se apresenta a alternativa que segundo o método AHP é mais aderente aos critérios estabelecidos.

4. USO DO AHP PARA ESCOLHA DE PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DE *DATA CENTER*

Esta seção irá detalhar as características da organização, o processo de tomada de decisão, as regulamentações internas, a infraestrutura do *data center* atual e os requisitos que são importantes no próximo *data center*.

4.1. A ORGANIZAÇÃO

A empresa estudada tem caráter privado sem fins lucrativos com seu fundo sendo subsidiado por financiamento público. Devido isso, alguns órgãos estaduais, como o Ministério Público e o Tribunal de Contas, sugerem a adoção de certos aspectos da administração pública, como aquisição de equipamentos de TI, na forma de regulamentos internos.

O planejamento estratégico organizacional é confeccionado anualmente, detalhando como cada área deve atuar para alcançar os objetivos estabelecidos. O planejamento em vigor inclui o resultado esperado relacionado à área da TI, sendo ele garantir ambientes tecnológicos seguros, transparentes e de fácil acesso no ambiente interno e nos portais, atendendo os requisitos dos serviços nele oferecidos.

A tomada de decisão é feita pelos gestores das suas respectivas áreas, com base, exclusivamente, em sua *expertise*, isto é, sem nenhuma ferramenta de apoio decisório, e assessorados pela equipe, respeitando o posicionamento do diretor e em coesão com o planejamento estratégico.

4.1.1. Regulamentação interna

Apenas o processo de compra de produto ou de serviço é regido por regulamento interno. Este “Regulamento de Contratações” respeita os princípios da impessoalidade, transparência, moralidade, publicidade e eficiência e segue um passo-a-passo. Seus pontos principais, de forma resumida, são:

1. Formalização do processo de contratação;
2. Justificação acerca da necessidade de contratação;
3. Seleção do contratado através de julgamento objetivo.

Além dos pontos citados acima, o processo ocorre de forma aberta, tendo livre participação por qualquer organização, prestadora de serviço de *data center*, interessada.

4.1.2. Infraestrutura de *data center*

O contrato atual de serviço de *data center* excedeu o prazo estabelecido, e nenhuma das partes envolvidas manifestou interesse renovação do mesmo. Esse fato se dá pela necessidade de atualização do contrato, que exige crescimento e expansão, de modo a atender futuros projetos da organização, e a expressa a necessidade de migração da infraestrutura de *data center* para um outro espaço físico.

A infraestrutura atual possui as características básicas de um *data center*, segurança física, prevenção contra incêndios e refrigeração. É fornecida comunicação com a internet e serviço de hospedagem dedicada.

O *data center* atual hospeda aproximadamente mil e quinhentos portais (*websites*) na *Internet* e gerencia dezessete mil contas de e-mails, incluindo o rastreamento, registro e cópias, num período retroativo de doze meses. Para suportar toda a demanda, o *data center* é composto por oito servidores, sendo eles:

- Servidor 1: Verificar os certificados de segurança dos subsites e pré-processamento das páginas;
- Servidor 2: Processamento do código php;
- Servidor 3: Banco de dados em MySQL;
- Servidor 4: Hospedagem para sistemas de terceiros (7 sistemas registrados);
- Servidor 5: Saída de e-mails;
- Servidor 6: Contém a base de dados de usuários;
- Servidor 7: DNS;
- Servidor 8: Espelhamento do servidor 7.

As especificações detalhadas do *data center* são:

Tabela 1 - Especificações do *data center* atual.

Servidor	vCPU	Memória RAM	Disco	Link de Internet	Custo Mensal
Servidor 1	16	32 GB	1.500 GB	30Mbps	R\$ 4.100,00
Servidor 2	8	16 GB	100 GB		
Servidor 3	8	8 GB	250 GB		
Servidor de E-mail			12.000 GB		R\$ 4.300,00
Adicional 1	4	4 GB	80 GB		R\$ 330,00
Adicional 2			200 GB	30 Mbps	R\$ 1700,00
Total	36 vCPU	60 GB	14.130 GB	60 Mbps	R\$ 10.430,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3. Novos requisitos para o *data center* da organização

Existe uma necessidade urgente de transferir a infraestrutura atual para um novo *data center*. O relatório especifica que os principais requisitos presentes no próximo contrato devem ser:

1. Poder de contingenciamento e protocolos de segurança;
2. Monitoramento, suporte técnico e backup (serviço);
3. Capacidade física para atender as demandas (hardware);
4. Uso da nuvem privada (modalidade);
5. Valor financeiro.

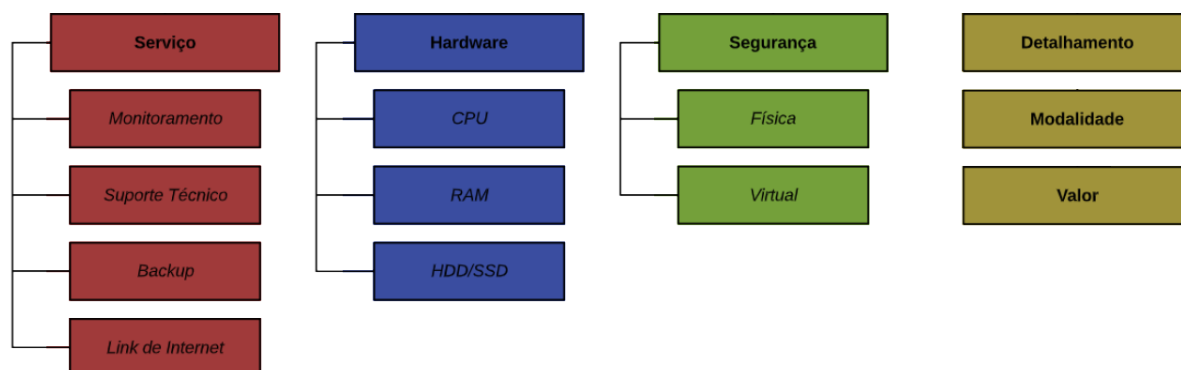
Portanto, de acordo com o gestor e o relatório estudado, os critérios acima são de importância para a construção e execução do método de tomada de decisão.

4.2. ANÁLISE DAS PROPOSTAS

A abertura do processo de compra captou quatro propostas de organizações

distintas. As propostas foram analisadas e os pontos principais de cada proposta foram agrupados em seis áreas comuns conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Organograma dos pontos principais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os serviços incluem as eventuais ações que o cliente pode executar ou solicitar, como monitorar o estado operativo dos servidores, requisitar suporte técnico para solução de problemas, a eventual criação de *backup* para evitar perdas significativas e o *link* de *internet* para a transferência de arquivos.

A categoria de *hardware* engloba as especificações de armazenamento, com os HDDs (*Hard Disk Drives*) e SSDs (*Solid State Drives*), e processamento, com a virtual CPU e memória RAM. A infraestrutura de *hardware* deverá atender às crescentes demandas de suportar as cargas de e-mails, dos portais na internet e do banco de dados dos usuários.

A segurança compõe as características físicas e virtuais do *data center*. A segurança física inclui mecanismos que inibem o acesso não permitido às instalações físicas do *data center*, assim como redundâncias nas ligações de energia elétrica, no sistema de refrigeração e no combate contra incêndios. A segurança virtual impede invasões através de meios digitais, usando *firewalls* e outros *softwares* de segurança.

A classificação do detalhamento da proposta se dá pela análise do quão bem a mesma foi elaborada, diferenciando os níveis de comprometimento e profissionalismo entre as organizações participantes.

O critério modalidade define e mensura quais serão os meios de hospedagem em que a proposta irá fornecer o serviço de *data center*. Dentre estes destacam se a infraestrutura de *data center* será local gerenciada pela própria instituição, ou será

privada podendo adotar critérios de serviço de *colocation* ou nuvem.

O valor financeiro indica quanto seria necessário desembolsar para pagar pelos serviços contratados. Foi necessário ponderar o valor com os critérios estabelecidos para que seja descoberta a relação de custo *versus* benefício.

Os detalhes das propostas fornecidas pela organização, de forma resumida, estão presentes no quadro 4. As propostas com um nível maior de aprofundamento e detalhamento podem ser encontradas no apêndice A ao final do trabalho.

Quadro 4 - Síntese das propostas.

Critérios	Alternativas			
	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4
VCPU	48 vCPU	40 vCPU	64 vCPU	48 vCPU
Memória RAM	84 GB	84 GB	256 GB	84 GB
Disco	28 TB 200 GB SSD	28,3 TB 50 GB SSD	50 TB	28,1 TB 200 GB SSD
Monitoramento	Básico	Básico	Autosserviço (Monitoramento e Configuração)	
Suporte Técnico		24/7/365		24/7/365
Link de Internet	01 Banda IP	50 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Seg. Física	SLA 99,97%	SLA 99,98%		SLA 99,98%
Seg. Virtual	05 Firewall	01 Firewall		01 Firewall
Detalhamento da Proposta	Baixo	Médio	Médio	Alto
Modalidade	<i>Colocation</i>	Mescla de serviços entre nuvem, <i>colocation</i> e <i>data center</i>	IaaS sob medida	Nuvem de várias modalidades
Custo Mensal	R\$ 19.430,00	R\$ 10.854,50	R\$ 99.621,34	R\$ 16.800,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

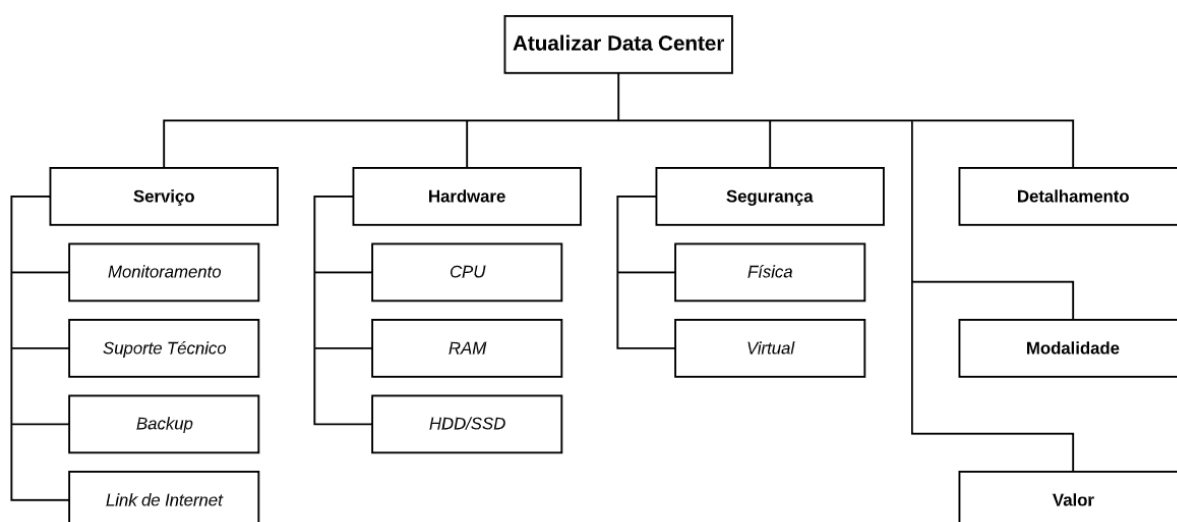
4.3. MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO

Após estabelecer o cenário, prossegue-se para a construção do método de tomada de decisão. Nesta seção, são apresentados os passos de estruturação da hierarquia de decisão, construção do conjunto de matrizes de comparação e o resultado da execução do método AHP.

4.3.1. Estruturação da hierarquia de decisão

Conforme os procedimentos do método AHP, após a definição do problema e do objetivo (ou conhecimento procurado, definido por SAATY (2008)), procede-se a estruturação da hierarquia de decisão do problema de pesquisa. O organograma do problema de pesquisa se encontra na Figura 5. O item “Atualizar *Data center*” é o objetivo geral. Os itens em negrito são critérios de primeiro nível e os critérios em itálico são de segundo nível, ou também chamados de subcritérios.

Figura 5 - Organograma do problema de pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3.2. Construção do conjunto de matrizes de comparação

Com a estruturação da hierarquia de decisão feita, é possível construir o conjunto de matrizes de comparação do problema, o terceiro passo de SAATY (2008). A ferramenta utilizada para a construção das matrizes foi o *Google Sheets*.

Para construir a matriz, é necessário seguir um modo de operação, para isso, são definidos aspectos que regem o processo, tais como:

- As comparações entre os critérios a respeito ao objetivo ou a outros critérios possuem preferencialmente uma abordagem subjetiva, sendo baseadas nas preferências do decisor e em bibliografia anterior, enquanto as comparações no nível das propostas são preferivelmente tratadas quantitativamente, através de cálculos matemáticos objetivos.
- Quando o valor for desconhecido, a comparação receberá o valor mais alto (ou mais baixo) da escala fundamental.

4.3.3. Resultado do AHP

Após finalizar a construção do conjunto de matrizes de comparação, passa-se para o estágio final do método, quando todas as pontuações dos critérios, subcritérios e alternativas são mensuradas de forma global, a fim de encontrar a proposta com a melhor pontuação a respeito às prioridades estabelecidas.

Os números apresentados na tabela 2 foram arredondados para apenas duas casas decimais, portanto, o cálculo final pode não representar o valor exato. Contudo, as tabelas encontradas no apêndice II possuem valores até as três casas decimais.

Tabela 2 - Resultado final da execução do método de tomada de decisão.

Atualização de Data center							
Critérios	Subcritérios		Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4	
Serviço	0,25	Monitoramento	0,27	0,20	0,20	0,56	0,03
		Suporte Técnico	0,27	0,05	0,45	0,05	0,45
		Backup	0,27	0,06	0,24	0,06	0,64
		Link de Internet	0,18	0,04	0,18	0,39	0,39
Hardware	0,16	CPU	0,11	0,24	0,20	0,32	0,24
		RAM	0,35	0,16	0,16	0,50	0,16
		HDD/SSD	0,54	0,21	0,21	0,36	0,21
Segurança	0,38	Física	0,50	0,26	0,35	0,07	0,35
		Virtual	0,50	0,51	0,22	0,03	0,22
...	...	Detalhamento	0,06	0,08	0,23	0,23	0,45
...	...	Modalidade	0,10	0,06	0,13	0,32	0,49
...	...	Valor	0,06	0,23	0,44	0,04	0,28
Prioridades Globais (Pontuações):				0,23	0,26	0,19	0,32

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com as prioridades globais mensuradas, é possível ponderar entre as propostas com o objetivo de descobrir qual é a alternativa mais alinhada aos requisitos da organização. Para visualizar de modo simples, SAATY (2008) apresenta a normalização dos resultados, levando em consideração que a proposta com a maior pontuação seja 100%, os restantes das pontuações equivalem a uma porcentagem deste valor, resultando nas prioridades normalizadas na tabela 3.

Tabela 3 - Pontuações e resultados normalizados.

Proposta	Pontuações	Normalizadas
Proposta 4	0,32	100,0%
Proposta 2	0,26	80,7%
Proposta 1	0,23	69,6%
Proposta 3	0,19	57,9%

Fonte: Elaborada pelo autor

Analisando os resultados, a proposta 4 demonstrou ser a melhor alternativa para o cenário atual. As demais propostas receberam pontuações relevantes, podendo ainda serem consideradas alternativas plausíveis para o objetivo proposto caso ocorra um aprofundamento no detalhamento das propostas, pois o método de tomada de decisão é feito para apoiar a decisão do gestor, não sendo o seu resultado tomado como absoluto.

5. CONCLUSÕES

Nesta última fase do trabalho, buscou-se analisar os resultados e as considerações finais referentes aos objetivos geral e específicos, também trazendo sugestões para possíveis trabalhos futuros relacionados.

5.1 EM RELAÇÃO AO OBJETIVO GERAL

Entende-se que o objetivo geral foi alcançado. O método AHP, a partir de uma análise multicritério, indica uma das propostas como sendo a melhor alternativa para o contexto da organização, servindo como um apoio e trazendo mais transparência ao processo decisório do gestor de TI na escolha de atualização do *data center*, a partir os requisitos estratégicos da organização e as alternativas tecnológicas, aplicados em um modelo de tomada de decisão com múltiplos critérios.

Observou-se que a experiência do gestor agrega valor no momento de especificar e refinar o processo de identificação dos requisitos; na definição dos critérios; na busca por alternativas tecnológicas; e na decisão final. No entanto, o uso de uma ferramenta como AHP auxilia o gestor a consolidar sua decisão de forma mais objetiva, a partir das relações de prioridades estabelecidas, maximizando o caráter da impessoalidade.

5.2 EM RELAÇÃO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Em relação ao primeiro objetivo específico, analisar a infraestrutura de *data center*, foi concluído ao detalhar as especificações atuais, como servidores, detalhamento do hardware, websites hospedados.

Os requisitos estratégicos da organização, bem como a classificação dos critérios de decisão foram feitos por meio de reuniões com o gestor de TI responsável pela área; e por um relatório de necessidades apontadas pelo gestor, e propostas/ofertas de soluções apresentados pela área comercial. Embora o relatório apresentasse pouco detalhamento, foi suficiente para estruturar o exemplo e apresentar um indicador executado pelo método AHP.

E por fim, mas não menos importante, com requisitos mapeados, e critérios

classificados, foi possível, por meio de planilha do *Google Sheets*, rodar o método de tomada de decisão AHP para encontrar um indicador que apontasse a melhor alternativa dentre as propostas de serviços de *data center* que foram recebidas.

Em relação ao método, sobre os pontos positivos, é de fácil aplicação nos meios disponíveis, como planilhas, fornecendo uma ótima ferramenta de decisão para matrizes com uma pequena quantidade de critérios. Contudo, possui deficiências quando executado com um grande número de critérios, além de que a metodologia hierárquica pode ser considerada obsoleta devido o desenvolvimento de outros métodos matemáticos de tomada de decisão, como o *Analytic Network Process*, também desenvolvido por Thomas L. Saaty, que se estrutura em redes para efetuar as comparações entre critérios.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Dentre os trabalhos futuros destacam-se a necessidade de validação do resultado com o gestor, e a execução do caso em estudo com outros métodos MCDA.

Neste trabalho não foi possível validar o resultado com o gestor de TI, portanto, será uma tarefa na qual pretende-se realizar mais adiante, e registrar por meio de um artigo de iniciação científica.

Entende-se também, que este trabalho apresentou um resultado inicial, e que para fins de aprofundamento, sugere-se validar o estudo com outros métodos além do AHP.

6. REFERÊNCIAS

ADHIKARY, Priyabrata et al. **Optimum Selection of Hydraulic Turbine Manufacturer for SHP: MCDA or MCDM Tools**. 2013. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/556d/16bc245c3e8badbc60f52680fabba6db5594.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

ALMEIDA, Mário de S. **Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.a., 2014.

AL-HARBI, Kamal M. Al-Subhi. **Application of the AHP in project management**. 1999. Disponível em: <[http://140.118.5.28/OM_Notes/\[1\]%202001-Application%20of%20the%20AHP%20in%20project%20management.pdf](http://140.118.5.28/OM_Notes/[1]%202001-Application%20of%20the%20AHP%20in%20project%20management.pdf)>. Acesso em: Janeiro de 2020.

BEHZADIAN, Majid et al. **A state-of the-art survey of TOPSIS applications**. 2012. Disponível em: <<http://kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/A%20state-of%20the-art%20survey%20of%20TOPSIS%20applications.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

BENSON, Teophilus; AKELLA, Aditya; MALTZ, David A. **Network Traffic Characteristics of Data centers in the Wild**. 2010. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1879141.1879175>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

BERTAHONE, Pâmela B.; BRANDALISE, Nilson. **USO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA ESCOLHA DE FORNECEDOR DE FARINHA DE TRIGO: UM ESTUDO DE CASO**. 2017.

BETENCOURT, Pedro R. B.; BORENSTEIN, Denis. **Desenvolvimento de um Modelo de Decisão com Múltiplos Critérios para a Justificativa de Investimentos em TI**. 15 p.

BRANS, J.P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. et al. **How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method.** 1986. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50187419/0377-2217_2886_2990044-520161108-16367-12tage3.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHow+to+select+and+how+to+rank+projects+T.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200213%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200213T174828Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=46bb5f7513a601fb393e21d230ea191ee63058c2305582877363f6976ec32e9f>. Acesso em: Janeiro de 2020.

BURLESON, Donald. **What is the best webserver hardware configuration?** 20-. Disponível em: <http://www.dba-oracle.com/t_best_webserver_hardware_configuration.htm>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

CARROLL, Alex. **Colocation Hosting: Pros and Cons.** 2012. Disponível em: <<https://lifelinecenters.com/colocation/colocation-hosting-pros-and-cons/>>. Acesso em: Maio de 2019.

CHOU, Tien-Yin et al. **Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM.** 2003. Disponível em: <<http://web.nchu.edu.tw/pweb/users/cylin/research/1673.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

Cisco. **Oversubscription and Density Best Practices.** 2015. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/storage-networking-solution/net_implementation_white_paper0900aecd800f592f.html/> Acesso em: Maio de 2017.

Cisco. **What is a Data center.** 2018. Disponível em: <<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data->

[center.html](#)> Acesso em: Maio de 2019.

Chris. **A Simplified Approach to SDN and Network Disaggregation.** 2017. Disponível em: <<https://packetpushers.net/simplified-approach-sdn-network-disaggregation/>> Acesso: Maio de 2017.

DREYFUS, Stuart E., 1960, p. 425-435. **Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics.** Disponível em: <<https://epubs.siam.org/doi/10.1137/0108029>> Acesso em: Junho de 2019.

GAO, Peter X. et al. **It's Not Easy Being Green.** University of Waterloo, 2012. 12 p.

GOMES, Luiz F. A. M.; ARAYA, Marcela C. G.; CARIGNANO, Cláudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão.** 2004. 168 p.

GOMIDE, Fernando A. C.; GUDWIN, Ricardo R. **Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy.** 1994. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/c4ea/4484bdd2449053d7b7384b05c0e2def86449.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

HALLIKAINEN, Petri; KIVIJÄRVI, Hannu; TUOMINEN, Markku et al. **Supporting the module sequencing decision in the ERP implementation process - An application of the ANP method.** 2009. Disponível em: <<http://www3.cis.gsu.edu/dtruex/courses/cis8670/articles/ModuleSequencinginERP%20Implementation0IEEE09.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

HAMILTON, James. **Data center Networks are in my Way.** 2010. Disponível em: <https://mvdirona.com/jrh/TalksAndPapers/JamesHamilton_POA20101026_External.pdf> Acesso: Maio de 2017.

IFSC. **Plano Pedagógico do Curso de Gestão da Tecnologia da Informação.** Disponível em:

<<http://florianopolis.ifsc.edu.br/images/stories/ppc/graduacao/ppc%20cst%20gestao%20em%20tecnologia%20da%20informacao%20%202015.pdf>> Acesso em: Janeiro de 2020.

ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Philippe. **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software**. 2013.

JESUS, Rúben António Marques de. **Fatores Determinantes na Decisão entre a Implementação de Virtualização ou a Adoção de Serviços de Computação na Nuvem nas Empresas Portuguesas**. Universidade Atlântica, 2017.

KYRNIN, Mark. **What Is Colocation and Why Would You Choose It for Web Hosting**. 2018. Disponível em: <<https://www.lifewire.com/what-is-colocation-3466740>>. Acesso em: Maio de 2019.

LI, Xiangxin et al. **Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in Safety Evaluation of Coal mines**. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811052532>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

LIN, Hung-Tso. **Fuzzy application in service quality analysis: An empirical study**. 2010. Disponível em: <<http://ir.lib.ncut.edu.tw/bitstream/987654321/3986/2/%E6%9E%97%E5%AE%8F%E6%BE%A4114.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

LOBO, Francisco C.; SERUYA, Távora. **A virtualização como factor multiplicador da competitividade e eficiência das organizações**. Universidade Lusíada de Lisboa, 2014. 115 p.

MARINS, Cristiano S.; SOUZA, Daniela de O.; BARROS, Magno da S. **O USO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) NA TOMADA DE DECISÕES GERENCIAIS – UM ESTUDO DE CASO**. 2009. Disponível em:

<<http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2009/artigos/55993.pdf>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

MCKNIGHT, Gregory J. **United States Patent No.: US 6.557.035 B1**. 1999. Disponível em: <<https://patentimages.storage.googleapis.com/57/29/78/35cba4b4cd4f1e/US6557035.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

Network World, 2009. **The Great *colocation* Debate; As many small and medium-sized businesses move to the cloud, is it a smart move to bypass *data center colocation*?**. Disponível em: <<http://link.galegroup.com/apps/doc/A214716205/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=7083cf68>> Acesso: Abril de 2019.

OPRICOVIC, Serafim; TZENG, Gwo-Hshiung. **Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS**. 2002. Disponível em: <<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/26562/1/000220346300012.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

Psychz Networks, 2015. **Learn About *Colocation* Benefits And How To Get Started**. Disponível em: <<https://www.psychz.net/client/kb/en/learn-about-colocation-benefits-and-how-to-get-started.html>> Acesso: Maio de 2019.

RAFAELI, Leonardo; MÜLLER, Cláudio J. **Estruturação de um índice consolidado de desempenho utilizando o AHP**. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2007000200013&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: Março de 2020.

SAATY, T. L. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**. European Journal of Operational Research 48, 1990, p. 9-26.

SAATY, T. L. **Fundamentals of the Analytic Network Process**. 1999. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/1d82/e1d88b007dc91b2269f44a9360b400d5ae68>.>

[pdf](#)>. Acesso em: Janeiro de 2020.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. 2008. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/35403867/saaty_2008.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2020.

SEOMINING. **Web Server Hardware Components**. 2018. Disponível em: <<https://www.seomining.com/ecommerce-site-implementation/module3/webserver-hardware-components.php>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

SIRIWARDANA, Jayantha et al. **Energy and Buildings 50**. 2012. p. 81-92.

SUDAN, Kshitij et al. **Optimizing Data center Power with Memory System Levers for Guaranteed Quality-of-Service**. 2012. p. 1.

VERAS, Manoel. **Cloud Computing: Nova Arquitetura da TI**. 2012. Disponível em: <http://www.sistemas24horas.com.br/aulas/files_semi2018/Computacao-nas-nuvens-Manoel%20Veras%20-%20Cloud%20Computing%20-%20Nova%20Arquitetura%20da%20TI.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2020.

VERAS, Manoel. **Computação em Nuvem**. Editora Brasport, São Paulo, 2015.

VERAS, Manoel; MEDEIROS, Fernando M. de. **Uso da Computação em Nuvem no Setor Público: um Estudo de caso com Gestores de TI do Estado do Rio Grande do Norte e do Governo Federal**. 2016. Disponível em: <<http://revistagt.fpl.emnuvens.com.br/get/article/view/790/644>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

VERAS, Manoel. **Virtualização: Componente Central do Data center**. 2011. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60624878/Virtualizacao_-_Componente_Central_do_Data_center20190917-80462-16euc99.pdf?1568739002=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManoel_Veras_Componente_Central_do_Datacenter20190917-80462-16euc99.pdf>

[.pdf&Expires=1592815326&Signature=JgKf-Rt-iHSAXc3bCU8Ji~9Typ6dJ3UdfD~upqpvdYT7rVn-OaN4OsfUezDxbxPIxWpvahAQcfvQmIX1L7F950cHzwCISHYszklazRFPGVFTm2ue60iEpg0h~vHXqAFE49xEbhJFMy-LKxLj3zySAxvkHaG3wZKm98qA3~5wmCigSO4cBiPBhbt4afxACyopF0o9RtGI~BMWcoDqAs7QIOAAwdQd7~AOduVfy4A-im2GyTfZuYsxNAMvvOR6MK99K8tIJMbobyjGvNUoagc3dgu-3XUOC3n1eFaPZmdFny4PBDmslkqckd3bETfbPXwjiVtUwyB1PJQ5SE5qlvgXg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>.](#) Acesso em: Junho de 2020.

WALLENIOUS, Jyrki et al. **Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead.** 2008. Disponível em: <<http://amadeus.ecs.umass.edu/mie373/survey.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2020.

WHAIIDUZZAMAN, M. et al. **Cloud Service Selection Using Multicriteria Decision Analysis.** 2014.

WHITE, Russ. **Clarifying network disaggregation and related technologies.** 2018. Disponível em: <<https://searchnetworking.techtarget.com/tip/Clarifying-network-disaggregation-and-related-technologies>> Acesso: Maio de 2019.

Wintech Lab. **SSD vs HDD Speed and Performance Comparison (Updated 2020).** 2020. Disponível em: <<https://wintechlab.com/ssd-vs-hdd-which-is-better-for-you/>>. Acesso em: Fevereiro de 2020.

YAN et al. **EcoUp: Towards Economical Data center Upgrading.** IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2016. 14 p.

YAZDANI, Morteza; GRAEML, Felipe R. **VIKOR and its Applications: A State-of-the-Art Survey.** 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Morteza_Yazdani3/publication/266731774_VIKOR_and_its_Applications_A_State-of-the-Art_Survey/links/54381f7e0cf204cab1d5b18a/VIKOR-and-its-Applications-A-State-of->

[the-Art-Survey.pdf](#)>. Acesso em: Janeiro de 2020.

APÊNDICE A - Detalhamento das propostas

1. PROPOSTA 1

Quadro A-1 - Proposta 1.

Hardware			
Servidor	vCPU	Memória RAM	Disco
PHP BACKEND (SRV2)	16	16 GB	8.000 GB
VARNISH/SSL FRONTEND (F2)	4	32 GB	50 GB SSD
MySQL (F3)	12	16 GB	150 GB SSD
HTTP (F5)	4	04 GB	100 GB
POSTFIX (MAIL)	12	16 GB	20.000 GB
Total	48 vCPU	84 GB	28.100 GB 200 GB SSD
Serviço			
Monitoramento	Suporte Técnico	Backup	Link de Internet
06 Monitoramentos Básicos
Segurança			
Física		Virtual	
SLA 99,97%		05 Firewall Compartilhado	
Extra			
Detalhamento da Proposta	Modalidade		Custo Mensal
Servidor físico detalhado.	<i>Colocation</i>		R\$ 19.430,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

2. PROPOSTA 2

Quadro A-2 - Proposta 2.

Hardware			
Servidor	vCPU	Memória RAM	Disco
PHP BACKEND (SRV2)	14	16 GB	8.000 GB
VARNISH/SSL FRONTEND (F2)	2	32 GB	50 GB
MySQL (F3)	12	16 GB	150 GB
HTTP (F5)	4	04 GB	100 GB
POSTFIX (MAIL)	8	16 GB	20.000 GB
Total	40 vCPU	84 GB	28.300 GB 50 GB SSD
Serviço			
Monitoramento	Suporte Técnico	Backup	Link de Internet
Monitoramento da saúde dos servidores.	24/7/0365	Semanal	50 Mbps
Segurança			
Física		Virtual	
SLA 99,98% Refrigeração redundante; Combate a incêndio; Entrada energia redundante;		01 Firewall Compartilhado	
Extra			
Detalhamento da Proposta	Modalidade		Custo Mensal
...	Mescla de serviços entre nuvem, <i>colocation</i> e <i>data center</i>		R\$ 10.854,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

3. PROPOSTA 3

Quadro A-3 - Proposta 3.

Hardware			
Servidor	vCPU	Memória RAM	Disco
Sob medida	64 vCPU	256 GB	50.000 GB
Serviço			
Monitoramento	Suporte Técnico	Backup	Link de Internet
Portal de Autosserviço	100 Mbps
Segurança			
Física		Virtual	
...		...	
Extra			
Detalhamento da Proposta	-	Modalidade	Custo Mensal
Workshop de Nivelamento	-	IaaS sob medida	R\$ 99.621,34

Fonte: Elaborado pelo autor.

4. PROPOSTA 4

Quadro A-4 - Proposta 4.

Hardware			
Servidor	vCPU	Memória RAM (GB)	Disco (GB)
PHP BACKEND (SRV2)	16	16 GB	8.000 GB
VARNISH/SSL FRONTEND (F2)	4	32 GB	50 GB SSD
MySQL (F3)	12	16 GB	150 GB SSD
http (F5)	4	04 GB	100 GB
POSTFIX (MAIL)	12	16 GB	20.000 GB
Total	48 vCPU	84 GB	28.100 GB 200 GB SSD
Serviço			
Monitoramento	Suporte Técnico	Backup	Link de Internet
...	24/7/0365	Diário, semanal, mensal ou anual.	100 Mbps
Segurança			
Física		Virtual	
SLA 99,98% Energia Elétrica: 99,98% Refrigeração: 99,98% Backbone: 99,95% Cloud: 99,90%		01 Firewall	
Extra			
Detalhamento da Proposta		Modalidade	Custo Mensal
...		Nuvem de várias modalidades	R\$ 16.800,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B - Tabelas da execução do método de tomada de decisão

1. OBJETIVO GERAL

Os critérios de primeiro nível foram pesados baseados nas prioridades dos requisitos organizacionais.

Tabela B-1 - Comparação entre critérios com respeito ao objetivo geral.

<i>Objetivo Geral</i>							
	<i>Serviço</i>	<i>Hardware</i>	<i>Segurança</i>	<i>Detalhamento</i>	<i>Modalidade</i>	<i>Valor</i>	<i>Prioridades</i>
Serviço	1,00	2,00	0,50	4,00	3,00	4,00	0,247
Hardware	0,50	1,00	0,33	3,00	2,00	3,00	0,158
Segurança	2,00	3,00	1,00	5,00	4,00	5,00	0,379
Detalhamento	0,25	0,33	0,20	1,00	0,50	1,00	0,059
Modalidade	0,33	0,50	0,25	2,00	1,00	2,00	0,098
Valor	0,25	0,33	0,20	1,00	0,50	1,00	0,059

2. SERVIÇO

Observando os requisitos da organização, os critérios de monitoramento, suporte técnico e backup foram definidos pelo relatório como importantes, portanto, em relação ao link de internet, possuem maior relevância do que o mesmo.

Tabela B-2 - Comparação entre subcritérios com respeito ao critério serviço.

<i>Serviço</i>					
	<i>Monitorament o</i>	<i>Suporte Técnico</i>	<i>Backup</i>	<i>Link de Internet</i>	<i>Prioridades</i>
Monitoramento	1,00	1,00	1,00	1,50	0,273
Suporte Técnico	1,00	1,00	1,00	1,50	0,273
Backup	1,00	1,00	1,00	1,50	0,273
Link de Internet	0,67	0,67	0,67	1,00	0,182

2.1 MONITORAMENTO

Todas as propostas exceto a proposta 4 forneceram detalhes sobre seu serviço de monitoramento. As propostas 1 e 2 possuem as mesmas características, enquanto a proposta 3 fornece um serviço sofisticado de monitoramento e configuração do servidor.

Tabela B-3 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério monitoramento.

<i>Monitoramento</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	1,00	0,25	9,00	0,201
Proposta 2	1,00	1,00	0,25	9,00	0,201
Proposta 3	4,00	4,00	1,00	9,00	0,563
Proposta 4	0,11	0,11	0,11	1,00	0,035

2.2 SUPORTE TÉCNICO

As propostas 2 e 4 possuem especificações semelhantes de suporte técnico e foram avaliadas como iguais, contudo, as propostas 1 e 3 não detalharam suas soluções de suporte técnico, portanto receberam pontuações mínimas.

Tabela B-4 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério suporte técnico.

<i>Suporte Técnico</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,11	1,00	0,11	0,050
Proposta 2	9,00	1,00	9,00	1,00	0,450
Proposta 3	1,00	0,11	1,00	0,11	0,050
Proposta 4	9,00	1,00	9,00	1,00	0,450

2.3 BACKUP

O serviço de backup é apenas fornecido pela proposta 2. A proposta 4 possui diversas modalidades de backup, como diário, semanal, mensal e anual, enquanto a proposta 2 tem apenas o backup semanal.

Tabela B-5 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério backup.

<i>Backup</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,20	1,00	0,11	0,059
Proposta 2	5,00	1,00	5,00	0,25	0,245
Proposta 3	1,00	0,20	1,00	0,11	0,059
Proposta 4	9,00	4,00	9,00	1,00	0,636

2.4 LINK DE INTERNET

A comparação da largura de banda de internet entre o *data center* e a contratante foi calculado de forma simples. As propostas 3 e 4 possuem a mesma quantidade de megabits por segundo (100 mbps), a proposta 2 possui a metade do fornecido pelas propostas 3 e 4 (50 mbps) e a proposta 1 não detalhou o serviço.

Tabela B-6 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério Link de internet.

<i>Link de Internet</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,11	0,11	0,11	0,036
Proposta 2	9,00	1,00	0,33	0,33	0,184
Proposta 3	9,00	3,00	1,00	1,00	0,390

	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 4	9,00	3,00	1,00	1,00	0,390

3. **HARDWARE**

Todos os três componentes critérios são vitais para o funcionamento de um computador/servidor, porém, os usos específicos ditam quais serão as peças mais importantes.

Levando em consideração as futuras principais aplicações do *data center*, *webservice* na forma de hospedagem dos portais e *mail service*, BURLESON [20-] e SEOMINING [2018] indicam a importância dos HDDs para o armazenamento e entrada/saída de informações, enquanto as RAMs e a implantação de *caches* otimizam o tempo de resposta no acesso às páginas mais populares hospedadas e por fim, as CPUs possuem mínimo uso no processamento de uma página web ou no envio de e-mails por terem a capacidade de processar milhões de instruções por segundo, contudo, é possível utilizar seus núcleos ociosos para otimizar o tempo de resposta.

Tabela B-7 - Comparação entre subcritérios com respeito ao critério *hardware*.

<i>Hardware</i>				
	<i>CPU</i>	<i>RAM</i>	<i>HDD/SSD</i>	<i>Prioridades</i>
CPU	1,00	0,33	0,20	0,112
RAM	3,00	1,00	0,67	0,348
HDD/SSD	5,00	1,50	1,00	0,540

3.1 CPU

O cálculo da importância das propostas ocorre através da divisão da quantidade de vCPUs do elemento em relação ao elemento comparado.

Exemplo: Proposta 1 / Proposta 2 = 48 / 40.

As diferenças entre as propostas se encontra após a vírgula, portanto, é aplicada a escala fundamental na primeira casa decimal.

Tabela B-8 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério CPU.

<i>CPU</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	1,20	0,75	1,00	0,240
Proposta 2	0,83	1,00	0,63	0,83	0,200
Proposta 3	1,33	1,60	1,00	1,33	0,320
Proposta 4	1,00	1,20	0,75	1,00	0,240

3.2 RAM

O cálculo da importância das propostas ocorre através da divisão da quantidade de RAMs do elemento em relação ao elemento comparado.

Exemplo: Proposta 3 / Proposta 1 = 256 / 84.

A Proposta 3 fornece três vezes mais RAM do que as propostas restantes.

Tabela B-9 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério RAM.

<i>RAM</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	1,00	0,33	1,00	0,165
Proposta 2	1,00	1,00	0,33	1,00	0,165
Proposta 3	3,05	3,05	1,00	3,05	0,504
Proposta 4	1,00	1,00	0,33	1,00	0,165

3.3 HDD/SSD

O cálculo da importância das propostas ocorre através da divisão da quantidade de HDD/SSD do elemento em relação ao elemento comparado. Segundo a WINTECHLAB (2020), os SSDs são pelo menos 15 vezes mais rápidos e 7 vezes mais duráveis que HDDs, portanto, para efetivamente pesar e comparar HDDs e SSDs, enquanto os HDDs terão seu valor original em GBs, os valores de SSDs serão multiplicados pela média da velocidade e durabilidade, que é 7,5.

*Exemplo: Proposta 3 / Proposta 1 = 50000 / (28000 + 200 * 7,5).*

Tabela B-10 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério HDD/SSD.

<i>HDD/SSD</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	1,04	0,59	1,00	0,215
Proposta 2	0,96	1,00	0,57	0,96	0,206
Proposta 3	1,69	1,77	1,00	1,69	0,364
Proposta 4	1,00	1,05	0,59	1,00	0,215

4. SEGURANÇA

Segundo RITTER (2009), os *data centers* são ambientes computacionais híbridos, requerendo aproximações de segurança tanto físicas quanto virtuais. Portanto, os critérios de segurança possuem importâncias iguais.

Tabela B-11 - Comparação entre subcritérios com respeito ao critério segurança.

<i>Segurança</i>			
	<i>Física</i>	Virtual	<i>Prioridades</i>
Física	1,00	1,00	0,500
Virtual	1,00	1,00	0,500

4.1 FÍSICA

Para comparar as propostas em relação ao critério de segurança física, o *Service Level Agreement* foi utilizado por possuir métricas quantitativas. A Proposta 3 não disponibilizou a porcentagem de seu SLA.

Tabela B-12 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério física.

<i>Física</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,67	9,00	0,67	0,261
Proposta 2	1,50	1,00	9,00	1,00	0,352
Proposta 3	0,11	0,11	1,00	0,11	0,036
Proposta 4	1,50	1,00	9,00	1,00	0,352

4.2 VIRTUAL

A pontuação de segurança virtual deriva da quantidade de firewalls especificados pelas propostas.

Tabela B-13 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério virtual.

<i>Virtual</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	3,00	9,00	3,00	0,514
Proposta 2	0,33	1,00	9,00	1,00	0,225
Proposta 3	0,11	0,11	1,00	0,11	0,035
Proposta 4	0,33	1,00	9,00	1,00	0,225

5. DETALHAMENTO

As propostas possuem níveis diferentes de detalhamento, que vão de baixo até alto. Para as comparações, o nível baixo é 1, o nível médio é 3 e o nível alto é 5.

Tabela B-14 - Comparação entre alternativas com respeito ao critério detalhamento.

<i>Detalhamento</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,33	0,33	0,20	0,082
Proposta 2	3,00	1,00	1,00	0,50	0,235
Proposta 3	3,00	1,00	1,00	0,50	0,235
Proposta 4	5,00	2,00	2,00	1,00	0,449

6. MODALIDADE

A comparação entre os elementos em relação ao critério modalidade é fortemente subjetiva, por não possuir valores quantitativos. Porém, VERAS (2012) não aconselha a *colocation*, afirmando a computação em nuvem como uma solução mais sofisticada quando comparada ao *colocation*, respeitando também a preferência por *cloud* por parte da organização, portanto, as propostas que englobam soluções em *cloud* possuem maior pontuação.

Tabela B-15 - Comparação entre alternativas com respeito ao critério modalidade.

<i>Modalidade</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,33	0,22	0,17	0,065
Proposta 2	3,00	1,00	0,40	0,17	0,133
Proposta 3	4,50	2,50	1,00	0,67	0,316
Proposta 4	7,00	4,00	1,50	1,00	0,486

7. VALOR

O cálculo da importância das propostas ocorre através da divisão do valor do elemento em relação ao elemento comparado.

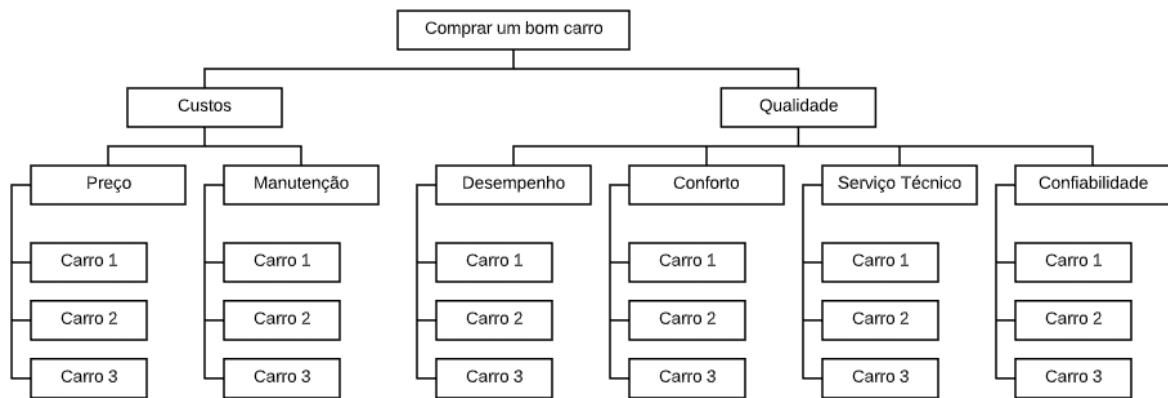
Tabela B-16 - Comparação entre alternativas com respeito ao critério valor.

<i>Valor</i>					
	<i>Proposta 1</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Proposta 3</i>	<i>Proposta 4</i>	<i>Prioridades</i>
Proposta 1	1,00	0,53	5,21	0,84	0,234
Proposta 2	1,90	1,00	9,90	1,60	0,444
Proposta 3	0,19	0,10	1,00	0,16	0,045
Proposta 4	1,19	0,63	6,19	1,00	0,277

APÊNDICE C - Cenário escola de execução do *Analytic Hierarchy Process*

Com o objetivo já definido, é necessário estruturar a hierarquia de decisão (segundo passo de Saaty), para isso, são propostos os critérios custos e qualidade, de primeiro nível por estarem logo abaixo do objetivo geral. Já os subcritérios preço, manutenção, desempenho, conforto, serviço técnico e confiabilidade são de segundo nível, por serem derivados de um critério de primeiro nível. Por fim, estão relacionadas as alternativas carro 1, carro 2 e carro 3, sendo os elementos a serem comparados por último (veja Figura C-1).

Figura C-1 - Organograma do problema.



Fonte: GOMES et al. 2004, p. 51.

Para que cada critério seja valorado, é necessário construir uma matriz de comparação (terceiro passo de Saaty). A construção da matriz é feita de cima para baixo, sendo inicialmente comparado os critérios de primeiro nível, para então os critérios de segundo nível e assim em diante, com cada elemento tendo sua importância testada em relação a outro elemento, resultando no seu valor atribuído derivado da escala fundamental. Em cada nível, essa comparação ocorre com os elementos da esquerda em relação aos elementos do topo.

Para a primeira matriz do exemplo, GOMES et al. (2004) justificam que os Custos são mais importantes que a Qualidade para a compra de um bom carro (veja Tabela C-1).

Tabela C-1 - Comparação entre critérios pares com respeito ao objetivo geral.

	<i>Custos</i>	<i>Qualidade</i>
Custos	1	5
Qualidade	1/5	1

Fonte: GOMES, 2004, p. 52.

Após a comparação, é necessário normalizar os valores para que sejam calculadas as prioridades finais. As prioridades são calculadas utilizando os auto vetores da matriz, valores obtidos através da divisão de cada valor constante na tabela pela soma dos valores da coluna em que o mesmo está localizado, originando uma nova tabela (RAFAELI & MÜLLER, 2007). Para encontrar o auto vetor da comparação entre Custos e Qualidade, é feito a seguinte fórmula:

Auto vetor = Valor da comparação / Soma dos valores de sua coluna. Logo,

Auto vetor de Custos/Qualidade: $1 / (1 + 1/5) = 0,833$.

Esse processo de encontrar o auto vetor deve ocorrer em todas as comparações da matriz.

As prioridades finais resultam da soma de todos os valores (auto vetores) da mesma linha dividida pela quantidade de critérios na matriz. A prioridade de Custos é calculada através da fórmula:

Prioridade = Soma dos valores de sua linha / Quantidade de elementos. Logo,

Prioridade de Custos: $(0,833 + 0,833) / 2 = 0,833$.

Esse processo de estabelecer as prioridades deve se repetir para cada subcritério/linha da matriz. Como resultado da Normalização e priorização do exemplo abordado temos a Tabela C-2, onde encontramos a tabela preenchida com os auto vetores e prioridades dos critérios:

Tabela C-2 - Normalização e priorização dos critérios pares com respeito ao objetivo geral.

	<i>Custos</i>	<i>Qualidade</i>	<i>Prioridades</i>
Custos	0,833	0,833	0,833
Qualidade	0,167	0,167	0,167

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após ter o primeiro nível da matriz construído e calculado, passa-se para o segundo nível. Como forma de simplificar o exemplo, apenas será construída uma matriz por cada nível. A próxima comparação é em respeito ao **critério Qualidade**.

GOMES et al. (2004, p. 53) demonstram a ordem lógica de comparação dos subcritérios:

1. O Desempenho é entre igual e levemente mais importante que o Conforto.
2. O Desempenho é mais importante que o Serviço Técnico.
3. O Desempenho é levemente mais importante que a Confiabilidade.
4. O Conforto é levemente mais importante que o Serviço Técnico.
5. O Conforto é levemente mais importante que a Confiabilidade.
6. O Serviço Técnico é entre igual e levemente mais importante que a Confiabilidade.

Nota-se (veja Tabela C-3) que os critérios são comparados de cima para baixo, e para as comparações já feitas, é atribuído o valor recíproco.

Tabela C-3 - Comparação entre subcritérios pares com respeito ao critério Qualidade.

	<i>Desempenho</i>	<i>Conforto</i>	<i>Serviço Técnico</i>	<i>Confiabilidade</i>
Desempenho	1	2	5	3
Conforto	1/2	1	3	3
Serviço Técnico	1/5	1/3	1	2
Confiabilidade	1/3	1/3	1/2	1

Fonte: GOMES, 2004, p. 52.

Como feito anteriormente, é necessário encontrar os auto vetores para normalizar a matriz e calcular as prioridades de cada subcritério. Portanto, o cálculo

dos primeiros subcritérios é feito da seguinte forma:

$$\text{Auto vetor de Desempenho/Conforto: } 1 / (1 + 1/2 + 1/5 + 1/3) = 0,492.$$

$$\text{Auto vetor de Confiabilidade/Conforto: } 1/3 / (2 + 1 + 1/3 + 1/3) = 0,091.$$

Repete-se a forma de cálculo do auto vetor para cada comparação da matriz.

Após encontrado os auto vetores, é necessário calcular a prioridade dos subcritérios, seguindo a fórmula já vista anteriormente:

$$\text{Prioridade de Desempenho: } (0,492 + 0,545 + 0,526 + 0,333) / 4 = 0,474.$$

O cálculo das prioridades é feito para cada subcritério/linha da matriz.

Tabela C-4 - Normalização e priorização dos subcritérios pares com respeito à Qualidade.

	<i>Desempenho</i>	<i>Conforto</i>	<i>Serviço Téc.</i>	<i>Confiabilidade</i> <i>e</i>	<i>Prioridades</i>
Desempenho	0,492	0,545	0,526	0,333	0,474
Conforto	0,246	0,273	0,316	0,333	0,292
Serviço Técnico	0,098	0,091	0,105	0,222	0,129
Confiabilidade	0,164	0,091	0,053	0,111	0,105

Fonte: Elaborada pelo autor.

As matrizes podem sofrer de inconsistência nos seus valores, por exemplo, $A > B = 5$, $B > C = 4$, então $A > C = 9$. Caso a comparação de $A > C$ for um valor discrepante, o valor de consistência ultrapassará o mínimo aceito para a matriz, indicando-a inconsistente.

SAATY (1980) apud GOMES et al. (2004, p. 46) afirma que é possível verificar a consistência de uma matriz através de uma série de cálculos. BERTAHONE & BRANDALISE (2017) também demonstram a execução do AHP junto com cálculos de consistência.

O cálculo de consistência pode ser feito para qualquer matriz do problema. A fórmula para encontrar a Razão de Consistência é proposta por SAATY (1980) apud GOMES et al. (2004, p. 47):

$$\text{Razão de Consistência} = \text{Índice de Consistência} / \text{Índice Randômico}.$$

Para poder calcular e entender a Razão de Consistência, o Laboratório Nacional de Oak Ridge padronizou os números do Índice Randômico (IR) para as diversas matrizes e GOMES et al. (2004, p. 47) apresentam os valores máximos de RC para cada tamanho de matriz na tabela C-5. O valor aproximado de RC é 10% de seu IR atribuído.

Tabela C-5 - Índices e razões de consistência.

Número de elementos	2	3	4	5	6	7
Índice Randômico (IR)	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32
Razão de Consistência (RC)	0	0,05	0,09	0,12*	0,124*	0,132*

* Valores aproximados.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em GOMES et al. (2004, p. 47-48).

Para verificar a consistência de uma matriz, ocorre a seguinte série de cálculos. Primeiramente é necessário encontrar os auto vetores dos elementos:

$$\text{Fórmula: Auto vetor do Elemento} = (1^{\circ} \text{ VL}^2 * 1^{\circ} \text{ VC}^3) + (2^{\circ} \text{ VL} * 2^{\circ} \text{ VC}) + (3^{\circ} \text{ VL} + 3^{\circ} \text{ VC}) + (4^{\circ} \text{ VL} * 4^{\circ} \text{ VC}) + (n^{\circ} \text{ VL} * n^{\circ} \text{ VC}) + \dots$$

$$\text{Auto vetor de Desempenho: } (1 * 0,474) + (2 * 0,292) + (5 * 0,129) + (3 * 0,105) = 2,018.$$

$$\text{Auto vetor de Conforto: } (1/2 * 0,474) + (1 * 0,292) + (3 * 0,129) + (3 * 0,105) = 1,231.$$

² Valor da Linha do Elemento.

³ Valor da Coluna do Elemento.

Repete-se a fórmula para as linhas restantes da matriz.

Tabela C-6 - Cálculo dos auto vetores para encontrar a consistência de uma matriz.

	<i>Desem.</i>	<i>Confor.</i>	<i>Servi.</i>	<i>Confia.</i>	<i>Prioridades</i>	<i>Autovetores das Prioridades</i>
Desempenho	1	2	5	3	0,474	2,018
Conforto	1/2	1	3	3	0,292	1,231
Serviço Téc.	1/5	1/3	1	2	0,129	0,531
Confiabilidade	1/3	1/3	1/2	1	0,105	0,425

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após encontrados os auto vetores das prioridades, obtém-se o auto vetor geral através dos dados da tabela C-6 aplicados na fórmula:

*Fórmula: Auto vetor Geral = (1 / Número de Elementos) * (1º Auto vetor / 1º Prioridade) + (2º Auto vetor / 2º Prioridade) + (3º Auto vetor / 3º Prioridade) + (4º Auto vetor / 4º Prioridade) + (nº Auto vetor / nº Prioridade) + ...*

*Auto vetor Geral = (1 / 4) * (2,018 / 0,474) + (1,231 / 0,292) + (0,531 / 0,129) + (0,425 / 0,105) = 4,159.*

Após o cálculo acima, aplica-se o seu resultado para calcular o Índice de Consistência (IC):

Fórmula: Índice de Consistência = (Auto vetor Geral - Número de Elementos) / (Número de Elementos - 1).

(4,159 - 4) / (4 - 1) = 0,053.

Por fim, para calcular a Razão de Consistência (RC):

Fórmula: Razão de Consistência = Índice de Consistência / Índice Randômico.

$$(0,053 / 0,9) = 0,058 < 0,09.$$

O valor “0,9” é o Índice Randômico. “0,09” é o limite de consistência para uma matriz de quatro elementos. 0,058 é menor que 0,09, portanto, dentro do limite aceitável de inconsistência.

“A inconsistência pode ser inerente ao comportamento humano” SAATY (1993) apud GOMES et al. (2004, p. 47), portanto, é ressaltado que “a inconsistência em uma matriz de decisão deve servir [...] mais como um fator de alerta para o decisor do que um fato necessariamente não desejável” e que “a obtenção da consistência [...] pode alterar significativamente o resultado do problema” (GOMES et al. 2004, p. 47).

Após calcular as prioridades de todos os critérios e subcritérios do problema, passa-se para o último nível, onde se encontra as alternativas. Assim como ocorreu com os critérios e subcritérios, as alternativas são comparadas, normalizadas e priorizadas.

Tabela C-7 - Comparação entre alternativas com respeito ao subcritério Desempenho.

	<i>Carro 1</i>	<i>Carro 2</i>	<i>Carro 3</i>
Carro 1	1	1/3	1/4
Carro 2	3	1	1/2
Carro 3	4	2	1

Fonte: GOMES et al. 2004, p. 56.

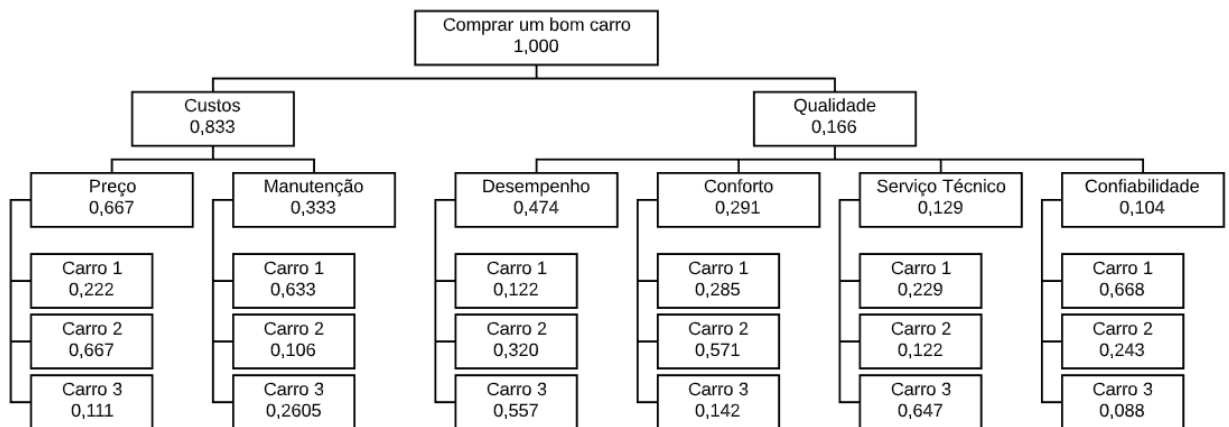
Tabela C-8 - Normalização e priorização das alternativas para o subcritério com respeito à *potential salary*.

	<i>Carro 1</i>	<i>Carro 2</i>	<i>Carro 3</i>	<i>Prioridades</i>
Carro 1	0,125	0,100	0,143	0,123
Carro 2	0,375	0,300	0,286	0,320
Carro 3	0,500	0,600	0,571	0,557

Fonte: Elaborada pelo autor.

Terminando todas as matrizes de comparação, normalização e priorização dos critérios, subcritérios e alternativas, cria-se a visualização final do problema, podendo ser representada por uma tabela, um organograma, dentre outras formas.

Figura C-2 - Organograma final do problema.



Fonte: GOMES et al. (2004, p. 57).

Com a representação final desenhada, é feita também a pontuação final de cada alternativa. As pontuações finais (quarto passo de Saaty) são encontradas através da multiplicação de todos os pesos obtidos em cada nível (GOMES et al. 2004).

Para encontrar a pontuação do Carro 1, é feito o seguinte cálculo:

$$\begin{aligned}
 &= 0,833 \text{ (Peso de Custos)} \times 0,667 \text{ (Peso de Preço)} \times 0,222 \text{ (Peso de Carro 1)} \\
 &+ 0,833 \times 0,333 \times 0,633 \\
 &+ 0,166 \times 0,474 \times 0,122 \\
 &+ 0,166 \times 0,291 \times 0,285 \\
 &+ 0,166 \times 0,129 \times 0,229 \\
 &+ 0,166 \times 0,104 \times 0,668 = 0,339.
 \end{aligned}$$

O mesmo cálculo é feito com todas as alternativas, apenas trocando as pontuações do carro 1 pelos valores dos outros carros, resultando nas pontuações finais de cada alternativa:

Tabela C-9 - Pontuação final das alternativas.

Alternativa	<i>Pontuação</i>
Carro 1	0,339
Carro 2	0,459
Carro 3	0,200

Fonte: GOMES et al. (2004, p. 58)

Concluindo, podemos perceber que a partir da definição do objetivo geral (comprar um bom carro), da estruturação do organograma de problema inicial (veja figura C-1), dos pesos atribuídos aos critérios e subcritérios definidos (veja figura C-2), das ponderações entre a importância dos critérios e as comparações para pontuar as alternativas, e por fim, do cálculo final para encontrar a melhor alternativa, o Carro 2 mostrou-se como a opção mais alinhada aos requisitos do decisor.