

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE
TECNOLOGIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE REDES DE
TELECOMUNICAÇÕES

MARCELO MORAIS DE MELO

AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE
MIGRAÇÃO PARA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

CAMPINAS

2014

Marcelo Morais de Melo

AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE MIGRAÇÃO PARA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Gestão de Redes de Telecomunicações do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Área de concentração: Gestão de Redes e Serviços.

Orientador: Prof. Dr. Eric Alberto de Mello Fagotto.

PUC-CAMPINAS

2014

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação - SBI - PUC-Campinas

t005.4476
M528a

Melo, Marcelo Morais de.
Auxílio à tomada de decisão no processo de migração para computação em nuvem / Marcelo Morais de Melo. - Campinas: PUC-Campinas, 2014.
p.120

Orientador: Eric Alberto de Mello Fagotto.
Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Inclui bibliografia.

1. Processamento eletrônico de dados - Processamento distribuído.
2. Computação em nuvem. 3. Sistema de computação virtual. 4. Tecnologia da informação - Administração. I. Fagotto, Eric Alberto de Mello. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

22.ed. CDD – t005.4476

MARCELO MORAIS DE MELO

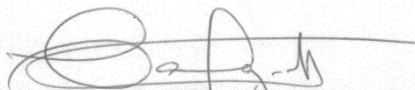
**AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE
MIGRAÇÃO PARA COMPUTAÇÃO EM NUVEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Área de Concentração: Gestão de Redes e Serviços.

Orientador: Prof. Dr. Eric Alberto de Mello Fagotto

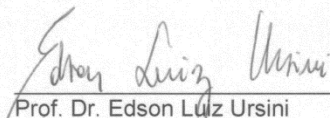
Dissertação defendida e aprovada em 25 de abril de 2014 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Prof. Dr. Eric Alberto de Mello Fagotto
Orientador da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. David Bianchini
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Edson Luiz Ursini
Universidade Estadual de Campinas

Dedico todo este trabalho ao meu Pai, Benedito Sérgio de Melo, *in memoriam*, por ter me ensinado valores que sempre estarão presentes em minhas ações.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha saúde e por me dar discernimento na escolha dos caminhos corretos de minha vida.

Ao Prof. Dr. Eric Alberto de Mello Fagotto pela paciência e pelas orientações valiosas.

Aos Professores, Prof. Dr. Marcelo Abbade, Prof. Dr. Omar Branquinho, Prof. Dr. David Bianchini, Prof. Dr. Alexandre Mota e à Profa. Dra. Lia Mota pelas aulas ministradas.

À minha esposa Claudete e aos meus filhos Ana Clara e Gabriel pela compreensão nos dias em que não pude dar a atenção que eles merecem.

À minha Mãe Maria de Lourdes e ao meu Pai Benedito Sérgio (*in memoriam*), pelas oportunidades de aprendizado que proporcionaram na minha vida.

Aos colegas da Hewlett Packard Brasil, Silvio Maraschin, Jamil Ratib, Ricardo Emmerich, Arnaldo Almeida, Rodrigo Alvarez, Mauricio Becker, Miguel Fabrin, Antônio Couto, André Albertini, dentre outros, por terem contribuído de alguma forma para que este trabalho fosse concluído.

À PUC Campinas pela concessão de bolsa de estudos para cursar o Mestrado.

À empresa Hewlett Packard por ter financiado as despesas do Mestrado.

À todas as empresas que responderam ao Questionário de Avaliação desenvolvido neste trabalho.

"O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são."
Aristóteles
(384 a.C. – 322 a.C.)

RESUMO

A utilização de soluções de Computação em Nuvem, em função das perspectivas de serviços de qualidade com baixo custo, alta disponibilidade e provisionamento do tipo *self-service*, tem se mostrado extremamente atrativa, em especial, para o mercado corporativo. Por conta disso, cada vez mais empresas deparam-se com a questão da pertinência da migração de seu *datacenter* para a Nuvem. Entretanto, para que as expectativas sejam alcançadas, essa tomada de decisão requer um planejamento cuidadoso. As necessidades reais de TI da empresa devem ser levadas em consideração para que a escolha do tipo de *datacenter* seja adequada. As possibilidades são: um *datacenter* tradicional, apenas com servidores físicos, um *datacenter* virtualizado ou um *datacenter* em que seja implantado algum modelo de Computação em Nuvem. Para auxiliar nesse processo decisório, desenvolveu-se um método, inédito na literatura, que foi implementado em uma ferramenta de software. Tal ferramenta é composta de três camadas. A primeira consiste de um questionário que permite conhecer as características do *datacenter* atual da empresa. A segunda, de um aplicativo que faz o tratamento dos dados coletados pelo questionário, gerando um vetor de cinco posições. Por fim, a terceira camada é composta de outro aplicativo, desenvolvido de acordo com um algoritmo de máquina de estados, que processa o vetor gerado e recomenda o tipo de migração. De modo a verificar-se o funcionamento e a abrangência da ferramenta, enviou-se o questionário para vinte e cinco empresas das seguintes áreas, TI e telecomunicações, indústria automotiva, instituição de ensino, máquinas agrícolas, governamental, alimentícia, comunicação visual, óptica e fotografia, publicidade e propaganda, metalurgia e siderurgia, mineração, telefonia, pesquisa e desenvolvimento de TI e equipamentos industriais. Os resultados obtidos indicaram a recomendação de migração de *datacenter* para 52% das empresas analisadas, recomendações estas que, se seguidas, poderiam resultar em economia de custos. Para uma das situações analisadas mostrou-se que seria possível uma economia nos custos de TI de aproximadamente 41% caso fosse seguida a recomendação obtida com o auxílio da ferramenta.

Palavras chave: *Datacenter*, Computação em Nuvem, Virtualização, Migração.

ABSTRACT

Many companies have been attracted by Cloud Computing solutions due to the promises such as high quality services, low cost, high availability, and self-service provisioning. However, a very careful implementation plan should be followed in order to achieve the company goals. This plan should evaluate the company real needs to choose the best datacenter model. The possibilities are: a traditional datacenter, which uses only physical servers, a virtualized datacenter, and a datacenter, which implements a Cloud Computing model. In this work, we proposed a new tool to help in this decision making process. The proposed tool has three layers. The first one consists of a questionnaire that is used to obtain the information about the company datacenter. The second one consists of an application developed to treat the data collected by the first layer, generating a five position vector. Finally, the third layer consists of an application that implements a Finite State Machine algorithm that uses the generated vector to recommend a possible datacenter migration. In order to test the proposal, demonstrate the method, and to evidence that the developed tool is not restricted to a specific market, the questionnaire was sent to twenty five companies in the following areas: IT and telecommunications, automotive industry, educational organizations, agricultural industry, government, food companies, visual communication, optical and photography, advertising and marketing, iron and steel, mining. Results suggest that 52% of the companies were using an inappropriate datacenter. By following the recommendations, we have shown a company might have a 41% reduction in IT expenditure.

Keywords: Datacenter, Cloud Computing, Virtualization, Migration.

LISTA DE FIGURAS

Figura1.	<i>Datacenter</i> Tradicional	21
Figura 2.	Sistema Virtualizado. Adaptado de [24].....	23
Figura 3.	<i>Datacenter</i> Virtualizado	24
Figura 4.	Computação em Nuvem Privada.....	28
Figura 5.	Computação em Nuvem Pública	29
Figura 6.	Computação em Nuvem Colaborativa.....	30
Figura 7.	Computação em Nuvem Híbrida	31
Figura 8.	Tipos de Serviços na Computação em Nuvem. Adaptado de [39]	32
Figura 9.	Evolução do consumo de energia vs. Cenário.	37
Figura 10.	Estimativa de Geração de Calor.....	38
Figura 11.	Estimativa de TCO em três anos.....	39
Figura 13.	Custo Anual com Mão de Obra de TI para serviços	42
Figura 14.	Máquina de Estados Finitos. Adaptado de [55]	45
Figura 15.	Diagrama de transição de Estados – Adaptada de [56]	45
Figura 16.	Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão	47
Figura 17.	Fluxograma de Determinação da Variável NSF	49
Figura 18.	Fluxograma de Determinação da Variável PVA	50
Figura 19.	Fluxograma de Determinação da variável QDCV	51
Figura 20.	Fluxograma de Determinação da Variável QNPu.....	52
Figura 21.	Fluxograma de Determinação das variáveis BINP e AINP	54
Figura 22.	Fluxograma de Determinação da Variável QNPr	55
Figura 24.	Fluxograma de Migração para DC_T – primeira parte	57
Figura 25.	Fluxograma de Migração para DC_T – segunda parte.....	58
Figura 26.	Transição para DC_T	59
Figura 28.	Fluxograma de Migração Para CN_Pub – segunda parte	60
Figura 29.	Transição para CN_Pub	61
Figura 30.	Fluxograma de Migração Para DC_V.....	62
Figura 31.	Transição para DC_V	62
Figura 32.	Fluxograma de Migração para DC_V_CN_Pub.....	63
Figura 33.	Transição para DC_V_CN_Pub.....	63
Figura 35.	Transição para CN_Priv	65
Figura 36.	Fluxograma de Migração Para CN_Hyb	65
Figura 37.	Transição para CN_Hyb	66
Figura 38.	Diagrama geral das Transições da Máquina de Estados	67
Figura 39.	Exemplo de Transições de Estados	68
Figura 40.	Ramos de Atuação das Empresas Pesquisadas.....	69
Figura 41.	Grupos de <i>datacenters</i> pesquisados	70
Figura 42.	Simulação Grupo 1 (Empresa 19)	73

Figura 43.	Simulação Grupo 1 (Empresa 22)	73
Figura 44.	Simulação Grupo 1 (Empresa 23)	74
Figura 45.	Simulação grupo 2 (Empresa 8).....	77
Figura 46.	Simulação grupo 2 (Empresa 10).....	78
Figura 47.	Simulação grupo 2 (Empresa 16).....	80
Figura 48.	Simulação grupo 2 (Empresa 18).....	80
Figura 49.	Simulação grupo 2 (Empresa 21).....	81
Figura 50.	Simulação grupo 2 (Empresas 2, 5 e 13)	81
Figura 51.	Simulação grupo 2 (Empresa 4).....	82
Figura 52.	Simulação grupo 3 (Empresa 9, 11 e 14).....	84
Figura 53.	Simulação grupo 4 (Empresa 1).....	86
Figura 54.	Mapa de migrações recomendadas pela ferramenta. (a) <i>Datacenter</i> Tradicional, (b) <i>Datacenter</i> Virtualizado, (c)Nuvem Privada e (d)Nuvem Híbrida	87
Figura 55.	Simulação Empresa Hipotética.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Tabela de Cenários DC Tradicional vs. DC Virtualizado	36
Tabela 2.	Tabela de transição para uma catraca	46
Tabela 3.	Respostas das Empresas com <i>Datacenter</i> Tradicional.....	71
Tabela 4.	Questionário de Avaliação – Empresa 19	71
Tabela 5.	Respostas das Empresas com <i>Datacenter</i> Virtualizado.....	75
Tabela 6.	Respostas da Empresa 8	76
Tabela 7.	Respostas da Empresa 16	78
Tabela 8.	Respostas das Empresas com <i>Datacenter</i> em Nuvem Privada	82
Tabela 9.	Respostas da Empresa 11	83
Tabela 10.	Respostas da Empresa com <i>Datacenter</i> em Nuvem Híbrida	84
Tabela 11.	Respostas da Empresa 1	85
Tabela 12.	Demonstrativo de Custos	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AINP	= Alta Importância da Nuvem Privada
AMD-V	= <i>Advanced Micro Devices - Virtualization</i>
API	= <i>Application Programming Interface</i>
BINP	= Baixa Importância da Nuvem Privada
CaaS	= <i>Communication as a Service</i>
CMS	= <i>Conversational Monitor System</i>
CP	= <i>Control Program</i>
CN_Hyb	= Computação em Nuvem Híbrida
CN_Priv	= Computação em Nuvem Privada
CN_Pub	= Computação em Nuvem Pública
CPU	= <i>Central Processor Unit</i>
CRM	= <i>Customer Relationship Management</i>
DaaS	= <i>Desktop as a Service</i>
DaaS	= <i>Data Storage as a Service</i>
DC_T	= <i>Datacenter Tradicional</i>
DC_V	= <i>Datacenter Virtualizado</i>
DC_V_CN_Pub	= <i>Datacenter Virtualizado com conexão para Nuvem Pública</i>
DC_x	= <i>Datacenter indeterminado</i>
ETH	= <i>Ethernet</i>
FSM	= <i>Finite State Machine</i>
HP	= Hewlett Packard
HPC	= <i>High Performance Computing</i>
HW	= <i>Hardware</i>
IaaS	= <i>Infrastructure-as-a-Service</i>
IBM	= <i>International Business Machines</i>
IEEE	= <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
Intel-VT	= <i>Intel - Virtualization</i>
ITU	= <i>International Telecommunication Union</i>
KVM	= <i>Kernel Based Virtual Machine</i>
NaaS	= <i>Network as a Service</i>
NIST	= <i>National Institute of Standards and Technology</i>
NSF	= Número de Servidores Físicos

PaaS	= <i>Platform-as-a-Service</i>
PVA	= Possibilidade de Virtualização Alcançada
QDCV	= Quesitos para um <i>Datacenter</i> Virtualizado
QNPr	= Quesitos para Nuvem Privada
QNPu	= Quesitos para Computação em Nuvem Pública
RH	= Recursos Humanos
RSCS	= <i>Remote Spooling and Communications Subsystem</i>
SaaS	= <i>Software-as-a-Service</i>
SAN	= <i>Storage Area Network</i>
SAP	= <i>Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i> (Empresa Alemã de <i>Software</i>)
SDPaaS	= <i>Service Delivery Platform as a Service</i>
SLA	= <i>Service Level Agreement</i>
SKI	= <i>Single Kernel Image</i>
SO	= Sistema Operacional
TCO	= <i>Total Cost Ownership</i>
TI	= Tecnologia da Informação
TIC	= Tecnologia da Informação e Comunicação
VHDL	= <i>Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language</i>
VM	= <i>Virtual Machine</i>
VT	= Vetor para as variáveis NSF, PVA, QDCV, QNPu, e QNPr
VMM	= <i>Virtual Machine Monitor</i>
XEN	= Software Livre de virtualização

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
1 INTRODUÇÃO	18
2 MODELOS DE <i>DATACENTER</i>	21
2.1 <i>Datacenter</i> Tradicional	21
2.2 Virtualização	22
2.2.1 Conceitos Básicos da Virtualização	22
2.2.2 Virtualização Total ou Completa.....	25
2.2.3 Paravirtualização.....	25
2.2.4 Virtualização Assistida por Hardware	26
2.2.5 Virtualização do Sistema Operacional.....	26
2.2.6 Virtualização da Aplicação	26
2.3 Computação em Nuvem.....	27
2.3.1 Definição NIST	27
2.3.2 Modelos de implementação	27
2.3.2.1 Nuvem Privada	27
2.3.2.2 Nuvem Pública.....	28
2.3.2.3 Nuvem Colaborativa ou Comunitária.....	30
2.3.2.4 Nuvem Híbrida	30
2.3.3 Tipos de serviços	31
2.3.3.1 Infraestrutura como serviço.....	32
2.3.3.2 Plataforma como serviço.....	33
2.3.3.3 Software como serviço.....	33
2.3.4 Características da Computação em Nuvem	33
2.3.4.1 Portal de acesso do tipo Self-Service.....	33
2.3.4.2 Elasticidade.....	33
2.3.4.3 Multitenancy.....	34

2.3.4.4	Contabilidade e faturamento (Billing)	34
2.3.4.5	Cloud-Bursting	34
2.4	Considerações a respeito da Migração entre os tipos de <i>Datacenter</i>	35
2.4.1	<i>Datacenter</i> Tradicional vs. Virtualização	35
2.4.1.1	Consumo de energia elétrica	37
2.4.1.2	Dissipação de Calor	38
2.4.1.3	Estimativa de TCO	38
2.4.2	Virtualização vs. Computação em Nuvem	40
3	MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS.....	44
3.1	Exemplo de Máquina de Estados.....	45
4	FERRAMENTA DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO	46
4.1	Modelagem da Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão.....	46
4.2	Coleta e Tratamento dos Dados.....	48
4.2.1	Determinação da variável “Número de Servidores Físicos”	48
4.2.2	Determinação da variável “Possibilidade de Virtualização Alcançada”	49
4.2.3	Determinação da variável “Quesitos de <i>Datacenter</i> Virtualizado”	50
4.2.4	Determinação da variável “Quesitos da Nuvem Pública”	51
4.2.5	Determinação da variável “Quesitos de Nuvem Privada”	52
4.3	Avaliando a Pertinência de Migração com o Auxílio de um Algoritmo de FSM	56
4.3.1	Migração do <i>datacenter</i> para o modelo tradicional	57
4.3.2	Migração para CN_Pub.....	59
4.3.3	Migração para DC_V.....	61
4.3.4	Migração para DC_V_CN_Pub	63
4.3.5	Migração para CN_Priv.....	64
4.3.6	Migração para CN_Hyb.....	65
4.4	Diagrama Geral de Transição de Estados.....	66
4.4.1	Transições para uma empresa hipotética.....	67
5	RESULTADOS	69
5.1	Grupo 1 – Empresas com <i>Datacenter</i> Tradicional	71
5.2	Grupo 2 – Empresas com <i>Datacenter</i> Virtualizado.....	75
5.3	Grupo 3 – Empresas com <i>Datacenter</i> em Nuvem Privada	82
5.4	Grupo 4 – Empresas com <i>Datacenter</i> em Nuvem Híbrida.....	84
5.5	Sequência de Migrações.....	87
5.6	Impacto Financeiro.....	89

6	CONCLUSÃO.....	91
6.1	Comentários Gerais	91
6.2	Trabalhos Futuros.....	92
7	REFERÊNCIAS	94
8	APÊNDICES.....	99
8.1	Apêndice 1 – Cálculo do Custo de Mão de Obra de TI	99
8.2	Apêndice 2 – Questionário de avaliação de quesitos.....	100
8.3	Apêndice 3 – Linha de Código do programa <i>AssessDC.sce</i>	103
8.4	Apêndice 4 – Linha de Código do programa <i>CloudCriteria.vhd</i>.....	107

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, percebeu-se um aumento no interesse pela Computação em Nuvem devido às expectativas de benefícios trazidos pela implementação de tal modelo e à importância que a mídia tem dado ao tema [1]. Uma conferência internacional organizada pelo *IEEE*, em novembro de 2012, reuniu especialistas, empresários e funcionários de governo em um debate a respeito de desafios, padronização e conceitos sobre Computação em Nuvem [2]. No Brasil, em 2010, 27% das empresas já havia adotado algum tipo de aplicação baseada em Computação em Nuvem, superando a Índia (26%), os EUA (23%) e o México (22%) [3]. As empresas que não entenderem a importância da Computação em Nuvem e o quanto esse modelo pode ser benéfico para o negócio estarão em desvantagem em relação aos seus concorrentes [1]. Entretanto, diante da pressão de se manterem atualizadas, empresas podem decidir por migrar para algum modelo de Computação em Nuvem, porém, sem considerar fatores importantes.

Esse novo paradigma tem gerado um impacto considerável na área da Tecnologia da Informação, fazendo com que empresas de grande porte, ofereçam serviços de Computação em Nuvem confiáveis com relação custo-benefício muito interessante [4]. Observam-se várias características vantajosas neste modelo de computação, tais como: a redução de custos, a alta escalabilidade e a possibilidade de acesso a serviços computacionais com pequenos investimentos [4]. A eficiência energética inerente, devido às técnicas de virtualização utilizadas para provisionar os recursos [5], é outra característica importante a ser considerada.

A virtualização é uma prática que vem sendo adotada por várias empresas devido às vantagens que essa tecnologia permite como por exemplo, a utilização dessa técnica para implantar o que se chama de “TI verde” [6]. Em 2009 realizou-se uma pesquisa com 1052 empresas ao redor do mundo, sendo 426 somente na América do Norte, 86% das empresas entrevistadas consideraram importantes as iniciativas da “TI verde” e 97% já haviam iniciado alguma discussão sobre o assunto [6]. Essas iniciativas também são vistas como uma prática benéfica tanto para o negócio quanto para a sociedade [7]. A preservação do meio ambiente é um assunto que tem sido debatido por diversos setores da sociedade. Na medida em que há uma conscientização por parte da população, empresas procuram por alternativas que auxiliem no cumprimento de metas que contribuam com a diminuição do impacto ambiental [8]. Notavelmente, um dos setores que pode contribuir para esse objetivo é o da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Empresas também procuram se adequar para cumprir decisões políticas. Considerando que a União Europeia deverá exigir algum tipo de controle do impacto que as instalações das empresas causam ao meio ambiente, empresas como a SAP, por exemplo, possuem um cargo executivo responsável pela sustentabilidade com a função de mapear e divulgar as ações direcionadas a esse objetivo [9]. Empresas que adotam alguma ação nesse sentido, além de contribuir com a preservação do meio ambiente, podem reduzir drasticamente os seus custos [9], e a virtualização pode ter um papel importante nesse processo. A virtualização aliada à Computação em Nuvem vem sendo implementada também em órgãos

públicos por contribuir no atendimento a políticas de redução de emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, diminuindo o impacto ao meio ambiente, além de minimizar custos operacionais [10]. A virtualização está inserida na Computação em Nuvem e pode ser considerada como parte do processo de migração. Especialistas indicam que o caminho para a Nuvem passa primeiramente pela virtualização e que o modelo *IaaS* em Nuvem Privada, modelo de Computação em Nuvem que será melhor detalhado neste trabalho, é o segundo passo nesse processo [11].

A previsão é que a Computação em Nuvem seja o modelo que prevalecerá no futuro, entretanto, alguns riscos devem ser considerados, estes analisados no decorrer na discussão. Serão necessários ainda muitos debates, estudos e padronização para um entendimento comum dos benefícios e desafios trazidos por essa nova tecnologia. A segurança da informação consiste em um dos pontos mais citados por empresas que ainda não adotaram alguma forma de Computação em Nuvem [12], apesar de muitas delas utilizarem serviços externos para armazenar informações importantes e estratégicas [13]. Pontos considerados vulneráveis como acessos não autorizados, falta de segurança da Internet, recuperação dos dados por usuários não autorizados e exposição de dados financeiros [14], contribuem para a sensação de falta de segurança quando da implementação de sistemas baseados nesse modelo. Apesar disso, em função das muitas vantagens apresentadas, verifica-se um aumento do interesse de empresas em adotar a Computação em Nuvem [15].

Aplicações eficientes e recursos de infraestrutura de TI podem ser facilmente disponibilizados na Nuvem, fazendo com que cada vez mais, pequenas e médias empresas se interessem por esse modelo por perceberem que podem obter ganhos significativos com sua adoção [16]. Uma estimativa realizada em Janeiro de 2012, revelou um aumento de 180% nas intenções de utilização de Computação em Nuvem quando comparado à Janeiro de 2011 e que, até 2015, uma receita de US\$ 1,5 bilhão poderá ser gerada na América Latina com os negócios de Computação em Nuvem [15].

Diante do impasse de que a Computação em Nuvem pode revolucionar os conceitos de TI mas que existem questões que colocam em dúvida a viabilidade de sua adoção e do fato de que esse modelo é uma realidade a ser considerada, muitas questões podem surgir quando a empresa tiver que decidir pela adoção ou não desse modelo para o *datacenter*. Como por exemplo, se a migração deve realmente acontecer e caso afirmativo, quando deve acontecer. Outra análise a ser feita é com relação às aplicações, algumas delas não poderiam ou não deveriam ser migradas, por conta de problemas de incompatibilidade com a virtualização. É necessário avaliar também qual modelo é mais adequado para a empresa, devido à variedade de modelos e tipos de serviços oferecidos na Computação em Nuvem. Questões como estas exigem que o processo de decisão seja analisado com cuidado para que a Computação em Nuvem possa realmente beneficiar o negócio da empresa. É necessário avaliar as vantagens e desvantagens que cada modelo de Computação em Nuvem oferece e decidir qual deles pode atender as necessidades da empresa, ou ainda decidir que a migração para Computação em Nuvem pudesse aguardar o momento mais adequado. Empresas que possuam um *datacenter* tradicional, ou seja, somente servidores

físicos e que realizaram grandes investimentos em aquisições de *hardware* não poderão simplesmente migrar toda a estrutura existente para a Nuvem Pública por exemplo. A dificuldade e os cuidados que esse processo demanda devem ser analisados [17]. Considerando que a virtualização poderia ser um passo intermediário à migração para Computação em Nuvem, ou que a Nuvem Privada seria uma opção mais segura que a Nuvem Pública [11], alguns questionamentos podem surgir e o objetivo deste trabalho é auxiliar empresas a responder às questões abaixo:

“Em qual momento a empresa deve migrar o datacenter e qual o modelo mais adequado? Virtualização, Nuvem Pública, Nuvem Privada ou alguma combinação entre esses modelos? Até que ponto a empresa deve permanecer em um determinado modelo de datacenter? Um datacenter tradicional deve ser migrado para virtualização, ou a empresa deve implementar técnicas de virtualização e de Nuvem em um mesmo processo?”

Para responder a essas questões, é necessário levantar as características da empresa, analisar os diferentes modelos de *datacenter*, e avaliar qual deles pode mais beneficiar o negócio da empresa naquele momento. Em vista disso, neste trabalho, propõe-se um método, inédito na literatura, para auxiliar em tal processo de decisão.

No Capítulo 2 discutem-se *datacenter* tradicional, conceitos sobre Virtualização, conceitos sobre Computação em Nuvem e seus modelos de implantação e tipos de serviços. Nesse capítulo apresentam-se também algumas características de cada tipo de *datacenter* e o que pode influenciar a decisão de migração.

No Capítulo 3, apresenta-se uma revisão de Máquina de Estados Finitos, uma vez que utiliza-se o formalismo de Máquina de Estados Finitos para a construção da ferramenta de apoio à tomada de decisão.

No Capítulo 4 descrevem-se os detalhes do método de tomada de decisão desenvolvido e como ele pode ser utilizado para apoiar a tomada de decisão para migração.

No Capítulo 5 apresentam-se resultados da aplicação do método proposto.

No Capítulo 6 apresentam-se as conclusões deste trabalho.

2 MODELOS DE *DATACENTER*

Neste capítulo discutem-se as principais características de um *datacenter* tradicional, de um *datacenter* que utilize técnicas de virtualização e de um *datacenter* que utilize Computação em Nuvem. Algumas considerações sobre cada um dos modelos de *datacenter* são feitas para embasamento do método proposto.

2.1 *Datacenter* Tradicional

Desde a utilização de Mainframes, as empresas contam com *datacenters* cada vez mais complexos [18]. O número de servidores e a heterogeneidade das aplicações são cada vez maiores, dificultando o gerenciamento [18]. Um *datacenter* bem estruturado pode evitar problemas de indisponibilidade de aplicações, que resultam em prejuízos para a empresa. Porém, para manter um *datacenter* de modo que garanta-se o funcionamento dos equipamentos, visando minimizar paradas não programadas, pode resultar em um custo elevado. Neste trabalho, entende-se por *datacenter* tradicional aquele que utiliza servidores físicos dedicados às aplicações da empresa; cada servidor com seu sistema operacional e com uma ou mais aplicações específicas instaladas nesse servidor físico. No modelo tradicional, não há nenhum tipo de virtualização e, por este motivo, dependendo do número de aplicações que a empresa utiliza e do número de servidores no *datacenter*, pode haver desperdício de recursos. A Figura 1 representa uma infraestrutura de *datacenter* tradicional com servidores físicos dedicados. Considera-se que os recursos computacionais necessários para as aplicações, por exemplo, CPU e memória, são subutilizados, ou seja, geralmente, as aplicações não utilizam toda a capacidade computacional dos servidores e estima-se que uma média de 30% dos servidores de um *datacenter* tradicional está praticamente sem utilização, apenas consumindo energia elétrica [7]. Ilustra-se assim, o desperdício que pode haver na utilização desse tipo de *datacenter*.

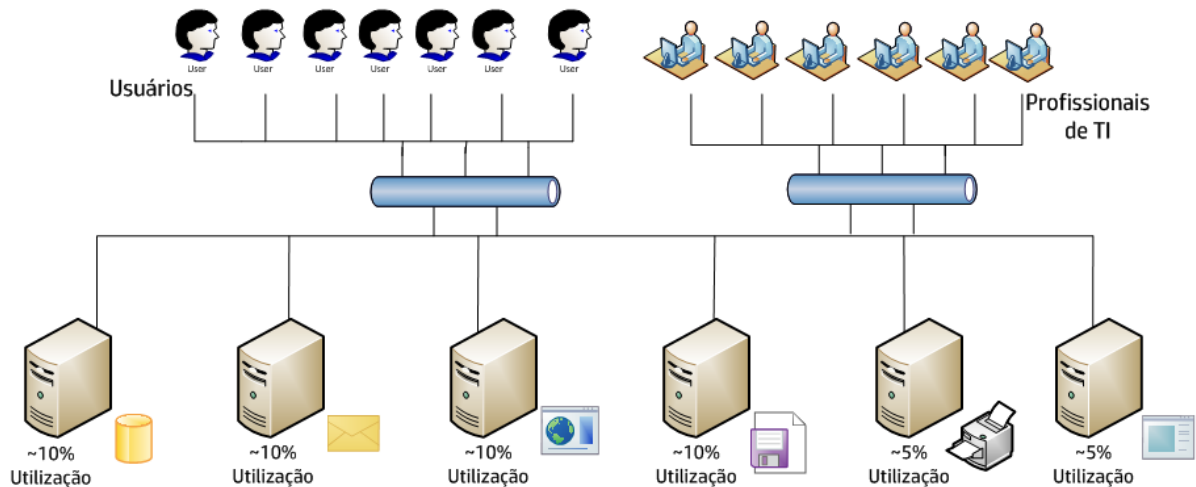


Figura1. *Datacenter* Tradicional

A Figura 1 mostra a presença de servidores de baixo custo, porém, subutilizados em *datacenters* tradicionais, cada um com sua aplicação específica. Estima-se que a utilização efetiva da capacidade computacional desses servidores fique em torno de 5 a 10% [7]. Nesse cenário, os recursos são subutilizados, o número elevado de servidores aumenta a ocupação do espaço físico e quanto maior o número de servidores, maior é a dissipação de calor e necessidade de refrigeração. Consequentemente, o consumo de energia é elevado. Nota-se portanto, um desperdício de recursos e um custo elevado para manter os servidores. Além disso, aplicações que necessitam de alta disponibilidade e tolerância às falhas, precisam ser instaladas em dois ou mais servidores de modo redundante. Para que a alta disponibilidade seja garantida, os servidores precisam trabalhar em modo *Cluster*, ou seja, servidores duplicados [19]. Se um dos nós do *Cluster* apresentar algum problema, é realizado uma migração (*failover*) da aplicação para outro nó, eliminando ponto único de falha e, com esse artifício, a aplicação não é interrompida [19]. Essa prática eleva ainda mais o custo do *datacenter*, embora seja importante para que não haja prejuízo decorrente da indisponibilidade de servidores. Diante dessas características, algumas considerações devem ser feitas para esse tipo de *datacenter*, discutidas na Seção 2.4.

2.2 Virtualização

Parte dos problemas apresentados na Seção 2.1 poderiam ser minimizados com a adoção de técnicas de virtualização, as quais, quando implementadas, solucionariam problemas de falta de espaço nos *datacenters*, consumo excessivo de energia, desperdício de recursos, dentre outros [20]. Nas próximas subseções apresentam-se algumas características básicas da virtualização.

2.2.1 Conceitos Básicos da Virtualização

O termo virtualização já havia sido utilizado na década de 1960 quando a IBM apresentou os sistemas operacionais *Control Program* (CP), *Conversational Monitor System* (CMS) e o *Remote Spooling and Communications Subsystem* (RSCS); estes três sistemas foram chamados de *Virtual Machine Facility/370*, ou VM/370 [21]. Naquela época, já se utilizava o conceito de compartilhamento de recursos em que várias cópias de um sistema eram simuladas em um mesmo hardware [21]. Ainda na década de 1960, a IBM também utilizou uma tecnologia chamada de *Time Sharing* no equipamento IBM M44/44X com o mesmo conceito. No ano de 2000 com a explosão da Internet e a grande necessidade por servidores, a VMWare desenvolveu a virtualização de servidores e desktops [22], [23].

A virtualização pode ser definida basicamente como a capacidade de execução de vários sistemas operacionais ou *Virtual Machines* (VM) em um mesmo servidor físico [24]. A Figura 2 representa um sistema virtualizado.

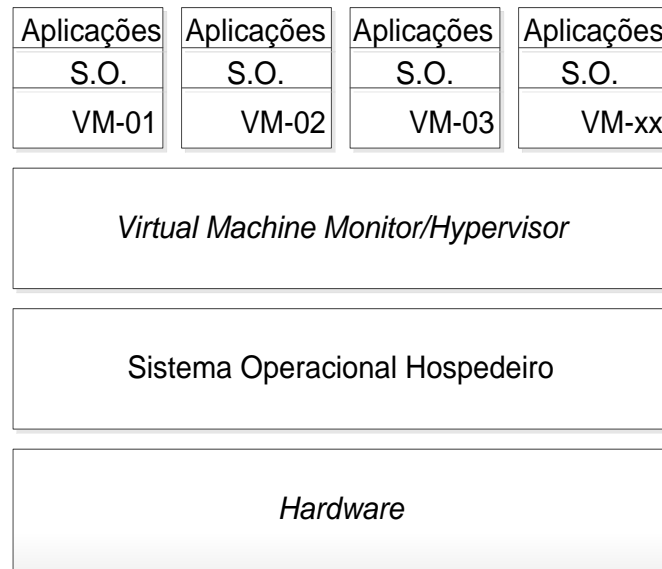


Figura 2. Sistema Virtualizado. Adaptado de [24]

Na Figura 2, o sistema virtualizado é representado em camadas. Na primeira camada encontra-se o hardware, ou servidor físico. Neste servidor, é instalado o sistema operacional principal, também chamado de hospedeiro, representado pela camada imediatamente superior. Uma camada de software entre o sistema operacional do servidor físico e o sistema operacional dos servidores virtuais com suas aplicações é responsável por controlar a alocação de recursos (CPU, Memória, Rede, e Armazenamento) para os servidores virtuais. Esta camada é chamada de *Virtual Machine Monitor* (VMM) ou *Hypervisor* e, por fim, os servidores virtuais ou *Virtual Machines*, cada um com seu sistema operacional e aplicações independentes [24].

Outra definição encontrada em [25] é que virtualização pode ser entendida como um artifício em que aplicações são executadas por um software que representa um computador real chamado de *Virtual Machine*, que por sua vez é executado em um servidor físico chamado de *Hypervisor*. A virtualização age como se o servidor físico fosse particionado em vários servidores virtuais, compartilhando recursos e gerando economia pelo maior aproveitamento dos recursos existentes no servidor físico [22].

A virtualização permite a abstração de Sistemas Operacionais de servidores físicos de pequeno porte (x86 ou x64), cuja arquitetura permite a execução de apenas um sistema operacional. Com a virtualização, esse mesmo servidor pode executar múltiplos Sistemas Operacionais, aplicações, rede, desktop e armazenamento de dados, virtualizados, permitindo mais eficiência, rapidez de implementação, economia de recursos humanos, agilidade e facilidade de gerenciamento dos processos de TI em um *datacenter* [26]. A Figura 3 ilustra uma infraestrutura básica de um *datacenter* virtualizado.

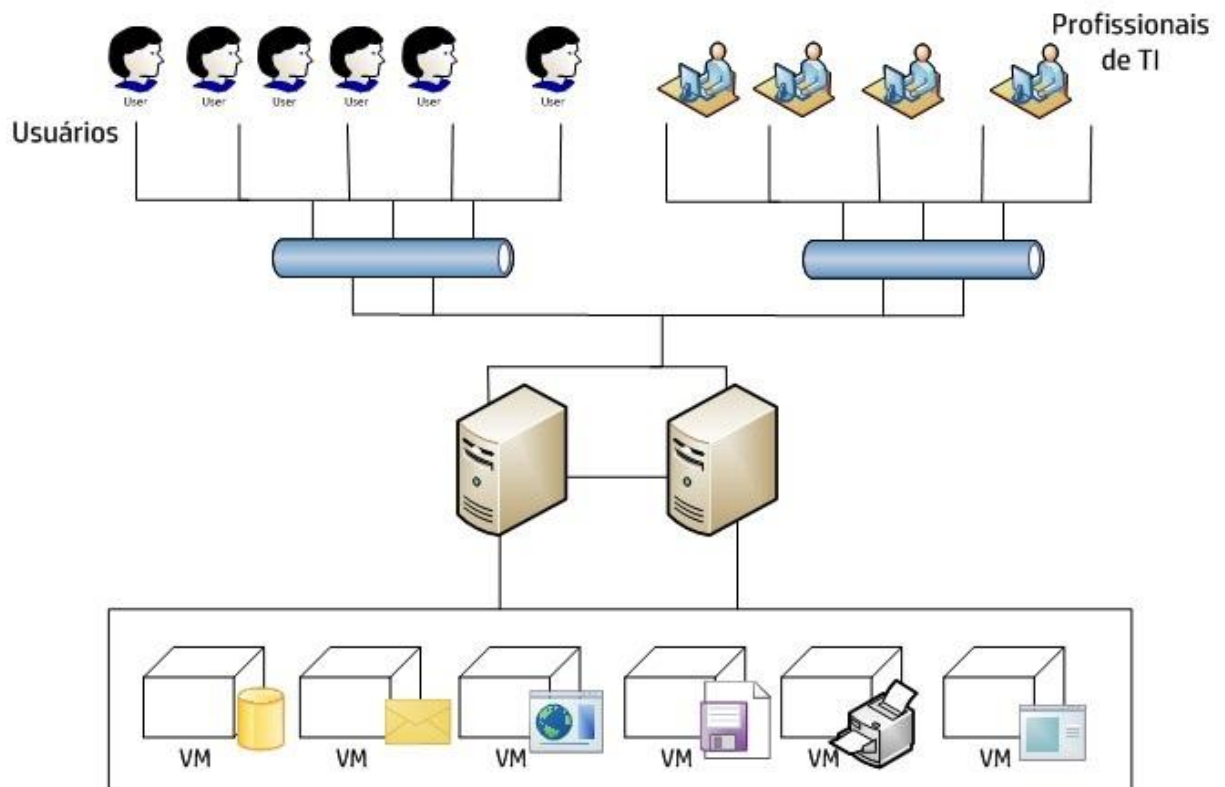


Figura 3. *Datacenter* Virtualizado

O modelo de *datacenter* mostrado na Figura 3 representa uma situação típica em que as aplicações são executadas em servidores virtuais e estes, por sua vez, são hospedados em servidores físicos. Com essa técnica, o aproveitamento da capacidade computacional do servidor é maior. Além dos benefícios financeiros que a virtualização proporciona com a otimização de recursos e a economia de energia, muitos benefícios são constatados no nível das aplicações. Como por exemplo, aplicações comerciais, aplicações Java e servidores Web tendem a apresentar melhor desempenho em ambientes virtuais. Aplicações científicas, que necessitam de paralelismo, também são beneficiadas pela virtualização pela facilidade de replicação da máquina virtual. Aplicações legadas incompatíveis com *hardwares* mais novos, poderiam ser executadas em máquinas virtuais sem maiores problemas. A virtualização pode ser utilizada também em ambientes de teste de aplicações em fase de desenvolvimento. Em instituições de ensino, por exemplo, em laboratórios de informática, servidores são compartilhados com turmas distintas e, se houver falha em algum servidor, eventualmente, poderá haver a necessidade de reconfiguração ou a reinstalação do sistema operacional [27]; esse processo requer agilidade, o que é permitido na virtualização. Essa facilidade de manipulação indica também a possibilidade de escalabilidade que um ambiente virtualizado oferece, sendo possível aumentar ou diminuir recursos, como CPU, memória e disco de um servidor virtual com muita facilidade [28].

Existem dois tipos de virtualização: i) de *hardware*, que virtualiza memória, rede e armazenamento e ii) de *software*, que virtualiza Servidores/Sistemas Operacionais e aplicações [28]. Similar às técnicas de virtualização de *hardware*, um servidor físico ou uma aplicação é simulada em um espaço dedicado do *hardware* e, nesse espaço, o sistema operacional do servidor virtual é executado como se estivesse em um servidor físico. A virtualização de *software* é subdividida em dois tipos. No primeiro tipo chamado de Nativo, a virtualização acontece diretamente no *hardware* onde é criada uma instância completa do sistema virtualizado. O segundo tipo, chamado de *Hypervisor* hospedeiro, a virtualização acontece em uma aplicação totalmente emulada que está hospedada sobre um sistema operacional, o do *Hypervisor* [28]. Existe ainda uma técnica de virtualização de *software* chamada de *Container* em que a aplicação é encapsulada e a máquina virtual é executada isoladamente também sobre o sistema operacional do hospedeiro [28]. Nas subseções seguintes, apresentam-se algumas variações dos tipos de virtualização encontrados na literatura.

2.2.2 Virtualização Total ou Completa

Na Virtualização Total, as máquinas virtuais utilizam todos os recursos de *hardware* da máquina física e o sistema operacional não é modificado. Se o Sistema Operacional for capaz de ser executado no servidor físico, também será capaz de ser executado no servidor virtual. O Sistema Operacional será executado em um *hardware* virtual exatamente igual ao *hardware* físico. Além disso, diversos sistemas operacionais podem ser executados no mesmo hardware físico. A facilidade de implementação, e o isolamento completo entre as VM's, são apontadas como algumas das vantagens desse tipo de virtualização [24]. Como desvantagem, cita-se a necessidade de *hardware* compatível com virtualização e a perda de performance das VM's devido às técnicas de emulação de instruções privilegiadas de processadores x86 [24]. Nesse tipo de virtualização, o sistema operacional convidado e suas instruções são executadas pelo *Hypervisor* e armazenadas em memória *cache*, ou seja, a virtualização em si é transparente para o servidor virtual. Esse artifício é utilizado para melhorar o desempenho da VM [29].

2.2.3 Paravirtualização

Ao contrário da Virtualização Total, na Paravirtualização, o núcleo do Sistema Operacional do servidor virtual é alterado, instruções que não são compatíveis com virtualização são alteradas para que a comunicação da VM com a CPU física não seja direta e sim pelo *Virtual Machine Manager* (VMM), essas instruções são chamadas de *Hypercalls* [24], [29]. A facilidade de se implementar quando comparada à Virtualização Total e a melhora no desempenho da VM são vantagens apontadas nesse tipo de virtualização. E como desvantagem cita-se a quantidade de modificações no núcleo do Sistema Operacional

e a dificuldade de migração entre *hosts*, para máquinas virtuais que não sejam compatíveis com determinado tipo de *hardware* [24].

2.2.4 Virtualização Assistida por Hardware

Embora já utilizada na década de 1970 pela IBM no System/370 [23], a virtualização assistida por *hardware*, também conhecida como Virtualização Nativa, é utilizada em uma nova geração de *hardware* na qual as chamadas das VM's sejam transmitidas diretamente para o *Hypervisor*, eliminando a necessidade de tradução de binários¹ utilizada na Virtualização Total e também eliminando a necessidade de chamadas ao VMM, técnica utilizada na Paravirtualização [24]. Nesse tipo de virtualização, é criada uma nova camada na arquitetura do processador, na qual o *Virtual Machine Manager* (VMM) é executado em modo super-usuário para que algumas instruções sejam passadas diretamente para o *Hypervisor* [24], [29]. Os processadores Intel-VT e AMD-V suportam essa característica e hoje são utilizados na maioria dos sistemas de virtualização [29]. Uma vantagem dessa técnica é a redução de sobrecarga de processamento, uma vez que a emulação é feita por *hardware* e não por *software* [23]. Essa técnica pode ser encontrada em soluções de virtualização baseadas em KVM, VirtualBox, XEN, Hyper-V e VMWare [23].

2.2.5 Virtualização do Sistema Operacional

Essa técnica consiste na virtualização do Sistema Operacional em si e não na virtualização do *Hardware*, as máquinas virtuais são instâncias do próprio Sistema Operacional hospedeiro, ou seja, são executadas utilizando uma única imagem do Sistema Operacional hospedeiro, é também conhecida como *Single Kernel Image* (SKI) [24]. Nesse tipo de virtualização, os recursos como processamento e memória podem ser alocados no momento em que a VM está sendo criada ou de forma dinâmica com a VM sendo executada [24]. Uma desvantagem citada é que não há isolamento entre as VM's e não é possível a execução de múltiplos sistemas operacionais nas máquinas virtuais [24]. O OpenVZ, sistema baseado em containers de Linux que altera o *Kernel* para executar máquinas virtuais Linux como processos, utilizado em *High Performance Computing* (HPC), adota essa técnica de virtualização [30].

2.2.6 Virtualização da Aplicação

Nessa técnica a virtualização acontece somente na camada da aplicação e não mais na camada do sistema operacional, a aplicação é encapsulada e a virtualização fica restrita.

¹ Tradução de binários – as instruções da VM são traduzidas e armazenadas em *cache* para uso futuro [23], [24].

Esse tipo de virtualização é utilizado em ambientes pequenos [24], também conhecida como virtualização no nível de linguagem de programação [31]. Essa técnica tem como vantagem a isolamento completa da aplicação permitindo operações simultâneas de várias aplicações e facilidade em processos de depuração de problemas [31].

2.3 Computação em Nuvem

Considerada como uma nova era no mundo da Tecnologia da Informação, a Computação em Nuvem vem mudando a maneira de prover e gerenciar recursos de um *datacenter* com o provisionamento rápido e sob demanda desses recursos [32]. A Computação em Nuvem é considerada uma tecnologia indispensável para o que especialistas chamam de TI do futuro, as empresas deveriam questionar o que vem a ser Computação em Nuvem. Por quê exatamente essa tecnologia irá transformar a TI e como esta transformação irá ocorrer nas empresas? [32].

2.3.1 Definição NIST

Computação em Nuvem é um modelo que permite o acesso a recursos computacionais como servidores, armazenamento, conexões de redes, aplicações e serviços, provisionados rapidamente via rede [33]. Esses recursos são compartilhados e adquiridos sob demanda pelos consumidores da nuvem e a interação e o gerenciamento por parte dos provedores da nuvem [34] é mínima [33], uma vez que, nesse modelo, o processo de provisionamento de recursos de TI é automatizado pela infraestrutura da Nuvem.

2.3.2 Modelos de implementação

A Computação em Nuvem é dividida basicamente em quatro modelos de implementação: Nuvem Privada, Pública, Híbrida e Comunitária [33]. A diferença de cada modelo está no tipo de acesso e na localização dos recursos computacionais, discutidos nas próximas subseções.

2.3.2.1 Nuvem Privada

Uma diferença importante da Nuvem Privada com relação aos demais tipos de implementação é que nela os recursos são disponibilizados exclusivamente para uma única organização. Esses recursos podem estar localizados nas dependências da empresa ou fora dela e o acesso é feito por uma Intranet [34]. A Figura 4 ilustra uma solução de Nuvem Privada.

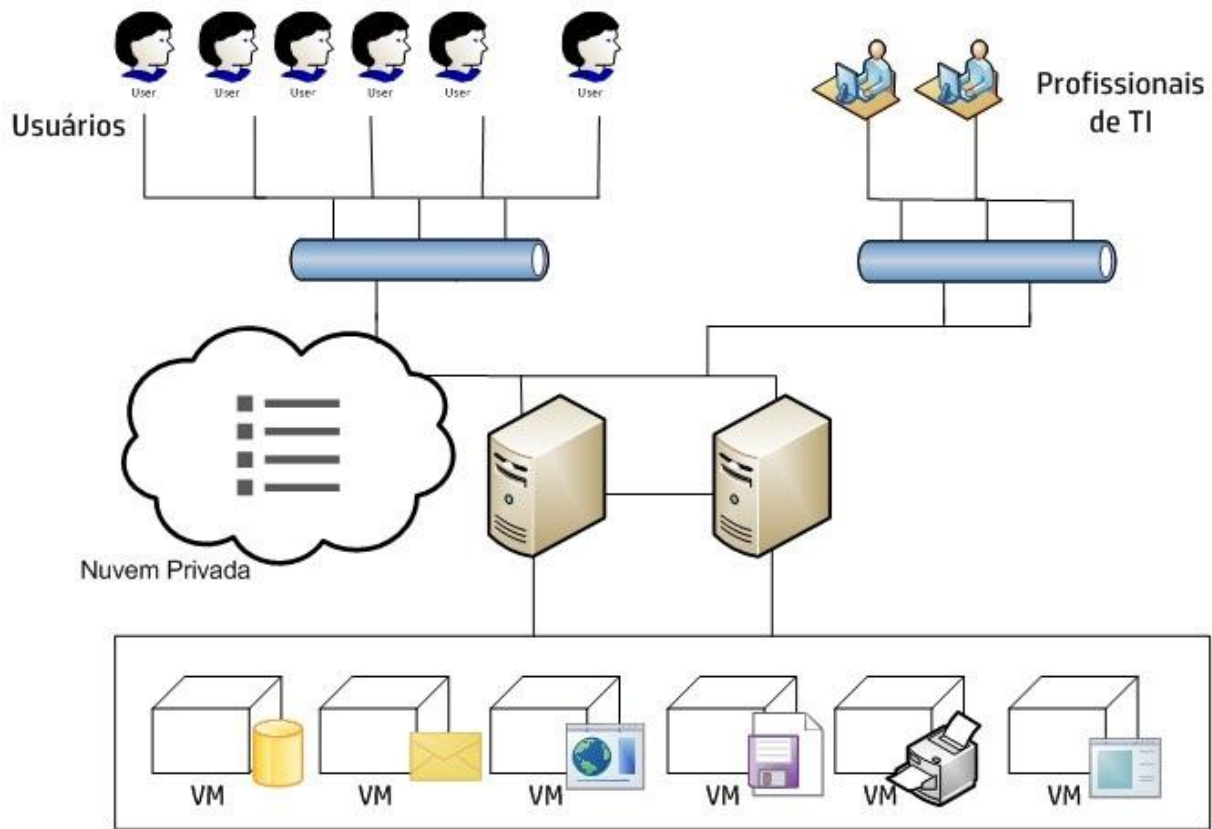


Figura 4. Computação em Nuvem Privada

Observa-se pela Figura 4 que a virtualização está presente na Computação em Nuvem. Desse modo, uma Nuvem Privada conta com os benefícios da virtualização [35] e apresenta características que podem fazer a diferença em um momento de decisão para migrar um *datacenter* tradicional. Os usuários acessam os recursos de TI por um portal do tipo *self-service* e o provisionamento desses serviços ocorre de maneira automatizada conforme definido por [34]. Ao utilizar esse portal, a partir do qual o próprio usuário escolhe o recurso desejado, a partir de uma lista de recursos disponíveis e o provisionamento é feito sem a intervenção humana, a empresa ganha em agilidade nos processos de provisionamento de recursos de TI [11]. Essa automatização libera os profissionais de TI para outras tarefas relacionadas ao negócio da empresa o que pode incrementar o crescimento do negócio e diminuir os custos com mão de obra de TI [36].

2.3.2.2 Nuvem Pública

Na Nuvem Pública, o acesso é pela Internet e os recursos estão disponíveis a qualquer usuário da rede, seja uma empresa ou uma pessoa física com acesso à Internet. O usuário não tem a informação da localização física dos recursos [34]. Na Nuvem Pública, os recursos são compartilhados com diversos usuários da Nuvem e cada usuário recebe uma

fatia de recurso de CPU, de memória, de rede e de dispositivos de armazenamento. O compartilhamento de recursos permite ao provedor a possibilidade de reduzir o preço dos serviços ofertados². Porém, os preços desses serviços podem aumentar consideravelmente porque a cobrança é pelo tempo de uso e pela capacidade de processamento e armazenamento³, esse tipo de cobrança é chamado de *pay-per-use* [34]. A Figura 5 representa uma estrutura de Nuvem Pública.

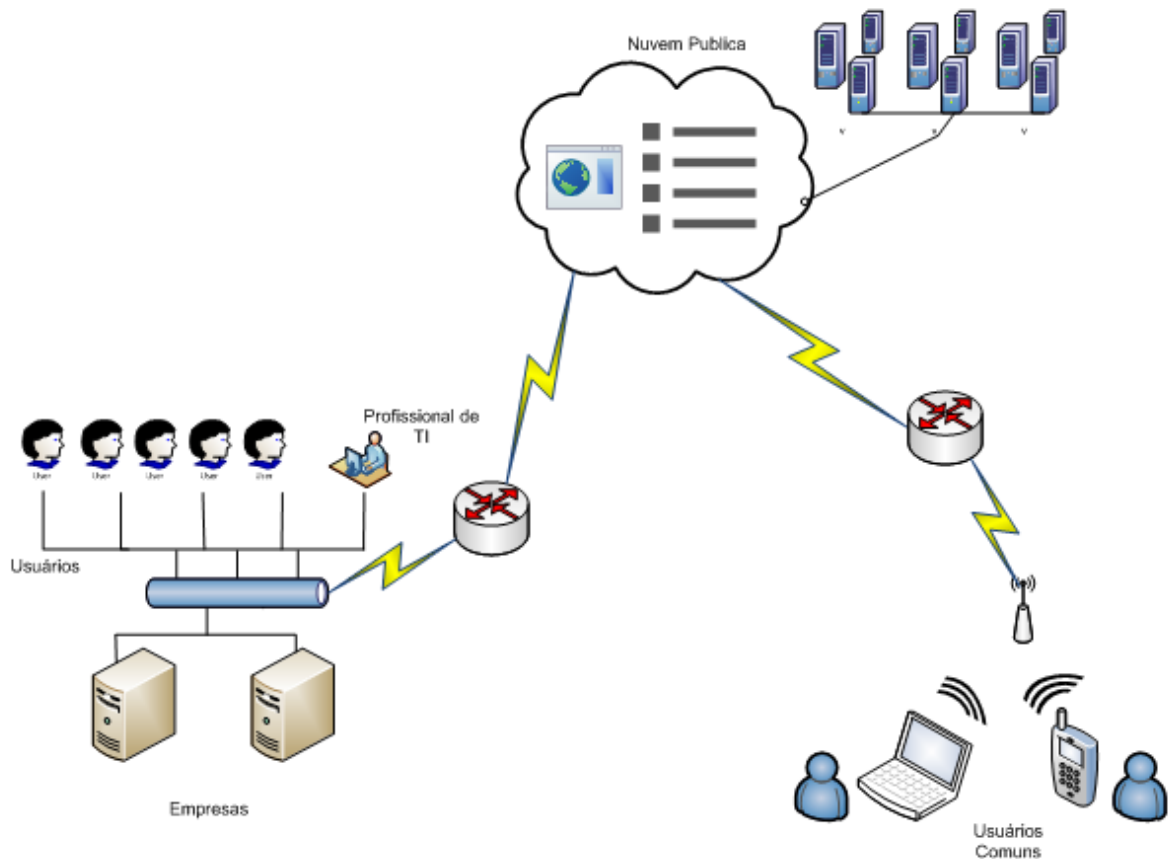


Figura 5. Computação em Nuvem Pública

Nesse modelo de Nuvem, pessoas físicas ou jurídicas podem acessar os recursos por um portal ou por uma API (*Application Programming Interface*), disponibilizada pelo provedor, para provisionar e gerenciar seu próprio recurso e a responsabilidade pela manutenção desse recurso é do usuário [37]. A infraestrutura física de equipamentos utilizada para oferecer os serviços da Nuvem Pública fica nas dependências do provedor e sob sua responsabilidade [33].

² A redução de preços será analisada na discussão

³ Alguns cálculos serão apresentados a título de exemplo

2.3.2.3 Nuvem Colaborativa ou Comunitária

A Nuvem Comunitária é caracterizada pelo compartilhamento de duas ou mais estruturas de nuvem entre organizações distintas, porém, com interesses em comum [33]. Nesse modelo, o acesso é bidirecional e os recursos são compartilhados de forma colaborativa [34] conforme Figura 6.

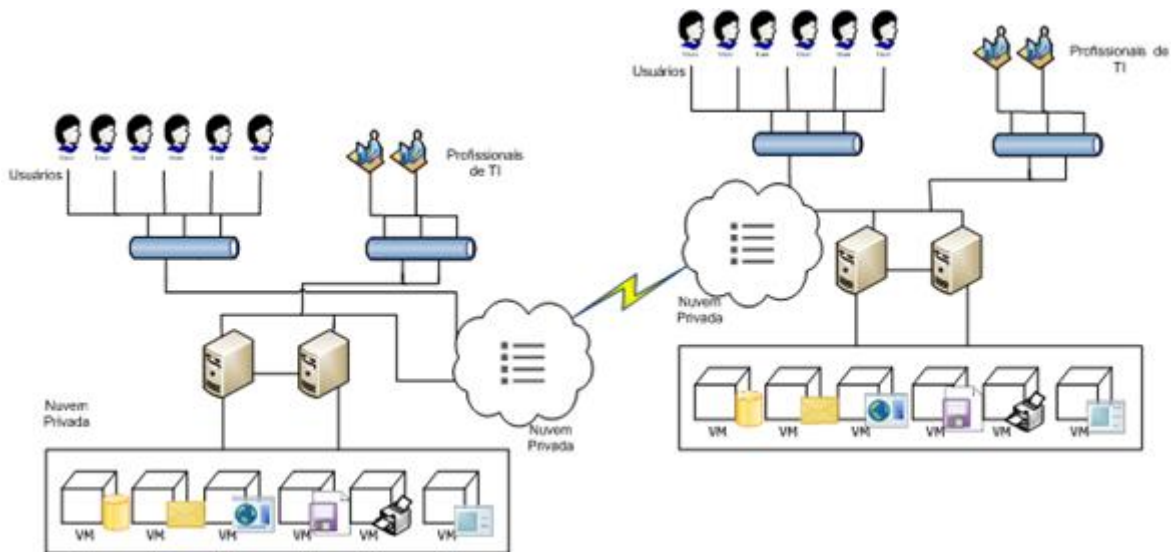


Figura 6. Computação em Nuvem Colaborativa

A Figura 6 mostra um exemplo de Nuvem Colaborativa entre duas organizações. Cada organização com sua estrutura de Nuvem Privada, conectadas entre si, podem compartilhar os recursos. Esse compartilhamento pode beneficiar projetos conjuntos, laboratórios de pesquisa, empréstimo de recurso entre as organizações participantes etc.

2.3.2.4 Nuvem Híbrida

Nuvem Híbrida é a conexão de dois ou mais tipos diferentes de Computação em Nuvem, seja pública, privada ou comunitária e essa conexão deve permitir a portabilidade das aplicações [34]. As Nuvens Híbridas podem ser benéficas por estender as capacidades de um tipo de Nuvem para outro. Uma organização com uma estrutura de Nuvem Privada pode enfrentar momentos de pico de utilização dos recursos locais. Para suprir as necessidades daquele momento, uma opção temporária seria a conexão com a Nuvem Pública para requisição de serviços que a estrutura local não atende. Por exemplo, em momentos de pico de venda de um produto quando os recursos locais não conseguem atender a demanda [11], [33]. A Figura 7 representa uma Nuvem Híbrida.

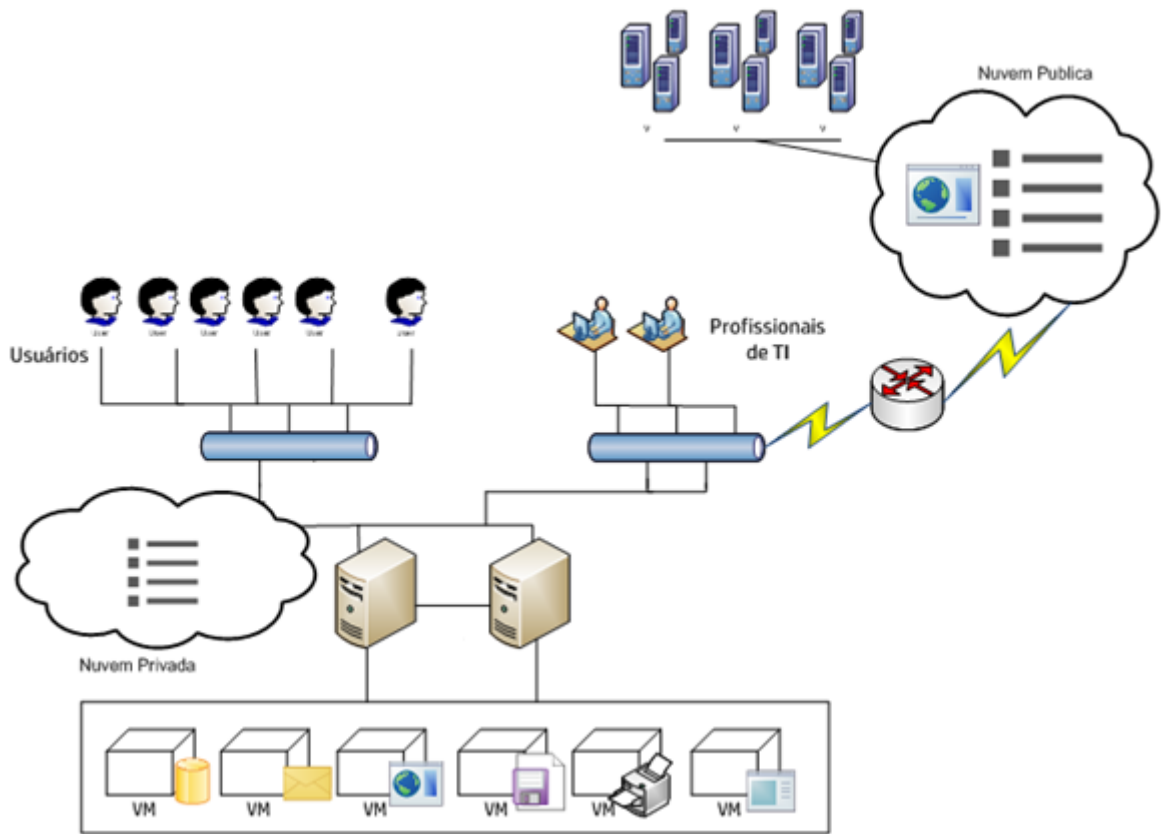


Figura 7. Computação em Nuvem Híbrida

O modelo apresentado na Figura 7 é um exemplo de Nuvem Híbrida. Neste exemplo tem-se uma solução de Computação em Nuvem Privada com conexão para Nuvem Pública. Essa conexão pode ser estabelecida provisoriamente somente quando houver necessidade e desfeita a qualquer momento sem prejuízo aos dois tipos de Nuvem.

Os modelos de implementação de Computação em Nuvem apresentados, Privada, Pública, Colaborativa e Híbrida, podem oferecer diferentes tipos de serviços que atendem necessidades distintas. Na próxima subseção serão apresentados os tipos de serviços encontrados em Computação em Nuvem.

2.3.3 Tipos de serviços

Os tipos de serviço oferecidos são, basicamente, de Infraestrutura (*Infrastructure-as-a-Service – IaaS*), Plataforma (*Platform-as-a-Service – PaaS*) e Software (*Software-as-a-Service – SaaS*) [33]. Estes serviços estão presentes em cinco camadas da Computação em Nuvem (Infraestrutura, Servidores, Plataformas de Software, Aplicações e Clientes/Usuários)

[38]. Nas camadas de Infraestrutura e Servidores, encontram-se toda a infraestrutura de *hardware*, armazenamento e rede, sendo esses os componentes presentes no modelo *IaaS*. Nas camadas Plataformas de Software e Aplicações encontram-se os serviços *PaaS* e *SaaS* respectivamente e na camada Clientes/Usuários, como o próprio nome diz, estão os usuários da Nuvem [38]. Outra abordagem semelhante para a Computação em Nuvem pode ser encontrada em [39], que apresenta-a como uma pirâmide, porém, contando com somente as três camadas já citadas, com a base da pirâmide sendo o modelo de serviço *IaaS*, seguido pelo *PaaS* e com o serviço *SaaS* no topo conforme Figura 8.

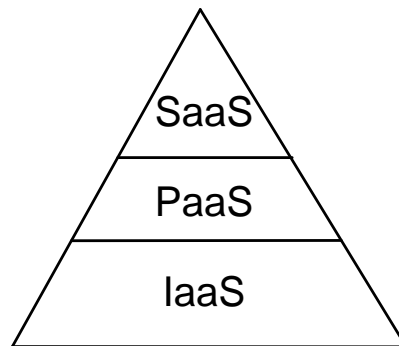


Figura 8. Tipos de Serviços na Computação em Nuvem. Adaptado de [39]

Os tipos de serviços representados na Figura 8 podem ser considerados como a base de todos os serviços de Computação em Nuvem encontrados na literatura. Alguns exemplos de derivações dos tipos de serviço apresentados na Figura 9 são: *Desktop-as-a-Service (DaaS)*, *Communication-as-a-Service (CaaS)*, *Data-Storage-as-a-Service (DsaaS)*, *Network-as-a-Service (NaaS)* e *Service-Delivery-Platform-as-a-Service (SDPaaS)* [40].

2.3.3.1 Infraestrutura como serviço

Um dos tipos de serviços oferecidos pela Computação em Nuvem é o de infraestrutura, sendo a camada base para os outros tipos de serviço, os outros são, portanto, dependentes diretamente dessa camada [39]. Nesse tipo é oferecido ao usuário a capacidade de provisionamento de servidores virtuais, com o sistema operacional desejado, armazenamento, memória, processamento e rede [33]. O usuário não tem acesso à infraestrutura física que foi utilizada para o provisionamento, que fica sob responsabilidade do provedor. Porém, o usuário tem total acesso ao serviço provisionado e é responsável pela manutenção desse serviço, como por exemplo, atualização de sistemas operacionais, instalação de softwares adicionais, aplicações etc. [33].

2.3.3.2 Plataforma como serviço

Plataforma como serviço é outro tipo de serviço oferecido pela Computação em Nuvem. Essa opção permite ao usuário o provisionamento de plataformas de desenvolvimento de *softwares*, ou seja, um nível acima do Sistema Operacional. O usuário tem acesso somente às plataformas de serviço como linguagens de programação, bibliotecas de *softwares* para o desenvolvimento de aplicações, porém não tem acesso à infraestrutura de *hardware*, sistema operacional e redes que nesse caso ficam sob responsabilidade do provedor [33].

2.3.3.3 Software como serviço

A última camada da pirâmide apresentada por [39] é a camada de *Software* como serviço. Esse tipo de serviço disponibiliza ao usuário aplicações prontas para serem utilizadas diretamente da Nuvem. É também o tipo de serviço em que o usuário tem o menor nível de acesso, ou seja, o usuário fica limitado a configurações na própria aplicação e não tem acesso à infraestrutura base como hardware, sistemas operacionais, rede, armazenamento etc. Qualquer usuário com acesso à Internet pode acessar esse tipo de serviço [33].

2.3.4 Características da Computação em Nuvem

A Computação em Nuvem em geral, independentemente do modelo de implantação, possui algumas características importantes para o gerenciamento de um *datacenter*, que podem fazer diferença na sua gestão com vantagens que vão além da virtualização. A seguir, apresentam-se as características mais importantes da Computação em Nuvem.

2.3.4.1 Portal de acesso do tipo Self-Service

Uma característica importante da Computação em Nuvem é a utilização de um portal do tipo *self-service* acessado via rede (Intranet na Nuvem privada e Internet na Nuvem Pública). Por este portal, o usuário requisita os recursos desejados, sob demanda e sem a intervenção de um profissional de TI [33], [34]. Com usuários devidamente cadastrados, é possível controlar, monitorar e reportar o acesso. Com isso, o gerenciamento é centralizado e a utilização dos recursos é mais transparente [34]. O próprio usuário também possui um controle centralizado dos recursos por ele requisitados.

2.3.4.2 Elasticidade

O conceito de elasticidade é outra característica que muito contribuiu para a popularização da Computação em Nuvem, apesar de apresentar alguns desafios com

relação à segurança [41]. Por exemplo, a elasticidade depende de técnicas de virtualização, essa característica pode representar um risco de segurança a medida em que vários usuários compartilham o mesmo servidor físico. Entretanto, esses problemas podem ser minimizados com a utilização de uma Nuvem Privada [41]. A elasticidade permite o aumento rápido, eventualmente automatizado, da capacidade de processamento, memória ou armazenamento de servidores virtuais. O recurso é provisionado temporariamente sob demanda, ou seja, somente quando há necessidade e liberado a qualquer momento de maneira elástica. A elasticidade dá a sensação de capacidade infinita ao usuário [13], [33].

2.3.4.3 *Multitenancy*

Multitenancy caracteriza-se pelo compartilhamento dinâmico de recursos oferecidos a diversos usuários (*tenants*) [33]. A utilização desse conceito permite o isolamento dos recursos por grupos de usuários e provê flexibilidade, confiabilidade e disponibilidade dos dados [42].

2.3.4.4 Contabilidade e faturamento (*Billing*)

A Computação em Nuvem utiliza um modelo de faturamento do tipo *pay-per-use* [34], com os recursos controlados e monitorados com a geração de relatórios [33] para que seja cobrado do usuário somente o que foi contratado e por quanto tempo o recurso foi utilizado [34], [43]. Essa prática pode ser verificada com mais frequência em serviços da Nuvem Pública, porém nada impede que em Nuvens Privadas também se implemente o conceito de faturamento por utilização. Alguns exemplos de empresas que oferecem serviços na Nuvem Pública e que utilizam esse conceito são a Amazon, Google, Microsoft dentre outras [44]. Esse conceito, quando implementado em Nuvens Privadas, permite que haja uma democratização no acesso a recursos de TI, cobra-se mais daqueles departamentos que mais utilizam os recursos.

2.3.4.5 *Cloud-Bursting*

Cloud-Bursting é uma característica da Computação em Nuvem Híbrida que conecta dois tipos diferentes de Nuvem para balanceamento de carga [34]. Outro exemplo de utilização de *Cloud-Bursting* é de uma infraestrutura de Nuvem Privada que requisita serviços de uma Nuvem Pública em determinadas ocasiões, por exemplo, em tempos de pico de utilização de recursos de TI [11]. Conforme discutido na Seção 2.3.2.4, a conexão temporária de uma Nuvem Privada com a Nuvem Pública pode atender demandas emergenciais.

As características apresentadas podem ser consideradas como um diferencial da Computação em Nuvem com relação à Virtualização. No modelo proposto no Capítulo 4,

essas características são avaliadas porque influenciam no processo de decisão de migração do *datacenter*.

2.4 Considerações a respeito da Migração entre os tipos de *Datacenter*

Algumas questões devem ser avaliadas no momento de decisão de migração de um *datacenter* tradicional, seja para virtualização ou para algum modelo de Computação em Nuvem. Para utilizar técnicas de virtualização no *datacenter*, é preciso se certificar de que as aplicações que a empresa utiliza sejam compatíveis com essas técnicas. A virtualização é uma das bases fundamentais da Computação em Nuvem [45], a empresa que possui um *datacenter* tradicional e que tenha possibilidade de virtualizar os servidores pode, dependendo de alguns fatores, utilizar a virtualização da própria Nuvem Pública, porém, antes de se contratar algum serviço na Nuvem Pública, algumas considerações devem ser feitas. Independentemente do modelo de *datacenter* utilizado pela empresa, alguns serviços da Nuvem Pública podem ser utilizados, como, por exemplo, uma aplicação de Recursos Humanos (RH), de *Customer Relationship Management* (CRM), ou um recurso temporário para um projeto específico etc. Porém, dois pontos importantes a serem avaliados na Nuvem Pública são o custo e a segurança na contratação desses serviços. Conforme já mencionado na Seção 2.3.2.2, o custo de provisionamento na Nuvem Pública é baixo em um primeiro momento. Por outro lado, se a necessidade de utilização do recurso se estender por três anos por exemplo, ou se a empresa necessitar de um recurso com alta capacidade de processamento ou memória, o custo pode ficar alto demais. Por exemplo, uma instância da Amazon (AWS) de Windows 2008 R2, modelo *m3.xlarge* que corresponde a 4 vCPU, 13 ECU, 15 GB de memória e 80 GB de disco (SDD) tem um custo de US\$ 0,633. Em três anos, esta instância custaria US\$ 16.635,24 [46]. O outro ponto citado, a segurança, deve ser avaliado com cuidado. Os dados da empresa podem ficar expostos porque o acesso é feito pela Internet. Outra consideração a ser feita é se um *datacenter* tradicional não deva migrar para a Nuvem Privada que também utiliza virtualização e tende a ser mais seguro do que a Nuvem Pública. Essas questões serão avaliadas no modelo proposto no Capítulo 4. Nas próximas subseções apresentam-se algumas comparações entre os tipos de *datacenter* e fatores que podem influenciar na decisão de migração.

2.4.1 *Datacenter* Tradicional vs. Virtualização

Conforme mencionado na Seção 2.1, um dos principais problemas de um *datacenter* tradicional é o desperdício de recursos computacionais acarretado por tal implementação. Para se conseguir alta disponibilidade e tolerância às falhas, em um *datacenter* tradicional, é necessária a duplicação dos servidores, o que leva à elevação do custo em geral. Com a virtualização, esse desperdício poderia ser evitado, pois existe um compartilhamento de recursos, ou seja, um servidor físico pode conter mais de uma máquina virtual. Mesmo que as máquinas virtuais sejam duplicadas para se obter alta disponibilidade, o número de servidores físicos é menor. Em um *datacenter* Tradicional, o número elevado de servidores

dedicados, porém subutilizados, gera calor excessivo [7]. É necessário que o *datacenter* seja devidamente refrigerado e quanto maior o número de servidores, aumenta também o número de equipamentos de refrigeração. Observa-se portanto um consumo muito alto de energia elétrica nesse modelo.

Para se fazer uma comparação entre um *datacenter* tradicional e um *datacenter* que utilize técnicas de virtualização com relação ao custo de propriedade ou TCO (*Total Cost Ownership*), que é definido pelo custo do equipamento em si somado à depreciação e aos custos com energia elétrica e refrigeração, realizou-se um estudo que evidencia a quantidade de servidores físicos que indica ser vantajosa a migração de um *datacenter* tradicional para o modelo virtualizado. Neste estudo realizou-se uma simulação com dez cenários, cada um com uma quantidade de servidores físicos que poderiam ser virtualizados, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Tabela de Cenários DC Tradicional vs. DC Virtualizado

Cenários	Modelo <i>Datacenter</i>	Qtde Servidores Físicos	Qtde VM's
1	Tradicional	1	0
	Virtualizado	1	1
2	Tradicional	2	0
	Virtualizado	2	2
3	Tradicional	4	0
	Virtualizado	2	4
4	Tradicional	6	0
	Virtualizado	2	6
5	Tradicional	8	0
	Virtualizado	2	8
6	Tradicional	10	0
	Virtualizado	3	10
7	Tradicional	12	0
	Virtualizado	3	12
8	Tradicional	14	0
	Virtualizado	4	14
9	Tradicional	16	0
	Virtualizado	4	16
10	Tradicional	20	0
	Virtualizado	5	20

No primeiro cenário, há apenas um servidor físico para o *datacenter* tradicional, no segundo dois servidores, no terceiro quatro servidores, e assim por diante aumentando gradativamente conforme a Tabela 1 até chegar a vinte servidores no décimo cenário. Caso o modelo virtualizado fosse utilizado nos cenários, o número de servidores físicos seria menor porém, mais potentes. Para essa simulação utilizou-se dois modelos de servidor, para

datacenter tradicional os servidores possuem dois Processadores *Quad Core*, 8 GB de memória, uma fonte de alimentação de 500 W e dois Discos-Rígidos de 300 GB. Se a opção fosse pela virtualização, utilizaria-se servidores mais potentes e para esses cálculos de comparação optou-se por servidores com a seguinte configuração, cada servidor com dois Processadores *Twelve-Core*, 16 GB de memória, duas fontes de alimentação de 460 W e seis Discos-Rígidos de 450 GB. Considerou-se que com esta configuração cada servidor físico poderia abrigar até quatro servidores virtuais. Para a simulação, utilizou-se o aplicativo *Power Advisory* [47], distribuído como *freeware* pela *Hewlett-Packard*⁴. O aplicativo permite calcular o consumo de energia elétrica, a dissipação de calor e custo total, considerando-se os gastos com energia elétrica (equipamentos mais refrigeração). Utilizou-se o valor médio do custo de energia no Brasil em 2013, que foi de R\$ 0,315 por kWh [48]. Nas próximas subseções apresentam-se os resultados dessa simulação.

2.4.1.1 Consumo de energia elétrica

O aplicativo apresenta o consumo de energia elétrica de cada modelo de servidor. O cálculo foi realizado de acordo com o número de servidores tanto para o *datacenter* tradicional quanto para o *datacenter* que utiliza virtualização. A Figura 9 mostra o gráfico da evolução de consumo nos dez cenários.

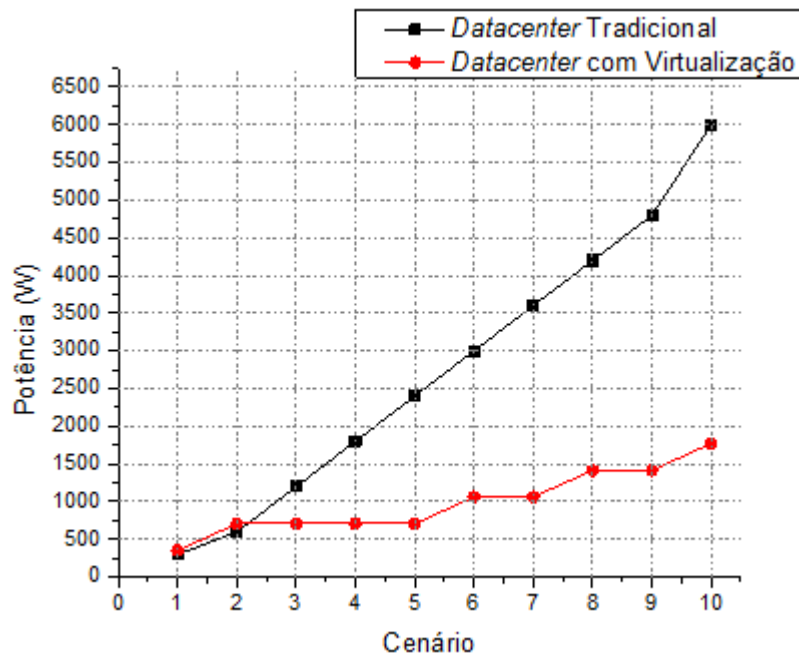


Figura 9. Evolução do consumo de energia vs. Cenário.

⁴ Optou-se pelo aplicativo *Power Advisory* da *Hewlett-Packard* por atender a necessidade dos cálculos.

O Gráfico apresentado na Figura 9 mostra no eixo das abcissas os dez cenários que representam *datacenters* com número de servidores que varia de acordo com cada cenário conforme descrição na Tabela 1 da Seção 2.4.1. No eixo das ordenadas apresenta-se o consumo de energia elétrica em Watts para cada cenário. Percebe-se que o *datacenter* que utiliza virtualização, mesmo com servidores mais potentes, tem uma evolução de consumo menor quando comparado ao *datacenter* tradicional. Quanto maior o número de servidores, mais vantajosa é a opção pela virtualização.

2.4.1.2 Dissipação de Calor

O aplicativo utilizado apresenta um valor fixo de dissipação de calor (BTU h) para cada modelo de servidor. O cálculo que se faz é a multiplicação desse valor pelo número de servidores em cada cenário. A Figura 10 apresenta esse resultado.

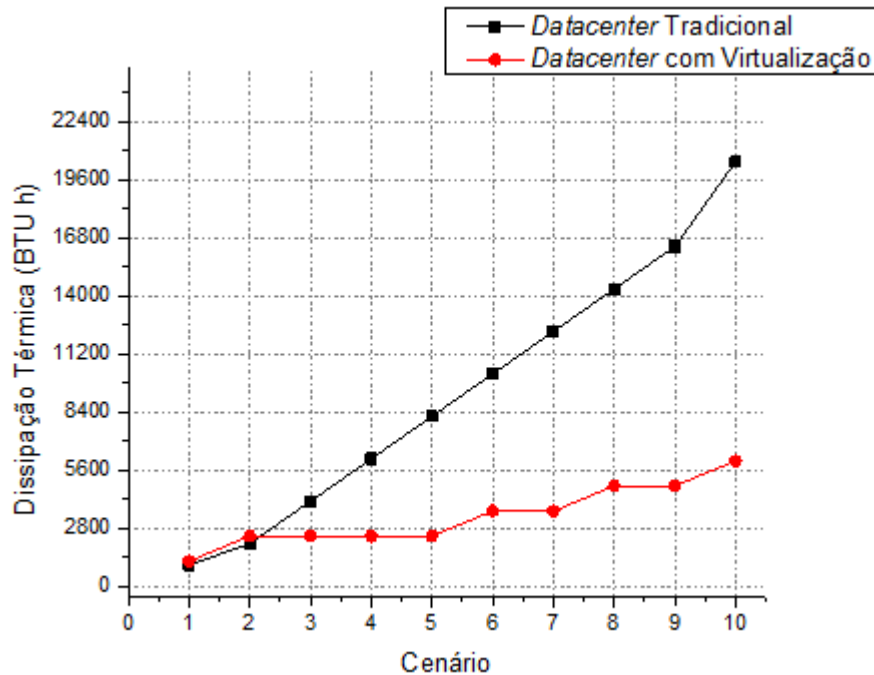


Figura 10. Estimativa de Geração de Calor

O calor gerado com o aumento do número de servidores físicos pode crescer consideravelmente conforme mostra a curva do *datacenter* tradicional na Figura 10. Como no ambiente virtualizado há o compartilhamento de recursos, ou seja, o aproveitamento dos recursos físicos (servidores) é maior, o número de servidores e a dissipação térmica são menores.

2.4.1.3 Estimativa de TCO

O aplicativo *Power Advisory*, citado anteriormente, considera para o cálculo do custo total de propriedade (TCO), tanto o consumo de energia devido ao funcionamento dos

servidores como o consumo de energia para refrigeração dos mesmos em três anos (período considerado pelo aplicativo). Para este estudo considera-se também o custo de compra⁵ dos servidores, pois os cenários comparados possuem quantidades diferentes de servidores. Este cálculo é feito com a aplicação da fórmula (2).

$$T = \left(\left(\left(\frac{2Y}{1000} \right) \cdot \chi \cdot \Delta T \right) + C \cdot N \right) / 1000 \quad (2)$$

Sendo T o custo TCO em kUS\$, Y o consumo do servidor em Watts, χ a tarifa de energia elétrica, ΔT o tempo de 3 anos em horas, C o custo de compra do servidor e N o número de servidores que varia de acordo com o cenário. A estimativa de consumo total de energia elétrica considera tanto o consumo de energia dos servidores ligados como o consumo de energia para refrigeração dos mesmos. Nas simulações, considera-se que para cada 1 W consumido é necessário 1 W para refrigeração conforme resultado apresentado na Figura 11.

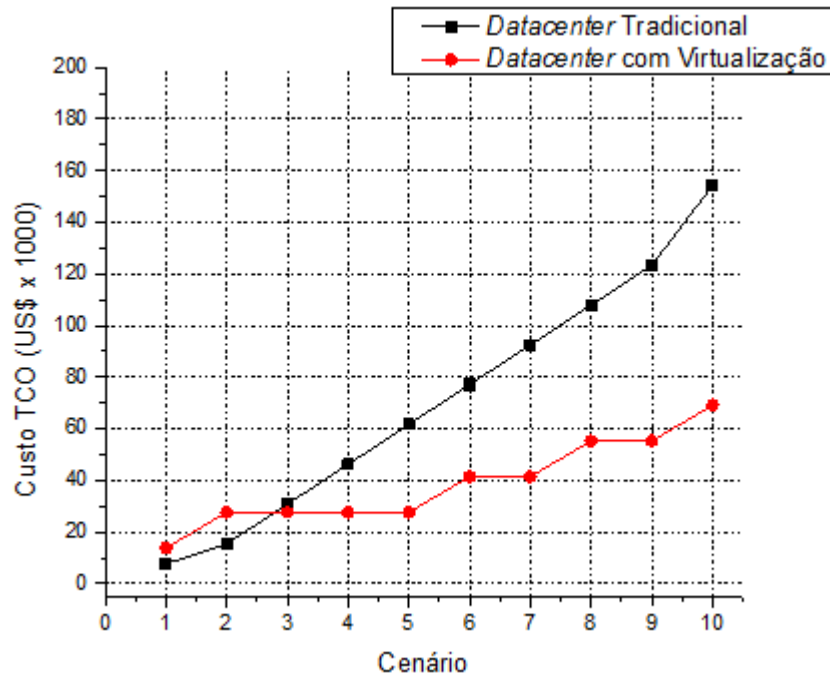


Figura 11. Estimativa de TCO em três anos

Verifica-se pela Figura 11 que, não levando em consideração as aplicações utilizadas e simplesmente o número de servidores, a partir de três servidores a virtualização já seria vantajosa. Porém, há uma característica da virtualização que pode ser um impeditivo à sua adoção, que seria o custo de licenciamento caso a empresa opte por uma solução proprietária de virtualização. Este custo pode influenciar na decisão de migração para virtualização. Entretanto, há a alternativa da empresa optar por soluções *Open Source* que são soluções com código aberto e sem custo. Contudo, vale lembrar que esta opção nem

⁵ Realizou-se uma pesquisa de mercado para verificar o custo médio de compra dos servidores

sempre oferece a possibilidade de assistência por parte do fabricante. Essa questão será abordada no modelo proposto no Capítulo 4.

2.4.2 Virtualização vs. Computação em Nuvem

Computação em Nuvem utiliza recursos da virtualização como compartilhamento de servidores físicos, facilidade de reconfiguração das máquinas virtuais, alta disponibilidade, alta capacidade de resposta, dentre outras características importantes [35].

Se a empresa já utiliza técnicas de virtualização, poderia haver contratação de serviços temporários na Nuvem Pública. Nesse caso a empresa estaria em um modelo de *datacenter* que utiliza a virtualização mas também utiliza a Nuvem Pública de acordo com a necessidade.

Outra situação é quando a empresa já utiliza técnicas de virtualização e considerando os problemas de vulnerabilidade que a Nuvem Pública possa apresentar [14] devido ao fato da Nuvem Pública utilizar a Internet, a migração para uma solução de Computação em Nuvem Privada pode ser considerada porque este modelo de implementação utiliza a Intranet, que pode ser considerada relativamente mais segura. A Nuvem Privada compartilha técnicas de virtualização herdando os benefícios desse modelo. Nesse sentido, um questionamento que surge no cenário é: “Por que utilizar um modelo de Computação em Nuvem se as técnicas de virtualização já trazem os vários benefícios que a Nuvem oferece?”. Diante do fato de que a Computação em Nuvem utiliza técnicas de outros modelos, como a virtualização por exemplo, há quem defenda que esse é apenas um novo nome para tecnologias já existentes com o intuito de alavancar vendas [49]. Entretanto, percebe-se que a Computação em Nuvem é mais do que apenas um novo nome. O modelo herda os benefícios da virtualização e acrescenta características que podem fazer diferença na maneira como a TI é vista na empresa. A Figura 12 apresenta essas características mostrando o que há em comum entre um *datacenter* que utiliza técnicas de virtualização e um que utiliza uma estrutura de Nuvem Privada *IaaS*. As características adicionais da Nuvem podem influenciar na decisão de escolha de migração de um *datacenter* tradicional.

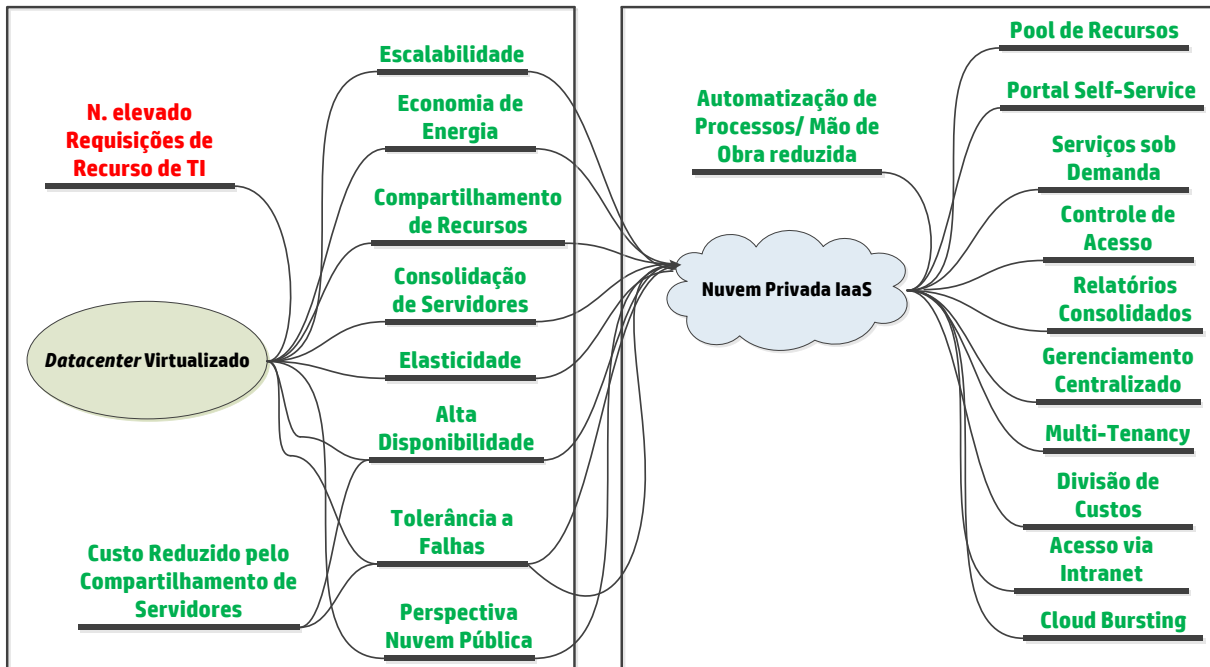


Figura 12. *Datacenter Virtualizado vs. Nuvem Privada IaaS*

Observa-se pela Figura 12 que os benefícios da virtualização como economia de energia, escalabilidade, otimização e compartilhamento de recursos e custo reduzido são mantidos em uma Nuvem Privada. Além disso, uma Nuvem Privada *IaaS*, também oferece diversos benefícios presentes na Nuvem Pública, porém com uma diferença importante; o total controle dos recursos [50]. As características da Computação em Nuvem apresentadas na Seção 2.3.4 estão presentes também no modelo Privado e essas características podem fazer a diferença para o negócio da empresa. Mais do que virtualizar o *datacenter*, a empresa ganha com gerenciamento centralizado de recursos de TI, agilidade em atividades de TI consideradas triviais, mas que demandam tempo, tais como o controle e divisão de custos de TI, dentre outras vantagens. A importância que essas características têm para o negócio da empresa é avaliada no questionário apresentado no Apêndice 2 e posteriormente, essa avaliação é utilizada na ferramenta proposta apresentada no Capítulo 4.

Estimativa de Custo de Mão de Obra de TI

Para ilustrar o custo de mão de obra de TI para o provisionamento de serviços, realizou-se uma estimativa que mostra a relação dos custos em função do número de requisições de servidores, conforme Figura 13.

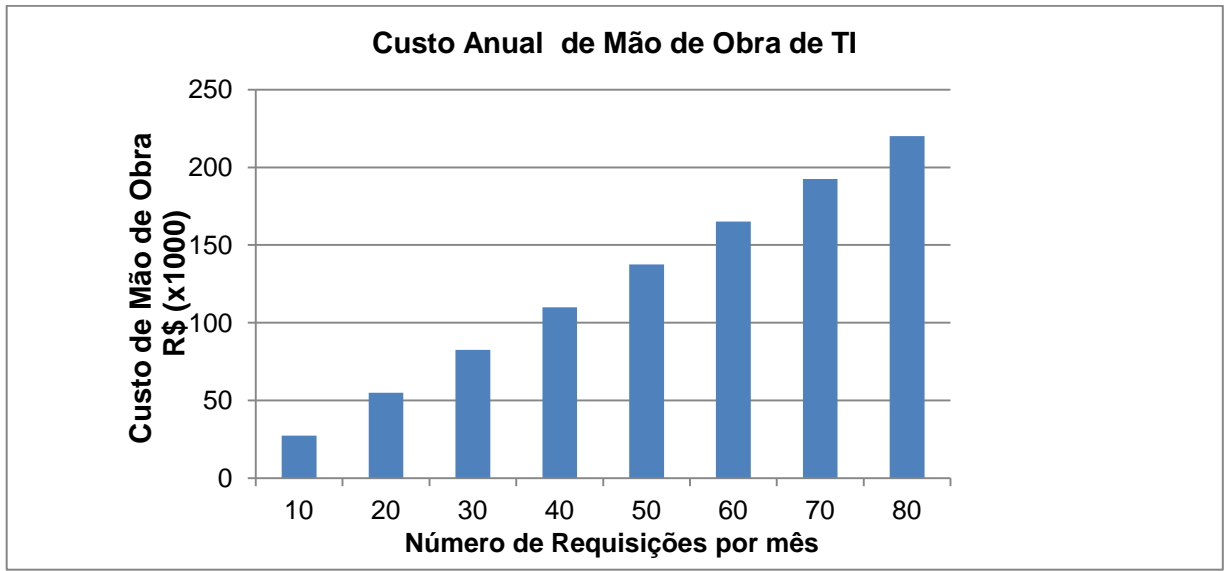


Figura 13. Custo Anual com Mão de Obra de TI para serviços

O número de requisições que o grupo de TI recebe para disponibilizar um servidor na rede, seja físico ou virtual, pode ser elevado dependendo do negócio da empresa. Nesta simulação, supõe-se que, para o provisionamento de um servidor, necessitam-se dos seguintes profissionais de TI: um analista de sistemas, um analista de redes e, eventualmente, um analista de banco de dados. No ano de 2011 a média salarial destes profissionais era de R\$ 2833,69, R\$1322,71 e R\$ 1894,64, respectivamente [51]. Adicionalmente, os encargos salariais pagos por uma empresa podem chegar a um total de 102% do salário [52]. Pelo gráfico apresentado na Figura 13, os custos de mão de obra de TI podem chegar a mais de R\$ 220.000,00 anualmente para 80 requisições de provisionamento por mês. Os cálculos para se chegar a esses valores encontram-se no Apêndice 1.

Neste trabalho estimou-se que a partir de 20 requisições mensais, o que corresponderia a um gasto de aproximadamente R\$ 55.000,00 por ano com mão de obra de acordo com o gráfico apresentado na Figura 13, já seria viável a implantação de uma solução de Nuvem Privada (v. Apêndice 1). Os recursos financeiros com mão de obra para provisionar os serviços de TI poderiam ser economizados devido à automação que ocorre quando se utiliza uma estrutura de Nuvem Privada para o provisionamento. Portanto, a implantação de uma estrutura de Nuvem Privada agrega os benefícios da virtualização, conforme já mencionado, e pode trazer ganhos financeiros por automatizar tarefas que seriam executadas manualmente. Além disso, a Nuvem Privada se comparada com a Nuvem Pública, que também oferece automação no provisionamento, tende a ser mais segura por utilizar a Intranet e não a Internet, conforme discussão da próxima subseção.

Apresentados os tipos de *datacenter*, tradicional, virtualizado e os que utilizam algum modelo de Computação em Nuvem, torna-se necessário um mecanismo que identifique as regras que devem ser observadas quando da escolha de utilização de um tipo ou de outro. No modelo proposto utilizou-se o formalismo de Máquina de Estados Finitos para o

desenvolvimento da ferramenta de apoio à tomada de decisão; no próximo capítulo apresentam-se alguns conceitos de Máquina de Estado Finitos.

3 MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS

Máquina de estados finitos ou *Finite State Machine (FSM)* é um modelo computacional formado por um conjunto de estados, entradas e uma função de transição que é determinada pelo estado atual e pelas entradas. A máquina sai do estado inicial e passa para um estado seguinte dependendo da função de transição. Existem diferentes tipos de máquina de estados [53], por exemplo:

- **Máquinas de Mealy**

São máquinas cujas saídas variam de acordo com os estados e com as ações de entrada. Se uma entrada muda, a máquina reage a essa mudança podendo alterar o seu estado. Nesse modelo, as entradas afetam o próximo estado e não o estado atual [54].

- **Máquinas de Moore**

São máquinas cujas saídas variam somente de acordo com cada estado, ou seja, o estado da máquina muda se as entradas mudam mas somente se uma regra específica de transição ocorrer [54].

- **Máquinas Determinísticas e não Determinísticas**

As Máquinas Determinísticas são as máquinas cujos estados possuem uma única transição para cada entrada e as Não Determinísticas uma entrada pode gerar uma ou mais transições de estado ou até não gerar nenhuma transição [53].

A escolha de cada máquina vai depender do tipo de aplicação ou até mesmo da preferência do desenvolvedor e a utilização de dois modelos ou mais para a mesma aplicação pode ser encontrada [54]. O esquemático de uma Máquina de Estados Finitos pode ser visto na Figura 14 [55].

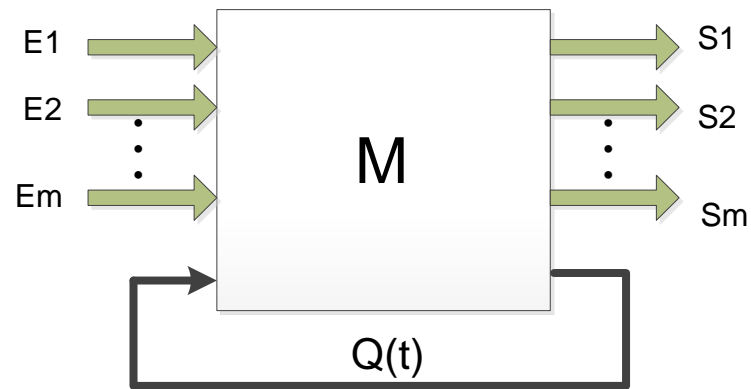


Figura 14. Máquina de Estados Finitos. Adaptado de [55]

A máquina de estados representada na Figura 14 possui um número finito de entradas “E” e um número também finito de saídas “S”. O conjunto de entradas possíveis representa um vetor de entradas (E_1, E_2, \dots, E_m). A variável $Q(t)$ representa o estado atual da máquina que é definido pelas regras de transição aplicadas às entradas que geram as saídas no instante $t+1$ da máquina. Ou seja, o estado atual é representado por $Q(t)$ e o estado futuro é determinado pelo vetor de saídas (S_1, S_2, \dots, S_m) e representado por $Q(t+1)$ que depende das entradas atuais.

3.1 Exemplo de Máquina de Estados

Um exemplo muito simples que pode ser representado por uma Máquina de Estados é de uma catraca de ônibus ou de entrada de algum estabelecimento. Uma catraca possui apenas dois estados, travada e destravada, a transição entre um estado e outro vai depender de duas ações, ou seja, a ação de passar um cartão magnético para destravá-la e a ação de rodar a catraca para travá-la novamente [56]. Essas ações representam as regras de transição da Máquina de Estados, a Figura 15 representa o diagrama de estados para esse exemplo.

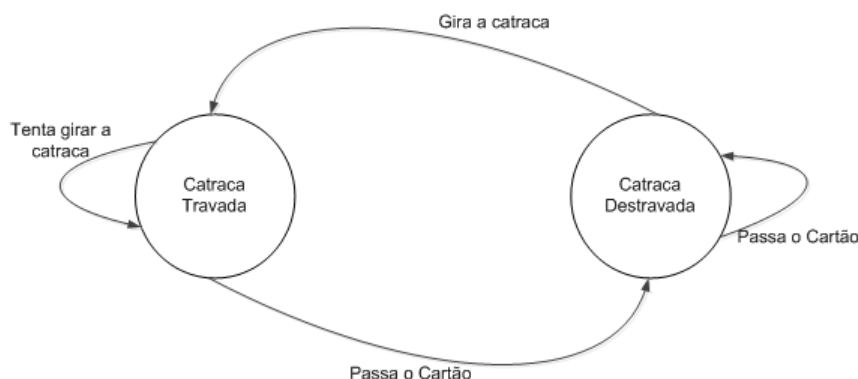


Figura 15. Diagrama de transição de Estados – Adaptada de [56]

Os dois estados, “catraca travada” e “catraca destravada”, podem sofrer duas ações, a de girar a catraca ou a passagem do cartão magnético. Na primeira ação o estado “catraca travada” não se altera enquanto que na segunda ação, há uma transição para o estado “catraca destravada”. O contrário acontece com o estado “catraca destravada” que não passa por nenhuma transição quando a ação é de passar o cartão, por outro lado, há uma transição para “catraca travada” quando a ação é de girar a catraca.

A Tabela 2 representa os dois estados da catraca e as ações que geram ou não uma mudança de estado.

Tabela 2. Tabela de transição para uma catraca

Estado atual	Entrada	Estado futuro	Saída
Travada	Passa cartão	Destravada	Libera catraca
	Roda catraca	Travada	Nula
Destravada	Passa cartão	Destravada	Nula
	Roda catraca	Travada	Trava catraca

Neste trabalho, a teoria de máquina de estados finitos foi utilizada no modelo proposto para representar o estado atual de um determinado *datacenter* e o estado futuro que o *datacenter* pode assumir dependendo de algumas características que serão avaliadas. Observa-se que os diferentes tipos de *datacenter* podem ser representados como os estados de uma Máquina de Estados Finitos. As características de cada tipo são as entradas que, submetidas à algumas regras, definem a transição de um estado para outro, ou seja, de um tipo de *datacenter* para outro. No próximo capítulo apresenta-se o modelo proposto.

4 FERRAMENTA DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO

Neste capítulo apresenta-se uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão no processo de migração entre *datacenters* do tipo tradicional, virtualizado e os que operam de acordo com os modelos de Computação em Nuvem, privada, pública e híbrida. Desenvolveu-se a ferramenta com base nas características de cada tipo de *datacenter* e na avaliação que se faz de algumas características da empresa. Nas próximas seções, apresentam-se os detalhes da ferramenta.

4.1 Modelagem da Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão

Aplicou-se o seguinte método para a modelagem da ferramenta. Informações do *datacenter* atual da empresa e informações relacionadas a *datacenter* tradicional, virtualização e Computação em Nuvem são coletadas através de um questionário. Os dados

coletados são tratados e, em seguida, utiliza-se o formalismo de Máquina de Estados Finitos [53] que recomenda se a migração deve ocorrer. A ferramenta recomenda que o tipo de *datacenter* atualmente utilizado pela empresa seria o mais adequado ou que poderia haver uma migração, ou seja, entre um *datacenter* tradicional, um que utilize técnicas de virtualização ou um que utilize técnicas de Computação em Nuvem, pública, privada ou híbrida. A Figura 16 mostra a ferramenta dividida em camadas.



Figura 16. Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão

Basicamente, a ferramenta é dividida em três camadas. A primeira camada se refere ao Questionário de Avaliação (apresentado em um formulário contínuo no Apêndice 1). As respostas do questionário são passadas para a segunda camada que faz o tratamento dos dados coletados e gera um vetor de cinco variáveis booleanas, NSF, QNPu, PVA, QDCV e QNPr. Este vetor é passado para a terceira camada e processado por um aplicativo que indica se a migração deve ocorrer. Discute-se estas camadas com mais detalhes a seguir.

Camada 1 – Questionário de avaliação

O questionário de avaliação foi enviado à quarenta e duas empresas de diversas áreas de atuação e para garantir a procedência das respostas, escolheu-se o gestor de TI como destinatário⁶. Esse questionário foi elaborado para coletar informações importantes a respeito de algumas características de TI, que serão discutidas com mais detalhes nas próximas sessões, levando-se em consideração as características de cada tipo de *datacenter*. Utilizam-se estas informações para as outras camadas da ferramenta.

Camada 2 – Tratamento dos dados

Nesta camada, utilizam-se as respostas coletadas no questionário como parâmetros de entrada para um algoritmo que faz o tratamento dos dados gerando como resultado um vetor de cinco posições que será utilizado pela próxima camada.

⁶ Um pedido de autorização foi enviado antes do envio do questionário propriamente dito para que este fosse respondido mediante a autorização do gestor de TI.

Camada 3 – Máquina de Estados Finitos

Nesta camada, o vetor *VT*, gerado pelo tratamento dos dados coletados pelo questionário, é utilizado como parâmetro de entrada de outro aplicativo, que opera de acordo com um algoritmo de Máquina de Estados Finitos (FSM). Este aplicativo é utilizado para avaliar as combinações e sequências das variáveis do vetor *VT* e indica as possíveis transições entre os diferentes tipos de *datacenter*. A indicação é feita considerando-se a realidade da empresa naquele momento que é avaliada com base nas respostas fornecidas. O aplicativo recomenda se a empresa deve permanecer no *datacenter* atual ou migrar para outro tipo de *datacenter*.

Nas seções seguintes, discute-se detalhadamente a ferramenta proposta, passando pelas questões elaboradas para a coleta dos dados (camada 1), o tratamento destes dados para geração do vetor *VT* (camada 2) e como o aplicativo, desenvolvido em Máquina de Estados (camada 3), processa este vetor para apresentar os resultados.

4.2 Coleta e Tratamento dos Dados

Desenvolveu-se um questionário que permite coletar os parâmetros que serão relevantes para a tomada de decisão quanto à escolha do *datacenter* mais adequado às necessidades da empresa. Insere-se as respostas deste questionário em um aplicativo desenvolvido, apresentado no Apêndice 3, para tratar os dados coletados. O tratamento destes dados resulta no vetor *VT* (NSF, QNPu, PVA, QDCV, QNPr), sendo, NSF, Número de Servidores Físicos, QNPu, Quesitos de Nuvem Pública, PVA, Possibilidade de Virtualização Alcançada, QDCV, Quesitos de *Datacenter* Virtualizado e QNPr, Quesitos de Nuvem Privada. À estas variáveis atribui-se os valores “0” ou “1” dependendo das informações coletadas no questionário. No final deste processo, tem-se o vetor *VT* com cinco variáveis booleanas.

A primeira questão do questionário coleta a informação do tipo de *datacenter* a empresa utiliza no momento da avaliação.

Questão 1: Que tipo de infraestrutura de TI a empresa possui?

Esta questão não influencia nenhuma das variáveis do vetor *VT*, porém é utilizada pelo aplicativo da terceira camada da ferramenta para determinar se alguma migração deverá ocorrer. Nas subseções seguintes, discute-se as demais questões e como são determinados os valores de cada uma das variáveis do vetor.

4.2.1 Determinação da variável “Número de Servidores Físicos”

Conforme discutido no Capítulo 2, Seção 2.4.1.3, a quantidade de servidores físicos influencia na viabilidade de virtualização que mostra-se mais vantajosa a partir de três

servidores. É possível economizar recursos computacionais, otimizar o espaço físico, diminuir o consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, economizar recursos financeiros, dentre outras vantagens. O fluxograma da Figura 17 mostra a avaliação feita pela questão 2 do questionário e como ocorre a atribuição de valor à variável NSF.

Questão 2: Quantos servidores físicos a empresa possui?

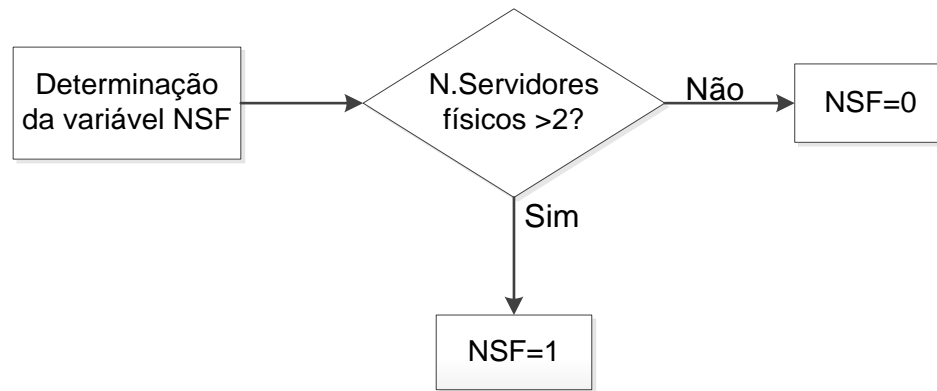


Figura 17. Fluxograma de Determinação da Variável NSF

O questionamento apresentado é acerca da quantidade de servidores físicos que a empresa possui, apesar da quantidade de servidores ser uma medida decimal, atribui-se os valores booleano "0" ou "1" à variável NSF, ou seja, se o número de servidores físicos é maior que dois, então NSF=0, caso contrário NSF=1.

4.2.2 Determinação da variável "Possibilidade de Virtualização Alcançada"

Apesar dos benefícios que podem ser alcançados com a virtualização, conforme discutido no Capítulo 2, Seção 2.4, nem sempre é possível a utilização desta técnica. A possibilidade de se utilizar a virtualização dependerá do tipo de aplicação que a empresa utiliza e do desenvolvedor da aplicação. As aplicações que a empresa utiliza podem não ser compatíveis com a virtualização, ou seja, não foram desenvolvidas para serem executadas em máquinas virtuais. Outro problema é a falta de homologação por parte do desenvolvedor para que a aplicação seja executada em um ambiente virtual. A falta de homologação leva à falta de assistência técnica.

Portanto, aplicações incompatíveis ou não homologadas na virtualização não podem ser migradas. A variável PVA é determinada após a avaliação da questão 3 e a Figura 18 descreve como esta questão é tratada para determinar o valor desta variável.

Questão 3. As aplicações que a empresa trabalha são compatíveis e homologadas na virtualização?

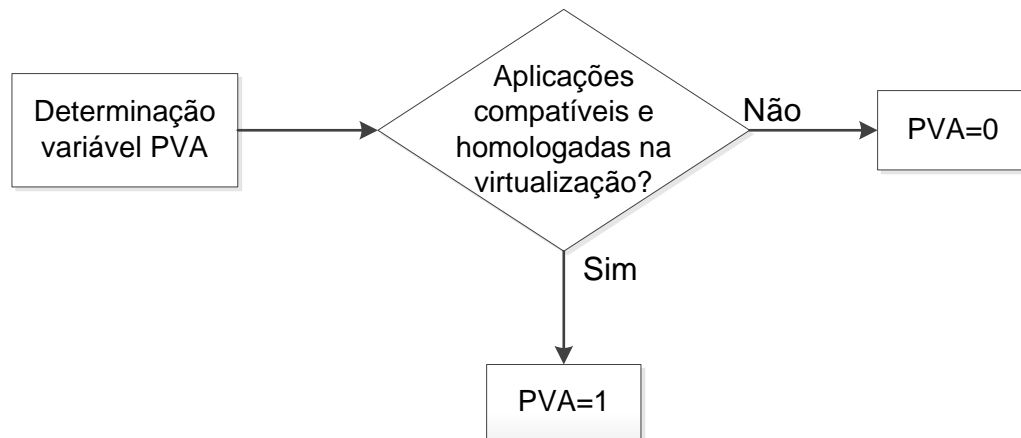


Figura 18. Fluxograma de Determinação da Variável PVA

O fluxograma apresentado na Figura 18 mostra que a variável PVA só recebe o valor “1” se as aplicações que a empresa utiliza forem compatíveis e homologadas na virtualização, caso contrário considera-se que a virtualização não seja possível, então PVA recebe o valor “0”

4.2.3 Determinação da variável “Quesitos de *Datacenter* Virtualizado”

Quando as aplicações são compatíveis e passíveis de virtualização, a questão do custo é um ponto importante a ser avaliado. Existem duas opções para virtualização quando se avalia o custo. A primeira é utilizar uma solução de software livre⁷ e a segunda é utilizar uma solução proprietária com custo de licenciamento. O problema de se utilizar uma solução de software livre é a falta de assistência técnica. Como não há custo, não há obrigatoriedade por parte do desenvolvedor de prover assistência. Por outro lado, para uma solução proprietária, o custo com licenciamento poderá estar além das possibilidades da empresa. Portanto, é necessário avaliar se o custo com licenciamento é viável, ou se uma solução de software livre atenderá as necessidades da empresa. Para que esta avaliação seja feita, foram criadas as duas questões abaixo. O fluxograma da Figura 19 mostra como estas questões são tratadas para determinar o valor da variável QDVC.

Questão 4. Para as aplicações compatíveis com virtualização, a empresa utilizaria uma solução software livre de virtualização, ou seja, sem custo, porém sem assistência técnica, para migrar os servidores físicos para virtuais?

Questão 5. Para as aplicações compatíveis com virtualização, o custo com licenciamento poderia ser um impeditivo para migrar os servidores físicos para virtuais?

⁷ Entende-se por software livre, uma solução de virtualização sem custo com licenciamento e assistência técnica.

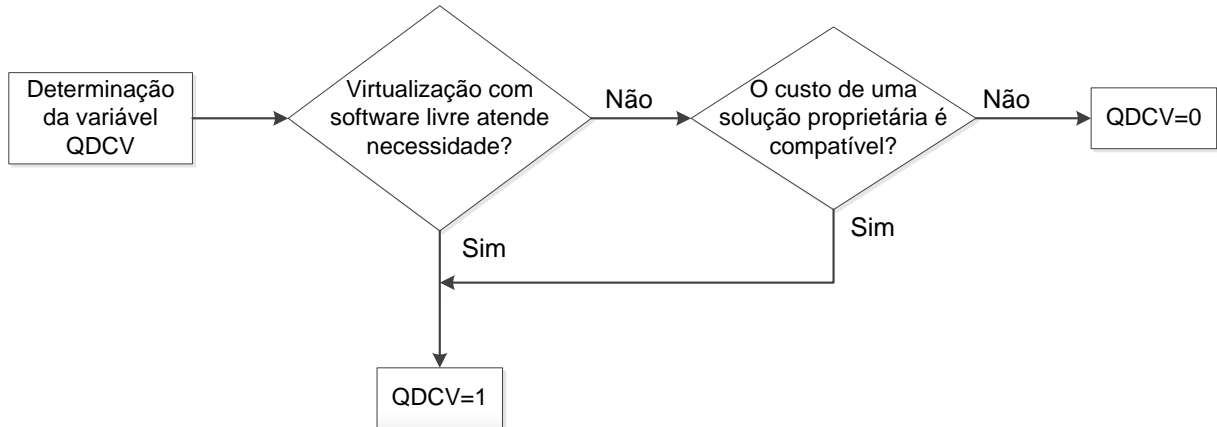


Figura 19. Fluxograma de Determinação da variável QDCV

Se a empresa não considerar a utilização de uma solução de software livre para virtualização e também não puder arcar com os custos de licenciamento de uma solução proprietária, então $QDCV=0$. Se a empresa considerar que uma das duas opções seja viável, seja uma solução de software livre ou uma solução proprietária, então $QDCV=1$.

4.2.4 Determinação da variável “Quesitos da Nuvem Pública”

Em função das preocupações com segurança e custo da Nuvem Pública, discutidos no Capítulo 2, Seção 2.4, é necessário avaliar se estes quesitos atendem às necessidades da empresa. As questões 6 e 7 relativas a esta avaliação, acabam por determinar o valor da variável QNPu. A Figura 20 mostra como esta variável é determinada.

Questão 6. O custo do serviço é um impeditivo para a contratação de serviços da Nuvem Pública?

Questão 7. A segurança oferecida pela Nuvem Pública atende as necessidades da empresa?

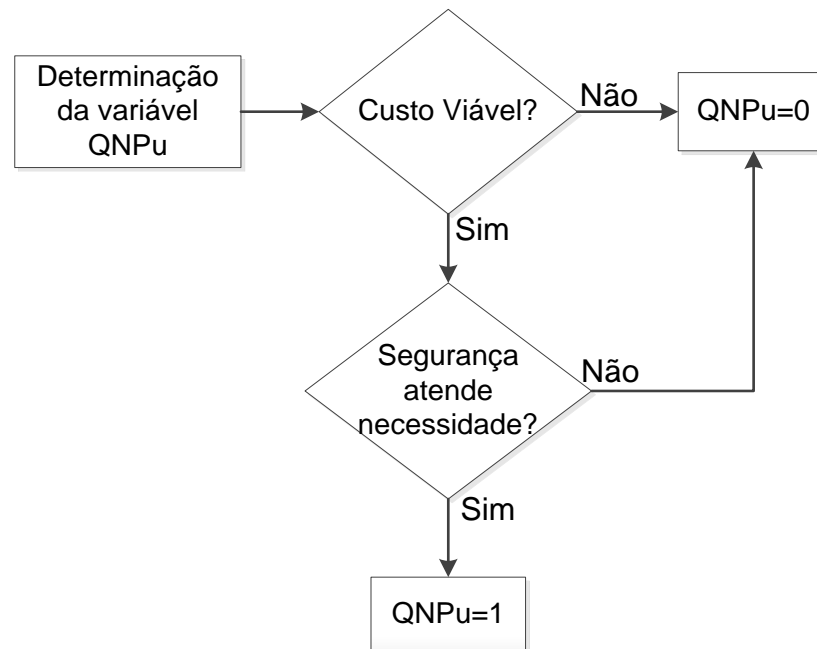


Figura 20. Fluxograma de Determinação da Variável QNPu

O fluxograma apresentado na Figura 20, faz o tratamento das questões 6 e 7 e determina o valor da variável QNPu que trata dos quesitos para contratação de serviços na Nuvem Pública. Se o custo ou a segurança da Nuvem Pública não forem compatíveis com as necessidades da empresa, então $QNPu=0$. Se o custo e a segurança da Nuvem Pública forem compatíveis com as necessidades da empresa, então $QNPu=1$.

4.2.5 Determinação da variável “Quesitos de Nuvem Privada”

Ao implantar uma solução de Nuvem Privada, a empresa contará com os benefícios da virtualização e da Computação em Nuvem ao mesmo tempo. Conforme mencionado no Capítulo 2, Seção 2.4.2, as características da Computação em Nuvem, presentes em uma estrutura de Nuvem Privada, podem beneficiar o negócio da empresa no sentido de dar mais agilidade e melhor gerenciamento aos processos de TI. Estes benefícios poderão ser constatados no longo prazo. Considera-se que a migração de qualquer modelo de *datacenter* para Computação em Nuvem Privada dependerá da importância do conjunto das características deste modelo e não de uma característica isolada. Para avaliar a importância deste conjunto de características, realizou-se o tratamento das respostas das questões que resultam na determinação de duas variáveis, BINP (Baixa Importância da Nuvem Privada) e AINP (Alta Importância da Nuvem Privada). Posteriormente, estas variáveis serão utilizadas para determinar o valor da variável QNPp (Quesitos para Nuvem Privada).

Para determinar o valor das variáveis BINP e AINP elaboraram-se algumas questões que avaliam a importância das características da Computação em Nuvem. As respostas a estas questões determinam o valor das variáveis da seguinte forma:

- i) Se as características da Computação em Nuvem forem irrelevantes para a empresa na visão do gestor de TI, maior será o valor da variável BINP.
- ii) Se as características da Computação em Nuvem forem relevantes para a empresa na visão do gestor de TI, maior será o valor da variável AINP.

Para avaliar o grau de importância que estas características representam, as questões de 8 à 13 são apresentadas.

Questão 8. Quão importante a empresa considera o gerenciamento centralizado dos recursos de TI, tanto por parte da equipe de TI quanto na visão dos usuários, para estrutura atual da empresa?

Questão 9. Quão importante a empresa considera o processo de automatização para o provisionamento de novos recursos sem a necessidade de envolvimento de profissionais de TI para executar o serviço?

Questão 10. Quão importante a empresa considera o processo de solicitação de recursos sob demanda pelo próprio usuário de TI, ou seja, aumentar ou diminuir um recurso na medida que fosse necessário de forma automatizada?

Questão 11. Quão importante a empresa considera o conceito de Multitenancy, para a quantidade atual de usuários de TI?

Questão 12. Quão importante a empresa considera o conceito de elasticidade/escalabilidade na realidade atual de TI da empresa?

Questão 13. Quão importante a empresa considera o conceito de tarifação por utilização na realidade atual de TI da empresa?

Estas questões têm quatro alternativas de respostas: “Sem Importância”, “Relativamente Importante”, “Importante” e “Muito Importante”. O fluxograma apresentado na Figura 21 representa como estas questões são tratadas para determinar o valor das variáveis BINP e AINP que na sequência servirão de parâmetros para a determinação da variável QNPr.

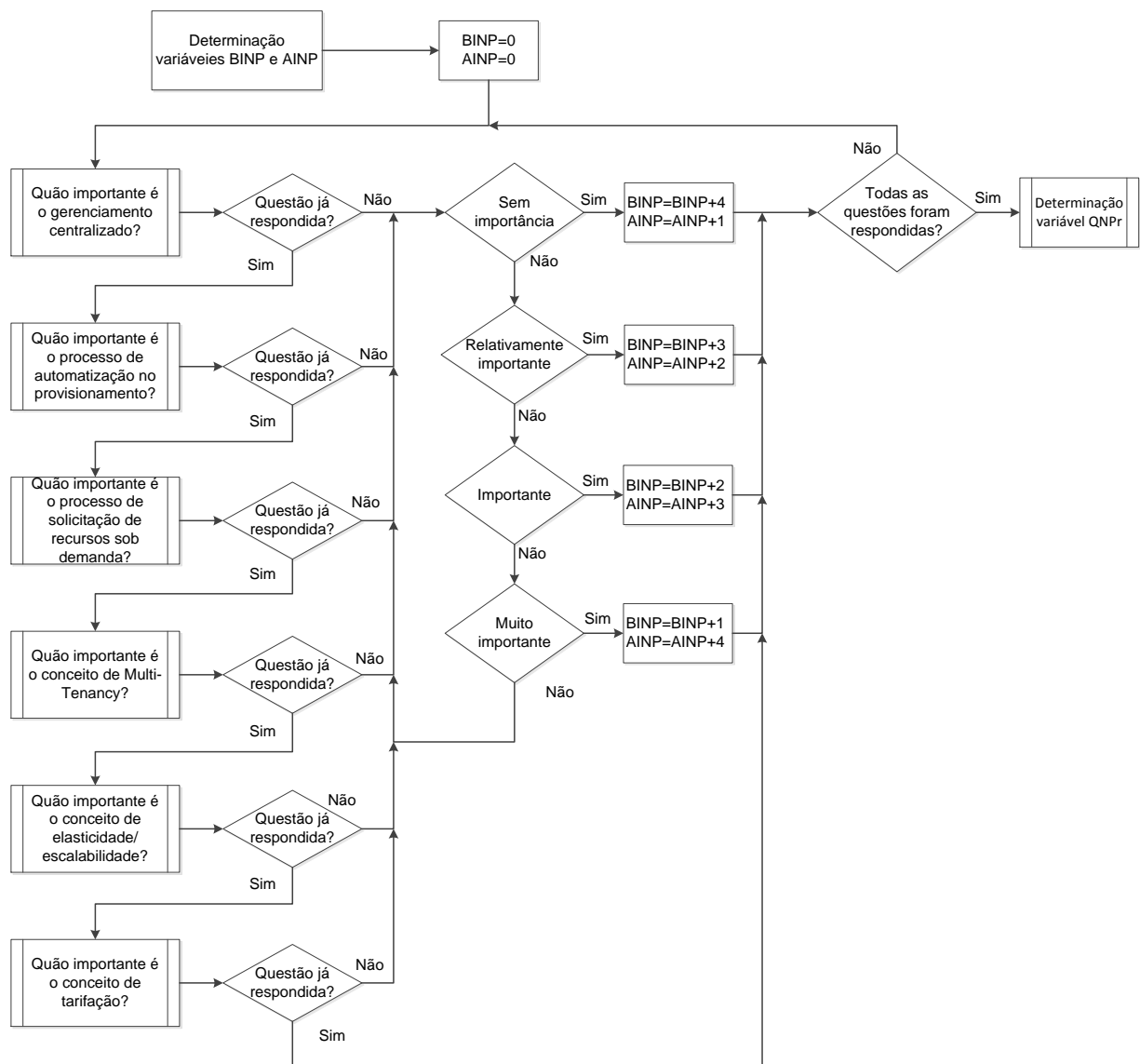


Figura 21. Fluxograma de Determinação das variáveis BINP e AINP

O processo que avalia a importância que a empresa dá às características da Computação em Nuvem é mostrado na Figura 21. As respostas a estas questões influenciam no cálculo das variáveis BINP e AINP. A cada questão, representadas pelos subprocessos do fluxograma, realiza-se a seguinte avaliação⁸. Se a questão é considerada “Sem Importância”, alternativa “A”, soma-se “4” à variável BINP que foi inicializada com o valor “0” e soma-se “1” à variável AINP que também foi inicializada com o valor “0”. Se for considerada “Relativamente Importante”, alternativa “B”, soma-se “3” à variável BINP e “2” à variável AINP. Se for considerada “Importante”, alternativa “C”, soma-se “2” à variável BINP

⁸ Utilizou-se de um esquema arbitrário de peso 1 a peso 4 para as alternativas A, B, C e D conforme resposta.

e “3” à variável AINP. E finalmente, se for considerada “Muito Importante”, alternativa “D”, soma-se “1” à variável BINP e “4” à variável AINP. Desta forma, no final do fluxo, determinam-se os valores de BINP e AINP. AINP será maior que BINP quanto maior for a importância considerada para cada questão. BINP será maior que AINP quanto menor for a importância considerada para cada questão. Depois de definidos, estes valores são combinados com a avaliação que se faz na próxima questão (questão 14) e passados para o processo de determinação da variável QNPr conforme o fluxograma da Figura 22.

Questão 14. Em média, quantos recursos de TI são solicitados por mês pelos usuários?

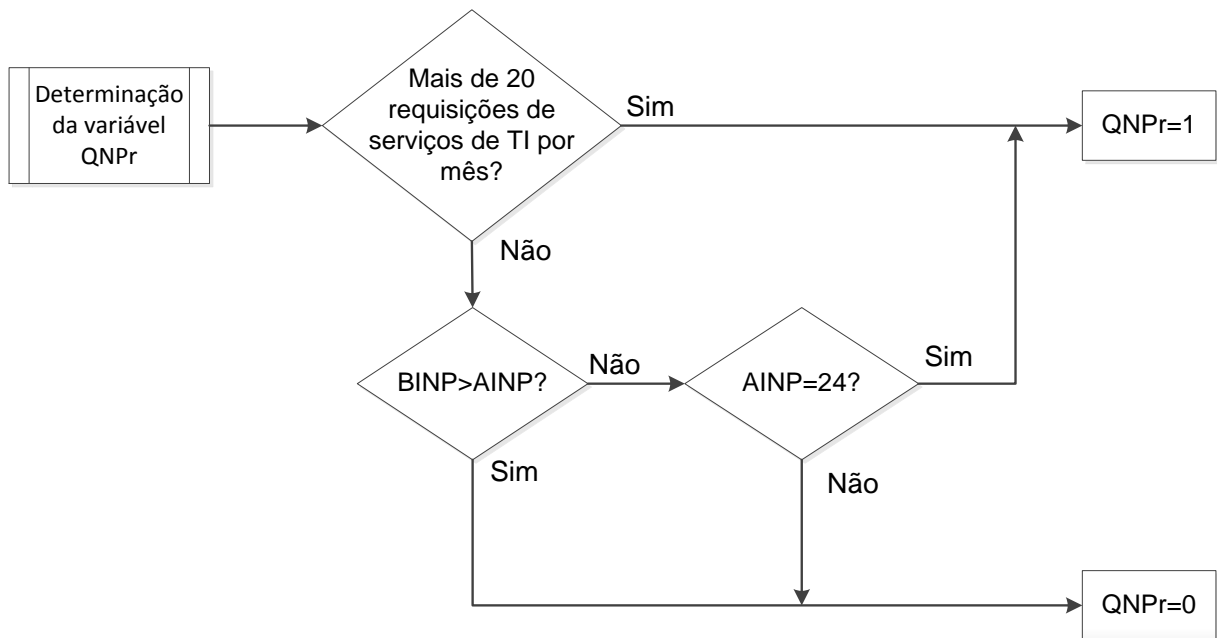


Figura 22. Fluxograma de Determinação da Variável QNPr

O fluxograma apresentado na Figura 22 descreve o processo para atribuição da variável QNPr. A combinação entre as variáveis BINP, AINP, definidas mediante as questões de 8 à 13, e a questão 14, que determina a quantidade de recursos de TI solicitados por mês e, determina o valor da variável QNPr. Se o número de requisições de recursos de TI⁹ for maior que vinte requisições por mês¹⁰, considera-se que a implementação de Nuvem Privada seria benéfica pela quantidade de requisições, mesmo que as características de Nuvem Privada não sejam consideradas como importantes e, então, QNPr=1. Porém, se o número

⁹ Entende-se por recurso de TI todo serviço que pode ser provisionado pela infraestrutura de Nuvem Privada.

¹⁰ Considera-se vinte requisições, um valor típico de acordo com o estudo feito sobre custo de mão de obra de TI, Capítulo 2, Seção 2.3.2.1. Este valor pode ser diferente dependendo das características da empresa.

de requisições for menor que vinte, por exemplo, uma requisição por dia, a variável QNPr dependerá das variáveis BINP e AINP.

Caso haja menos que vinte requisições por mês, a variável QNPr poderia ser definida com o valor “0”. Porém, se a empresa considerar que todas as características da Nuvem Privada são muito importantes, ou seja, escolhendo a opção “Muito Importante” para as questões de 8 a 13, atribui-se o valor “1” à variável QNPr. Neste caso, a empresa considera que se as características da Computação em Nuvem forem aplicadas, podem beneficiar o negócio da empresa. Portanto, a implantação de uma solução de Nuvem Privada é considerada devido à importância dada ao modelo.

Desta forma, após o tratamento das respostas do questionário obtém-se como resultado um vetor de cinco posições:

VT (NSF, QNPr, PVA, QDCV, QNPr)

No momento em que os valores das variáveis do vetor VT (NSF, QNPr, PVA, QDCV e QNPr) são definidos e após o processamento deste vetor, representado pela terceira camada da ferramenta, é possível concluir se a empresa deve migrar o *datacenter* para outro modelo diferente do atual¹¹. Na próxima subseção, apresenta-se o processo de avaliação utilizando-se de um algoritmo de Máquina de Estados Finitos. As questões apresentadas nesta seção fazem parte do questionário de avaliação apresentado de forma completa no Apêndice 2.

4.3 Avaliando a Pertinência de Migração com o Auxílio de um Algoritmo de FSM

De acordo com o discutido neste trabalho, um *datacenter* pode operar de acordo com seis modelos distintos os quais poderão ser associados aos seguintes estados de uma FSM: DC_T (*Datacenter* Tradicional), CN_Pub (Computação em Nuvem Pública), DC_V (*Datacenter* Virtualizado), DC_V_CN_Pub (*Datacenter* Virtualizado com Conexão para Nuvem Pública), CN_Priv (Computação em Nuvem Privada) e CN_Hyb (Computação em Nuvem Híbrida). Na Figura 23, com um fluxograma de transições, ilustra-se o processo de movimentação entre estes estados.

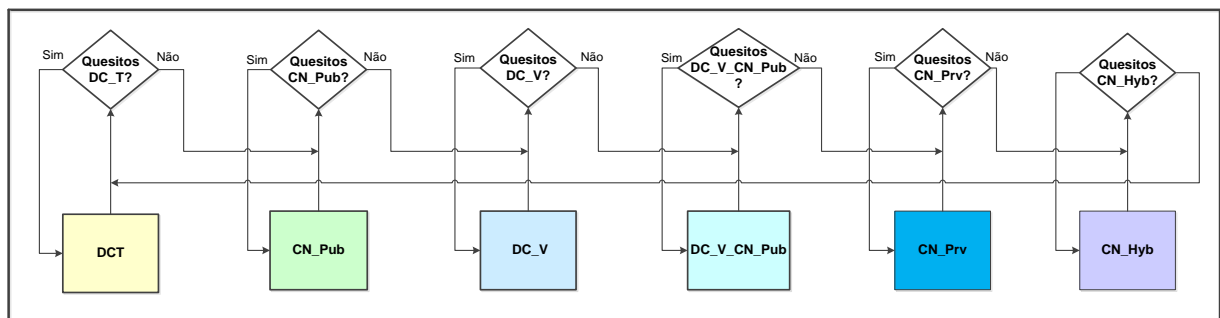


Figura 23. Fluxograma do Processo de Decisão

¹¹ O gestor de TI deverá considerar o valor financeiro que será investido caso a migração seja sugerida pela ferramenta.

O fluxograma da Figura 23 mostra que o *datacenter* permanece no modelo atual enquanto os quesitos daquele modelo forem satisfeitos, caso contrário, a transição ocorre para outro modelo de *datacenter*.

A avaliação da pertinência de migração é realizada da seguinte forma. Como o vetor VT possui cinco variáveis booleanas, criou-se uma tabela com trinta e duas combinações diferentes para este vetor. Para cada combinação definiu-se uma regra de transição da Máquina de Estados e cada modelo de *datacenter* possui um conjunto de regras pertinentes. Deste modo, a Máquina de Estados determina um modelo de *datacenter* correspondente para cada combinação e um determinado modelo poderá se relacionar com mais de uma regra. Apresenta-se a seguir como estas regras foram criadas.

4.3.1 Migração do *datacenter* para o modelo tradicional

Para que uma empresa tenha um *datacenter* no modelo tradicional, algumas condições devem ser avaliadas. A Figura 24 mostra o que deve ser considerado na primeira parte desta avaliação.

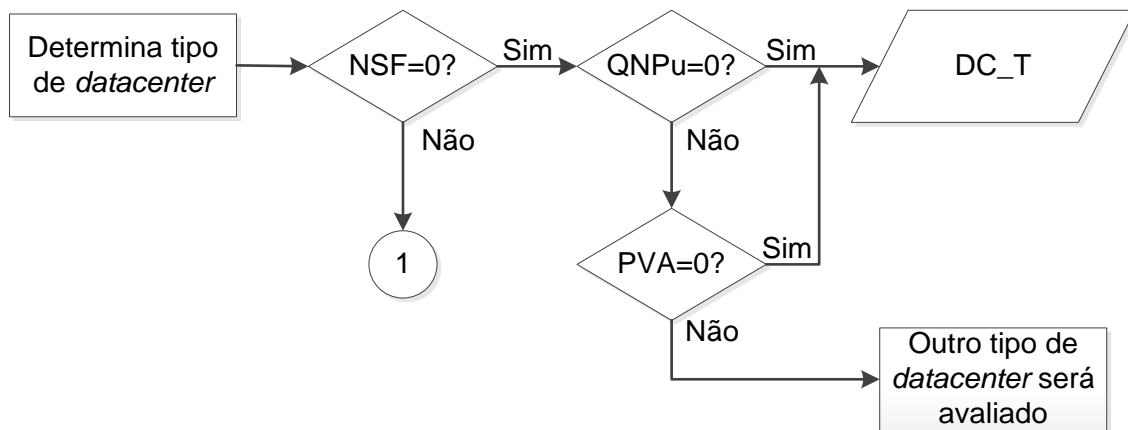


Figura 24. Fluxograma de Migração para DC_T – primeira parte

Se o número de servidores físicos é menor ou igual a dois ($NSF=0$)¹² e se os quesitos de Nuvem Pública não forem satisfatórios ($QNPU=0$), já se considera que o modelo tradicional é o mais adequado. Pelo número reduzido de servidores, a virtualização deve ser desconsiderada, conforme discutido no Capítulo 2, Seção 2.4.1.3. Como a Nuvem Pública não atende as necessidades, este modelo também deve ser desconsiderado, conforme discutido no Capítulo 2, Seção 2.4. Neste caso, com $NSF=0$ e $QNPU=0$, os quesitos PVA, QDCV e QNPr são irrelevantes. O vetor VT resultante desta análise é **VT (0, 0, x, x, x)**,

¹² Lembrando que as variáveis do vetor VT são booleanas conforme mencionado na Seção 4.1

sendo 'x', um estado irrelevante, ou seja, quando $NSF=0$ e $QNPu=0$, qualquer que seja o valor das outras variáveis, a sugestão é que o *datacenter* seja do tipo tradicional.

Outra regra determinada é se à variável NSF atribui-se o valor "0", porém, os quesitos de Nuvem Pública forem satisfatórios ($QNPu=1$), haveria uma possibilidade de migração para Nuvem Pública, mas, como não há possibilidade de virtualização ($PVA=0$), esta possibilidade é descartada. Neste caso, as variáveis $QDCV$ e $QNPr$ são irrelevantes e o vetor VT resultante é **VT (0, 1, 0, x, x)**.

Entretanto, se $NSF=0$, $QNPu=1$ e $PVA=1$, outro tipo de *datacenter* será avaliado e haverá uma transição. Deste modo, se $NSF=1$, a segunda parte do fluxograma é analisada conforme mostrado na Figura 25.

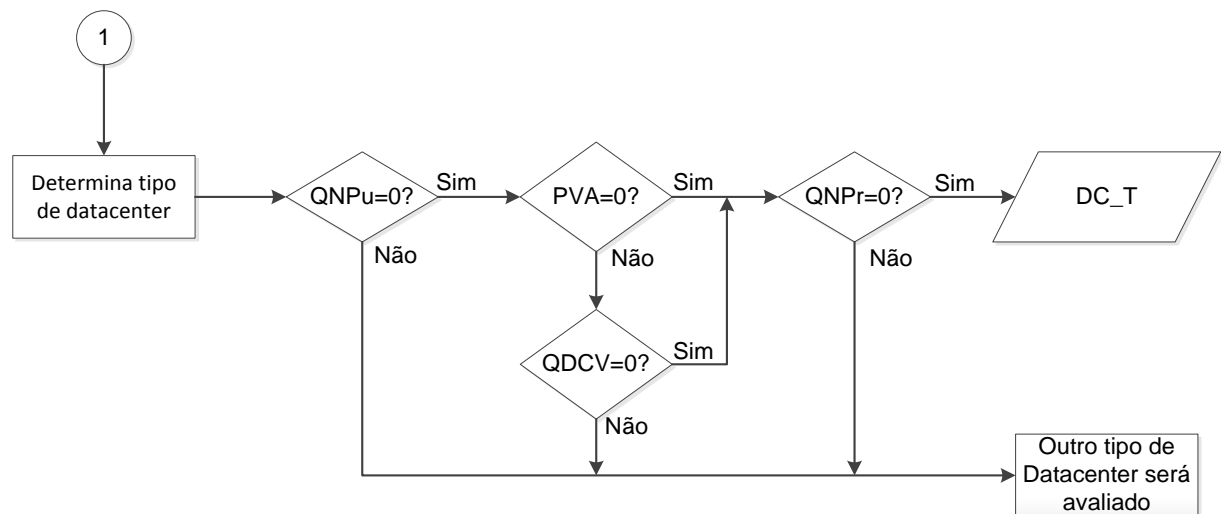


Figura 25. Fluxograma de Migração para DC_T – segunda parte

A segunda parte do fluxograma que avalia a possibilidade de migração do *datacenter* para o modelo tradicional é considerada quando o valor "1" é atribuído à variável NSF . Se o número de servidores físicos for maior que dois e os quesitos de Nuvem Pública forem atendidos ($QNPu=1$), a migração do *datacenter* para o modelo tradicional não é recomendada e outro modelo será avaliado. Porém, se os quesitos de Nuvem Pública, Privada e Virtualização não forem atendidos ($QNPu=0$, $PVA=0$ ou $QDCV=0$ e $QNPr=0$), o modelo tradicional de *datacenter* será o mais adequado mesmo que o número de servidores seja maior que dois. O vetor VT neste caso é **VT (1, 0, 0, x, 0)**.

Outra possibilidade que pode ser verificada pela Figura 25 é se os quesitos de Nuvem Pública não forem atendidos ($QNPu=0$) mas existe possibilidade de virtualização ($PVA=1$), porém, os quesitos de virtualização (custo ou solução de software livre) não forem atendidos ($QDCV=0$) e os quesitos de Nuvem Privada também não forem atendidos ($QNPr=0$), a melhor escolha é pelo *datacenter* tradicional. O vetor resultante desta análise é **VT (1, 0, 1, 0, 0)**. Se $QNPr$ for igual a "1", outro *datacenter* será considerado.

Ainda pela Figura 25, se $QNPu=0$, $PVA=1$ e $QDCV=1$, a variável $QNPr$ é irrelevante para a decisão de migração para modelo tradicional e outro tipo de *datacenter* deverá ser avaliado.

Esta análise permite formar um conjunto de possibilidades para o vetor **VT** (**NSF**, **QNPu**, **PVA**, **QDCV**, **QNPr**). Ou seja, o conjunto de regras da Máquina de Estados que levam a empresa a permanecer com o *datacenter* no modelo tradicional ou migrar de outro modelo para este. A Figura 26 ilustra as regras e o diagrama de estados para esta análise.

Obs.: Utilizou-se nas figuras de transição seguintes, a sigla DC_x para representar qualquer modelo de *datacenter* (tradicional, com técnicas de virtualização ou com técnicas de Computação em Nuvem).

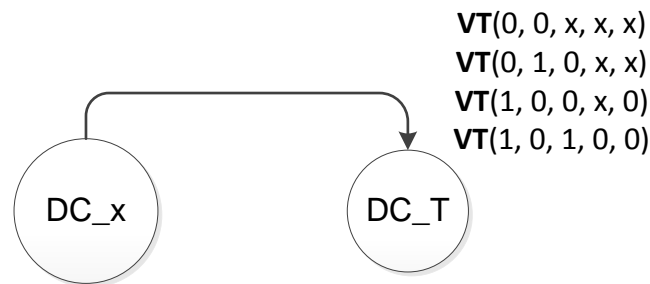


Figura 26. Transição para DC_T

Se o tratamento das respostas ao questionário de coleta de dados (v. Apêndice 2) resultar em algum vetor **VT** que coincida com os vetores apresentados na Figura 26, a empresa deverá migrar para o *datacenter* tradicional independentemente do modelo que estiver utilizando e permanecer neste modelo até que se obtenha outro resultado para o vetor **VT**.

4.3.2 Migração para CN_{Pub}

Avalia-se as condições de migração do *datacenter* para um modelo que utilize recursos da Nuvem Pública conforme os fluxogramas apresentados a seguir, divididos em duas partes. A partir dos fluxogramas, define-se o conjunto de regras da Máquina de Estados para a migração para Computação em Nuvem Pública.

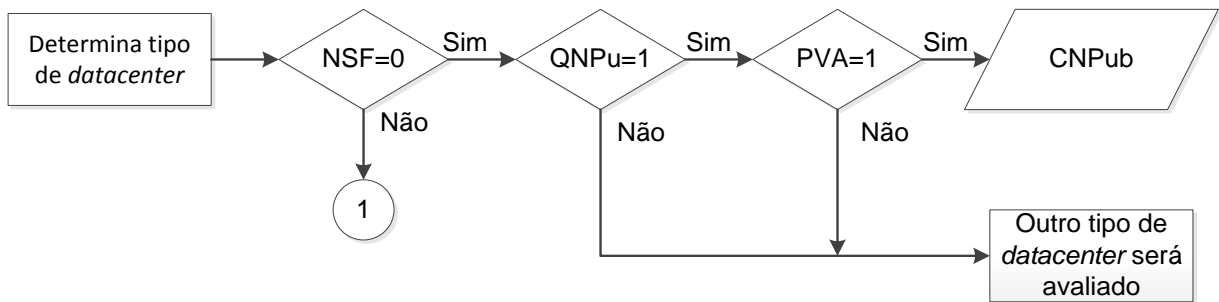


Figura 27. Fluxograma de Migração Para CN_Pub – primeira parte

A Figura 27 mostra a primeira parte do fluxograma que determina as condições para que um *datacenter* utilize a Nuvem Pública. Se o número de servidores físicos for menor ou igual a dois ($NSF=0$), os quesitos de Nuvem Pública forem satisfatórios ($QNPu=1$) e as aplicações que a empresa utiliza forem compatíveis com a virtualização ($PVA=1$), já é possível afirmar que a empresa deve optar pela contratação de serviços na Nuvem Pública. Neste caso, as variáveis $QDCV$ e $QNPr$ são irrelevantes porque como o número de servidores é menor que dois, a virtualização destes servidores não seria vantajosa. Como a Nuvem Pública atende as necessidades da empresa não haveria necessidade de se implementar uma solução de Nuvem Privada. Com esta análise, o vetor VT pode ser definido como VT **(0, 1, 1, x, x)**.

Se o número de servidores físicos for maior que dois, ou seja, a variável NSF recebeu o valor “1”, outra análise deve ser feita. A Figura 28 mostra a segunda parte do fluxograma com os detalhes desta análise.

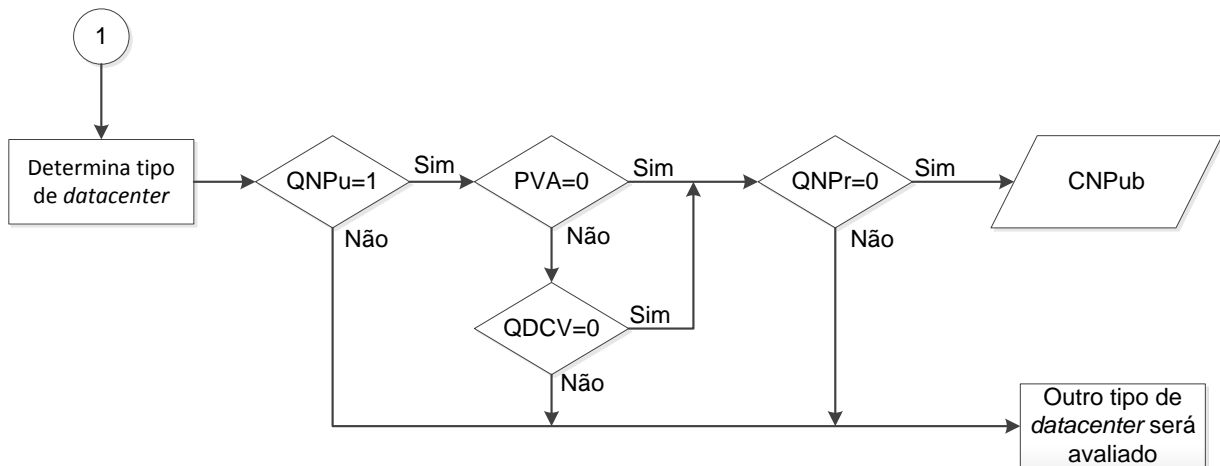


Figura 28. Fluxograma de Migração Para CN_Pub – segunda parte

Caso a empresa possua mais de dois servidores físicos e os quesitos de Nuvem Pública não forem satisfatórios ($QNPu=0$), outro modelo de *datacenter* é avaliado sendo desnecessária a avaliação das variáveis PVA , $QDCV$ e $QNPr$. Neste caso, a empresa considerou que o custo e/ou a segurança da Nuvem Pública não atende as suas

necessidades. Caso contrário ($QNPu=1$), as variáveis relacionados à virtualização são avaliadas. Se não for possível virtualizar ($PVA=0$), a variável $QDCV$ é irrelevante e a decisão passa a depender da variável $QNPr$. Se os quesitos de Nuvem Privada não são atendidos ($QNPr=0$), a empresa poderia contratar serviços físicos (servidores) na Nuvem Pública. Como a empresa tem mais de dois servidores mas não pode virtualizar, utiliza-se então servidores físicos na Nuvem Pública. Esta avaliação resulta no vetor $VT(1, 1, 0, x, 0)$.

Se há possibilidade de virtualização ($PVA=1$), mas os quesitos de solução de virtualização, custo de uma solução proprietária ou software livre não atendem as necessidades ($QDCV=0$) e os quesitos de Nuvem Privada não são satisfatórios, considera-se a utilização de serviços físicos e/ou virtuais na Nuvem Pública. Neste caso, o vetor VT considerado é $VT(1, 1, 1, 0, 0)$.

As combinações do vetor VT ($NSF, QNPU, PVA, QDCV, QNPr$), discutidas nesta seção, definem as regras de transição da Máquina de Estados para Nuvem Pública, ou seja, o conjunto de vetores que indicam a possibilidade de migração conforme diagrama de estados apresentado na Figura 29.

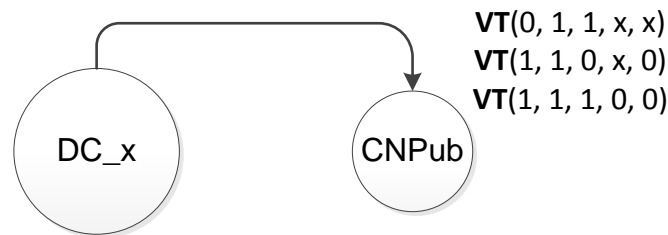


Figura 29. Transição para CN_Pub

O conjunto de regras de transição para Computação em Nuvem Pública é representado pelos vetores mostrados na Figura 29. Qualquer que seja o modelo de *datacenter* utilizado no momento da avaliação (DC_x), poderá migrar para a Nuvem Pública enquanto o vetor VT assumir valores que estão dentro deste conjunto. Se a empresa já utiliza a Nuvem Pública, deve permanecer neste modelo enquanto o vetor VT não receber outros valores.

4.3.3 Migração para DC_V

Somente uma combinação do vetor VT leva à permanência ou migração para o *datacenter* que utiliza técnicas de virtualização. A Figura 30 mostra o fluxograma que determina esta combinação. Neste caso, definiu-se somente uma regra de transição para a Máquina de Estados.

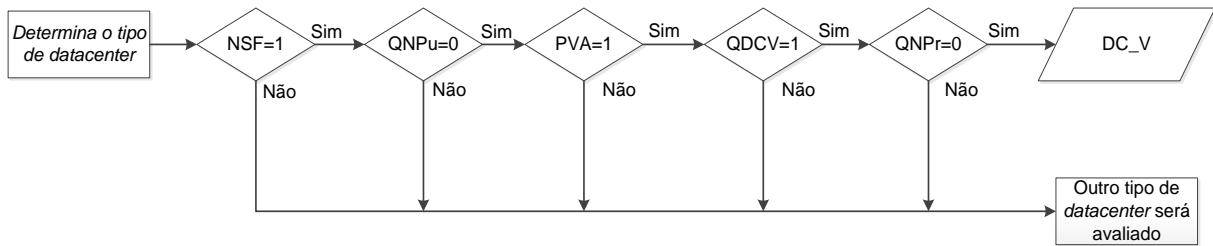


Figura 30. Fluxograma de Migração Para DC_V

A combinação de valores que o vetor VT assume neste fluxograma determina a condição que leva à migração do *datacenter* para um modelo que utilize virtualização. Esta migração poderá acontecer dependendo das avaliação das seguintes condições. Se o número de servidores for maior que dois ($NSF=1$), a virtualização seria vantajosa, conforme discutido no Capítulo 2 Seção 2.4.1.3, mas se os quesitos de Nuvem Pública (custo e segurança) forem satisfatórios ($QNPu=1$), outro tipo de *datacenter* é avaliado. Porém, se o número de servidores for maior que dois ($NSF=1$) e os quesitos de Nuvem Pública (custo e segurança) não forem satisfatórios ($QNPu=0$), a migração para *datacenter* virtualizado só deve ocorrer com as seguintes condições. Se as aplicações forem compatíveis com a virtualização ($PVA=1$). Se a empresa considerar que as opções de licenciamento de virtualização (software livre ou solução proprietária) atendem as necessidades ($QDCV=1$). Se os quesitos de Nuvem Privada não forem satisfeitos, ou seja, o número de requisições de serviço de TI for menor que 20 requisições por mês e as características de Computação em Nuvem não forem consideradas importantes ($QNPr=0$). Nestas condições, a empresa pode utilizar a virtualização e qualquer combinação diferente desta indicaria uma transição para outro tipo de *datacenter*, a Figura 31 representa o diagrama de estados para este caso.

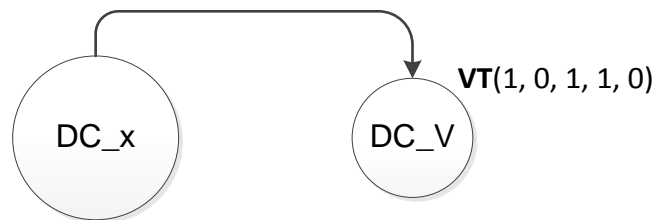


Figura 31. Transição para DC_V

De acordo com a Figura 31, a transição de um *datacenter* qualquer (DC_x) para um *datacenter* que utilize técnicas de virtualização só deve ocorrer se o resultado do vetor VT for $VT(1, 0, 1, 1, 0)$. Se a empresa já estiver utilizando um *datacenter* com virtualização, deve permanecer neste modelo enquanto o resultado do vetor VT não for diferente.

4.3.4 Migração para DC_V_CN_Pub

Outra possibilidade discutida neste trabalho é se uma empresa utiliza a virtualização, pode eventualmente contratar serviços de virtualização também na Nuvem Pública. Caracterizou-se este modelo de *datacenter* como DC_V_CN_Pub. As condições que levam a este modelo de *datacenter* são apresentadas no fluxograma da Figura 32.

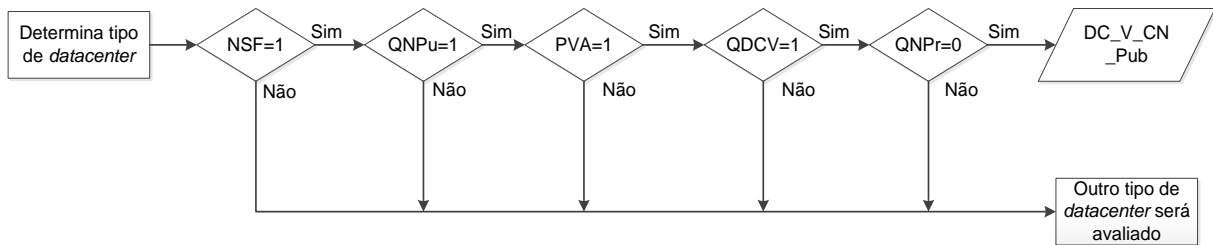


Figura 32. Fluxograma de Migração para DC_V_CN_Pub

As condições avaliadas no fluxograma da Figura 32 são as seguintes. Se a empresa possui mais que dois servidores físicos (NSF=1), os quesitos de Nuvem Pública forem satisfatórios (QNPu=1), a utilização de virtualização for possível (PVA=1) e os quesitos de virtualização são satisfatórios (QDCV=1), porém não considera importantes as características de Nuvem Privada (QNPr=0), isto indicaria que a empresa poderia conjugar os benefícios da virtualização local e ainda contratar serviços na Nuvem Pública. Qualquer combinação diferente desta indicaria uma migração para outro modelo de *datacenter* conforme mostra o diagrama de estados na Figura 33.

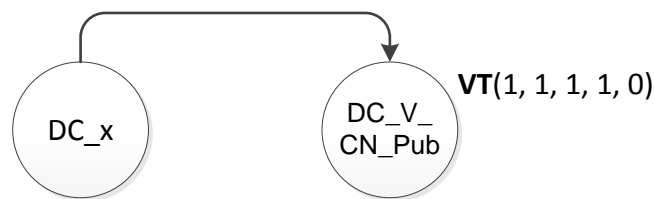


Figura 33. Transição para DC_V_CN_Pub

Se a análise das características da empresa resultar no vetor **VT (1, 1, 1, 1, 0)**, a empresa poderia considerar a migração para um *datacenter* que utilize técnicas de Virtualização e com possibilidade de utilização dos serviços da Nuvem Pública independentemente do modelo que estiver utilizando (DC_x). Se este modelo já é utilizado pela empresa, a permanência deve ser considerada até que a avaliação seja outra, ou seja, até que o vetor VT se altere.

4.3.5 Migração para CN_Priv

Para a implementação de uma solução de Nuvem Privada no *datacenter*, algumas condições devem ser satisfeitas. As combinações do vetor VT que levam à migração de outro tipo de *datacenter* para Nuvem Privada são definidas pelo fluxograma apresentado na Figura 34.

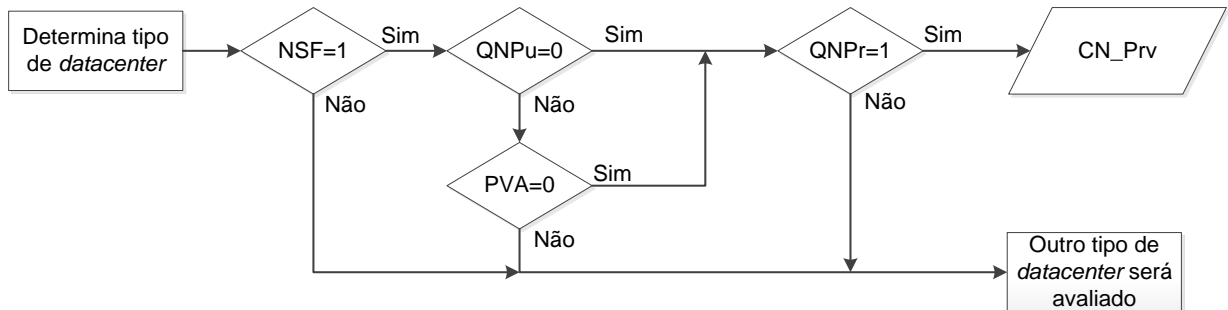


Figura 34. Fluxograma de Transição para CN_Priv

Se o número de servidores físicos for menor ou igual a dois ($NSF=0$), já se considera que outro tipo de *datacenter* deve ser avaliado. Neste caso, a implementação de uma solução de Nuvem Privada não seria viável pelo custo adicional com novos equipamentos para a infraestrutura de nuvem.

Se o número de servidores físicos for maior que dois ($NSF=1$), o custo e a segurança da Nuvem Pública não atenderem as necessidades da empresa ($QNPu=0$) e as características de Nuvem Privada forem consideradas importantes para a empresa ($QNPr=1$), a migração para Nuvem Privada deve ser considerada independentemente dos quesitos de virtualização. A Nuvem Privada pode ser implementada para oferecer serviços de servidores físicos e virtuais ou somente servidores físicos. Esta análise resulta no vetor **VT (1, 0, x, x, 1)**.

Se o número de servidores físicos for maior que dois ($NSF=1$), os quesitos de Nuvem Pública atenderem as necessidades da empresa ($QNPu=1$), e houver possibilidade de virtualização ($PVA=1$), outro tipo de *datacenter* é avaliado. Não havendo possibilidade de virtualização ($PVA=0$) e as características de Nuvem Privada forem satisfeitas ($QNPr=1$), a variável QDCV é irrelevante e neste caso a implementação de uma solução de Nuvem Privada atenderia somente servidores físicos. Esta análise resulta no vetor **VT (1, 1, 0, x, 1)**.

Se as condições citadas forem satisfeitas, a migração para Nuvem Privada deve ser considerada ou se a empresa já utiliza este tipo de *datacenter* deve permanecer nele até que outra situação resulte em valores diferentes para o vetor VT conforme indicado no diagrama de estados da Figura 35.

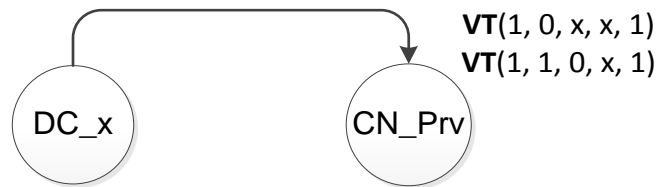


Figura 35. Transição para CN_Priv

As regras de transição para um *datacenter* que utiliza uma solução de Nuvem Privada são representadas pelo conjunto de combinações do vetor **VT (1, 0, x, x, 1)** ou **VT (1, 1, 0, x, 1)**. Qualquer modelo de *datacenter* que a empresa utilize (DC_x) deve migrar para Nuvem Privada enquanto estas condições forem satisfeitas.

4.3.6 Migração para CN_Hyb

Conforme discutido no Capítulo 2, Seção 2.3.2.4, a Nuvem Híbrida se caracteriza pela conexão de dois ou mais tipos diferentes de Computação em Nuvem. Algumas condições devem ser observadas para a migração de qualquer modelo de *datacenter* para um modelo que opere em Nuvem Híbrida. Estas condições são representadas pelo fluxograma da Figura 36.

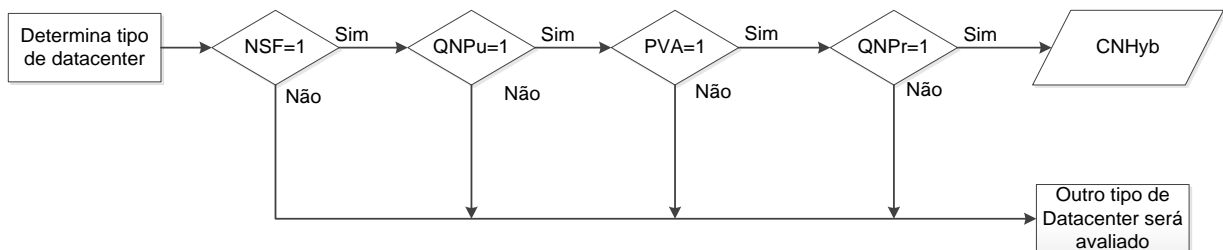


Figura 36. Fluxograma de Migração Para CN_Hyb

Se o número de servidores físicos for maior que dois ($NSF=1$), a Nuvem Pública atender as necessidades da empresa ($QNPu=1$), as aplicações forem compatíveis com a virtualização ($PVA=1$) e os quesitos de Nuvem Privada forem satisfeitos ($QNPr=1$), há uma situação de utilização de Nuvem Privada com possibilidade de conexão com a Nuvem Pública, o que caracteriza a Nuvem Híbrida. Nesta condição, a variável QDCV é irrelevante pelos seguintes motivos. Se $QDCV=0$, a empresa pode trabalhar com Nuvem Privada para servidores físicos e contratar serviços virtualizados na Nuvem Pública. Se $QDCV=1$, a empresa pode trabalhar com Nuvem Privada para servidores físicos e virtuais e eventualmente contratar serviços na Nuvem Pública. Estas possibilidades determinam o

vetor $\mathbf{VT}(1, 1, 1, x, 1)$ e o conjunto de regras de transição para Nuvem Híbrida. A Figura 37 representa o diagrama de estados para esta transição.

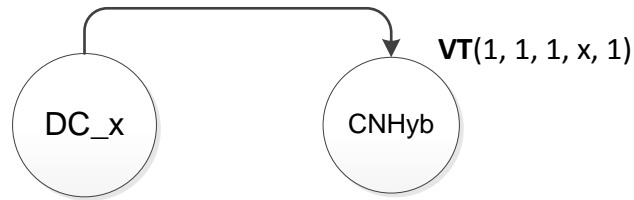


Figura 37. Transição para CN_Hyb

A migração de qualquer modelo de *datacenter* (DC_x) para um modelo com Nuvem Híbrida deve ser considerada se a análise das características da empresa resultarem no vetor $\mathbf{VT}(1, 1, 1, x, 1)$. Enquanto esta condição for satisfeita, a empresa permanece usando este modelo de *datacenter*.

Discutiu-se todas as possibilidades do vetor VT nas avaliações realizadas nas subseções da Seção 4.3. Desta maneira, qualquer que seja o resultado do vetor VT há uma sugestão de transição de estado assim como foi discutido no Capítulo 3 sobre Máquina de Estados Finitos. Na próxima seção descreve-se a máquina de estados completa e o diagrama geral das transições.

4.4 Diagrama Geral de Transição de Estados

As combinações possíveis para o vetor VT mostraram que o algoritmo desenvolvido neste trabalho indicará uma transição de estado indicando a migração do modelo de *datacenter* se as regras de transição para aquele modelo forem satisfeitas. Uma representação geral da máquina de estados é mostrada na Figura 38.

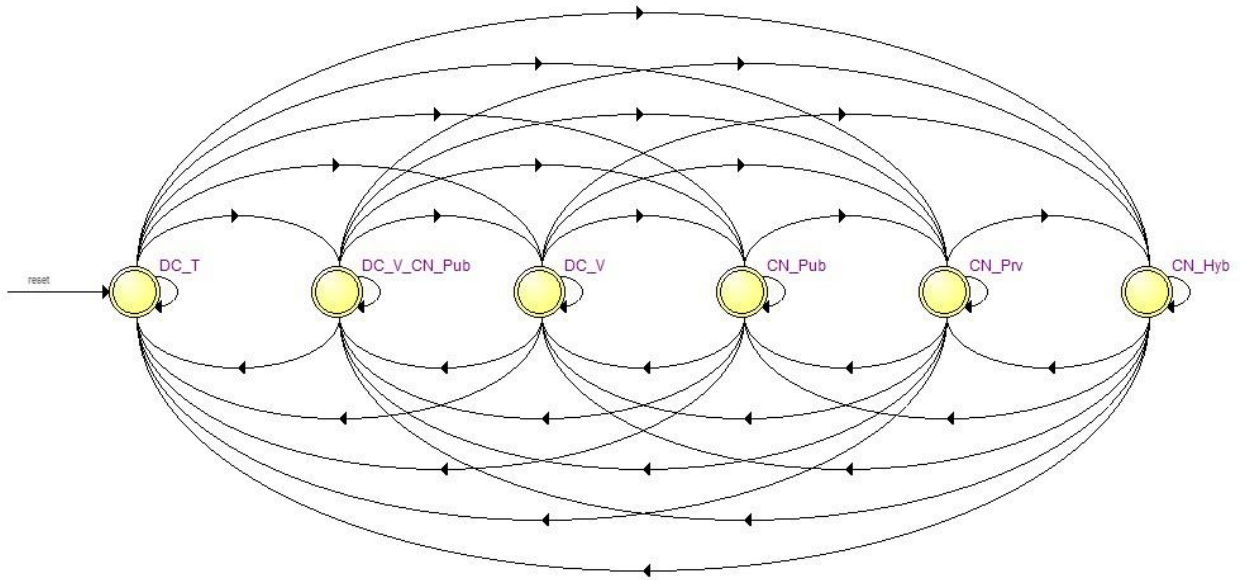


Figura 38. Diagrama geral das Transições da Máquina de Estados

Este diagrama representa as transições entre os seis tipos de *datacenter* e seus respectivos vetores de transição. As possíveis combinações das variáveis de entrada que formam os vetores VT não foram inseridas na figura por uma questão de clareza, porém é importante lembrar que para cada transição existe um conjunto de vetores. Percebe-se pelo diagrama que independentemente do tipo de *datacenter* utilizado pela empresa, uma migração pode ou não acontecer porque todos os estados possuem regras de transição entre eles representadas pelos vetores de transição, conforme discussão nas subseções da Seção 4.3.

4.4.1 Transições para uma empresa hipotética

Algumas transições podem ser exemplificadas utilizando o diagrama de transição para uma empresa hipotética. Empresas de pequeno porte que estivessem utilizando um *datacenter* tradicional, poderiam, em um primeiro momento, migrar para a virtualização, ou, dependendo de algumas condições, para a Nuvem Pública. Outro exemplo é o de empresas com o *datacenter* virtualizado que poderiam migrar para uma solução de Nuvem Privada para agregar os benefícios da Computação em Nuvem. Ou ainda, uma empresa que estaria utilizando Nuvem Híbrida provisoriamente para atender períodos de pico, poderia voltar a utilizar somente a Nuvem Privada após identificar que os recursos locais pudessem atender a demanda. Estas condições de transição são representadas pelas combinações do vetor VT e representadas pelo diagrama de transições da Figura 39, dados os seguintes valores para o vetor VT.

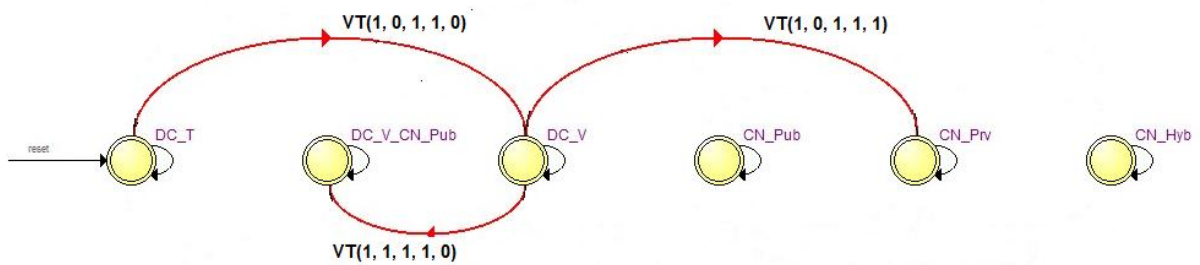


Figura 39. Exemplo de Transições de Estados

Supondo que o tratamento das respostas ao questionário, submetido a uma empresa com *datacenter* tradicional, resulte no vetor **VT (1, 0, 1, 1, 0)**, o resultado será a sugestão de transição para um *datacenter* virtualizado (DC_V). Após a migração para um *datacenter* virtualizado, se o questionário for respondido novamente e a análise resultar no vetor **VT (1, 1, 1, 1, 0)**, a empresa deve permanecer com o *datacenter* virtualizado e ao mesmo tempo avaliar uma conexão com a Nuvem Pública. Porém, se a análise resultar no vetor **VT (1, 0, 1, 1, 1)**, a migração deve ocorrer para um *datacenter* que utilize uma Nuvem Privada.

No próximo capítulo apresentam-se os resultados da pesquisa em campo realizada com vinte e cinco empresas e as transições sugeridas pela ferramenta.

5 RESULTADOS

O questionário discutido no Capítulo 4, Seção 4.2 (e também apresentado no Apêndice 2) foi enviado a empresas com ramos de atuação variados para que a ferramenta fosse avaliada levando-se em consideração diferentes empresas. Apresenta-se neste capítulo o resultado da aplicação da ferramenta para estas empresas.

A escolha das empresas possibilitou que a ferramenta fosse aplicada para empresas com *datacenter* tradicional, empresas que trabalham com virtualização e empresas que utilizam algum modelo de Computação em Nuvem. No total, vinte e cinco empresas responderam ao questionário e nota-se pela Figura 40 a flexibilidade do uso da ferramenta quanto ao ramo de atuação das empresas.

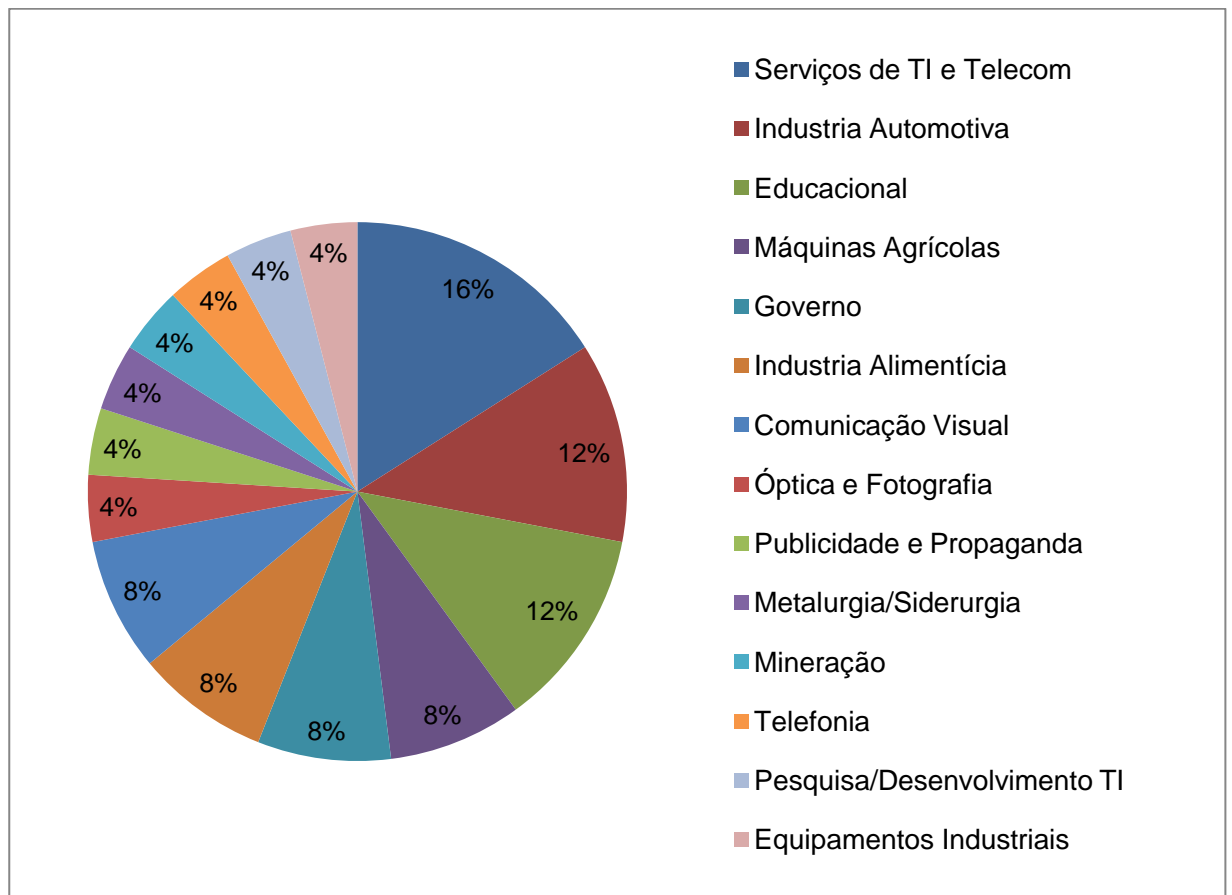


Figura 40. Ramos de Atuação das Empresas Pesquisadas

As empresas que responderam ao questionário se enquadraram nas diversas áreas mostradas na Figura 40. Das empresas que responderam ao questionário, 16% comercializam serviços de TI e Telecomunicações, 12% são empresas automotivas e Instituições de Ensino, 8% são empresas que comercializa Máquinas Agrícolas, Empresas Governamentais, Industria Alimentícia e Comunicação Visual e 4% são empresas de Óptica

e Fotografia, Publicidade e Propaganda, Metalúrgicas/Siderúrgicas, Mineração, Telefonia, Pesquisa e Desenvolvimento de TI e Equipamentos Industriais.

Pelas respostas das empresas ao questionário, verificou-se a utilização de quatro tipos de *datacenter* e para facilitar a avaliação, dividiu-se as empresas por grupos de *datacenter* conforme a Figura 41.

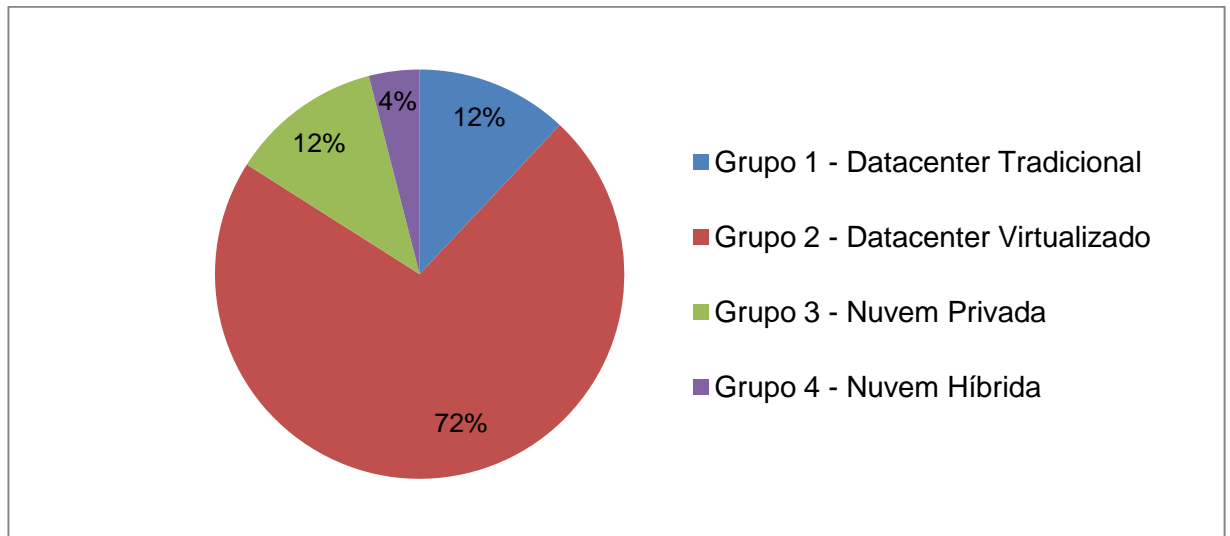


Figura 41. Grupos de *datacenters* pesquisados

Verificou-se que a maioria das empresas, 72% delas, utiliza técnicas de virtualização em seu *datacenter*. Este resultado já era esperado devido aos benefícios que a virtualização proporciona, conforme citado no Capítulo 2, Seção 2.4.1. Verificou-se também que 12% utiliza a Nuvem Privada, 12% utiliza *datacenter* tradicional e apenas 4%, ou seja, uma empresa apenas, utiliza a Nuvem Híbrida. Nenhuma das empresas informou utilizar a Nuvem Pública em seu *datacenter*.

As respostas coletadas mediante o questionário são inseridas em um aplicativo que faz o tratamento destas respostas¹³. Este tratamento gera, como resultado, o vetor VT, de cinco posições, com a informação dos quesitos avaliados conforme discutido no Capítulo 4 nas subseções da Seção 4.3. O vetor VT é utilizado como entrada de um segundo aplicativo que calcula a pertinência de transição entre os tipos de *datacenter*. Para ilustrar os resultados apresentados pela ferramenta, utilizou-se o aplicativo Altera Quartus II [57], com a linguagem de programação VHDL, desta forma foi possível apresentar os resultados de forma gráfica. Apresentam-se nas próximas seções os resultados obtidos para os grupos de empresas que, apesar de utilizarem o mesmo tipo de *datacenter* em cada grupo, apresentaram resultados diferentes entre si na aplicação da ferramenta. Por uma questão de confidencialidade, os

¹³ Utilizou-se o software Scilab para a escrita do aplicativo que faz o tratamento das respostas, o código desse aplicativo se encontra no Apêndice 3.

nomes das empresas não serão divulgados e estas serão designadas como Empresa 1, Empresa 2, Empresa 3 etc.

5.1 Grupo 1 – Empresas com *Datacenter* Tradicional

O grupo 1 se refere às empresas pesquisadas que utilizam *datacenter* do tipo tradicional, ou seja, somente servidores físicos sem nenhum tipo de virtualização ou Computação em Nuvem. A Tabela 3 apresenta as respostas que estas empresas deram ao questionário.

Tabela 3. Respostas das Empresas com *Datacenter* Tradicional

Empresa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14
19	A	B	A	B	B	B	B	C	D	C	B	C	C	C
22	A	A	A	B	A	B	B	C	D	B	A	A	A	A
23	A	B	B	B	A	B	B	C	C	D	D	B	A	A

A Tabela 3 sumariza as respostas das empresas 19, 22 e 23. As questões Q1 a Q14 foram tabuladas com as respectivas respostas às alternativas do questionário. Na sequência apresentam-se os detalhes da aplicação da ferramenta para estas empresas.

Aplicação da Ferramenta para a Empresa 19

Conforme discutido no Capítulo 4, Seção 4.1, a camada 1 da ferramenta refere-se à coleta dos dados através de um questionário. Apresentam-se, na Tabela 4, as respostas fornecidas pela empresa 19. Para esta empresa, houve uma sugestão de migração após a aplicação da ferramenta.

Tabela 4. Questionário de Avaliação – Empresa 19

Questão	Resposta	Significado
1. Tipo de <i>datacenter</i> atual	A	Tradicional
2. Quantidade Servidores Físicos	B	>2
3. Aplicações compatíveis com Virtualização?	A	Sim
4. O custo de uma solução proprietária de Virtualização é impeditivo?	B	Não
5. Utilizaria software livre para Virtualização?	B	Não
6. Custo da Nuvem Pública impede utilização?	B	Não
7. Segurança Nuvem Pública atende necessidade?	B	Não
8. Importância do quesito "Gerenciamento Centralizado"	C	Importante
9. Importância do quesito "Automatização no Provisionamento"	D	Muito Importante
10. Importância do quesito "Solicitação de Recursos sob demanda"	C	Importante
11. Importância do quesito " <i>Multitenancy</i> "	B	Relativamente Importante
12. Importância dos quesitos "Elasticidade/Escalabilidade"	C	Importante
13. Importância do quesito "Tarifação por utilização"	C	Importante
14. Quantidade de recursos de TI solicitados por mês	C	>20

A resposta da primeira questão identifica o tipo de *datacenter* atual da empresa. As demais questões são utilizadas para determinar os quesitos que influenciam na tomada de decisão. As respostas do questionário são passadas para o aplicativo que faz o tratamento das informações.

Tratamento dos Dados

O processo de tratamento das informações coletadas pelo questionário, representado pela camada 2 da ferramenta, fornece o valor das variáveis do vetor VT (NSF, QNPu, PVA, QDCV, QNPr). As atribuições às variáveis se referem ao Capítulo 4, nas subseções da Seção 4.3 (Tratamento dos Dados) e este processo é realizado da seguinte forma.

Como a empresa tem mais de dois servidores físicos, questão 2, alternativa “A”, à variável **NSF** é atribuído o valor “1”. Como a empresa tem mais de dois servidores físicos e as aplicações são compatíveis com a virtualização, questão 3, alternativa “A”, à variável **PVA** é atribuído o valor “1”. À variável **QNPu** é atribuído o valor “0” porque, na opinião do gestor que respondeu o questionário, apesar do custo cobrado na Nuvem Pública não ser um impeditivo, a segurança não atende às necessidades da empresa, questão 6, alternativa “B” e questão 7, alternativa “B”. A empresa considera viável a utilização de uma solução proprietária de virtualização, questão 4, alternativa “B”, apesar de não concordar com a utilização de softwares livres para virtualização, questão 5, alternativa “B”, com estas respostas atribui-se o valor “1” à variável **QDCV**. Como a quantidade de solicitações de serviços de TI é maior que vinte por mês, questão 14, alternativa “C”, à variável **QNPr** atribui-se o valor “1” independentemente das respostas dadas às questões de 8 até 13. Com esta análise, obteve-se portanto o vetor **VT (1, 0, 1, 1, 1)** que é utilizado pela próxima camada da ferramenta.

Avaliação da Pertinência de Migração

O vetor gerado pelo tratamento das respostas do questionário é processado pelo aplicativo de Máquina de Estados Finitos, representado pela camada 3 da ferramenta. Este processo se dá da seguinte forma. Conforme discussão no Capítulo 4, Seção 4.3.5, quando o vetor **VT** assume os valores **(1, 0, x, x, 1)**, o *datacenter* mais adequado é de Nuvem Privada (**CNPr**). As informações que o vetor **VT** passa são: i.) Que a empresa tem mais de 2 servidores físicos e portanto teria vantagens com a virtualização. ii) Como a virtualização é base da Nuvem Privada e os quesitos de Nuvem Privada foram satisfeitos, este tipo de *datacenter* é o sugerido. A simulação deste resultado é apresentado na Figura 42.

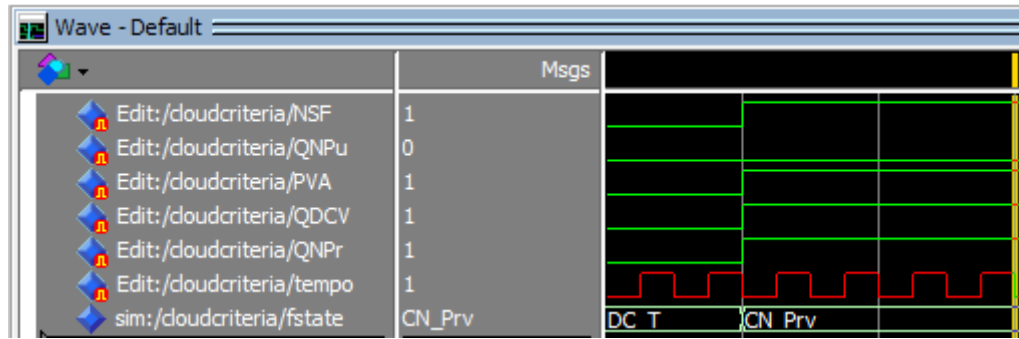


Figura 42. Simulação Grupo 1 (Empresa 19)

A ferramenta sugere a migração do *datacenter* tradicional para uma solução de Nuvem Privada. As formas de onda apresentadas na Figura 42 correspondem às variáveis do vetor VT. A variável “tempo”¹⁴ representa a linha do tempo e determina o momento de transição e o sinal de saída (fstate) representa a transição. Observa-se que no início do terceiro ciclo de tempo, houve a coleta dos dados pelo questionário e foram definidas as variáveis do vetor VT, ou seja, NSF, PVA, QDCV e QNPr passaram de “0” para “1” enquanto a variável QNPU permaneceu em “0” e portanto, atribui-se os valores (1, 0, 1, 1, 1). Percebe-se neste instante, a transição de DC_T para CN_Pr no sinal de saída fstate, ou seja, a migração do *datacenter* tradicional para um *datacenter* com Nuvem Privada deve ocorrer.

Para as demais empresas deste grupo, empresa 22 e 23, não houve sugestão de migração, ou seja, estas empresas devem permanecer com o *datacenter* tradicional. Para estas empresas, apresenta-se somente o resultado da simulação.

As respostas apresentadas pelas empresas 22 e 23 foram tratadas da mesma maneira como foi para a empresa 19. Entretanto, para as empresas 22 e 23 chegou-se aos vetores VT (0, 0, 0, 1, 0) e VT (1, 0, 0, 0, 0) respectivamente. Realizou-se a simulação com estes vetores e chegou-se à conclusão que estas empresas não devem migrar, de acordo com os resultados mostrados nas Figuras 43 e 44.

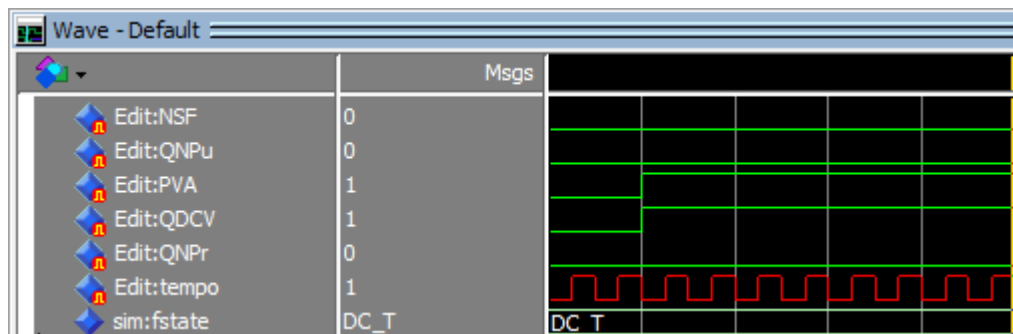


Figura 43. Simulação Grupo 1 (Empresa 22)

¹⁴ A variável “tempo” foi incluída no código para representar o momento em que a coleta de dados é feita através do questionário e o vetor VT é inserido na ferramenta para que a sugestão de migração seja exibida.

A Figura 43 mostra o resultado da simulação realizada com as respostas da Empresa 22. O tratamento das informações resultou no vetor **VT (0, 0, 1, 1, 0)** e aplicado este vetor à ferramenta, no terceiro ciclo de tempo, o resultado foi que a empresa deve permanecer no *datacenter* tradicional e nenhuma transição é sugerida.

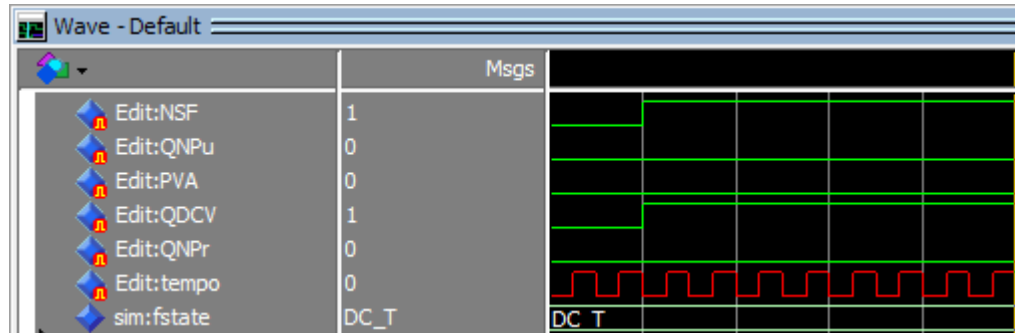


Figura 44. Simulação Grupo 1 (Empresa 23)

Obteve-se o mesmo resultado com a simulação realizada com as respostas da Empresa 23. Para esta empresa, foi gerado o vetor **VT (1, 0, 0, 1, 0)** e este vetor aplicado à ferramenta não resultou em migração, ou seja, a recomendação é que a Empresa 23 também permaneça com o *datacenter* no modelo tradicional.

5.2 Grupo 2 – Empresas com *Datacenter* Virtualizado

A maioria das empresas pesquisadas, mais de 70%, utiliza o *datacenter* de acordo com o modelo virtualizado. As respostas informadas por estas empresas ao questionário são listadas na Tabela 5.

Tabela 5. Respostas das Empresas com *Datacenter* Virtualizado

Empresa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14
2	B	B	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A
3	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	A
4	B	B	A	A	B	B	A	C	C	C	B	B	B	B
5	B	B	A	B	B	B	A	C	C	C	C	D	D	A
6	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
7	B	B	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	B	A
8	B	A	A	B	A	B	B	B	B	C	A	B	A	A
10	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	B	B	B	A
12	B	B	A	A	A	B	B	C	B	B	A	C	A	A
13	B	B	A	A	A	B	A	A	B	B	A	B	C	A
15	B	B	A	A	A	A	A	C	B	B	C	C	B	A
16	B	B	A	B	B	B	B	C	C	B	B	C	D	B
17	B	B	A	B	B	B	B	D	D	D	D	B	D	D
18	B	B	A	A	B	B	A	C	D	B	D	B	C	A
20	B	B	A	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	D
21	B	A	A	A	A	B	A	D	B	D	D	D	B	A
24	B	B	A	B	B	B	B	C	B	B	C	B	C	D
25	B	B	A	A	A	B	B	B	C	B	B	B	C	A

Na Tabela 5 listam-se as respostas às questões de 1 a 14 sendo que a questão 1, alternativa “B” determina o tipo de *datacenter* que a empresa utiliza atualmente, isto é, *datacenter* virtualizado. Para estas empresas, observaram-se diferentes resultados. Para a maioria das empresas desta lista (3, 6, 7, 12, 15 e 25) não houve sugestão de migração. Ao contrário destas, para as empresas (2, 4, 5, 8, 10, 13, 16, 17, 18, 20, 21 e 24) houve sugestão de migração. A seguir, apresentam-se alguns dos casos em que a migração do *datacenter* foi sugerida pela ferramenta para este grupo de empresas.

Aplicação da Ferramenta para a Empresa 8

O questionário foi enviado para a empresa 8 que forneceu as respostas listadas na Tabela 6. Este passo, conforme já mencionado, é representado pela camada 1 da ferramenta.

Tabela 6. Respostas da Empresa 8

Questão	Resposta	Significado
1. Tipo de <i>datacenter</i> atual	B	Virtualizado
2. Quantidade Servidores Físicos	A	<2
3. Aplicações compatíveis com Virtualização?	A	Sim
4. O custo de uma solução proprietária de Virtualização é impeditivo?	B	Não
5. Utilizaria software livre para Virtualização?	A	Sim
6. Custo da Nuvem Pública impede utilização?	B	Não
7. Segurança Nuvem Pública atende necessidade?	B	Não
8. Importância do quesito "Gerenciamento Centralizado"	B	Relativamente Importante
9. Importância do quesito "Automatização no Provisionamento"	B	Relativamente Importante
10. Importância do quesito "Solicitação de Recursos sob demanda"	C	Importante
11. Importância do quesito " <i>Multitenancy</i> "	A	Sem Importância
12. Importância dos quesitos "Elasticidade/Escalabilidade"	B	Relativamente Importante
13. Importância do quesito "Tarifação por utilização"	A	Sem Importância
14. Quantidade de recursos de TI solicitados por mês	A	<20

Na Tabela 6 apresentam-se as respostas que a empresa 8 forneceu ao questionário e o significado de cada resposta. A empresa utiliza o *datacenter* no modelo virtualizado, conforme resposta da questão 1, alternativa "B". As demais respostas foram processadas pelo aplicativo de tratamento dos dados apresentado a seguir.

Tratamento dos Dados

Obtiveram-se os seguintes resultados com o tratamento das respostas fornecidas pela empresa 8, camada 2 da ferramenta. De acordo com a resposta dada à questão 2, a empresa tem menos de dois servidores, alternativa "A". Com esta informação atribui-se o valor "0" à variável **NSF** (v. Capítulo 4, Seção 4.2.1) A resposta dada à questão 3 indica que as aplicações são compatíveis com a virtualização, alternativa "A" e, portanto, atribui-se o valor "1" à variável **PVA**. A empresa responde na questão 4 que o custo da uma solução proprietária de virtualização é viável, alternativa "B" e na questão 5 que poderia utilizar uma solução de software livre, alternativa "A". Com estas respostas atribui-se o valor "1" à variável **QDCV**. Com relação à Nuvem Pública, pela resposta à questão 6, a empresa considera que o custo é compatível, alternativa "B", porém, pela resposta dada à questão 7, a segurança não atende as necessidades da empresa, alternativa "B". Com estas informações atribui-se o valor "0" à variável **QNPu**. De acordo com a resposta dada à questão 14, o número de solicitações de recursos de TI na empresa é muito baixo, ou seja, menor que vinte requisições por mês, alternativa "A". Como as respostas às questões de 8 a 13, que indicam quão importantes são as características de Computação em Nuvem, não resultaram em um valor máximo para a variável AINP, ou seja, quando todas as questões (de 8 a 13) forem consideradas como "Muito Importantes", à variável **QNP**r é atribuído o valor "0". O tratamento destas informações resultou no vetor **VT (0, 0, 1, 1, 0)**. Este vetor é

passado para o aplicativo da próxima camada da ferramenta que avalia a pertinência de migração.

Avaliação da Pertinência de Migração

A terceira camada da ferramenta refere-se a avaliação da pertinência de migração, e este processo é realizado com a inserção do vetor VT no aplicativo de Máquina de Estados. O vetor **VT (0, 0, x, x, x)** leva ao resultado de migração para *datacenter* tradicional. Como a empresa tem menos de três servidores (NSF=0), a virtualização pode não ser a melhor opção pois há um gasto adicional para um número reduzido de servidores. Como a Nuvem Pública não atende as necessidades da empresa (QNPu=0), este modelo também é descartado. Neste caso, as outras variáveis são irrelevantes e o resultado sugerido é a migração para o modelo tradicional conforme Figura 45.

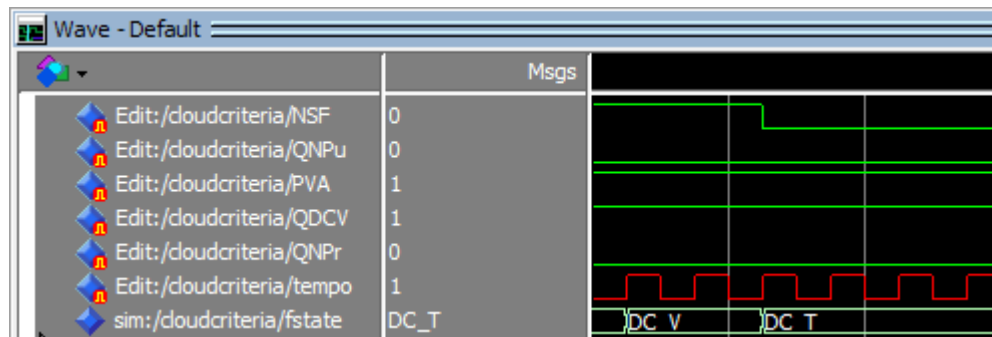


Figura 45. Simulação grupo 2 (Empresa 8)

Na Figura 45 observa-se que no terceiro ciclo da variável tempo, o sinal da forma de onda da variável NSF foi alterado de “1” para “0”. Neste momento, a ferramenta apresenta uma transição, pela saída fstate, de *Datacenter* Virtualizado (DC_V) para *Datacenter* Tradicional (DC_T). Um resultado diferente do vetor VT foi percebido quando a ferramenta foi aplicada às respostas da empresa 10 conforme explicação a seguir.

Aplicação da Ferramenta para Empresa 10

Com o tratamento das respostas que a Empresa 10 forneceu, obteve-se o vetor VT (1, 0, 1, 0, 0). Apesar deste vetor ser diferente do vetor resultante da empresa 8, a avaliação de pertinência de migração foi a mesma, ou seja, para a Empresa 10 a sugestão também foi de migração para o *datacenter* no modelo tradicional, conforme observa-se pela Figura 46.

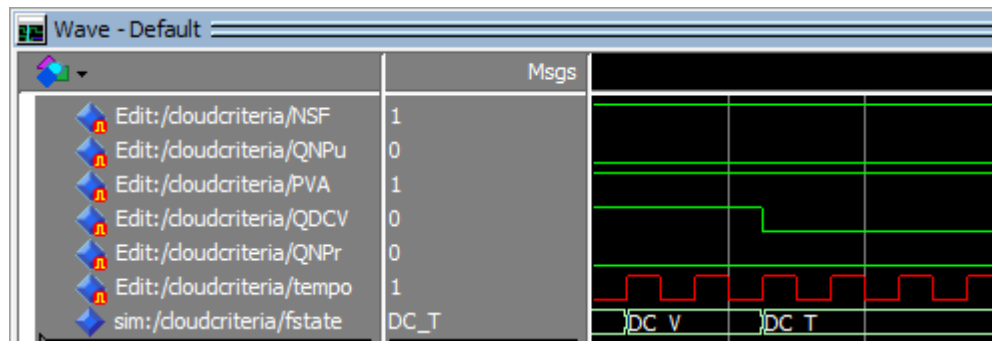


Figura 46. Simulação grupo 2 (Empresa 10)

No terceiro ciclo da variável “tempo”, o sinal da variável QDCV passa de “1” para “0”. Neste momento, há uma transição de DC_V para DC_T.

As empresas 16, 17, 20 e 24, apesar de também possuírem o *datacenter* do tipo virtualizado, após aplicação da ferramenta, o resultado foi diferente do verificado para a empresa 10. Entre estas empresas, o resultado do vetor VT foi o mesmo, por isso, apresenta-se o resultado detalhado somente para a Empresa 16.

Aplicação da Ferramenta para a Empresa 16

A coleta dos dados da empresa 16, feita através do questionário, apresentou as seguintes informações, listadas na Tabela 7.

Tabela 7. Respostas da Empresa 16

Questão	Resposta	Significado
1. Tipo de <i>datacenter</i> atual	B	Virtualizado
2. Quantidade Servidores Físicos	B	>2
3. Aplicações compatíveis com Virtualização?	A	Sim
4. O custo de uma solução proprietária de Virtualização é impeditivo?	B	Não
5. Utilizaria software livre para Virtualização?	B	Não
6. Custo da Nuvem Pública impede utilização?	B	Não
7. Segurança Nuvem Pública atende necessidade?	B	Não
8. Importância do quesito "Gerenciamento Centralizado"	C	Importante
9. Importância do quesito "Automatização no Provisionamento"	C	Importante
10. Importância do quesito "Solicitação de Recursos sob demanda"	B	Relativamente Importante
11. Importância do quesito " <i>Multitenancy</i> "	B	Relativamente Importante
12. Importância dos quesitos "Elasticidade/Escalabilidade"	C	Importante
13. Importância do quesito "Tarifação por utilização"	D	Muito Importante
14. Quantidade de recursos de TI solicitados por mês	B	>20

Assim como as outras empresas discutidas neste caso, a empresa 16 respondeu que o tipo de *datacenter* utilizado no momento é o Virtualizado, alternativa “B” da questão 1. O tratamento dos demais dados revela os valores das variáveis do vetor VT.

Tratamento dos Dados

A Empresa respondeu que possui mais de dois servidores físicos, questão 2, alternativa “B”, portanto, à variável **NSF** atribui-se o valor “1”. As aplicações que a empresa utiliza são compatíveis com a virtualização, questão 3, alternativa “A”, com esta informação atribui-se o valor “1” à variável **PVA**. A empresa considera que o custo não é um impeditivo para utilização de uma solução proprietária de virtualização conforme resposta dada à questão 4, alternativa “B”. Com esta informação atribui-se o valor “1” à variável **QDCV**, apesar de não concordar com a utilização de uma solução de software livre, questão 5, alternativa “B”. O quesito custo da Nuvem Pública atende as necessidades da empresa, mas como a segurança não atende, atribui-se o valor “0” à variável **QNPu**. Como a quantidade de solicitações de recursos de TI é maior que vinte por mês, questão 14, alternativa “B”, à variável **QNPr** é atribuído o valor “1” independentemente do grau de importância calculado pelas respostas das questões de 8 a 13. Com estas informações atribui-se os valores para as variáveis do vetor **VT (1, 0, 1, 1, 1)** que é passado para a camada 3 da ferramenta.

Avaliação da Pertinência de Migração

O vetor VT (1, 0, 1, 1, 1), após processado pelo aplicativo da Máquina de Estados, leva ao seguinte resultado. Conforme fluxograma apresentado no Capítulo 4, Seção 4.3.5, o vetor VT cujo resultado seja VT (1, 0, x, x, 1), é considerado vetor de migração para Nuvem Privada. Como o número de servidores físicos é maior que 2 (NSF=1), a Nuvem Pública não atende as necessidades (QNPu=0) e os quesitos de Nuvem Privada são satisfeitos (QNPr=1), a sugestão de migração é indicada pela ferramenta, conforme simulação apresentada na Figura 47.

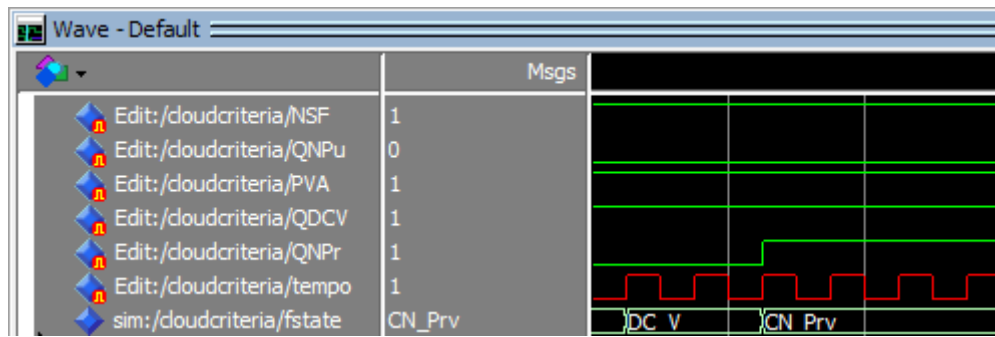


Figura 47. Simulação grupo 2 (Empresa 16)

Percebe-se que no terceiro ciclo da variável “tempo”, a variável QNPr passou de “0” para “1” resultando no vetor VT (1, 0, 1, 1, 1) e neste instante, acontece a transição da saída fstate de DC_V para CN_Priv.

As empresas 17, 20 e 24 apresentaram o mesmo resultado para o vetor VT e portanto, o resultado da simulação realizada para estas empresas foi exatamente igual ao apresentado na Figura 47. O que não ocorreu com as empresas 18 e 21.

Para as empresas 18 e 21, a sugestão foi outra, conforme resultado das simulações. Após o tratamento dos dados do questionário respondido pela empresa 18, obteve-se o vetor VT (1, 1, 1, 0, 0) e pela empresa 21, obteve-se o vetor VT (0, 1, 1, 1, 0). Para estes vetores, a Máquina de Estados transaciona de DC_V para CN_Pub conforme Figuras 48 e 49. Portanto, para estas empresas a recomendação da ferramenta é que seja implantada uma solução de Nuvem Pública.

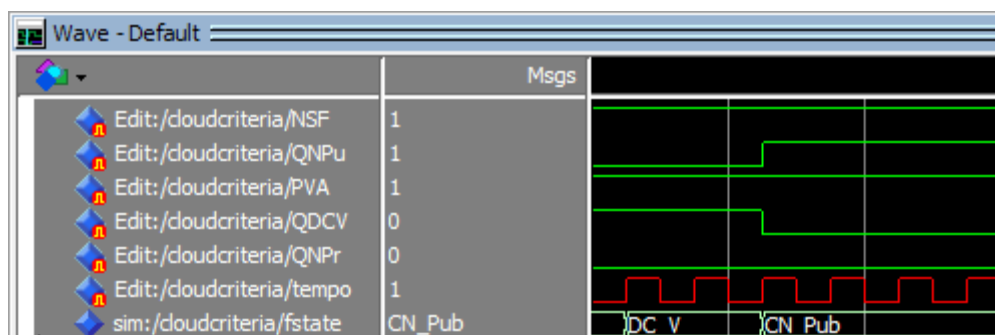


Figura 48. Simulação grupo 2 (Empresa 18)

Na Figura 48 ocorre uma transição do valor “0” para “1” para a variável QNPu e de “1” para “0” para a variável QDCV no terceiro ciclo da variável “tempo”. Neste instante, o vetor VT assume os valores (1, 1, 1, 0, 0), o que resulta na transição de DC_V para CN_Pub.

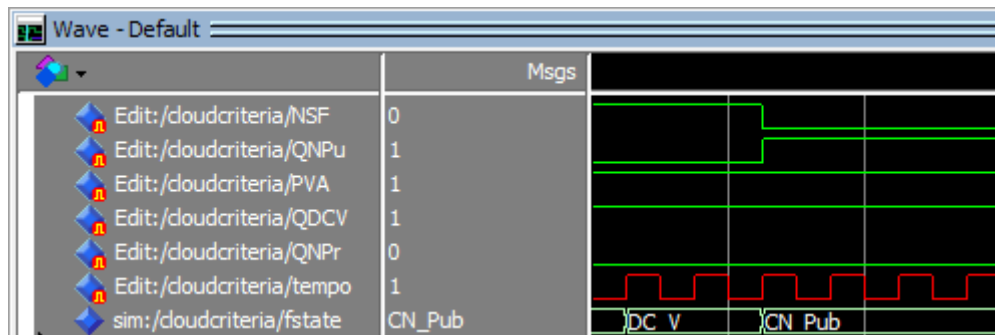


Figura 49. Simulação grupo 2 (Empresa 21)

Na Figura 49, o vetor VT percebido no terceiro ciclo da variável “tempo” é VT (0, 1, 1, 1, 0) quando a variável NSF passa de “1” para “0” e QNPu passa de “0” para “1”. Este vetor também determina uma transição de DC_V para CN_Pub.

Com o tratamento dos dados coletados das empresas 2, 5 e 13, obteve-se o vetor VT (1, 1, 1, 1, 0) para as três empresas. Este vetor, quando inserido no aplicativo da Máquina de Estados, resulta na continuidade do modelo virtualizado mas com conexão para Nuvem Pública. Esta simulação é apresentada na Figura 50.

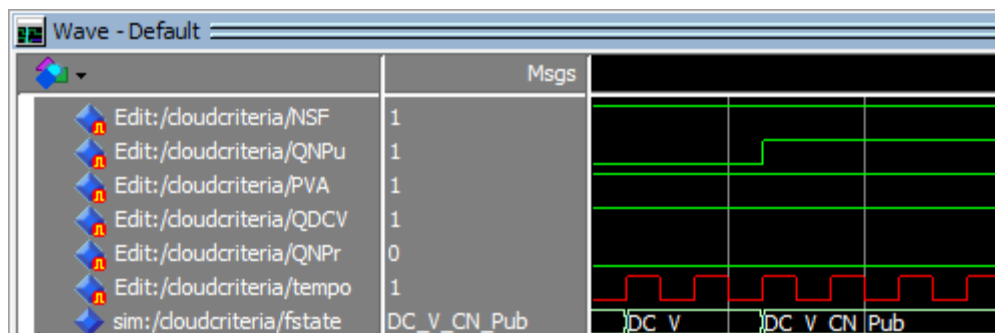


Figura 50. Simulação grupo 2 (Empresas 2, 5 e 13)

Uma transição do valor “0” para o valor “1” acontece no terceiro ciclo da variável “tempo” para a variável QNPu, neste momento, o vetor VT assume os valores (1, 1, 1, 1, 0) e a ferramenta sugere a transição de DC_V para DC_V_CN_Pub.

Para a empresa 4, a coleta das informações pelo questionário, o tratamento dos dados coletados e a avaliação de pertinência resultou na sugestão de migração para outro tipo de *datacenter* após processamento do vetor VT (1, 1, 1, 0, 1). A Figura 51 ilustra o resultado desta simulação.

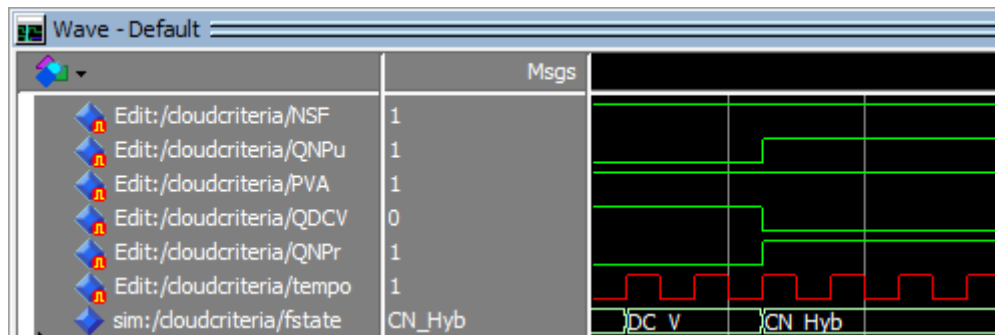


Figura 51. Simulação grupo 2 (Empresa 4)

Nesta simulação, a variável QNPu passa de “0” para “1”, a variável QDCV passa de “1” para “0” e a variável QNPr passa de “0” para “1”. O vetor correspondente VT (1, 1, 1, 0, 1) leva à transição de DC_V para CN_Hyb. Ou seja, para a empresa 4 a sugestão é que a Nuvem Híbrida seja utilizada.

Para as demais empresas do grupo 2, empresa 3, 6, 7, 12, 15 e 25, o resultado do vetor VT foi VT (1, 0, 1, 1, 0). Este vetor leva à transição para o *datacenter* virtualizado. Como estas empresas já utilizam este tipo de *datacenter*, não há sugestão de migração, ou seja, a sugestão foi que estas empresas permanecessem com o *datacenter* virtualizado.

5.3 Grupo 3 – Empresas com *Datacenter* em Nuvem Privada

Das empresas pesquisadas, três delas (Empresas 9, 11 e 14) informaram que o *datacenter* possui uma estrutura de Nuvem Privada, conforme questão 1, alternativa “C” da Tabela 8. Além desta informação, a Tabela 8 lista as demais respostas dadas por estas empresas ao questionário.

Tabela 8. Respostas das Empresas com *Datacenter* em Nuvem Privada

Empresa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14
9	C	B	A	B	A	B	B	D	D	D	D	D	D	D
11	C	B	A	B	A	B	B	D	D	D	D	D	D	A
14	C	B	A	B	B	B	B	B	C	C	C	D	C	B

A aplicação da ferramenta aos dados coletados pelas questões Q1 a Q14 apresentadas na Tabela 8, gerou o mesmo resultado para as três empresas. Descreve-se a seguir, para uma das empresas, os detalhes de como as três camadas da ferramenta foram aplicadas para atingir este resultado.

Aplicação da Ferramenta para a Empresa 11

Na Tabela 9 encontram-se as respostas dadas pela empresa 11 ao questionário de avaliação, conforme camada 1 da ferramenta. Apresenta-se também o significado de cada resposta para o tratamento dos dados pelos aplicativos da ferramenta.

Tabela 9. Respostas da Empresa 11

Questão	Resposta	Significado
1. Tipo de <i>datacenter</i> atual	C	Nuvem Privada
2. Quantidade Servidores Físicos	B	>2
3. Aplicações compatíveis com Virtualização?	A	Sim
4. O custo de uma solução proprietária de Virtualização é impeditivo?	B	Não
5. Utilizaria software livre para Virtualização?	A	Sim
6. Custo da Nuvem Pública impede utilização?	B	Não
7. Segurança Nuvem Pública atende necessidade?	B	Não
8. Importância do quesito "Gerenciamento Centralizado"	D	Importante
9. Importância do quesito "Automatização no Provisionamento"	D	Importante
10. Importância do quesito "Solicitação de Recursos sob demanda"	D	Relativamente Importante
11. Importância do quesito " <i>Multitenancy</i> "	D	Relativamente Importante
12. Importância dos quesitos "Elasticidade/Escalabilidade"	D	Importante
13. Importância do quesito "Tarifação por utilização"	D	Muito Importante
14. Quantidade de recursos de TI solicitados por mês	A	<20

Assim como nas outras simulações e de acordo com a camada 2 da ferramenta, o tratamento dos dados apresentados na Tabela 9, resulta no vetor VT. A questão 1, alternativa "C", determina que o *datacenter* da empresa utiliza uma solução de Nuvem Privada. As demais questões determinam os valores das variáveis do vetor VT.

Tratamento dos Dados

A questão 2, alternativa "B" indica que a empresa possui mais de dois servidores físicos, atribui-se portanto o valor "1" para à variável **NSF**. As aplicações que a empresa utiliza são compatíveis com a virtualização, questão 3, alternativa "A" e com esta informação, à variável **PVA** atribui-se o valor "1". A empresa considera que o custo de uma solução proprietária de virtualização não é um impeditivo e que também utilizaria uma solução de software livre, questão 4, alternativa "B" e questão 5, alternativa "A". Com estas informações, atribui-se o valor "1" à **QDCV** como "1". Apesar do custo de serviço da Nuvem Pública ser viável na opinião do gestor, questão 6, alternativa "B", a segurança não atende as necessidades, questão 7, alternativa "B". Com estas informações atribui-se o valor "0" à variável **QNPu**. A quantidade de recursos de TI solicitados por mês é menor que vinte, porém, o gestor analisa que todas as características de Computação em Nuvem são muito importantes para o negócio da empresa, de acordo com as respostas das questões 8 a 13, alternativa "D". Deste modo, à variável **QNPr** atribui-se o valor "1". Tratadas estas informações, obtém-se o vetor **VT (1, 0, 1, 1, 1)**. Utilizando-se este vetor como parâmetro de

entrada do aplicativo da Máquina de Estados Finitos, conforme camada 3 da ferramenta, obtém-se a pertinência de migração.

Avaliação da Pertinência de Migração

De acordo com o fluxograma apresentado no Capítulo 4, Seção 4.3.5, vetores que pertençam ao conjunto VT (1, 0, x, x,1), devem migrar para Nuvem Privada. Como a empresa tem mais de dois servidores físicos (NSF=1), se beneficiaria da virtualização. Como os quesitos de Computação em Nuvem Privada são muito importantes para a empresa (QNPr=1), a Nuvem Pública não atende as necessidades (QNPu=0) e o modelo de Nuvem Privada já está implementado, a sugestão da ferramenta é que permaneça neste modelo. Obteve-se o mesmo resultado para o vetor VT para as empresas 9 e 14 e conseqüentemente o mesmo resultado final. A Figura 52, ilustra a simulação realizada para estas empresas.

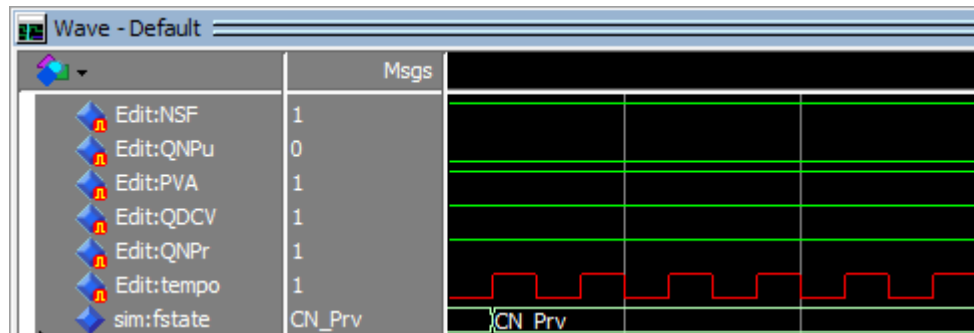


Figura 52. Simulação grupo 3 (Empresa 9, 11 e 14)

Nesta simulação, o vetor VT (1, 0, 1, 1, 1) determina que o *datacenter* no modelo Nuvem Privada deve ser implantado, como as empresas 9, 11 e 14 já possuem uma solução de Nuvem Privada, nenhuma migração é sugerida pela ferramenta.

5.4 Grupo 4 – Empresas com *Datacenter* em Nuvem Híbrida

Somente uma das empresas que responderam ao questionário, Empresa 1, informou possuir um *datacenter* que opera em Nuvem Híbrida, questão 1, alternativa “F”. Aplicou-se a ferramenta às respostas do questionário informadas por esta empresa e de acordo com a Tabela 10 e chegou-se ao seguinte resultado.

Tabela 10. Respostas da Empresa com *Datacenter* em Nuvem Híbrida

Empresa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14
1	F	B	A	A	A	B	A	D	D	D	D	D	D	C

Aplicação da Ferramenta para a Empresa 1

As respostas dadas pelo gestor da Empresa 1 e os significados de cada resposta são listados na Tabela 11.

Tabela 11. Respostas da Empresa 1

Questão	Resposta	Significado
1. Tipo de <i>datacenter</i> atual	F	Nuvem Híbrida
2. Quantidade Servidores Físicos	B	>2
3. Aplicações compatíveis com Virtualização?	A	Sim
4. O custo de uma solução proprietária de Virtualização é impeditivo?	A	Sim
5. Utilizaria software livre para Virtualização?	A	Sim
6. Custo da Nuvem Pública impede utilização?	B	Não
7. Segurança Nuvem Pública atende necessidade?	A	Sim
8. Importância do quesito "Gerenciamento Centralizado"	D	Muito Importante
9. Importância do quesito "Automatização no Provisionamento"	D	Muito Importante
10. Importância do quesito "Solicitação de Recursos sob demanda"	D	Muito Importante
11. Importância do quesito " <i>Multitenancy</i> "	D	Muito Importante
12. Importância dos quesitos "Elasticidade/Escalabilidade"	D	Muito Importante
13. Importância do quesito "Tarifação por utilização"	D	Muito Importante
14. Quantidade de recursos de TI solicitados por mês	C	>20

Tratamento dos Dados

As informações da Tabela 11 revelam os seguintes dados, que tratados resultam nos valores das variáveis do vetor VT. A questão 1, alternativa "F" identifica que a empresa utiliza a Nuvem Híbrida. A questão 2, alternativa "B" identifica que a empresa possui mais de 2 servidores físicos, o que leva a atribuição do valor "1" à da variável **NSF**. À variável **PVA** é atribuído o valor "1" porque de acordo com a questão 3, alternativa "A", as aplicações são compatíveis e homologadas na virtualização. À variável **QDCV** também é atribuído o valor "1" porque apesar da empresa considerar o custo de uma solução proprietária de virtualização inviável, considera viável a utilização de uma solução de software livre de virtualização. Na opinião do gestor, o custo e a segurança da Nuvem Pública atendem as necessidades da empresa, portanto à variável **QNPu** atribui-se o valor "1". Como a quantidade de recursos de TI solicitados por mês é maior que vinte, questão 14, alternativa "C", à variável **QNPr** atribui-se o valor "1". O tratamento destes dados resulta no vetor **VT (1, 1, 1, 1, 1)**. Este vetor é passado ao aplicativo da terceira camada da ferramenta que avalia a pertinência de migração.

Avaliação da Pertinência de Migração

Conforme discutido no Capítulo 4, Seção 4.3.6, quando o vetor VT resultante do tratamento dos dados é do tipo VT (1, 1, 1, x, 1), a sugestão é que se migre para uma solução de Nuvem Híbrida. No caso da empresa 1, o vetor VT (1, 1, 1, 1, 1) indica que a empresa atende todos os quesitos avaliados, ou seja, possui mais de dois servidores físicos (NSF=1), os quesitos de virtualização e de Nuvem Privada são atendidos (PVA=1; QDCV=1; QNPr=1), assim como os de Nuvem Pública (QNPu=1). Este cenário determina que a Nuvem Híbrida é benéfica ao negócio da empresa. Como a empresa respondeu que já utiliza a Nuvem Híbrida, a simulação não apresentou nenhuma migração, conforme ilustrado pela Figura 53.

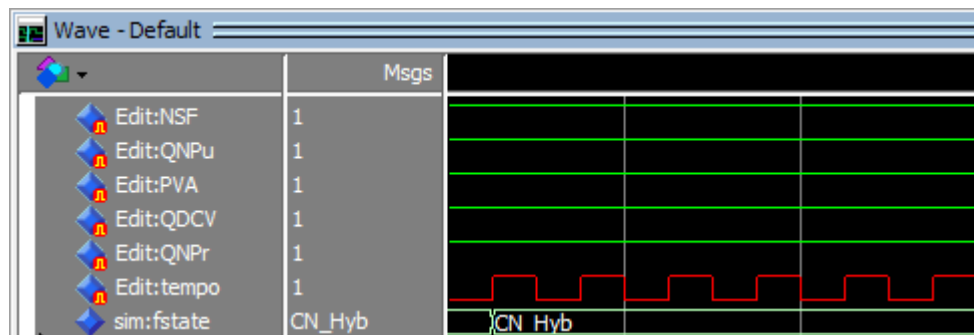


Figura 53. Simulação grupo 4 (Empresa 1)

Nesta simulação, o valor “1” foi atribuído à todas as variáveis, ou seja, vetor VT (1, 1, 1, 1, 1). Para estes valores do vetor VT, observa-se a sugestão de Nuvem Híbrida pela saída fstate. Como a empresa já utiliza o *datacenter* no modelo Híbrido de Computação em Nuvem, nenhuma transição ocorre.

Para ilustrar a porcentagem de migração indicada pela ferramenta de uma forma geral, criou-se a Figura 54 que apresenta os grupos das empresas que responderam ao questionário e a porcentagem de migração para cada grupo.

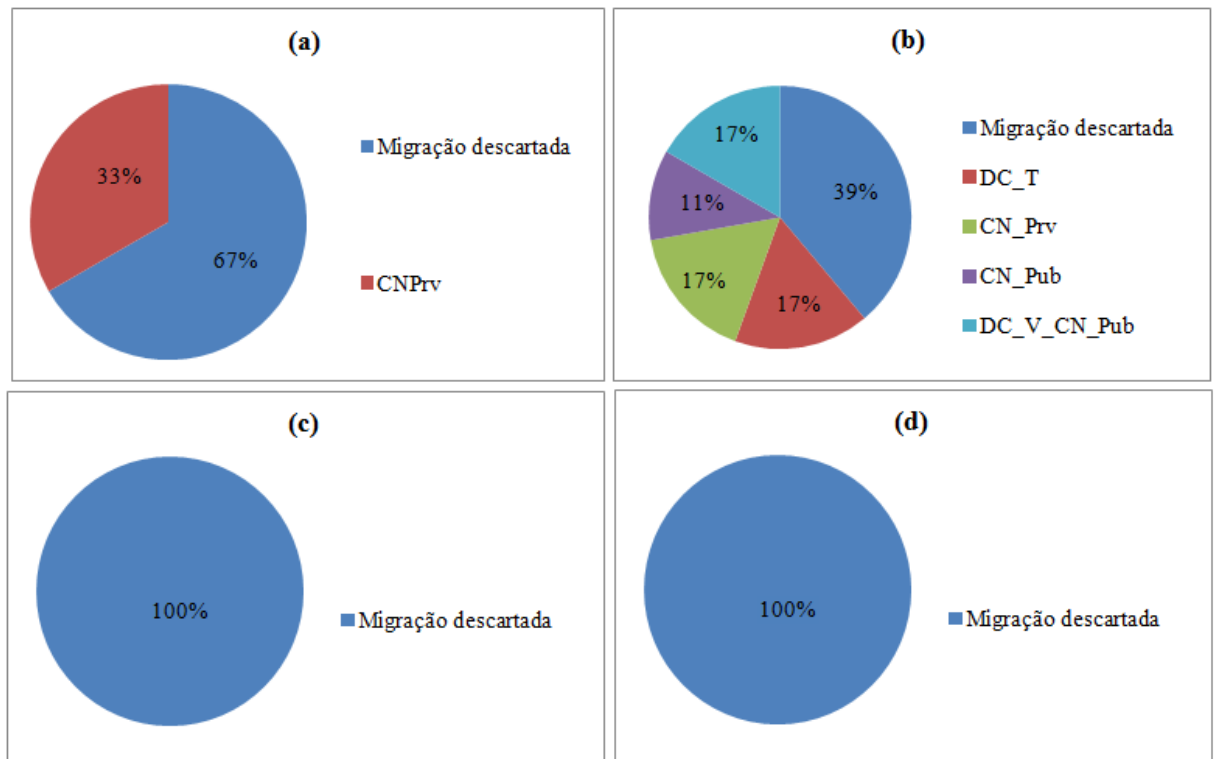


Figura 54. Mapa de migrações recomendadas pela ferramenta. (a) *Datacenter* Tradicional, (b) *Datacenter* Virtualizado, (c) Nuvem Privada e (d) Nuvem Híbrida

A Figura 54 mostra que, para empresas que possuem *datacenter* tradicional, houve sugestão de migração para Nuvem Privada para 33% delas. Para as empresas que utilizam a Virtualização, 17% deveria migrar para *datacenter* tradicional, 17% para Nuvem Privada, 11% para Nuvem Pública e 17% para Virtualização em conjunto com Nuvem Pública. Para as empresas que utilizam Nuvem Privada, 33% deveria migrar para Virtualização enquanto que 67% delas permaneceria utilizando a Nuvem Privada. Por fim, para a empresa que opera em Nuvem Híbrida não houve sugestão de migração. Do total de empresas, houve recomendação de migração para 52% delas (2, 4, 5, 8, 10, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 21 e 24).

Na próxima seção, será mostrado o potencial da ferramenta na atualização das necessidades de TI de uma empresa através da simulação para uma empresa fictícia.

5.5 Sequência de Migrações

Nesta subseção, aplica-se a ferramenta para uma empresa hipotética, cujo *datacenter* seja do tipo tradicional, com perspectivas otimistas de crescimento. Esta empresa deseja avaliar a estrutura de TI para saber que tipo de *datacenter* seria o mais adequado quando as

necessidades de TI forem diferentes das atuais. Supondo que no momento atual, o *datacenter* tenha apenas dois servidores (NSF=0) e as aplicações que a empresa utiliza sejam compatíveis com virtualização (PVA=1). Neste momento, o *datacenter* utilizado seria o DC_T representado na Figura 55 no final desta seção.

Primeira avaliação

Apesar de as aplicações serem compatíveis com a virtualização (PVA=1), com apenas dois servidores (NSF=0), os custos de implantação de virtualização no *datacenter* seriam altos, conforme discutido no Capítulo 2 Seção 2.4.1.3. Portanto, em um primeiro momento, a empresa poderia contratar alguns serviços da Nuvem Pública. Supondo que os quesitos de segurança e custo da Nuvem Pública sejam satisfatórios (QN_{Pu}=1). Na Figura 55 ocorreria a transição de DC_T para CN_Pub.

Segunda avaliação

Se a necessidade por novas aplicações aumentar ao longo do tempo e o custo da Nuvem Pública começar a ficar inviável, a variável QN_{Pu} passaria para “0”. Neste caso, a empresa poderia estudar a possibilidade de adquirir mais um servidor. Com três servidores, a variável NSF passaria para o valor “1”, e com isso a empresa poderia implantar uma solução de virtualização no próprio *datacenter* utilizando uma solução de software livre (QDCV=1), deixando de pagar pelos recursos da Nuvem Pública. Na Figura 55 ocorreria a transição de CN_Pub para DC_V.

Terceira avaliação

Com os negócios crescendo e as solicitações de recursos de TI dos usuários aumentando, supondo que as requisições de serviços de TI ultrapassaria vinte requisições por mês, a variável QN_{Pr} assumiria o valor “1”, neste momento, uma solução de Nuvem Privada seria recomendada. Na Figura 55 ocorreria a transição de DC_V para CN_Pr.

Estes cenários, representados pelas mudanças das características do *datacenter* da empresa, resultariam na migração do *datacenter* tradicional para Nuvem Pública, em seguida para uma solução de virtualização no próprio *datacenter* e, finalmente, para uma solução de Nuvem Privada. A Figura 55 mostra o resultado desta simulação com a utilização da ferramenta.

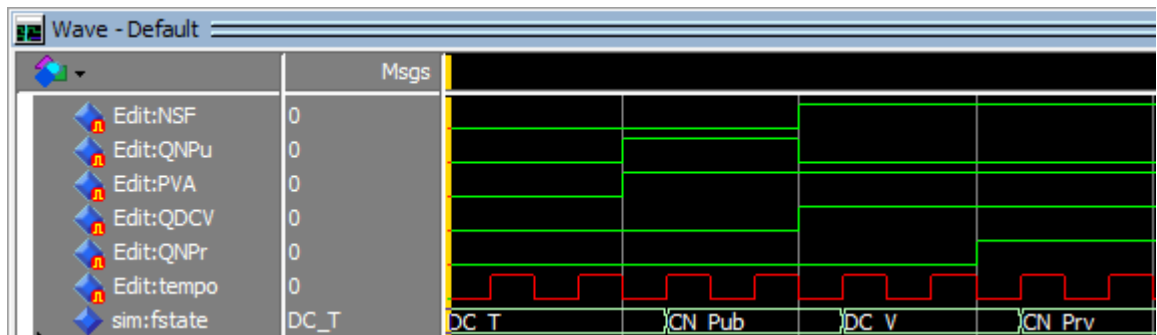


Figura 55. Simulação Empresa Hipotética

Na Figura 55, a empresa com um *datacenter* do tipo tradicional, na medida em que o tempo passa, no terceiro ciclo de tempo, a ferramenta sugere a transição para uma solução de Nuvem Pública quando as variáveis QNPu e PVA passam a assumir o valor “1”. Em seguida, no quinto ciclo, uma solução de Virtualização é sugerida quando a variável QNPu retorna para “0”, as variáveis NSF e QDCV assumem o valor “1”. E no sétimo ciclo, uma solução de Nuvem privada é sugerida quando a variável QNPr assume o valor “1”.

Conforme mencionado no início deste capítulo, vinte e cinco empresas aceitaram responder ao questionário e após a aplicação da ferramenta houve recomendação de migração no tipo de *datacenter* para 52% delas. Os resultados deste trabalho podem ter um impacto financeiro na empresa que venha a seguir a sugestão de migração. Discute-se um exemplo na próxima subseção.

5.6 Impacto Financeiro

De acordo com as avaliações de custo realizadas no Capítulo 2 seções 2.4.1 e 2.4.2, é possível estimar o quanto a empresa economizaria se seguisse a recomendação de migração indicada pela ferramenta. A título de ilustração, a empresa 19, com *datacenter* tradicional, de acordo com as respostas fornecidas, deveria migrar para Nuvem Privada. Como a Nuvem Privada utiliza técnicas de virtualização, o custo total de propriedade (TCO) seria menor, conforme evidenciado no Capítulo 2 Seção 2.4.1.3. A Nuvem Privada também permite a automação para os processos de provisionamento de recursos de TI, diminuindo, portanto, o custo de mão de obra com profissionais de TI. Além disso, a empresa se beneficiaria com os ganhos proporcionados pelas características da Nuvem Privada, conforme citado no Capítulo 2, Seção 2.3. A Tabela 12 mostra uma estimativa supondo que a empresa 19 possua vinte servidores físicos e que o número de requisições de serviços de TI seja de vinte por mês, conforme as informações fornecidas pela empresa, deste modo, calcula-se a diferença dos custos entre um *datacenter* tradicional e Nuvem Privada.

Tabela 12. Demonstrativo de Custos

Tipo de <i>Datacenter</i>	Consumo total HW + refrigeração (W)	Consumo em três Anos (US\$)	TCO-Custo Consumo + Custo de HW (US\$)	Custo com mão de obra de TI em três anos (US\$)
Tradicional	12001,20	103.763,82	158.658,42	71.765,59
Nuvem Privada	3544,30	30.644,44	70.437,44	25.950,00

Supondo que a empresa possua vinte servidores, e que o número de requisições de serviços de TI seja de vinte por mês, conforme as informações fornecidas pela empresa, pode-se calcular a diferença de custos. Com uma infraestrutura de Nuvem Privada, que também utiliza virtualização, o TCO de três anos teria uma redução de mais de 50%. O custo de mão de obra de TI, neste mesmo período, seria de US\$ 71.765,59¹⁵ no modelo tradicional, enquanto, para uma solução de Nuvem Privada, a empresa pagaria aproximadamente US\$ 25.950,00 com licenciamento de dez servidores [58] e mão de obra para implantação da Nuvem¹⁶. Como utiliza-se a virtualização na Nuvem Privada, considera-se que os vinte servidores físicos poderiam, no pior caso, ser transformados em vinte Máquinas Virtuais hospedadas em dez *hypervisors* físicos. Este custo de US\$ 25.950,00 na Nuvem Privada é uma estimativa inicial de licenciamento considerando uma estrutura de Nuvem de um fornecedor comercial. Este custo pode variar dependendo da quantidade total de requisições ao longo de três anos que pode chegar a setecentas e vinte se for mantido o número de vinte requisições por mês. Não haveria custo de mão de obra de TI para provisionar os serviços porque este trabalho seria realizado de forma automática pela infraestrutura da Nuvem Privada. Vale lembrar que o custo de licenciamento e implantação pode ser menor com a utilização de uma solução *Open Source* de Nuvem Privada.

¹⁵ Considera-se a estimativa de custo anual de mão de obra de TI (R\$ 55.020,29), de acordo com os cálculos do Capítulo 2, Seção 2.4.2 e a cotação do dólar a R\$ 2,30.

¹⁶ Considera-se o custo de licenciamento para 10 servidores de uma empresa que comercializa soluções de Nuvem Privada.

6 CONCLUSÃO

6.1 Comentários Gerais

Neste trabalho, motivado pelos desafios que uma empresa enfrenta na escolha de soluções de TI, desenvolveu-se uma ferramenta que auxilia na escolha do tipo do *datacenter* mais adequado às suas necessidades de negócio. Existem seis tipos de *datacenter* que uma empresa pode utilizar, estes designados como Tradicional, Virtualizado, Virtualizado com Computação em Nuvem Pública, Computação em Nuvem Privada, Computação em Nuvem Pública e Computação em Nuvem Híbrida. O *datacenter* tradicional é aquele que possui somente servidores físicos sem nenhum tipo de virtualização. O *datacenter* Virtualizado utiliza técnicas de virtualização transformando servidores físicos em Máquinas Virtuais hospedadas em *Hypervisors* físicos, o que permite economia, pelo compartilhamento de recursos. Por fim, os *datacenters* que utilizam alguma forma de Computação em Nuvem agregam as vantagens da virtualização, além de possuir características que podem satisfazer as mais diversas necessidades de negócio. Estas características podem ser diferentes, dependendo do tipo de implementação de Nuvem e do tipo de serviço oferecido. Na Nuvem Pública, os serviços são oferecidos à pessoas físicas e jurídicas pela Internet, na Nuvem Privada, os serviços são oferecidos principalmente para pessoas jurídicas em uma rede privada, na Nuvem Comunitária, existe a colaboração entre duas organizações que compartilham as suas estruturas de Nuvem e na Nuvem Híbrida, dois ou mais tipos de Nuvem são conectados. Os tipos de serviços oferecidos se dividem basicamente em Serviços de Infraestrutura (*IaaS*), de Plataforma (*PaaS*) e de Software (*SaaS*).

A ferramenta proposta neste trabalho, inédita na literatura, permitiu, a partir das características da empresa, selecionar o tipo de *datacenter* a ela mais adequado. Basicamente, a ferramenta é dividida em três camadas. A primeira camada é composta de um questionário de avaliação que foi desenvolvido com base nas características dos *datacenters*. Este questionário foi enviado para vinte e cinco empresas, o que permitiu investigar empresas de diferentes setores mostrando que a ferramenta é de uso geral. Todas as empresas pesquisadas utilizam TI de alguma forma.

Após o recebimento das respostas do questionário, trataram-se os dados, o que conduziu ao vetor VT com cinco posições que representam os valores das variáveis NSF, QNPu, PVA, QDCV, e QNPr. As cinco posições do vetor VT possibilitaram a criação de um conjunto de trinta e duas combinações diferentes para as variáveis.

O vetor VT, resultante do tratamento dos dados na segunda camada, é utilizado como entrada para a terceira e última camada da ferramenta, que consiste de um aplicativo desenvolvido com base em um algoritmo de Máquinas de Estados Finitos, implementado em linguagem de programação VHDL. Com as trinta e duas possibilidades para o vetor VT definiu-se então, um conjunto de regras de transição para cada estado da máquina. Desta forma, com o vetor VT definido, a ferramenta pôde indicar se a migração é recomendada.

Alinhado aos objetivos deste trabalho, a ferramenta indica qual o modelo de *datacenter* seria mais adequado no momento da avaliação, como o questionário pode ser respondido simulando uma situação futura, a empresa também pode verificar em que momento determinada migração deve ocorrer.

Apesar de a porcentagem de utilização dos modelos de *datacenter*, ou seja, 72% das empresas pesquisadas utilizam Virtualização, 12% utilizam *datacenter* tradicional, 12% utilizam Nuvem Privada e 4% utilizam Nuvem Híbrida, verificou-se que nem todas as empresas operam de acordo com o que seria recomendado pela ferramenta. Analisou-se os resultados e de forma geral houve recomendação de migração para 52% das empresas que responderam ao questionário.

Para verificar o impacto financeiro que uma das empresa teria se seguisse a recomendação de migração da ferramenta, tomou-se como exemplo a empresa 19. De acordo com as respostas fornecidas ao questionário e resultado da ferramenta, esta empresa deveria migrar para Nuvem Privada. Constatou-se que a empresa teria uma economia de aproximadamente US\$ 135.000,00 em três anos se seguisse a recomendação de migração. Esta economia está relacionada à diminuição do Custo Total de Propriedade (TCO) em três anos devido às técnicas de virtualização e à redução do custo de mão obra de TI pela automatização nos processos de provisionamento dos serviços de TI.

Realizou-se também uma simulação de escolha do tipo de *datacenter* que melhor atenda diferentes necessidades de uma empresa fictícia. Esta simulação permitiu verificar a potencialidade da ferramenta no auxílio à tomada de decisão. Para tal empresa, cujo *datacenter* seria do tipo tradicional, avaliaram-se três situações de crescimento da área de TI em função do desenvolvimento da empresa. Com o auxílio da ferramenta mostrou-se que a empresa poderia seguir um caminho de migrações passando pela Nuvem Pública, em seguida para um *datacenter* virtualizado e finalmente para um sistema de Computação em Nuvem Privada.

A ferramenta desenvolvida neste trabalho poderia indicar oportunidades de negócio para uma empresa que comercializa soluções de Computação em Nuvem e Virtualização. Claramente, 52% das empresas analisadas neste trabalho estão com recursos de TI inadequados. Neste sentido, uma empresa provedora destas soluções, utilizando a ferramenta desenvolvida, atenderia melhor aos seus clientes, que, inclusive, passariam a economizar em função da assessoria da empresa.

6.2 Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, os aplicativos desenvolvidos para a ferramenta podem ser ampliados ou readequados para avaliar questões mais específicas de Computação em Nuvem, como por exemplo, o custo e a segurança da Nuvem Pública. O impacto financeiro avaliado neste trabalho se refere às diferenças de custo entre *datacenter* tradicional e

virtualizado e à diferença de custo de mão de obra de TI entre *datacenter* virtualizado e Nuvem Privada. O custo de provisionamento na Nuvem Pública envolve fatores como capacidade de processamento, tamanho de memória, espaço de armazenamento de dados, tempo de utilização e Sistema Operacional utilizado. A segurança pode envolver fatores como, privacidade de acesso, velocidade de recuperação no caso de perda de dados, portabilidade, procedimentos legais e políticas internas que podem variar de uma empresa para outra. Estas características da Nuvem Pública podem ser incluídas no algoritmo da máquina de estados para uma avaliação mais profunda deste modelo de Computação em Nuvem.

Uma opção para avaliar as características de segurança da Nuvem Pública seria a utilização de Lógica Nebulosa para tratar as variáveis apresentadas.

7 REFERÊNCIAS

- [1] Monaco, A. (2012, Jun, 7). A view inside the Cloud. The Institute. The IEEE news source. [Online] Disponível: <http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-topic/a-view-inside-the-cloud> [Recuperado em 22 de Janeiro, 2013].
- [2] IEEE. (2012, Nov 11). "A view from the Cloud" in IEEE Cloud Conference. [Online] Disponível: http://www.youtube.com/watch?v=5N-kfnnHuj8&feature=player_embedded [Recuperado em 13 de Janeiro, 2013].
- [3] Folha de São Paulo. (2010, Dez 12). "Brasil supera média mundial na adoção de computação em Nuvem". [Online]. Disponível: <http://www1.folha.uol.com.br/tec/843323-brasil-supera-media-mundial-na-adocao-de-computacao-em-nuvem.shtml> [Recuperado em 13 Janeiro 2013].
- [4] Zhang, Q., Cheng, L., Boutaba, R. "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges". J Internet Serv Appl vol 1, pp 7–18, April 2010.
- [5] Berl, A., Gelenbe, E., Di Girolamo, M., Giuliani, G., De Meer, H., Dang, M. Q., & Pentikousis, K. (2010). "Energy-efficient cloud computing". The Computer Journal, vol. 53, n.7, pp. 1045-1051.
- [6] Bose, R., & Luo, X. (2011). "Integrative framework for assessing firms' potential to undertake Green IT initiatives via virtualization – A theoretical perspective". The Journal of Strategic Information Systems, vol. 20, n.1, pp. 38-54.
- [7] Uddin, M., Talha, M., Rahman, A. A., Shah, A., Khader, J. A., & Memon, J. (2012). Green Information Technology (IT) framework for energy efficient data centers using virtualization. International Journal of Physical Sciences, vol. 7, n.13, pp. 2052-2065.
- [8] Alcântara, L., Silva, M., & Nishijima, T. (2012). Educação ambiental e os sistemas de gestão ambiental no desafio do desenvolvimento sustentável. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, vol. 5, n. 5, pp. 734-740.
- [9] Costello, T. (2011). 2011 IT tech and strategy trends. IT professional, IEEE Computer Society vol. 13, n. 1, pp. 64-63.
- [10] Kim, M., Kim, J. S., & Lee, H. O. (2012). Analysis of the Adoption Status of Cloud Computing by Country. In Embedded and Multimedia Computing Technology and Service, pp. 467-476. Springer Netherlands.
- [11] C. Taurion, Da Virtualização à Computação em Nuvem: Um Road Map (2011, Março 28). [Online]. Disponível: <http://imasters.com.br/artigo/20262/cloud/da-virtualizacao-a-computacao-em-nuvem-um-road-map/>. [Recuperado em 02 Janeiro 2013].
- [12] J. Rokne, (2012). "IEEE Cloud Computing - An Essential Initiative," IEEE Computer Society, May/June 2012.

- [13] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. & Zaharia, M. (2010). "A view of cloud computing". *Communications of the ACM*, vol. 53, n. 4, pp. 50-58.
- [14] Grobauer, B., Walloschek, T., & Stocker, E. (2011). Understanding cloud computing vulnerabilities. *Security & privacy, IEEE*, vol. 9, n. 2, pp. 50-57
- [15] Convergência Digital – "Na AL, 41,6% das empresas querem adotar computação em nuvem" 13 Janeiro 2012. [Online]. Disponível: <http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=28902&sid=97>. [Recuperado em 13 Janeiro 2013].
- [16] Subashini, S., & Kavitha, V. (2011). "A survey on security issues in service delivery models of cloud computing". *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 34, n. 1, pp. 1-11.
- [17] Perez, M. (2012). "A corrida para a Nuvem" em *Computer World*. [Online]. Disponível: <http://computerworld.uol.com.br/estaticas/cwdigital/cw537.pdf>. [Recuperado em 24 Janeiro 2013].
- [18] Vitorino, G. (2005/2006) "Data Center Automation: A necessidade de gerir mais com menos" Departamento Engenharia Informática, Universidade de Coimbra., Coimbra, 2006.
- [19] Distefano, S., Longo, F., & Scarpa, M. (2010, October). "Availability assessment of a standby redundant clusters". In *Reliable Distributed Systems, 2010 29th IEEE Symposium on* (pp. 265-274). IEEE.
- [20] Ruth, S. (2011). "Reducing ICT-related Carbon Emissions: An Exemplar for Global Energy Policy?". *IETE technical review*, vol. 28, n.3, pp. 207-211.
- [21] Creasy, R. (1981). "The origin of the VM/370 time-sharing system". *IBM Journal of Research and Development*, vol. 25, n. 5, pp. 483-490.
- [22] Agarwal, A., Luniya, R., Bhatnagar, M., Gaikwad, M., & Inamdar, V. (2012, February). "Reviewing the World of Virtualization". In *Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), 2012 Third International Conference on* (pp. 554-557). IEEE.
- [23] Rodríguez-Haro, F., Freitag, F., Navarro, L., Hernández-sánchez, E., Farías-Mendoza, N., Guerrero-Ibáñez, J. A., & González-Potes, A. (2012). "A summary of virtualization techniques". *Procedia Technology*, vol. 3, pp. 267-272.
- [24] Bazargan, F., Yeun, C. Y., & Zemerly, M. J. (2012). "State-of-the-Art of Virtualization, its Security Threats and Deployment Models". *International Journal for Information Security Research (IJISR)*, vol. 2, Issues 3/4, pp. 335-343.
- [25] Farkas, K. (2009, October). "System Virtualization" in *Computing Now, IEEE*. [Online]. Disponível: <http://www.computer.org/portal/web/computingnow/archive/october2009>. [Recuperado em 02 Outubro 2013].
- [26] VMware, "Virtualization" VMware, [Online]. Disponível: <http://www.vmware.com/virtualization/>.

[Recuperado em 01 Outubro 2013].

- [27] Lotti, L., Prado, A. (2010). "Sistemas Virtualizados—Uma visão geral". Instituto de Computação – Unicamp, Campinas SP.
- [28] el-Khameesy, N., & Mohamed, H. A. R. (2012). "A Proposed Virtualization Technique to Enhance IT Services". *International Journal of Information Technology & Computer Science*, vol. 4, n.12.
- [29] Li, Y., Li, W., & Jiang, C. (2010, July). "A survey of virtual machine system: Current technology and future trends". In *Electronic Commerce and Security (ISECS), 2010 Third International Symposium on* (pp. 332-336). IEEE.
- [30] Regola, N., & Ducom, J. (2010, November). "Recommendations for virtualization technologies in high performance computing". In *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2010 IEEE Second International Conference on* (pp. 409-416). IEEE.
- [31] Singh, E. G., & Bhathal, E. G. S. (2013). "An Overview Of Virtualization". *International Journal of Computers & Technology*, vol. 5, n.3, pp. 167-171.
- [32] T. Gamull, "Cloud Computing: The new IT" (2013, Feb 21). [Online]. Disponível: <http://www.presidio.com/content/cloud-computing-new-it-0>. [Recuperado em 11 Outubro 2013].
- [33] Mell, P., & Grance, T. (2011). "The NIST definition of cloud computing". National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145.
- [34] Hogan, M., Liu, F., Sokol, A., & Tong, J. (2011). "Nist cloud computing standards roadmap" NIST Special Publication, 35 NIST SP500-291-v1.0.
- [35] Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008, November). "Cloud computing and grid computing 360-degree compared". In *Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE'08* (pp. 1-10). IEEE.
- [36] Bidgoli, H. (2011). "Successful Introduction of Cloud Computing into your Organization: A Six-Step Conceptual Model". *Journal of International Technology & Information Management*, vol. 20, pp 21-37.
- [37] Windstream, "Public, Private and Hybrid Clouds. A Cloud for Every Business Need", (2013). [Online] Disponível: <http://www.windstreambusiness.com/media/63849/Public-Private-and-Hybrid-Clouds-A-Cloud-for-Every-Business-Need.pdf> [Recuperado em 31 de Setembro de 2013].
- [38] Kaisler, S., Money, W. , & Cohen, S. (2012, January). "A decision framework for cloud computing". In *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on* (pp. 1553-1562). IEEE.
- [39] Dhar, S. (2012). "From outsourcing to Cloud computing: evolution of IT services". *Management Research Review*, vol. 35,n. 8, pp. 664-675.

- [40] ITU-T, “Focus Group on Cloud Computing Technical Report - Part2: Functional requirements and reference architecture,” Telecommunication Standardization Sector of ITU (Internal Telecommunication Unit), 2012. [Online] Disponível: <http://www.itu.int/pub/T-FG-CLOUD-2012-P2> [Recuperado em 08 de março de 2012].
- [41] Owens, D. (2010, Jun). “Securing Elasticity in the Cloud”. *Commun. ACM*, vol. 53, n.6, pp. 46-51.
- [42] Haji, A., Letaifa, A. , & Tabbane, S. (2011, October). “Proposal of a virtualization solution based on IaaS in the cloud”. In *Next Generation Web Services Practices (NWeSP), 2011 7th International Conference on* (pp. 147-151). IEEE.
- [43] Moreno-Vozmediano, R., Montero, R. S., & Llorente, I. M. (2013). “Key Challenges in Cloud Computing: Enabling the Future Internet of Services”. *Internet Computing, IEEE*, vol. 17, n. 4, pp.18-25.
- [44] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A. Stoica, I., Zaharia, M. (2009, Feb 10). “Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing”. Dept. Electrical Eng. and Comput. Sciences, University of California, Berkeley, Rep. UCB/EECS, 28, 13.
- [45] Böhm, M., Leimeister, S., Riedl, C., & Krcmar, H. (2011). “Cloud Computing—Outsourcing 2.0 or a new Business Model for IT Provisioning?”. In *Application management*, Gabler (pp. 31-56).
- [46] Amazon (2014) “Definição de preço do Amazon EC2”. [Online]. Disponível: <https://aws.amazon.com/pt/ec2/pricing/>. [Recuperado em 14 de maio de 2014].
- [47] Hewlett-Packard, “HP Power Advisor” Hewlett-Packard Development Company, 2013. [Online]. Disponível: <http://h18004.www1.hp.com/products/solutions/power/index.html>. [Recuperado em 02 de abril de 2013].
- [48] ANEEL, “Relatório de Tarifas de Energia Elétrica” 2013. [Online]. Disponível: <http://relatorios.aneel.gov.br>. [Recuperado em 15 de março de 2014].
- [49] T. Rodrigues, “Cloud Computing: A New Label on Old Technologies?” (2012, October 03) *In Computing Now*. [Online]. Disponível: <http://www.computer.org/portal/web/Mind-the-Cloud/content?g=5970560&type=blogpost&urlTitle=cloud-computing:-a-new-label-on-old-technologies-> [Recuperado em 22 de janeiro de 2012].
- [50] Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). “Cloud computing—The business perspective”. *Decision Support Systems*, vol. 51, n. 1, pp. 176-189.
- [51] “Pesquisa salarial – Cargos e salários” (2012, Julho). [Online]. Disponível: http://carreiras.empregos.com.br/carreira/administracao/pesquisa_salarial/tecnicos-especialistas.asp [Recuperado em 13 de março de 2014].

- [52] Noronha, E. G., De Negri, F., & Artur, K. (2006). "Custos do trabalho, direitos sociais e competitividade industrial". Tecnologia, exportação, e emprego. Brasília: Ipea. Cap. 7, pp 161-201
- [53] Black, P. (2013, August 22) "Finite state machine", in <http://www.nist.gov/dads/>. *Vreda Pieterse and Paul E. Black, eds. 22 August 2013.* [Online] Disponível: <http://www.nist.gov/dads/HTML/finiteStateMachine.html> [Recuperado em 21 de Fevereiro de 2014]
- [54] F. Wagner, "Moore or Mealy model?" (2005, April). [Online]. Disponível: <http://www.stateworks.com/active/download/TN10-Moore-Or-Mealy-Model.pdf>. [Recuperado em 28 Fevereiro 2014].
- [55] Bonatt, I., Madureira, M. "Máquinas Sequenciais Síncronas" em Introdução à análise e síntese de circuitos lógicos, Campinas, Unicamp, 1990, pp. 93-96.
- [56] Wright, D. "Finite state machine" (2005). [Online]. Disponível: <http://www4.ncsu.edu/~drwrigh3/docs/courses/csc216/fsm-notes.pdf>. [Recuperado em 25 Fevereiro 2014].
- [57] "Altera" [Online]. Disponível: www.altera.com. [Recuperado em 07 Setembro 2013].
- [58] Hewlett Packard, "HP Matrix Operating Environment for ProLiant with Insight Control incl 1yr 24x7 Support Tracking Lic" [Online]. Disponível: http://h30094.www3.hp.com/product/sku/10474705/mfg_partno/TC224B. [Recuperado em 12 de março de 2014].
- [59] "Scilab" Scilab Enterprises S.A.S, 2013. [Online]. Disponível: www.scilab.org. [Recuperado em 12 Outubro 2013].

8 APÊNDICES

8.1 Apêndice 1 – Cálculo do Custo de Mão de Obra de TI

Para o cálculo do custo de mão de obra de TI para a simulação apresentada no Capítulo 2 Seção 2.4.1.3, utilizou-se as fórmulas 4 e 5 e os valores de referência citados no Capítulo 2 [51] [52].

$$P = \frac{((S+R+B)+(S+R+B))*1,0206}{160} \quad (4)$$

$$A = 3 * P * N * 12 \quad (5)$$

Sendo, P o custo de provisionamento de serviço por hora, S o salário médio de um Analista de Sistemas, R o salário médio de um Analista de Redes, B o salário médio de um Analista de Banco de Dados, A o custo anual de provisionamento, N o número de solicitações de TI.

Calcula-se o valor de uma hora de trabalho pela média salarial dos profissionais somado aos encargos e dividido por 160 (número de horas trabalhadas no mês), fórmula (4). Para provisionar um servidor e configurá-lo na rede estima-se o tempo médio de 3 horas. Com isso calcula-se que o valor gasto com mão de obra de TI por 1 ano é de 3 vezes o valor médio da hora de trabalho multiplicado pelo número de solicitações de TI e multiplicado por 12. Em um *datacenter* que utilize um sistema de Computação em Nuvem, em que o usuário requisita serviços de TI por um portal *self-service* e o provisionamento é automático, o valor seria fixo independentemente do número de requisições. Este valor vai depender do custo de implantação de uma estrutura de Nuvem Privada, que pode variar dependendo da solução implantada.

8.2 Apêndice 2 – Questionário de avaliação de quesitos

1. Que tipo de infraestrutura de TI a empresa possui?
 - a. Somente servidores físicos
 - b. Servidores físicos e servidores virtuais
 - c. Implantamos um sistema de Nuvem Privada
 - d. Somente servidores físicos e utilizamos serviços da Nuvem Pública
 - e. Servidores físicos e virtuais e utilizamos serviços da Nuvem Pública
 - f. Implantamos um sistema de Nuvem Privada e utilizamos serviços da Nuvem Pública

2. Quantos servidores físicos a empresa possui?
 - a. Até 2 servidores
 - b. Acima de 2 servidores

3. As aplicações que a empresa trabalha são compatíveis ou homologadas na virtualização?
 - a. Sim
 - b. Não

4. Para as aplicações compatíveis com virtualização, a empresa utilizaria uma solução “Software Livre” de virtualização, ou seja, sem custo com licenciamento, porém sem assistência por parte do fornecedor para migrar os servidores físicos para virtuais?
 - a. Sim
 - b. Não

5. Para as aplicações compatíveis com virtualização, o custo com licenciamento pode ser um impeditivo para migrar os servidores físicos para virtuais?
 - a. Sim
 - b. Não

6. O custo do serviço é um impeditivo para a contratação de serviços na Nuvem Pública?
 - a. Sim
 - b. Não

7. A segurança oferecida pela Nuvem Pública atende as necessidades de segurança da empresa?
 - a. Sim
 - b. Não

8. Quão importante a empresa considera o gerenciamento centralizado dos recursos de TI, tanto por parte da equipe de TI quanto na visão dos usuários de TI, para a estrutura atual da empresa?
 - a. Sem Importância
 - b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante

9. Quão importante a empresa considera o processo de automatização para o provisionamento de novos recursos sem a necessidade de envolvimento de profissionais de TI para executar o serviço?
 - a. Sem Importância
 - b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante

10. Quão importante a empresa considera o processo de solicitação de recursos sob demanda pelo próprio usuário de TI, ou seja, aumentar ou diminuir um recurso na medida que fosse necessário?
 - a. Sem Importância
 - b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante

11. Outro conceito da Computação em Nuvem é chamado de *Multitenancy*. Neste conceito, os usuários (*Tenants*) são separados em grupos ou organizações e os recursos são isolados permitindo um gerenciamento mais organizado, um nível de segurança maior e um compartilhamento de recursos, gerando economia. Quão importante a empresa considera o conceito de *Multitenancy*, para a quantidade atual de usuários de TI?
 - a. Sem Importância
 - b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante

12. O conceito de elasticidade/escalabilidade permite que servidores e/ou aplicações rodem com recurso computacional reduzido. O usuário pode solicitar mais recursos somente quando houver necessidade, ou solicitar a liberação do recurso quando não fosse mais necessário. Aliado ao conceito de requisição sob demanda, permite a racionalização e economia de recursos. A empresa considera que esta técnica possa ser importante para o negócio? Quão importante a empresa considera esta técnica considerando a realidade atual de TI da empresa?
 - a. Sem Importância

- b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante
13. A Computação em Nuvem permite que se implemente o conceito de tarifação por utilização ou *Billing*. Em uma Nuvem Privada este conceito também pode ser utilizado permitindo que o custo de TI seja dividido entre os vários departamentos da empresa. Esta prática racionaliza a utilização dos recursos e ao mesmo tempo permite uma visualização clara de onde os recursos estão sendo utilizados com maior frequência dando subsídios concretos para novas aquisições de recurso computacional. Além do mais, os custos de TI são divididos democraticamente entre os departamentos da empresa, o departamento que utiliza mais recursos de TI é o que vai pagar mais. Quão importante a empresa considera o conceito de tarifação por utilização na realidade atual de TI da empresa?
- a. Sem Importância
 - b. Relativamente Importante
 - c. Importante
 - d. Muito Importante
14. Em média, quantos recursos de TI são solicitados por mês pelos usuários? Considerando que uma solicitação pode ser o provisionamento de um novo servidor com o Sistema Operacional instalado, a alteração na quantidade de memória, CPU ou disco de um servidor existente, a adição de uma placa de rede em um servidor existente, a alteração de VLAN em conexões de rede de um servidor, a instalação de um aplicativo, a liberação de espaço em *Storage* com a extinção de um servidor sem utilização, e outras solicitações que poderiam ser automatizadas por uma infraestrutura de Computação em Nuvem, permitindo que a equipe de TI dê um foco maior em atividades relacionadas ao negócio da empresa.
- a. Menos de 20 requisições por mês
 - b. De 20 a 30 requisições por mês
 - c. De 30 a 60 requisições por mês
 - d. Acima de 60 requisições por mês

8.3 Apêndice 3 – Linha de Código do programa *AssessDC.sce*

//Este código foi escrito no scilab 5.3.3 64 bits [59]

```

clc
q1 = input("Questão 1= ");
q2 = input("Questão 2= ");
q3 = input("Questão 3= ");
q4 = input("Questão 4= ");
q5 = input("Questão 5= ");
q6 = input("Questão 6= ");
q7 = input("Questão 7= ");
q8 = input("Questão 8= ");
q9 = input("Questão 9= ");
q10 = input("Questão 10= ");
q11 = input("Questão 11= ");
q12 = input("Questão 12= ");
q13 = input("Questão 13= ");
q14 = input("Questão 14= ");

//Inicialização das variáveis BINP e AINP
BINP=0;
AINP=0;
clc

//Definição do estado atual (Actual State)
if q1=='a' then
    AS='DC_T';
elseif q1=='b' then
    AS='DC_V';
elseif q1=='c' then
    AS='CN_Pr';
elseif q1=='d' then
    AS='CN_Pub';
elseif q1=='e' then
    AS='DC_V_CN_Pub';
elseif q1=='f' then
    AS='CN_Hyb';
elseif (q1 <> 'a') | (q1 <> 'b') | (q1 <> 'c') | (q1 <> 'd') | (q1 <> 'e') | (q1 <> 'f')
    disp "Resposta Inválida"
end

//Definição da variável NSF (questão 2)
if q2=='a' then
    NSF=0;
else
    NSF=1;
end

//Definição da variável PVA (Questão 3)
if (q3=='a') then
    PVA = 1

```

```
else PVA = 0
end
```

```
//Definição da variável QDCV (Questões 4 e 5)
```

```
//if (q3=='b') then
// QDCV=0
if (q4=='a') & (q5=='b') then
  QDCV=0
else
  QDCV=1
end
```

```
//Definição da variável QNPu (Questões 6 e 7)
```

```
if PVA==0 then
  QNPu=0
  elseif (q6=='a') | (q7=='b') then
    QNPu=0
  else
    QNPu=1
end
```

```
//Definição da variável QNPr
```

```
//Avalia Questão 8
```

```
if (q8=='a') then
  BINP=(BINP + 4);
  AINP=(AINP + 1);
end
if (q8=='b') then
  BINP=(BINP + 3);
  AINP=(AINP + 2);
end
if q8=='c' then
  BINP=(BINP + 2);
  AINP=(AINP + 3);
end
if q8=='d' then
  BINP=(BINP + 1);
  AINP=(AINP + 4);
end
```

```
//Avalia Questão 9
```

```
if q9=='a' then
  BINP=(BINP + 4);
  AINP=(AINP + 1);
end
if q9=='b' then
  BINP=(BINP + 3);
  AINP=(AINP + 2);
end
if q9=='c' then
  BINP=(BINP + 2);
  AINP=(AINP + 3);
end
if q9=='d' then
```



```
    BINP=(BINP + 1);
    AINP=(AINP + 4);
end
//Avalia Questão 10
if q10=='a' then
    BINP=(BINP + 4);
    AINP=(AINP + 1);
end
if q10=='b' then
    BINP=(BINP + 3);
    AINP=(AINP + 2);
end
if q10=='c' then
    BINP=(BINP + 2);
    AINP=(AINP + 3);
end
if q10=='d' then
    BINP=(BINP + 1);
    AINP=(AINP + 4);
end
//Avalia Questão 11
if q11=='a' then
    BINP=(BINP + 4);
    AINP=(AINP + 1);
end
if q11=='b' then
    BINP=(BINP + 3);
    AINP=(AINP + 2);
end
if q11=='c' then
    BINP=(BINP + 2);
    AINP=(AINP + 3);
end
if q11=='d' then
    BINP=(BINP + 1);
    AINP=(AINP + 4);
end
//Avalia Questão 12
if q12=='a' then
    BINP=(BINP + 4);
    AINP=(AINP + 1);
end
if q12=='b' then
    BINP=(BINP + 3);
    AINP=(AINP + 2);
end
if q12=='c' then
    BINP=(BINP + 2);
    AINP=(AINP + 3);
end
if q12=='d' then
    BINP=(BINP + 1);
    AINP=(AINP + 4);
end
```

```

end
//Avalia Questão 13
if q13=='a' then
    BINP=(BINP + 4);
    AINP=(AINP + 1);
end
if q13=='b' then
    BINP=(BINP + 3);
    AINP=(AINP + 2);
end
if q13=='c' then
    BINP=(BINP + 2);
    AINP=(AINP + 3);
end
if q13=='d' then
    BINP=(BINP + 1);
    AINP=(AINP + 4);
end

//Definição da variável QNPr, será '0' somente se BINP > 15 e Questão14 for igual a "a" ou "b"
if (BINP>AINP) then
    if (q14=='a') then
        QNPr=0;
    else
        QNPr=1;
    end
end

if AINP>=BINP then
    if (q14=='b') | (q14=='c') | (q14=='d')then
        QNPr=1;
    elseif ((AINP==24) & (q14=='a')) then
        QNPr=1;
    else
        QNPr=0;
    end
end

disp "Estado Atual é:"
disp (AS);
disp " "
printf(" Avaliação do questionário: %g %g %g %g %g %g %g %g %g
\n\n",NSF,QNPu,PVA,QDCV,QNPr,BINP,AINP);

```

8.4 Apêndice 4 – Linha de Código do programa *CloudCriteria.vhd*

-- Este código foi escrito utilizando o Altera Quartus II [57]

```

LIBRARY ieee;

USE ieee.std_logic_1164.all;

ENTITY cloudcriteria IS

    PORT (

        reset : IN STD_LOGIC := '0';

        tempo : IN STD_LOGIC;

        NSF : IN STD_LOGIC := '0';

        QNPu : IN STD_LOGIC := '0';

        PVA : IN STD_LOGIC := '0';

        QDCV : IN STD_LOGIC := '0';

        QNPr : IN STD_LOGIC := '0';

        S1 : OUT STD_LOGIC;

        S2 : OUT STD_LOGIC;

        S3 : OUT STD_LOGIC;

        S4 : OUT STD_LOGIC;

        S5 : OUT STD_LOGIC;

        S6 : OUT STD_LOGIC

    );

END cloudcriteria;

ARCHITECTURE BEHAVIOR OF cloudcriteria IS

    TYPE type_fstate IS (DC_T,DC_V,CN_Pr,CN_Pub,CN_Hyb,DC_V_CN_Pub);

    SIGNAL fstate : type_fstate;

```

```

BEGIN
-- Determina os estados
PROCESS (tempo,reset)
BEGIN
    IF (reset='1') THEN
        fstate <= DC_T;

    ELSif (rising_edge(tempo)) then
        CASE fstate IS

                                --Avalia as transições quando datacenter é Tradicional
                                WHEN DC_T =>

                                        IF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF =
'1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPr='1')) OR
(NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1')
OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT
(QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1')
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND
NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1'
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT
(QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1'
AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN

                                        fstate <= DC_T;

                                ELSIF (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'

```

```
AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
fstate <= CN_Pub;
```

```
ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1')
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND QDCV='1' AND QNPr='1') THEN
```

```
fstate <= CN_Priv;
```

```
ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
fstate <= DC_V;
```

```
ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1'
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND QNPr='1') THEN
```

```
fstate <= CN_Hyb;
```

```
ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
fstate <= DC_V_CN_Pub;
```

```
END IF;
```

```
--Avalia as transições quando o datacenter
utiliza uma Nuvem Privada
```

WHEN CN_Priv =>

IF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) THEN

fstate <= DC_T;

ELSIF (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) THEN

fstate <= CN_Pub;

ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) THEN

fstate <= DC_V;

ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPPr='1') THEN

```

fstate <= CN_Hyb;

ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1'
AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN

fstate <= DC_V_CN_Pub;

ELSE

fstate <= CN_Priv;

END IF;

--Avalia as transições quando o datacenter é
apenas virtualizado

WHEN DC_V =>

IF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1'
AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN

fstate <= DC_V;

ELSIF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF =
'1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPr='1')) OR
(NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1')
OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT
(QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1')
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND
NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1'
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT
(QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND

```

NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN

fstate <= DC_T;

ELSIF (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN

fstate <= CN_Pub;

ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') THEN

fstate <= CN_Priv;

ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') THEN

fstate <= CN_Hyb;

ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN

fstate <= DC_V_CN_Pub;

ELSE


```
fstate <= DC_V;
```

```
END IF;
```

```
--Avalia as transições quando o datacenter
utiliza a virtualização e a Nuvem Pública
```

```
WHEN DC_V_CN_Pub =>
```

```
IF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF =
'1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPr='1')) OR
(NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1')
OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT
(QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1')
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND
NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1'
AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT
(QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1'
AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
fstate <= DC_T;
```

```
ELSIF (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1'
AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
fstate <= CN_Pub;
```

```

                ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1')
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND QDCV='1' AND QNPr='1') THEN

```

```

                fstate <= CN_Priv;

```

```

                ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN

```

```

                fstate <= DC_V;

```

```

                ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1'
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND QNPr='1') THEN

```

```

                fstate <= CN_Hyb;

```

```

                ELSE

```

```

                fstate <= DC_V_CN_Pub;

```

```

                END IF;

```

```

                --Avalia as transições quando o datacenter

```

utiliza a Nuvem Híbrida

```

                WHEN CN_Hyb =>

```

```

                    IF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NOT(NSF =
'1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPr='1')) OR
(NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPr='1')
OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT

```

(QNPu='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPu='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) THEN

fstate <= DC_T;

ELSIF (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPu='1')) THEN

fstate <= CN_Pub;

ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPu='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPu='1') THEN

fstate <= CN_Priv;

ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND NOT (QNPu='1')) THEN

fstate <= DC_V;

```

                                ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) THEN

```

```

                                fstate <= DC_V_CN_Pub;

```

```

                                ELSE

```

```

                                fstate <= CN_Hyb;

```

```

                                END IF;

```

```

                                --Avalia as transições quando o datacenter só
utiliza a Nuvem Pública

```

```

                                WHEN CN_Pub =>

```

```

                                IF (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF =
'1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT(QNPPr='1')) OR
(NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPPr='1')
OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT
(QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1')
AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1' AND
NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND QDCV='1'
AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1') AND NOT
(QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1' AND
NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NOT(NSF = '1') AND QNPu='1'
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1' AND
NOT(QNPu='1') AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND NOT (QNPPr='1')) OR (NSF = '1'
AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND NOT (QNPPr='1')) THEN

```

```

                                fstate <= DC_T;

```

```

                                ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
NOT(PVA='1') AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1')
AND NOT(PVA='1') AND QDCV='1' AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND
PVA='1' AND NOT (QDCV='1') AND QNPPr='1') OR (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND

```

```
PVA='1' AND QDCV='1' AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND NOT(PVA='1')
AND QDCV='1' AND QNPr='1') THEN
```

```
    fstate <= CN_Priv;
```

```
        ELSIF (NSF = '1' AND NOT(QNPu='1') AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
            fstate <= DC_V;
```

```
                ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND NOT (QNPr='1')) THEN
```

```
                    fstate <= DC_V_CN_Pub;
```

```
                        ELSIF (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1'
AND NOT (QDCV='1') AND QNPr='1') OR (NSF = '1' AND QNPu='1' AND PVA='1' AND
QDCV='1' AND QNPr='1') THEN
```

```
                            fstate <= CN_Hyb;
```

```
                                ELSE
```

```
                                    fstate <= CN_Pub;
```

```
                                        END IF;
```

```
                                WHEN OTHERS =>
```

```
                                    fstate <= DC_T;
```

```
                                END CASE;
```

```
                            END IF;
```

```
        END PROCESS;

--Determina as saídas
PROCESS (fstate)
BEGIN
    CASE fstate IS
        WHEN DC_T =>
            S1 <='1';

            S2 <='0';
            S3 <='0';
            S4 <='0';
            S5 <='0';
            S6 <='0';

        WHEN DC_V =>
            S1 <='0';

            S2 <='1';
            S3 <='0';
            S4 <='0';
            S5 <='0';
            S6 <='0';

        WHEN CN_Priv =>
            S1 <='0';

            S2 <='0';
            S3 <='1';
            S4 <='0';
```

S5 <='0';

S6 <='0';

WHEN CN_Pub =>

S1 <='0';

S2 <='0';

S3 <='0';

S4 <='1';

S5 <='0';

S6 <='0';

WHEN CN_Hyb =>

S1 <='0';

S2 <='0';

S3 <='0';

S4 <='0';

S5 <='1';

S6 <='0';

WHEN DC_V_CN_Pub =>

S1 <='0';

S2 <='0';

S3 <='0';

S4 <='0';

S5 <='0';

S6 <='1';

WHEN OTHERS =>

S1 <='1';

S2 <='0';

S3 <='0';

S4 <='0';

S5 <='0';

S6 <='0';

END CASE;

END PROCESS;

END BEHAVIOR;