

# COMPUTAÇÃO EM NUVEM: AVALIAÇÃO DO RETORNO DO INVESTIMENTO

## O CASO DO ENSINO SUPERIOR PORTUGUÊS

Jorge André Ferreira de Sousa



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Área de Especialização de Telecomunicações

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2011



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Candidato: Jorge André Ferreira de Sousa, N° 1050770, 1050770@isep.ipp.pt

Orientação científica: Pedro João De-Francesco Resende Fortuna Assis, [pfa@isep.ipp.pt](mailto:pfa@isep.ipp.pt)

João Miguel Queirós Magno Leitão, [jml@isep.ipp.pt](mailto:jml@isep.ipp.pt)



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Área de Especialização de Telecomunicações

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

15 de Novembro de 2011



## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar, quero deixar os meus agradecimentos ao Eng.º Pedro João De-Francesco Resende Fortuna Assis pela sua orientação, ensinamentos, apoio e enorme disponibilidade em acompanhar este projecto. A ele o meu muito obrigado. Ao Prof. Doutor João Miguel Queirós Magno Leitão o meu obrigado pelas preciosas sugestões que ajudaram a melhorar este trabalho.

Gostaria também de deixar um agradecimento muito especial à Prof. Sandra Cristina de Faria Ramos pela disponibilidade e toda a ajuda fornecida na componente estatística desta tese.

Finalmente, quero agradecer à minha família, namorada e amigos pelo apoio que me deram ao longo destes anos.



## *Resumo*

Em Portugal, as instituições de ensino superior dispõem de plataformas de *e-learning* que reflectem uma mais-valia para o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, estas plataformas caracterizam-se por serem de âmbito privado expondo, desta forma, a tímida abertura das instituições na partilha do seu conhecimento, como também dos seus recursos.

O paradigma *Cloud Computing* surge como uma solução, por exemplo, para a criação de uma federação de nuvens capaz de contemplar soluções heterogéneas, garantindo a interoperabilidade entre as plataformas das várias instituições de ensino, e promovendo os objectivos propostos pelo Processo de Bolonha, nomeadamente no que se refere à partilha de informação, de plataformas e serviços e promoção de projectos comuns.

Neste âmbito, é necessário desenvolver ferramentas que permitam aos decisores ponderar as mais-valias deste novo paradigma. Assim, é conveniente quantificar o retorno esperado para o investimento, em recursos humanos e tecnológicos, exigido pelo modelo *Cloud Computing*.

Este trabalho contribui para o estudo da avaliação do retorno do investimento (ROI) em infra-estruturas e serviços TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), resultante da análise de diferentes cenários relativos à introdução do paradigma *Cloud Computing*. Para tal, foi proposta uma metodologia de análise baseada num questionário, distribuído por diversas instituições de ensino superior portuguesas, contendo um conjunto de questões que permitiram identificar indicadores, e respectivas métricas, a usar na elaboração de modelos de estimação do ROI.

### *Palavras-Chave*

*Cloud Computing*, ROI, Questionário, Indicadores, Métricas, População e Amostra.



## *Abstract*

In Portugal, higher education institutions are equipped with *e-learning* platforms that add great value to the process of teaching-and-learning. However, these platforms are characterized by being private, thus revealing the timid opening of these institutions in sharing their knowledge and resources.

In this context, the *Cloud Computing* paradigm represents a solution for the creation of a federation of clouds capable of contemplating heterogeneous solutions and ensuring the interoperability between the various institutions platforms, therefore meeting the objectives proposed by the Bologna Process, in regard to sharing information, platforms and services and common projects.

This project is about the ROI (Return on Investment) estimation based on a set of scenarios related with the adoption of the *Cloud Computing* paradigm by Portuguese higher education institutions. The adopted methodology included the development of a survey, distributed among institutions, containing a set of indicators and their respective metrics that allows us to propose models to estimate the expected ROI in services and infrastructures resulted from the introduction of the *Cloud Computing* model.

### ***Keywords***

*Cloud Computing*, ROI, Survey, Indicators, Metrics, Population and Sample.



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJECTIVOS.....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	3
<b>2. CLOUD COMPUTING – UM NOVO PARADIGMA</b> .....	<b>5</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	5
2.2. DEFINIÇÃO.....	7
2.3. CARACTERÍSTICAS .....	8
2.4. MODELO DE SERVIÇOS .....	8
2.5. MODELOS DE DISPONIBILIZAÇÃO DE SERVIÇOS.....	17
2.6. EVOLUÇÃO OU REVOLUÇÃO? .....	18
2.7. BENEFÍCIOS .....	25
2.8. DESAFIOS E RISCOS .....	26
2.9. ANÁLISE SWOT .....	28
2.10. PERSPECTIVAR O FUTURO.....	29
<b>3. AVALIAÇÃO DO RETORNO DO INVESTIMENTO EM CLOUD COMPUTING: ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>31</b>
3.1. RETORNO DO INVESTIMENTO.....	32
3.2. TRABALHOS RELACIONADOS.....	32
3.3. ANÁLISE CRÍTICA .....	48
<b>4. METODOLOGIA, QUESTIONÁRIO, POPULAÇÃO E AMOSTRA</b> .....	<b>51</b>
4.1. METODOLOGIA .....	52
4.2. QUESTIONÁRIO .....	54
4.3. CONCEITOS DE POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	60
4.4. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM .....	61

4.5.	CONCEITOS ESTATÍSTICOS .....	63
4.6.	POPULAÇÃO ALVO DO ESTUDO E RESPECTIVA AMOSTRA .....	67
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO ROI .....</b>	<b>73</b>
5.1.	UTILIZAÇÃO DO SPSS .....	73
5.2.	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	74
5.3.	AVALIAÇÃO DO ROI .....	93
5.4.	ANÁLISE CRÍTICA .....	106
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>113</b>
6.1.	CONCLUSÕES .....	113
6.2.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	116
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO A. QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>121</b>
	<b>ANEXO B. PEDIDO DE PARTICIPAÇÃO NO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>133</b>
	<b>ANEXO C. RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>135</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	<i>Cloud Computing</i> [27].....	6
Figura 2	Volume médio de pesquisas sobre <i>Cloud Computing</i> no motor de busca da Google™ [37].	7
Figura 3	Camadas da arquitectura dos modelos de serviços do paradigma <i>Cloud Computing</i> [15].	9
Figura 4	Esquema de fornecimento de serviços SaaS (adaptado de [51]).....	10
Figura 5	Esquema de fornecimento de serviços PaaS (adaptado de [51]).....	13
Figura 6	Esquema de fornecimento de serviços IaaS (adaptado de [51]).....	14
Figura 7	Modelos de disponibilização de serviços do paradigma <i>Cloud Computing</i> (adaptado de [12]).	17
Figura 8	Conjunto de paradigmas, arquitecturas e tecnologias que convergiram no paradigma <i>Cloud Computing</i> (adaptado de [5]).....	19
Figura 9	Máquina física que aloja três máquinas virtuais, cada uma com um Sistema Operativo distinto (adaptado de [5]).	19
Figura 10	Ambiente não virtualizado <i>versus</i> ambiente <i>Cloud Computing</i> (adaptado de [12]).....	20
Figura 11	Arquitectura <i>Grid Computing</i> (adaptado de [33]).....	21
Figura 12	Arquitectura computacional híbrida de uma empresa (adaptado de [12]).....	29
Figura 13	Curva da capacidade <i>versus</i> utilização (adaptado de [47]).	35
Figura 14	Métricas de ganho estabelecidas (adaptado de [47]).....	36
Figura 15	ROI financeiro <i>versus</i> ROI não financeiro.....	49
Figura 16	Modelo em camadas preconizado.	52
Figura 17	Modelo em camadas preconizado com respectivos grupos de benefícios.....	53
Figura 18	Diagrama representativo dos grupos de questões que compõem o questionário.	55
Figura 19	Questão número 1.....	56
Figura 20	Questão número 2.....	57
Figura 21	Questão número 3.....	57
Figura 22	Questão número 4.....	57
Figura 23	Questão número 17.....	58
Figura 24	Questão número 18.....	58
Figura 25	Erro amostral em função do tamanho da amostra (adaptado de [11]).....	60
Figura 26	Função densidade de probabilidade de uma v.a. $X$ (adaptado de [11]).	64
Figura 27	Diagrama representativo das estratificações da amostra.	68
Figura 28	Estratificação de Portugal.....	69
Figura 29	Etapas da análise de dados no SPSS [20].....	73

Figura 30	Gráfico circular com as percentagens de instituições que utilizam e não utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> .	75
Figura 31	Gráfico circular do universo de instituições que responderam que não usam serviços <i>Cloud Computing</i> .	77
Figura 32	Gráfico de barras das razões que levaram as instituições a adoptar o paradigma <i>Cloud Computing</i> .	79
Figura 33	Gráfico de barras dos maiores receios das instituições aquando da adopção do paradigma <i>Cloud Computing</i> .	80
Figura 34	Gráfico de barras com as variações percentuais que o impacto de <i>Cloud Computing</i> teve no investimento realizado no âmbito das TIC.	81
Figura 35	Gráfico de barras das áreas onde as instituições obtiveram maiores ganhos com <i>Cloud Computing</i> .	81
Figura 36	Gráfico de barras das camadas de <i>Cloud Computing</i> que melhor servem os interesses das instituições.	84
Figura 37	Gráfico circular dos modelos de disponibilização de serviços <i>Cloud Computing</i> que se encontram implementados nas instituições.	84
Figura 38	Gráfico de barras com as percentagens de reduções de investimentos que as instituições acreditam alcançar com a adopção de <i>Cloud Computing</i> .	85
Figura 39	Gráfico de barras dos benefícios que as instituições associam ao uso do paradigma <i>Cloud Computing</i> .	88
Figura 40	Gráfico circular com as percentagens das instituições que consideram que o modelo de negócio “ <i>pay-as-you-go</i> ” traz ou não benefícios.	89
Figura 41	Gráfico de barras das camadas que melhor poderão servir os interesses das instituições.	89
Figura 42	Gráfico circular dos modelos de disponibilização de serviços que as instituições tencionam implementar.	90
Figura 43	Gráfico de barras dos maiores receios que as instituições possuem na adopção do paradigma <i>Cloud Computing</i> .	91
Figura 44	Gráfico de barras dos obstáculos que impedem as instituições de adoptarem o paradigma <i>Cloud Computing</i> .	92
Figura 45	Gráfico circular com as percentagens das instituições que têm interesse na implementação dos modelos de disponibilização de serviços “ <i>private cloud</i> ” e “ <i>community cloud</i> ”.	93
Figura 46	Evolução relativa de $gCC_{inv}$ e $gTIC_{inv}$ segundo os parâmetros $\alpha$ e $\beta$ .	95
Figura 47	Variações percentuais dos indicadores do ROI financeiro referente às instituições de ensino que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> .	100
Figura 48	Variação percentual do ROI do investimento em <i>Cloud Computing</i> para as instituições que utilizam serviços deste paradigma.	101
Figura 49	Variações percentuais dos indicadores do ROI financeiro referente às instituições de ensino que ponderam utilizar serviços <i>Cloud Computing</i> .	105

Figura 50	Varição percentual do ROI do investimento em <i>Cloud Computing</i> para as instituições que ponderam utilizar serviços deste paradigma.....	106
Figura 51	Varição do ROI de <i>Cloud Computing</i> do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um $\rho = 0,9$ das instituições que utilizam serviços deste paradigma.....	110
Figura 52	Varição do ROI de <i>Cloud Computing</i> do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um $\rho = 0,6$ das instituições que utilizam serviços deste paradigma.....	110
Figura 53	Varição do do ROI de <i>Cloud Computing</i> do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um $\rho = 0,3$ das instituições que utilizam serviços deste paradigma.....	111
Figura 54	Gráfico de barras com a percentagem de instituições que utilizam um variado leque de tecnologias.....	114



## Índice de Tabelas

Tabela 1	Quatro fornecedores de serviços da camada PaaS [12].	13
Tabela 2	Preços de aprovisionamento de instâncias computacionais na Europa e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.	16
Tabela 3	Preços de aprovisionamento de instâncias computacionais <i>hi-memory</i> na Europa e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.	16
Tabela 4	Preços de aprovisionamento de um <i>cluster</i> computacional nos Estados Unidos da América e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.	16
Tabela 5	Preços de aprovisionamento de um <i>cluster</i> GPU nos Estados Unidos da América e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.	16
Tabela 6	<i>Public Cloud vs. Private Cloud</i> [12].	18
Tabela 7	Quadro resumo da análise SWOT.	28
Tabela 8	Quadro resumo dos trabalhos estudados.	33
Tabela 8	Quadro resumo dos trabalhos estudados (cont.).	34
Tabela 8	Quadro resumo dos trabalhos estudados (cont.).	35
Tabela 9	Valores que definem a categoria de uma empresa.	56
Tabela 10	Técnicas de amostragem aleatórias.	61
Tabela 11	Técnicas de amostragem não aleatórias.	62
Tabela 12	Instituições pertencentes a cada categoria de ensino.	69
Tabela 13	Proporção de 20% das instituições pertencentes a cada categoria de ensino.	70
Tabela 14	Gama de valores utilizados na classificação das instituições quanto à sua dimensão.	70
Tabela 15	Proporção de 20% das instituições de ensino por dimensão e categoria.	71
Tabela 16	Quadro sinóptico de classificação das áreas de educação e formação.	72
Tabela 17	Estatísticas descritivas e representações gráficas utilizadas para uma escala de medida nominal.	74
Tabela 18	Valores do teste binomial à variável da questão 17.	76
Tabela 19	Valores do teste binomial à variável da questão 18.	78
Tabela 20	Valores de reduções de custos obtidos pelas instituições num conjunto de áreas variadas.	82
Tabela 21	Valores de ganhos percentuais obtidos pelas instituições num conjunto de áreas variadas.	83
Tabela 22	Valores de reduções de custos expectáveis pelas instituições num conjunto de áreas variadas.	86
Tabela 23	Valores de ganhos percentuais expectáveis pelas instituições num conjunto de áreas variadas.	87
Tabela 24	Indicadores e respectivas métricas de redução de custos das diversas áreas que compõem o ROI financeiro das instituições que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> .	97

Tabela 25	Indicadores e respectivas métricas de ganho das diversas áreas que compõem o ROI não financeiro das instituições que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	97
Tabela 26	Percentagens de redução de custos dos indicadores do ROI financeiro das instituições que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	99
Tabela 27	Percentagens de ganho dos indicadores do ROI não financeiro das instituições que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	99
Tabela 28	Indicador e respectiva métrica de ganho da área de “Aprovisionamento Automático” das instituições que utilizam serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	100
Tabela 29	Indicadores e respectivas métricas de redução de custos das diversas áreas que compõem o ROI financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	102
Tabela 30	Indicadores e respectivas métricas de ganho das diversas áreas que compõem o ROI não financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços <i>Cloud Computing</i> . ...	103
Tabela 31	Percentagens de redução de custos dos indicadores do ROI financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	103
Tabela 32	Percentagens de ganho dos indicadores do ROI não financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	104
Tabela 33	Indicador e respectiva métrica de ganho da área de “Aprovisionamento Automático” das instituições que ponderam a utilização de serviços <i>Cloud Computing</i> . .....	104
Tabela 34	Características de um servidor Dell PowerEdge R210 II. ....	107

## *Acrónimos*

API	–	<i>Application Programming Interface</i>
AWS	–	<i>Amazon Web Services</i>
B2B	–	<i>Business-to-Business</i>
CAPEX	–	<i>Capital Expenditure</i>
CIO	–	<i>Chief Information Officer</i>
DDoS	–	<i>Distributed Denial-of-Service</i>
DGES	–	<i>Direcção Geral do Ensino Superior</i>
EC2	–	<i>Elastic Compute Cloud</i>
HTML	–	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	–	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IaaS	–	<i>Infrastructure as a Service</i>
IC	–	<i>Intervalo de Confiança</i>
KPI	–	<i>Key Performance Indicator</i>
MIT	–	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NC	–	<i>Nível de Confiança</i>
NIST	–	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
OPEX	–	<i>Operational Expenditure</i>
PaaS	–	<i>Platform as a Service</i>

PME	–	Pequena e Média Empresa
QoS	–	<i>Quality of Service</i>
REST	–	<i>Representational State Transfer</i>
ROI	–	<i>Return on Investment</i>
S3	–	<i>Simple Storage Service</i>
SaaS	–	<i>Software as a Service</i>
SLA	–	<i>Service Level Agreement</i>
SOA	–	<i>Service-Oriented Architecture</i>
SOAP	–	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SSL	–	<i>Secure Sockets Layer</i>
SWOT	–	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
TCO	–	<i>Total Cost of Ownership</i>
TIC	–	Tecnologias da Informação e Comunicação
V.A.	–	Variável Aleatória
VLAN	–	<i>Virtual Local Area Network</i>
VPC	–	<i>Virtual Private Cloud</i>
XML	–	<i>Extensible Markup Language</i>
W3C	–	<i>World Wide Web Consortium</i>
WSDL	–	<i>Web Services Description Language</i>
WWW	–	<i>World Wide Web</i>

# 1. INTRODUÇÃO

Actualmente as instituições de ensino superior portuguesas dispõem de plataformas de *e-learning* reflectindo a opinião generalizada que o uso de ferramentas multimédia e o ensino à distância são uma mais-valia para o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, estas plataformas caracterizam-se, quer do ponto de vista administrativo, quer do ponto de vista dos seus utilizadores, por serem de âmbito privado. Este facto expõe a tímida abertura das instituições na partilha do seu conhecimento, como também dos seus recursos, e justifica, em parte, a dificuldade em cumprir os objectivos propostos pelo Processo de Bolonha, nomeadamente no que se refere à partilha de informação, de plataformas e serviços e promoção de projectos comuns.

O paradigma de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*) é uma oportunidade para alterar esse cenário, promovendo o intercâmbio de conteúdos e a partilha de recursos. Para tal será necessário desenvolver plataformas que favoreçam a interoperabilidade, quer ao nível da infra-estrutura, quer ao nível dos dados e aplicações. A progressiva evolução das nuvens privadas existentes, e a adesão de outras a criar, para um modelo híbrido que na prática seja uma federação de nuvens, apresenta-se como uma solução capaz de contemplar soluções heterogéneas, mas garantindo a sua interoperabilidade.

Neste âmbito é necessário desenvolver ferramentas que permitam aos decisores ponderar as mais-valias deste novo paradigma. Para tal é conveniente quantificar o retorno esperado para o investimento, em tecnologias e formação, exigido pelo modelo de *Cloud Computing*.

## **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Este projecto surgiu do desejo em estimar o retorno esperado do investimento em tecnologias e formação resultante da introdução do modelo *Cloud Computing* no âmbito das instituições de ensino superior portuguesas.

Dados os inúmeros benefícios, financeiros e não financeiros, associados a este novo paradigma, torna-se necessário quantificar os ganhos e os custos que o uso de *Cloud Computing* pode evidenciar. Neste sentido, é necessário identificar os indicadores de desempenho, e respectivas métricas, que afectam directamente ou indirectamente o retorno de investimento neste contexto.

## **1.2. OBJECTIVOS**

O objectivo principal deste trabalho é contribuir para o estudo da avaliação do retorno do investimento (ROI) em infra-estruturas e serviços TIC, resultante da análise de diferentes cenários relativos à introdução do paradigma *Cloud Computing* no âmbito de instituições de ensino superior em Portugal. Dada a complexidade inerente a este objectivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em múltiplas tarefas de realização mais simples, tais como:

- Levantamento do estado da arte no âmbito da análise do retorno do investimento do paradigma *Cloud Computing*;
- Desenvolvimento de uma metodologia que fundamente o método de análise e respectivos pressupostos deste estudo;
- Desenvolvimento de um questionário, distribuído por várias instituições de ensino superior portuguesas, que permita elencar e quantificar os ganhos e os custos associados a este paradigma;
- Análise estatística dos dados obtidos no questionário;
- Estimativa do retorno do investimento com base nos resultados obtidos.

### 1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório encontra-se estruturado em seis capítulos:

- No capítulo 1, “Introdução”, contextualiza-se o trabalho desenvolvido, realçando a necessidade em estimar o retorno do investimento do paradigma *Cloud Computing*, apresentam-se os principais objectivos e a metodologia seguida.
- No capítulo 2, “*Cloud Computing* – Um Novo Paradigma”, são apresentados os conceitos fundamentais associados ao paradigma *Cloud Computing*, nomeadamente a sua definição, as características que o tornam inovador, a arquitectura preconizada e os modelos de disponibilização de serviços. Este paradigma é apresentado como o culminar de um conjunto de inovações tecnológicas, sendo estas abordadas de uma forma geral. Destacam-se ainda os seus principais benefícios, como também os desafios e riscos inerentes à sua adopção. Por fim, apresenta-se uma visão sobre a evolução deste paradigma.
- O capítulo 3, “Avaliação do Retorno do Investimento em *Cloud Computing*: Estado da Arte”, resulta da necessidade em avaliar o retorno do investimento esperado decorrente da introdução deste paradigma. O período de retorno, ou seja o tempo que leva uma organização a recuperar o investimento feito, é uma medida de avaliação comum quando se comparam alternativas para aumentar a produtividade e reduzir custos, nomeadamente no âmbito da manutenção e operação das tecnologias TIC. Neste contexto este capítulo apresenta o estado da arte no domínio do retorno do investimento esperado decorrente da introdução do paradigma *Cloud Computing*.
- No capítulo 4, “Metodologia, Questionário, População e Amostra”, inicia-se com a descrição da metodologia adoptada para aferir o retorno do investimento (ROI) em *Cloud Computing*. Posteriormente são abordados os conceitos gerais de estatística, como por exemplo população e amostra, assim como a sua aplicação ao caso de estudo: avaliação do retorno de investimento em *Cloud Computing* no âmbito do ensino superior português.
- No capítulo 5, “Análise de Resultados e Avaliação do ROI”, apresenta-se a análise estatística dos resultados do questionário, assim como uma análise qualitativa dos mesmos, tendo este trabalho sido realizado com a ajuda do programa SPSS (*Statistical*

*Package for the Social Sciences*). Como resultado da análise efectuada foram identificados indicadores e quantificadas as respectivas contribuições (através de um conjunto de métricas) para a avaliação do retorno do investimento em serviços *Cloud Computing*. É apresentada uma formulação para o cálculo do ROI, calculando-se valores de acordo com os dados obtidos no questionário por quem já usa *Cloud Computing* e por quem espera vir a usar.

- No capítulo 6, “Conclusões e Desenvolvimentos Futuros”, são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido, como também traçadas linhas de investigação para desenvolvimentos futuros.

## 2. *CLOUD COMPUTING* – UM NOVO PARADIGMA

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais associados ao paradigma *Cloud Computing*, nomeadamente a sua definição, as características que o tornam inovador, a arquitectura preconizada e os modelos de disponibilização de serviços. Este paradigma é apresentado como o culminar de um conjunto de inovações tecnológicas, sendo estas abordadas de uma forma geral. Destacam-se ainda os seus principais benefícios, como também os desafios e riscos inerentes à sua adopção. Por fim, apresenta-se uma visão sobre a evolução deste paradigma.

### 2.1. INTRODUÇÃO

*Cloud Computing* (Figura 1), ou Computação em Nuvem, pode ser referido como um novo modelo de computação no qual recursos computacionais escaláveis, e normalmente virtualizados<sup>1</sup>, são disponibilizados através da Internet sob a forma de um serviço [12].

---

<sup>1</sup> A tecnologia de virtualização será explorada com maior pormenor na secção 2.6.1.



**Figura 1** *Cloud Computing* [27].

Presume-se que o termo “*cloud*” (nuvem) foi inspirado na representação tradicional de ambientes computacionais de forma a ocultar a complexidade subjacente [49]. No entanto, este novo conceito de serviço computacional não é recente. Durante os anos 60, onde “reinavam” as *mainframes*, surgiu o conceito de “*Utility Computing*”. Este consistia na disponibilização de serviços computacionais como bens transaccionáveis. O conceito era simples: os recursos computacionais eram disponibilizados como um serviço e a sua utilização controlada através de um mecanismo de medição, tal como o serviço de telefone [23].

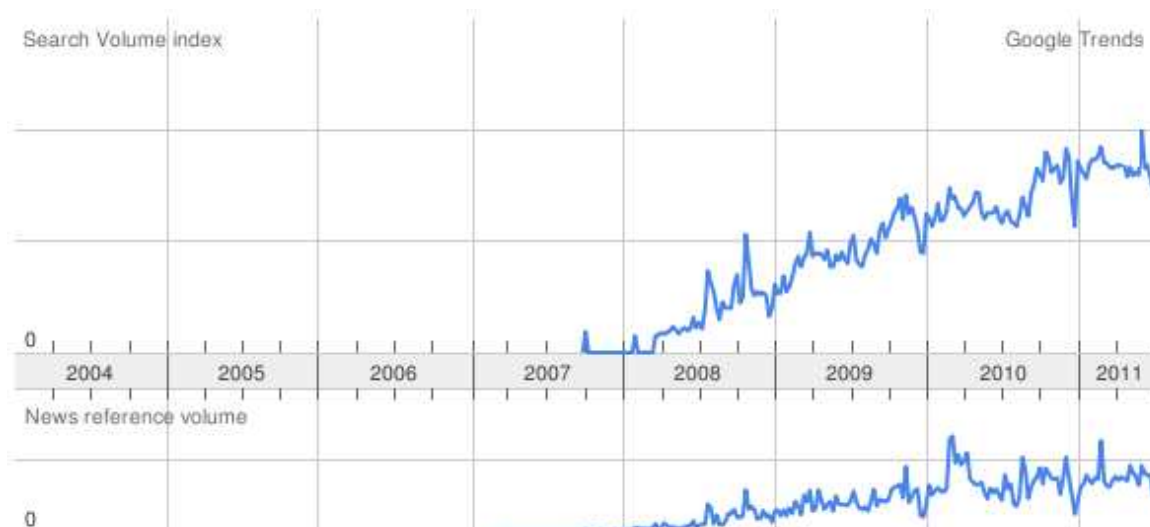
Todavia, tal ideia não pôde ser transposta para a realidade. A principal barreira à implementação deste conceito foi a baixa largura de banda existente na altura. Os preços eram elevados e a capacidade disponível muito limitada [23][49].

Apesar de tudo, esse conceito nunca foi esquecido. Ao longo dos anos, com o advento de novas tecnologias (por exemplo, de virtualização), arquitecturas (por exemplo, *web services*) e paradigmas (por exemplo, *Grid Computing*), o conceito de *Utility Computing* acabou por ser revisitado sob uma nova designação: *Cloud Computing*.

O *Cloud Computing* é encarado como um paradigma emergente cuja utilização poderá modificar significativamente a forma como encaramos os actuais serviços digitais baseados na Internet.

## 2.2. DEFINIÇÃO

*Cloud Computing* é actualmente um dos temas que tem vindo a ganhar maior destaque no mundo das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação). A Figura 2 ilustra o número médio de pesquisas que são efectuadas no motor de busca da Google™ sobre este tema. Como se pode observar, desde finais de 2007 até aos dias de hoje, este novo paradigma tem vindo a despertar cada vez mais o interesse das pessoas. No entanto, não existe um consenso universal sobre o que é e em que consiste. Diferentes artigos e livros usam diversas definições.



**Figura 2** Volume médio de pesquisas sobre *Cloud Computing* no motor de busca da Google™ [37].

Existe, no entanto, uma definição que reúne uma maior unanimidade entre as várias organizações e investigadores ligados ao universo das TIC. Esta definição foi estabelecida pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) que descreve *Cloud Computing* como sendo um modelo criado para permitir o acesso ubíquo, oportuno e a pedido, através de uma infra-estrutura de rede, a um conjunto de recursos computacionais partilhados (e.g. dispositivos de rede, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e libertados com o mínimo de esforço, e de interacção por parte do utilizador, pelo fornecedor de serviços. Este modelo é composto por cinco características fundamentais, três modelos de serviço e quatro modelos de disponibilização de serviços [22].

Todavia, deve-se ter presente um ponto importante: o *Cloud Computing* é ainda um paradigma em evolução, implicando que tais definições e características vão, com toda a certeza, evoluir.

### 2.3. CARACTERÍSTICAS

Nesta secção enumeram-se as cinco características fundamentais, associadas ao paradigma *Cloud Computing*, estabelecidas por Mell e Grance (NIST) em [22].

1. **Modelo *self-service*.** Um utilizador pode, unilateralmente, solicitar o aprovisionamento de recursos computacionais, tais como servidores e dispositivos de armazenamento, consoante as suas necessidades e de forma automática, sem que para tal haja a necessidade de interagir com um operador (humano) de cada um dos fornecedores de serviços em causa.
2. **Acesso Universal.** Recursos computacionais podem facilmente ser acedidos utilizando dispositivos comuns, tais como telemóveis, computadores e PDAs, bastando que possuam acesso à Internet e um navegador *web*.
3. **Repositório de recursos.** Os recursos computacionais do fornecedor de serviços são disponibilizados através de um “repositório” de forma a servirem múltiplos utilizadores através do uso de um modelo *multi-tenant*.
4. **Rápido aprovisionamento.** Os recursos podem ser rapidamente aprovisionados, de forma automática, permitindo o aumento ou a diminuição das necessidades computacionais (elasticidade). Para o utilizador a quantidade de recursos disponíveis é ilimitada, quando na realidade tal não o é.
5. **Serviço controlado.** Os sistemas *Cloud Computing* controlam e optimizam automaticamente a utilização dos recursos através de processos de medição adequados a cada tipo de serviço (e.g., armazenamento, processamento, largura de banda, etc.). A utilização de recursos pode ser monitorizada, controlada e reportada, de forma transparente, tanto para o fornecedor de serviços como para o próprio utilizador.

### 2.4. MODELO DE SERVIÇOS

A arquitectura dos modelos de serviços estabelecida por Mell e Grance é composta por três camadas (Figura 3). A designação de camadas advém dos serviços de uma camada utilizarem as funcionalidades oferecidas pelos serviços da camada anterior [12].

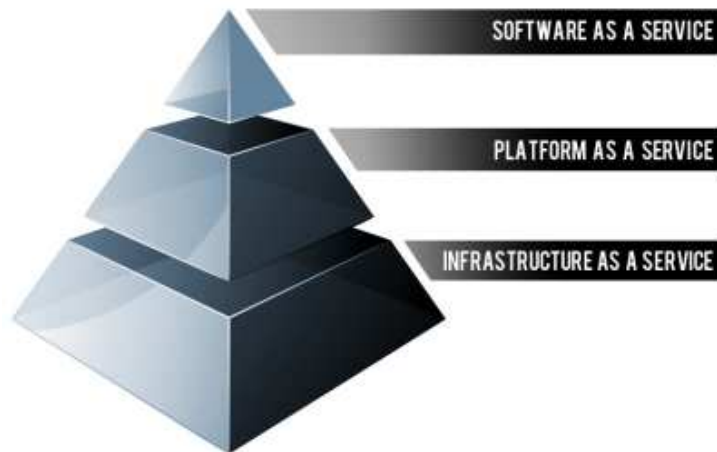


Figura 3 Camadas da arquitectura dos modelos de serviços do paradigma *Cloud Computing* [15].

Antes de entrar em maior detalhe sobre cada uma das camadas, pode-se, de um modo geral, defini-las da seguinte forma:

- **Software as a Service (SaaS)**. Fornecimento de aplicações/serviços aos utilizadores através da Internet.
- **Platform as a Service (PaaS)**. Fornecimento de uma plataforma de desenvolvimento, que compreende APIs (*Application Programming Interfaces*) e ferramentas de programação e que suporta um leque (não muito variado) de linguagens de programação. No seu conjunto permitem ao utilizador desenvolver e implementar aplicações na infra-estrutura do fornecedor de serviços.
- **Infrastructure as a Service (IaaS)**. *Hardware* (e.g. servidores, dispositivos de armazenamento, dispositivos de rede) e *software* (sistemas operativos) que suportam todos os outros serviços oferecidos pelas camadas superiores.

#### 2.4.1. SOFTWARE AS A SERVICE

Na camada de SaaS é fornecida ao utilizador a capacidade de utilizar aplicações que se encontram alojadas na infra-estrutura do fornecedor de serviços. Estas passam agora a ser fornecidas e acedidas através da Internet como se de um serviço se tratasse. O conjunto de aplicações que são disponibilizadas inclui aplicações tradicionais, tais como processadores de texto e folhas de cálculo. O utilizador não gere nem controla a infra-estrutura subjacente, nem as próprias aplicações. Estas são responsabilidades do fornecedor de serviços. Apenas tem

acesso a um conjunto de configurações pessoais [5][22]. A partilha de aplicações nesta camada é normalmente realizada sobre a *World Wide Web* (WWW).

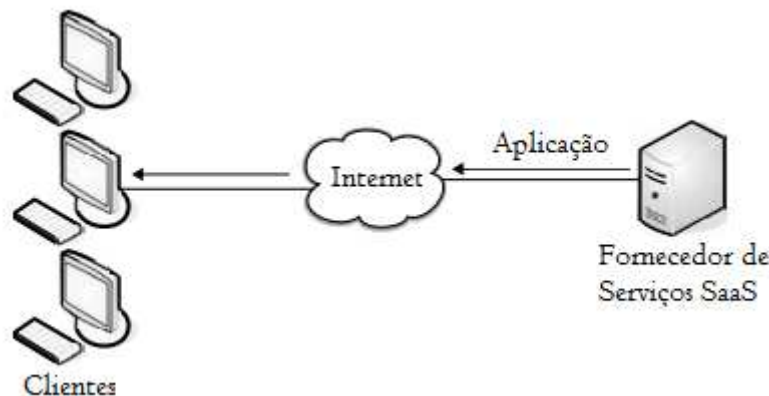


Figura 4 Esquema de fornecimento de serviços SaaS (adaptado de [51]).

Exemplos de aplicações disponibilizadas como serviços (SaaS) são o programa de e-mail da Google™ — Gmail™ — ou o pacote de aplicativos da mesma empresa — Google™ Docs — no qual são disponibilizados, de uma forma gratuita, um conjunto de ferramentas de escritório *online*. Outros fornecedores de SaaS para além da Google™ são o Skype™ e a plataforma de vídeo jogos OnLive<sup>2</sup>.

Os custos dos serviços/aplicações revelam uma aproximação diferente da tradicional. Ao invés de adquirir (e pagar) a totalidade do custo associado ao serviço/aplicação numa única vez, os custos são repartidos ao longo do tempo consoante o uso. Este modelo de negócio é designado por “*pay-as-you-go*”. Esta aproximação pode vir a revelar-se interessante para certos utilizadores, designadamente para os que não pretendam investir uma quantia inicial avultada [51].

Além dos benefícios financeiros outros são habitualmente reconhecidos [51].

- **Familiarização com a WWW.** A maioria dos utilizadores tem acesso a um computador e sabe como o utilizar no âmbito dos serviços WWW, tornando o processo de aprendizagem mais rápido no que concerne às aplicações disponibilizadas através desta plataforma.

---

<sup>2</sup> <http://www.onlive.com/>

- **Redução de recursos humanos.** Ao contratar externamente a utilização das aplicações, a necessidade de contratar técnicos para a sua manutenção passa a ser menor, uma vez que todas as actualizações e correcções de *software* passam a ser da responsabilidade do fornecedor de serviços.
- **Personalização das aplicações.** As empresas podem personalizar as aplicações disponibilizadas pela camada SaaS de forma a irem ao encontro das suas necessidades.
- **Melhor marketing.** *Cloud Computing* é um termo em voga. Um fornecedor que caracterize um serviço/aplicação como sendo *Cloud Computing enable* pode tirar vantagens em termos de marketing.
- **Segurança.** A utilização de *Secure Sockets Layer (SSL)* ou *Transport Layer Security (TLS)* – protocolos criptográficos que conferem segurança em comunicações na Internet para serviços como e-mail, navegação em páginas *web* e outro tipo de transferência de dados –, permitem que os utilizadores acedam remotamente às suas aplicações e transaccionem dados de uma forma segura.
- **Maior fiabilidade.** À medida que a tecnologia avança a qualidade dos serviços aumenta, assim como a largura de banda disponibilizada. Isto permite que os utilizadores acedam às suas aplicações com o mínimo de latência e a velocidades consideráveis.

Acresce ao que já foi referido que o modelo de serviço SaaS também traz benefícios ao nível da partilha de informação, reduzindo os estágios para essa partilha, aumentando assim a fiabilidade da mesma.

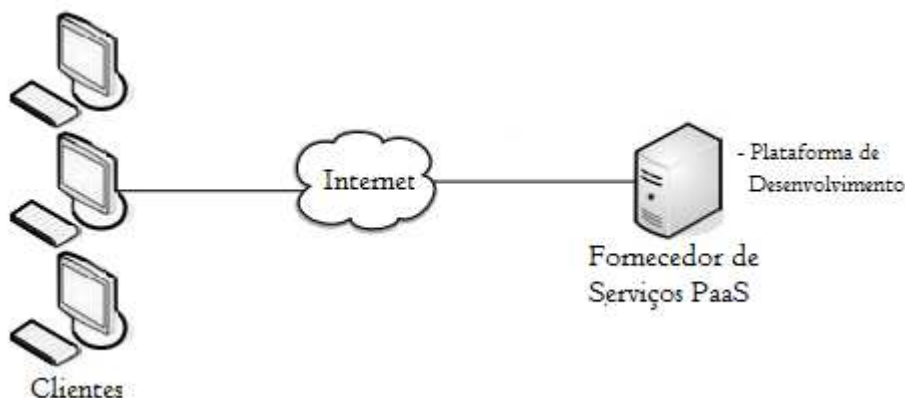
Um caso prático de utilização de SaaS pode ser consultado em [49]. Este trabalho apresenta o caso de estudo da Universidade de Westminster no Reino Unido, com mais de 22 000 estudantes, que decidiu introduzir serviços *Cloud Computing* na sua estrutura académica. A decisão surgiu após a identificação das limitações do seu serviço de correio electrónico. Este estava a tornar-se obsoleto. A Universidade conduziu um questionário através do qual concluiu que 96% dos alunos associava à sua conta de correio electrónico uma outra (de uma entidade externa) para onde eram reenviadas as mensagens recebidas. No entanto, muitas das mensagens reencaminhadas eram tratadas como *spam* pelo serviço de correio electrónico de destino e, por conseguinte, as mensagens urgentes nunca eram lidas pelos alunos. A

Universidade decidiu passar a disponibilizar o sistema de correio electrónico da Google™ — Gmail™ —, sistema esse que cobria todo o *campus* da Universidade com correio electrónico gratuito e com uma capacidade de armazenamento por aluno de 7,3 GB. Além do mais, permitia aos seus utilizadores manter o mesmo nome e domínio. Assim, um endereço de correio electrónico “davids@wmin.ac.uk“ continuaria a ser conhecido como tal. É óbvio que razões do foro económico também contribuíram para a escolha deste serviço. Nesse sentido foi estimado que o custo de uma solução interna equivalente (instalações, servidores, manutenção, recursos humanos, armazenamento, etc.) exigiria um esforço financeiro de £1,000,000. Quando questionada sobre o que a Google™ lucra com este serviço gratuito, Catherine Titherton, gestora dos projectos TIC da Universidade, respondeu que a Google™ passa a ser conhecida pelos futuros líderes de grandes empresas.

Existem, contudo, obstáculos que as empresas podem encontrar quando decidem passar a usar serviços da camada SaaS. Muitas empresas necessitam de aplicações com requisitos particulares e, em muitos casos, essas aplicações podem não estar disponíveis via SaaS, obrigando as empresas a adquirirem o *software* e a instalá-lo nos computadores locais usando técnicas parcialmente/totalmente automatizadas. A falta de interoperabilidade entre fornecedores de serviços é outra questão a ter em conta. Um utilizador que use uma aplicação de um fornecedor pode não conseguir migrar para um outro. Mesmo que tal seja possível, questões legais relativas à contratualização do serviço, como a garantia que os dados no fornecedor de origem são eliminados, podem ser um obstáculo [51].

#### **2.4.2.      *PLATFORMAS A SERVICE***

Na camada de PaaS é disponibilizada ao utilizador a capacidade de implementar ou instalar aplicações na infra-estrutura do fornecedor de serviços. Contudo, estas têm de ser desenvolvidas a partir de linguagens e ferramentas de programação suportadas pelo fornecedor de serviços. O conjunto de linguagens e ferramentas disponibilizadas depende do fornecedor de serviços, havendo habitualmente um conjunto de restrições que se devem ter em linha de conta. O utilizador não gere nem controla a infra-estrutura subjacente, mas tem controlo sobre as aplicações implementadas e possivelmente sobre configurações do ambiente onde elas estão alojadas [22].



**Figura 5** Esquema de fornecimento de serviços PaaS (adaptado de [51]).

Normalmente, as camadas de SaaS e PaaS são alvo de confusão por parte dos utilizadores. Enquanto na camada SaaS o *software* já está criado e é disponibilizado através da Internet, os serviços da camada PaaS baseiam-se numa plataforma de desenvolvimento de *software* disponibilizada, também, através da Internet.

A Tabela 1 apresenta quatro fornecedores de serviços da camada PaaS.

**Tabela 1** Quatro fornecedores de serviços da camada PaaS [12].

Fornecedor de serviços	Ambiente de programação	Infra-estrutura
<b>Google™ App Engine</b>	Python e Java	Google™ Data Center
<b>Microsoft Azure™</b>	.Net (Microsoft Visual Studio)	Microsoft Data Centers
<b>Salesforce.com</b>	Apex Programming e Java	Salesforce Data Center
<b>Heroku</b>	Ruby	Amazon EC2 e S3

Os serviços fornecidos através da camada PaaS incluem a especificação, o desenvolvimento, os testes, a implementação, a gestão e o alojamento de aplicações. Outros serviços oferecidos abrangem a colaboração entre equipas de desenvolvimento, integração de serviços *web* e de bases de dados, segurança e armazenamento. Esta camada oferece ainda algum suporte à criação de interfaces homem-máquina, normalmente baseadas em HTML (*HyperText Markup Language*) ou *JavaScript*. Oferece também suporte de protocolos, tais como *Simple Object Access Protocol* (SOAP), baseado em XML (*Extensible Markup Language*) que pode formar a camada base de uma pilha de protocolos de serviços *web*, fornecendo uma *framework* de mensagens básicas sobre a qual estes podem ser construídos, e arquiteturas tais como *Representational State Transfer* (REST), na qual os recursos são endereçados através de URIs

(*Uniform Resource Identifiers*) podendo desta forma serem modificados. Tal como a camada SaaS, o PaaS segue um modelo de negócio “*pay-as-you-go*”, no qual os utilizadores só pagam por aquilo que utilizam [45][51].

O grande obstáculo para os criadores de aplicações, aquando da decisão de escolherem o fornecedor de serviços da camada PaaS, está associado às questões de interoperabilidade e portabilidade entre fornecedores de serviços. Tal deve-se ao facto da maioria dos fornecedores utilizar serviços e linguagens de programação proprietárias. Logo, um utilizador que crie uma aplicação e decida migrá-la para uma outra infra-estrutura (outro fornecedor) pode não o conseguir. Daí o receio, por partes dos utilizadores, de ficarem presos a um único fornecedor de serviços (*lock-in*). Esta situação levanta uma questão: se um provedor deixar de fornecer os seus serviços então todos os dados associados às aplicações serão perdidos [51]?

### 2.4.3. *INFRASTRUCTURE AS A SERVICE*

Na camada de IaaS é fornecida ao utilizador a capacidade de aprovisionamento de recursos computacionais – servidores, armazenamento, dispositivos de rede e sistemas operativos. Ao invés de possuir o *hardware* e o *software* localmente, o utilizador adquire estes recursos sob a forma de um serviço. O utilizador não gere nem controla a infra-estrutura subjacente, mas tem controlo sobre os sistemas operativos, o armazenamento, aplicações implementadas e possivelmente um controlo limitado sobre certos componentes de rede [17][22].

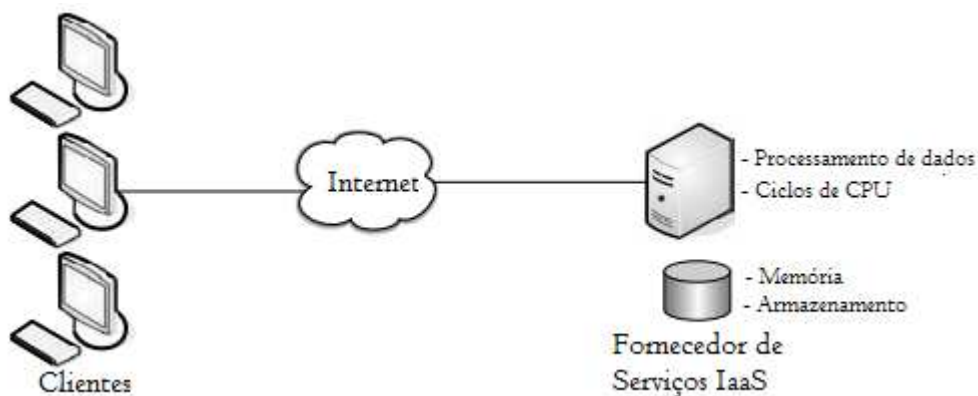


Figura 6 Esquema de fornecimento de serviços IaaS (adaptado de [51]).

Exemplos de fornecedores de serviços da camada IaaS são a Amazon — serviços EC2 (*Elastic Compute Cloud*<sup>3</sup>) e S3 (*Simple Storage Service*<sup>4</sup>) —; e a Rackspace<sup>5</sup>.

Tal como já foi mencionado, os utilizadores não necessitam de adquirir *hardware* e *software*, nem pagar pelas instalações físicas (*data center*). Em vez disso, podem “arrendar” os recursos necessários, tais como:

- Equipamento de rede
- Memória
- Ciclos de CPU
- Espaço para armazenamento

Os recursos usados em cada instante adequam-se às necessidades dos utilizadores, pois estes são dinamicamente escaláveis. Assim, o custo varia consoante o número de recursos utilizados, crescendo à medida que mais recursos são aprovisionados. No entanto, a médio e longo prazo o custo total poderá decrescer, face ao cenário tradicional, pois os custos com os recursos humanos diminuem, i.e. não existindo uma instalação de processamento de dados (*data center*) haverá uma menor necessidade de contratar pessoal técnico especializado. Neste caso, a gestão e o controlo da infra-estrutura são da responsabilidade do fornecedor de serviços [15][51].

Nas tabelas seguintes (Tabela 2 à Tabela 5) apresentam-se os valores cobrados pela Amazon pelo serviço EC2, na Europa e nos Estados Unidos da América [4].

---

<sup>3</sup> <http://aws.amazon.com/ec2/>

<sup>4</sup> <http://aws.amazon.com/s3/>

<sup>5</sup> <http://www.rackspace.com/>

**Tabela 2 Preços de aprovisionamento de instâncias computacionais na Europa e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.<sup>6</sup>**

<i>Standard On-Demand Instances</i>	Preço/Hora	Unidade computacional EC2 (CPU 1 GHz, 32 bits)	Memória e Armazenamento
<i>Small</i>	\$0,095	1	1,7/160 GB
<i>Large</i>	\$0,38	4	7,5/850 GB
<i>Extra-Large</i>	\$0,76	8	15/1690 GB

**Tabela 3 Preços de aprovisionamento de instâncias computacionais *hi-memory* na Europa e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.**

<i>Hi-Memory On-Demand Instances</i>	Preço/Hora	Unidade Computacional EC2 (CPU 3,25 GHz, 64 bits)	Memória e Armazenamento
<i>Extra-Large</i>	\$0,57	6,5	17,1/420 GB
<i>Double-Extra-Large</i>	\$1,14	13	34,2/850 GB
<i>Quadruple-Extra-Large</i>	\$2,28	26	15/1690 GB

**Tabela 4 Preços de aprovisionamento de um *cluster* computacional nos Estados Unidos da América e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.**

<i>Cluster Compute Quadruple Extra Large Instance (HPC)</i>	Preço/Hora	Unidade Computacional EC2 (2 x Intel Xeon X5570, quad-core “Nehalem” architecture, 64 bits, 10 Gbps Ethernet)	Memória e Armazenamento
<i>Cluster Compute</i>	\$1,60	33,5	23/1690 GB

**Tabela 5 Preços de aprovisionamento de um *cluster* GPU nos Estados Unidos da América e para máquinas virtuais Linux/Unix do serviço EC2.**

<i>Cluster GPU Quadruple Extra Large Instance (HPC)</i>	Preço/Hora	Unidade Computacional EC2 (2 x Intel Xeon X5570, quad-core “Nehalem” architecture, 64 bits, 10 Gbps Ethernet, 2 x NVIDIA Tesla “Fermi” M2050 GPUs)	Memória e Armazenamento
<i>Cluster GPU</i>	\$2,10	33,5	22/1690 GB

<sup>6</sup> Apesar de ser para a Europa, a Amazon apenas disponibiliza os preços em dólares, sendo necessário efectuar o respectivo câmbio.

## 2.5. MODELOS DE DISPONIBILIZAÇÃO DE SERVIÇOS

Os modelos de disponibilização de serviços dividem-se em quatro tipos: *Private Cloud*, *Community Cloud*, *Public Cloud* e *Hybrid Cloud* (Figura 7).

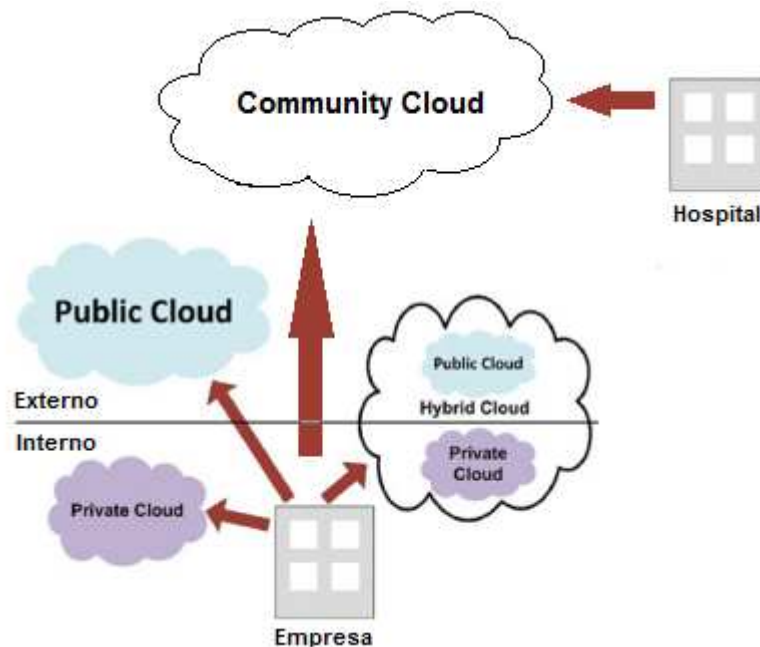


Figura 7 Modelos de disponibilização de serviços do paradigma *Cloud Computing* (adaptado de [12]).

- ***Private Cloud* ou Nuvem Privada.** Neste modelo a infra-estrutura é utilizada ou operada pela organização proprietária. Esta pode ser gerida pela própria organização ou por uma entidade externa, podendo tal ser realizado localmente ou remotamente [22].
- ***Community Cloud* ou Nuvem Comunitária.** No modelo *Community Cloud* a infra-estrutura é partilhada por várias organizações que partilham objectivos comuns (e.g. mesma missão, mesmos requisitos de segurança, mesmas políticas). Pode ser gerida pelas organizações envolvidas ou por uma entidade externa, podendo tal ser realizado localmente ou remotamente [22].
- ***Public Cloud* ou Nuvem Pública.** A infra-estrutura de uma *Public Cloud* está disponível para o público em geral e é propriedade de uma organização que comercializa, eventualmente sem fins lucrativos, serviços *Cloud Computing* [22].

- **Hybrid Cloud ou Nuvem Híbrida.** A infra-estrutura é composta por duas ou mais “nuvens” com diferentes modelos de disponibilização de serviços (*private*, *community* ou *public*) que se mantêm como entidades individualizadas, mas estão ligadas através de tecnologias proprietárias ou normalizadas que permitam a portabilidade de dados e aplicações entre si [22].

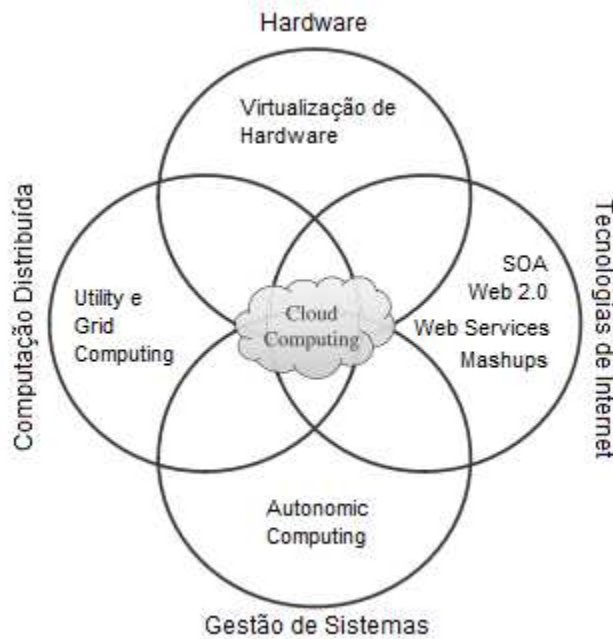
Na Tabela 6 é apresentada uma comparação entre os modelos *Public Cloud* e *Private Cloud*, em que esta última é realizada localmente.

**Tabela 6** *Public Cloud vs. Private Cloud* [12].

	<i>Public Cloud</i>	<i>Private Cloud</i>
<b>Proprietário da infra-estrutura</b>	Entidade externa (fornecedor de serviços de <i>Cloud Computing</i> )	Próprio
<b>Aprovisionamento</b>	Ilimitado e dinâmico	Dinâmico mas limitado à infra-estrutura instalada
<b>Controlo e gestão</b>	São apenas geridas as máquinas virtuais	Existe um grande nível de controlo sobre os recursos e é necessário pessoal especializado para a sua gestão
<b>Custos</b>	Baixos	Elevados (incluem o espaço das instalações, consumos de energia e de refrigeração e custos de <i>hardware</i> )
<b>Desempenho</b>	Vários utilizadores acedem à mesma infra-estrutura não existindo garantia de elevado nível de desempenho	Garantia de um bom desempenho
<b>Segurança</b>	Preocupações em relação à privacidade dos dados	Bastante segura

## 2.6. EVOLUÇÃO OU REVOLUÇÃO?

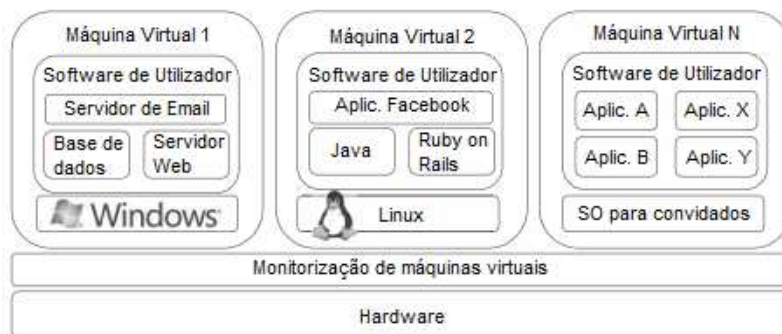
*Cloud Computing* não é uma tecnologia mas sim um paradigma. Este é resultado da evolução de um conjunto de paradigmas, arquiteturas e tecnologias existentes no âmbito de: virtualização, *Grid Computing* e *Utility Computing*, *Autonomic Computing*, SOA (*Service-Oriented Architecture*), *web services*, *web 2.0* e *mashups*. A Figura 8 ilustra a conjugação de todos estes tópicos dando origem a este novo paradigma.



**Figura 8** Conjunto de paradigmas, arquiteturas e tecnologias que convergiram no paradigma *Cloud Computing* (adaptado de [5]).

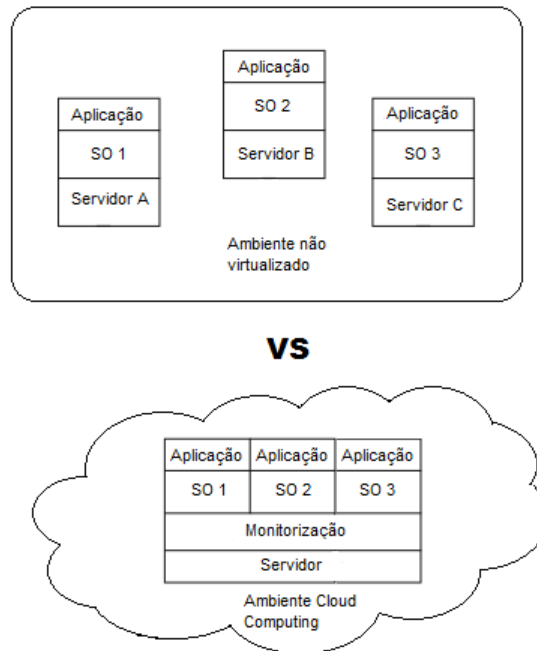
### 2.6.1. VIRTUALIZAÇÃO

Os serviços de *Cloud Computing* são fornecidos através de *data centers* compostos por milhares de máquinas físicas. Para permitir uma melhor utilização dessas mesmas máquinas é utilizada a técnica de virtualização de *hardware*. O conceito de virtualização foi introduzido nos anos 60 por Christopher Strachery, professor da Universidade de Oxford, mas apenas foi implementado, em computadores pessoais e servidores do tipo *rack*, após a revolução tecnológica do ano 2000 em diante [24]. A virtualização permite correr simultaneamente múltiplos sistemas operativos e outro tipo de aplicações numa única máquina física [5]. A Figura 9 ilustra um exemplo de uma única máquina a correr três sistemas operativos distintos.



**Figura 9** Máquina física que aloja três máquinas virtuais, cada uma com um Sistema Operativo distinto (adaptado de [5]).

Dessa forma, um ambiente virtualizado permite uma redução significativa do número de servidores físicos existentes em cada *data center*. A Figura 10 evidencia um dos possíveis ganhos em passar de um ambiente não virtualizado, onde são necessários três servidores independentes para as três aplicações distintas, para um ambiente virtualizado em que é apenas necessária uma única máquina física para executar as três aplicações [12].



**Figura 10 Ambiente não virtualizado versus ambiente *Cloud Computing* (adaptado de [12]).**

São várias as plataformas de virtualização existentes e que servem de suporte a vários ambientes de *Cloud Computing*. Para sistemas operativos Linux as mais notáveis são: a VMWare<sup>7</sup>, a Xen<sup>8</sup> e a KVM<sup>9</sup>.

### 2.6.2. GRID COMPUTING

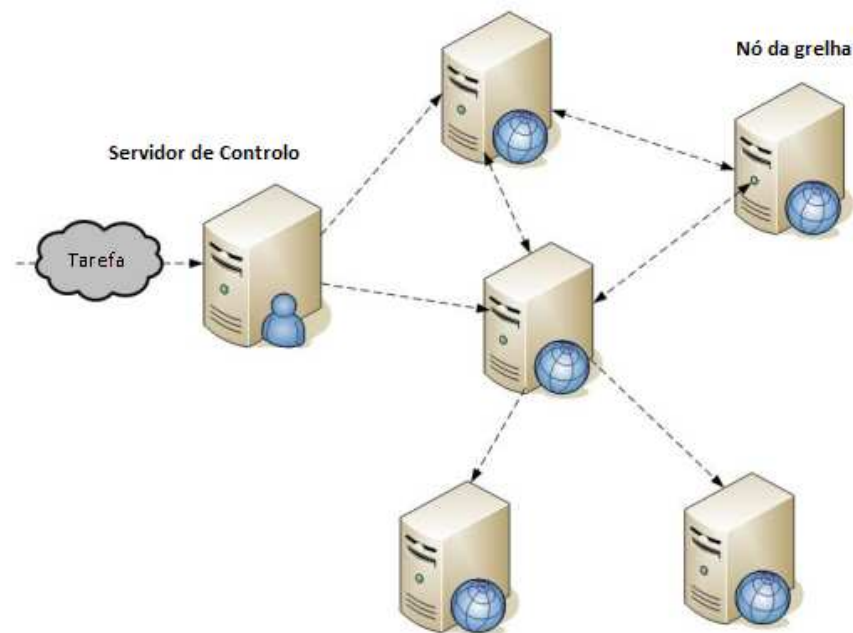
O termo *Grid Computing* teve a sua origem no início dos anos 90 e foi introduzido por Ian Foster, Carl Kesselman e Steve Tuecke [28]. Refere-se a um modelo computacional distribuído, não interativo (trabalhos em *batch*), em que cada máquina, ou nó da rede, trabalha em colaboração com as restantes para a resolução de um problema (Figura 11).

<sup>7</sup> <http://www.vmware.com/>

<sup>8</sup> <http://www.xen.org>

<sup>9</sup> <http://www.linux-kvm.org/>

O problema inicial é dividido em tarefas e estas são distribuídas pelos nós dos diferentes domínios administrativos que compõem a *grid*. A divisão de tarefas é efectuada com recurso a *middleware – software* que permite que as aplicações que correm nas várias máquinas que compõem a grelha interajam entre si [5][51]. Em 2004, a Google™ introduziu uma *framework* designada por MapReduce<sup>10</sup> que se baseia no paradigma *Grid Computing*. Esta *framework* foi inspirada nas funções *map* e *reduce* usadas na programação funcional. Com a função *map*, o servidor de controlo da grelha recebe o *input*, divide-o em pequenas porções e distribui pelos vários nós da grelha que as processam e reenviam-nas de volta para o servidor. Com a função *reduce*, o servidor recebe todas as porções processadas e combina-as para a formação do *output*.



**Figura 11** Arquitectura *Grid Computing* (adaptado de [33]).

A *European Organization for Nuclear Research* (CERN) criou uma infra-estrutura virtualizada, designada por *lxcloud* [8], que tem por objectivo simplificar a gestão interna dos seus recursos físicos no âmbito do processamento dos trabalhos *batch* que são submetidos pelos cientistas do CERN. Esta infra-estrutura atribui máquinas virtuais aos pedidos que se encontram em fila de espera tendo em consideração os requisitos do trabalho solicitado: capacidade de processamento, memória, tipo de sistema operativo, etc. Tais funcionalidades

---

<sup>10</sup> <http://labs.google.com/papers/mapreduce.html>

levaram a que a infra-estrutura adquirisse a forma de uma nuvem interna, na qual, os utilizadores do CERN poderiam utilizá-la como um serviço, requisitando recursos de uma forma dinâmica, tornando-se o CERN num fornecedor de serviços IaaS. A *lxcloud* tem o potencial de se tornar uma nuvem pública para utilizadores de *Grid Computing*, representando o primeiro passo para suportar um modelo *Cloud Computing* nas infra-estruturas *grid*, ou seja, os problemas poderão passar de uma computação em grelha física para uma computação virtual.

O *Grid Computing* é interessante por diversas razões [51], nomeadamente:

- Proporciona a utilização de um grande conjunto de recursos computacionais, de forma rápida, eficaz e de baixo custo.
- Resolve problemas que necessitam de uma elevada quantidade de poder computacional.
- Os recursos de várias máquinas podem ser partilhados cooperativamente.

As comparações entre *Cloud Computing* e *Grid Computing* são inevitáveis. Contudo, não existe uma opinião generalizada sobre o que estes dois paradigmas têm em comum.

T. Velte, J. Velte e Elsenpeter [51] referem que existe pouco em comum entre os dois paradigmas, uma vez que eles têm modos de funcionamento distintos. Enquanto no *Grid Computing*, um projecto de larga escala é dividido entre múltiplos computadores de forma a fazer uso dos seus recursos, o *Cloud Computing* permite que várias aplicações de pequena dimensão “corram” ao mesmo tempo, servindo desta forma vários utilizadores.

Já Keahey, Tsugawa, Matsunaga e Fortes [14] mencionam que o *Cloud Computing* representa uma aproximação diferente do *Grid Computing* no sentido em que quando um recurso é provisionado por um utilizador, este passa a ter o controlo sobre esse recurso. Ao contrário, no caso do *Grid Computing* um utilizador apenas fornece o problema e espera pelo *output*, não controlando nenhum recurso da grelha. Esta possibilidade de o utilizador controlar o recurso que “arrenda” foi conseguida através da virtualização. Esta tecnologia isola o recurso arrendado do seu local, não existindo o risco de este ser subvertido.

### **2.6.3. UTILITY COMPUTING**

O conceito *Utility Computing* surgiu nos anos 60 por John McCarthy, cientista do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Este consiste num modelo de serviços no qual um fornecedor de serviços disponibiliza a pedido dos utilizadores recursos computacionais (*hardware e software*) utilizando um modelo de negócio “*pay-as-you-go*”. O termo “*utility*” é usado em analogia aos serviços de electricidade, gás ou telefone, nos quais os utilizadores apenas pagam por aquilo que consomem [31][35].

A vantagem deste paradigma baseia-se na relação custo-benefício que apresenta para os utilizadores. Estimou-se que a utilização dos servidores dos *data centers* varia entre os 5% e os 20% [44][46]. Significa isto que na maior parte do tempo os servidores encontram-se inactivos. Assim, as empresas apresentam um excesso de capacidade instalada face às necessidades habituais. Tal decorre do dimensionamento ser realizado para dar resposta aos picos de utilização dos seus serviços. Neste aspecto, o *Utility Computing* surge como uma alternativa com vantagens acrescidas [31].

Da definição de *Utility Computing* pode-se estabelecer uma analogia com o paradigma *Cloud Computing*. Contudo, as diferenças entre ambos são cruciais. Apesar das raízes do *Cloud Computing* se encontrarem no paradigma *Utility Computing*, este último refere-se a um modelo de negócio no qual recursos de uma infra-estrutura computacional – *hardware e/ou software* – são disponibilizados, enquanto o primeiro, reporta-se à forma como a infra-estrutura computacional é implementada, de forma a disponibilizar os seus serviços [31].

### **2.6.4. SOA, WEB SERVICES, WEB 2.0 E MASHUPS**

SOA refere-se a uma arquitectura de *software* orientada aos serviços: uma colecção de aplicações que são disponibilizadas sob a forma de serviços, comunicando entre si, com vista à partilha de dados ou à coordenação de uma dada actividade, através de um barramento que suporta a troca de mensagens. Numa arquitectura SOA um serviço realiza uma função bem definida e autónoma que não depende do contexto ou do estado de outros serviços. A camada SaaS pode ser vista como uma arquitectura SOA, na qual as aplicações são construídas como uma composição de outros serviços. Serviços como autenticação, e-mail, calendários, etc., podem ser combinados para formarem uma única aplicação [5][42].

Este conceito de criar aplicações como uma composição de outros serviços, é designado por *mashup*. Um *mashup* resume-se a uma aplicação *web* que combina dados de várias fontes

num único serviço. Normalmente o novo serviço é criado com base em APIs de código aberto. Muitos fornecedores de serviços, como a Amazon ou a Google™, disponibilizam APIs utilizando protocolos normalizados como o SOAP. É então depois possível a criação de uma aplicação *web* através da junção de código das várias APIs [5][12].

Os serviços *Cloud Computing* são geridos através de uma arquitectura SOA e são geralmente desenvolvidos como serviços *web* [5][12]. Segundo o consórcio W3C (*World Wide Web Consortium*) um serviço *web* é um sistema de *software* que suporta a interoperabilidade entre máquinas distintas através da Internet. A especificação da sua interface usa a linguagem WSDL (*Web Services Description Language*). Os serviços *web* encontram-se alinhados com a arquitectura REST, uma vez que seguem as convenções e os princípios estabelecidos por esta arquitectura, e com o protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) [30].

Tudo isto ganhou maior notoriedade aquando da introdução da *web 2.0*. *Web 2.0* é um termo criado pela empresa O'Reilly Media<sup>11</sup>. Segundo Tim O'Reilly, a *Web* é vista como uma plataforma que abrange todos os dispositivos a si ligados [34]. Aplicações *web 2.0* facilitam a partilha de informação, a interoperabilidade e a colaboração entre utilizadores através da WWW [29].

#### 2.6.5. *AUTONOMIC COMPUTING*

O aumento da complexidade dos sistemas computacionais levou os investigadores a procurarem novas formas de diminuir a intervenção humana na manutenção e operação destes sistemas. Surge então o termo “*Autonomic Computing*” que caracteriza sistemas que se auto governam com base em objectivos de alto nível fornecidos pelos seus administradores [5]. As principais características destes sistemas são [18]:

- **Auto-administração.** Capacidade de autogestão, ou seja, sem a necessidade de intervenção humana. O sistema auto-monitoriza-se e executa as tarefas assumindo o seu controlo.
- **Auto-configuração.** Se o sistema detectar a introdução de um novo componente no seu núcleo então procede à sua instalação e configuração.

---

<sup>11</sup> <http://oreilly.com/>

- **Auto-otimização.** O sistema procura sempre formas de aperfeiçoar as suas operações, tendo em conta a obtenção de melhores desempenhos a um custo inferior.
- **Auto-regeneração.** Na eventualidade da ocorrência de alguma falha ou detecção de *bugs* no *hardware* e *software*, o sistema irá detectar o problema, diagnosticá-lo e repará-lo (se tal não for possível então poderá optar por isolar o(s) componente(s) em falha).
- **Auto-protecção.** O sistema defende-se contra ataques e antecipa a ocorrência de problemas com base em relatórios preliminares (sensores), tomando as devidas precauções para os evitar ou diminuir os seus impactos.

## 2.7. BENEFÍCIOS

Ao longo das secções anteriores foram mencionados alguns dos benefícios que decorrem da adopção do paradigma *Cloud Computing*, nomeadamente: o modelo de negócio adoptado, a reutilização de tecnologias e normas, os diferentes modelos de disponibilização e de tipos de serviços, a possibilidade de rapidamente, e de forma dinâmica, os fornecedores de serviços poderem orquestrar recursos computacionais, de armazenamento e de comunicação solicitados conforme as necessidades dos utilizadores. As empresas passam a reduzir os custos associados ao excesso de aprovisionamento e aos de sub-aprovisionamento.

A redução a médio prazo dos custos associados com a aquisição de *hardware* e *software*, assim como o investimento em instalações físicas e o treino de recursos humanos é atractiva para os potenciais utilizadores. Outras poupanças incluem a redução de custos em energia eléctrica, na aquisição e manutenção de equipamentos de refrigeração. Um estudo conduzido pela Accenture (2010) [1] concluiu que o *Cloud Computing* também é benéfico para o ambiente, apresentando o potencial de reduzir as emissões de carbono para a atmosfera em cerca de 30%. Está-se perante economias de escala<sup>12</sup> a “funcionarem para o meio ambiente”. Tudo isto porque o utilizador ou a empresa não é proprietária da infra-estrutura computacional, apenas “arrenda” o serviço a um fornecedor externo, passando desta forma de

---

<sup>12</sup> Capacidade de uma empresa aumentar a eficiência da sua produção à medida que reduz os custos por unidade produzida [38].

um modelo CAPEX (*Capital Expenditure*) para um modelo OPEX (*Operational Expenditure*) [47].

O *Cloud Computing* pode também revelar-se como a melhor solução para novas empresas que procuram entrar no mercado, em particular as PME (Pequenas e Médias Empresas). Normalmente estas empresas não estão munidas de capital para a construção de uma infraestrutura que dê resposta às necessidades do seu negócio [26]. Desta forma, apostando numa plataforma *Cloud Computing*, conseguem uma redução de custos iniciais avultados.

Por fim, a facilidade de acesso aos dados, vencendo limitações impostas no âmbito dos protocolos suportados (só HTTP) e das interfaces (só *web*). O processamento estará na sua grande maioria do lado do fornecedor de serviços, bastando ao utilizador o uso de dispositivos *thin client* (como são os NetPCs).

## 2.8. DESAFIOS E RISCOS

Apesar de serem vários os benefícios atribuídos ao *Cloud Computing*, este paradigma é ainda confrontado com diversos desafios aos quais necessita de dar uma resposta adequada. Acredita-se que à medida que o *Cloud Computing* se desenvolve que tais desafios serão superados mas, por agora, são barreiras que é necessário ultrapassar [5][7][12][49]:

- **Desempenho.** O *Cloud Computing* poderá apresentar deficiências ao nível do desempenho, nomeadamente no que respeita às situações que envolvem transacções intensivas de dados entre utilizadores e fornecedores de serviços. Utilizadores que se encontrem numa localização mais afastada dos *data centers* dos fornecedores, ou até mesmo aqueles que se encontrem perto mas cuja taxa de transferência é baixa, poderão experienciar latências mais elevadas (interactividade reduzida).
- **Falta de interoperabilidade.** A falta de interoperabilidade entre fornecedores de serviços implica que os utilizadores fiquem “presos” a um fornecedor. A migração entre plataformas *Cloud Computing* torna-se assim um processo complexo e de difícil resolução.
- **Segurança e privacidade.** A segurança e privacidade dos dados são as duas maiores razões pelas quais muitos utilizadores estão reticentes face à adopção de *Cloud Computing*: o receio de que os seus dados possam ser acedidos por terceiros e a

preocupação com possíveis vulnerabilidades dos sistemas face a ataques informáticos conduzem a segurança e a privacidade ao topo da lista de prioridades dos investigadores. Tecnologias como a encriptação de dados, *firewalls* e VLANs (*Virtual Local Area Networks*) devem ser usadas para uma maior protecção e segurança dos dados e dos sistemas. Um exemplo de uma nuvem virtual privada é a *Virtual Private Cloud* (VPC) da Amazon, que permite a definição de uma topologia de rede virtual com todas as funcionalidades associadas a uma rede tradicional.

- **Transferência de informação.** Grande parte dos governos da União Europeia, têm regulamentações de privacidade que proíbem a transmissão de certos tipos de dados pessoais para outros continentes. Isto leva a que os fornecedores de serviços *Cloud Computing* como a Amazon necessitem de criar *data centers* localizados na Europa.
- **Fiabilidade.** No passado recente diversos relatos de interrupção no fornecimento de serviços *Cloud Computing*, por parte de alguns fornecedores importantes como a Amazon e a Google™ [3], reforçaram o cepticismo de parte da opinião pública face a este tipo de paradigma e alertaram os utilizadores para a possibilidade de perda da informação. Assim, a recuperação de informação é outro assunto importante e que neste momento levanta muitas dúvidas: como pode um utilizador recuperar a informação em caso de falência por parte do fornecedor de serviços? Para estes casos é necessária, mas não suficiente, a introdução de SLAs (*Service Level Agreements*). Estes regulamentam os detalhes do fornecimento do serviço, tais como requisitos de QoS (*Quality of Service*). No entanto, a necessidade de aconselhamento jurídico apropriado por parte dos utilizadores é algo que pode passar a ser mais comum. Existe ainda falta de regulamentação específica e poucos precedentes jurídicos em matéria de responsabilidade no que respeita ao *Cloud Computing* o que acarreta riscos adicionais.
- **Realização de estudos prévios.** A necessidade de realizar uma inventariação de todas as aplicações afectadas, de modo a comparar os benefícios e os riscos entre uma plataforma *Cloud Computing* e uma plataforma tradicional; a necessidade de realizar um estudo prévio do fornecedor de serviços de modo a esclarecer os principais desafios colocados pela migração para este paradigma; necessidade de uma avaliação da fiabilidade da ligação à Internet que irá ser utilizada.

- **Custos de largura de banda.** Os custos de largura de banda podem aumentar significativamente quando se trata de aplicações que implicam a transacção intensiva de dados.
- **Custos de investimentos.** Apesar de poder ser vantajoso para uma empresa a migração para uma plataforma *Cloud Computing*, como poderá esta estimar o retorno dos investimentos realizados na migração para este paradigma?

## 2.9. ANÁLISE SWOT

Analizados os benefícios, os desafios e riscos que o paradigma *Cloud Computing* apresenta, pode-se construir uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) que sintetiza as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Esta análise encontra-se apresentada na Tabela 7.

**Tabela 7** Quadro resumo da análise SWOT.

<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fim da manutenção das tecnologias TIC para utilizadores/clientes</li> <li>• Acesso transparente, universal e ubíquo aos dados e aplicações</li> <li>• Garantia de QoS</li> <li>• Rápido aprovisionamento</li> <li>• Conjugação de paradigmas, arquitecturas e tecnologias</li> <li>• Modelo “<i>pay-as-you-go</i>”</li> <li>• Redução de custos a médio prazo</li> <li>• Maior produtividade/eficiência</li> <li>• <i>Green Computing</i></li> <li>• Fornecedores importantes (Amazon, Google™)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação inacessível (Falta de conectividade, interrupção do serviço)</li> <li>• Dificuldades de interoperabilidade e portabilidade entre fornecedores de serviços</li> <li>• <i>Lock-in</i> dos dados e das aplicações</li> <li>• Riscos de segurança e privacidade</li> <li>• Custos de largura de banda elevados</li> <li>• Problemas de desempenho (latência, <i>bottlenecks</i>)</li> <li>• Desemprego</li> </ul>
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novo paradigma em permanente evolução</li> <li>• Possibilidade de desenvolvimento de novos modelos de negócio, novas tendências tecnológicas e novas aplicações</li> <li>• Oferta de serviços TIC de formas inovadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receios de adopção</li> <li>• Dúvidas quanto à qualidade do serviço (SLAs, segurança, desempenho, etc.)</li> <li>• Questões do foro legal</li> </ul>

## 2.10. PERSPECTIVAR O FUTURO

O *Cloud Computing* promete ser o futuro da computação moderna e, se assim for, revolucionará o modo como esta é encarada hoje em dia. São muitos os potenciais benefícios, no entanto é ainda cedo para prever o seu sucesso. Muito trabalho é necessário fazer para que os desafios e riscos que actualmente este paradigma apresenta possam ser ultrapassados.

No futuro um dos possíveis cenários é a utilização do modelo de disponibilização híbrido, tal como ilustra a Figura 12. Neste cenário as aplicações chave de uma empresa encontram-se numa nuvem privada, enquanto outras aplicações de apoio ao negócio, como por exemplo aplicações *Business to Business* (B2B), encontram-se em nuvens públicas [12].

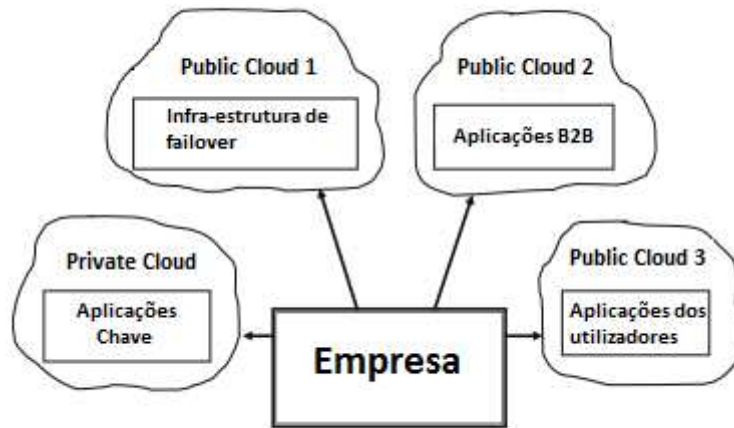


Figura 12 Arquitectura computacional híbrida de uma empresa (adaptado de [12]).



### 3. AVALIAÇÃO DO RETORNO DO INVESTIMENTO EM *CLOUD COMPUTING*: ESTADO DA ARTE

À medida que as instituições avaliam o valor de negócio dos serviços *Cloud Computing* surge a necessidade em avaliar o retorno do investimento esperado decorrente da introdução deste paradigma. O período de retorno, ou seja o tempo que leva uma organização a recuperar o investimento feito, é uma medida de avaliação comum quando se comparam alternativas para aumentar a produtividade e reduzir custos, nomeadamente no âmbito da manutenção e operação das tecnologias TIC. Neste contexto, o Capítulo 3 apresenta o estado da arte no domínio do retorno do investimento esperado decorrente da introdução do paradigma *Cloud Computing*.

Hoje em dia, organizações de todas as dimensões estão a avaliar os benefícios que o paradigma *Cloud Computing* pode trazer. Apesar das inúmeras reivindicações de melhorias, em termos de redução de custos e de aumento de produtividade, é reduzido o número de

trabalhos científicos dedicados a este tópico e daí não haver uma resposta coerente quanto à avaliação do retorno de investimento esperado pela introdução deste paradigma.

### **3.1. RETORNO DO INVESTIMENTO**

Segundo [19] o ROI (*Return on Investment*) é uma medida financeira utilizada para avaliar a eficiência de um investimento ou para comparar a eficiência de um conjunto de diferentes investimentos. Para o cálculo do ROI, o ganho (retorno) de um investimento é dividido pelo custo desse mesmo investimento; o resultado é, normalmente, expresso como uma percentagem ou uma taxa.

Uma formulação aceite para o cálculo do ROI é a seguinte [40].

$$ROI(\%) = \frac{(\text{Ganho do Investimento} - \text{Custo do Investimento})}{\text{Custo do Investimento}} \times 100\% \quad (1)$$

Em (1) a parcela “Ganho do Investimento” refere-se aos lucros obtidos enquanto a parcela “Custo do Investimento” ao montante investido. O ROI é uma métrica bastante popular devido à sua versatilidade e simplicidade de utilização. Se o ROI de um dado investimento não for positivo ou se existirem outras oportunidades de se obter um ROI superior então o investimento não deve ser realizado.

### **3.2. TRABALHOS RELACIONADOS**

Nesta secção apresentam-se alguns trabalhos relacionados com o cálculo do ROI aplicado ao paradigma *Cloud Computing*. A Tabela 8 resume os indicadores de ganhos e de custos apresentados pelos autores dos trabalhos estudados.

**Tabela 8 Quadro resumo dos trabalhos estudados.**

Identificação do autor e designação do trabalho	Indicadores de Ganhos	Indicadores de Custos
<p>The Open Group – <i>Building Return on Investment From Cloud Computing</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de custos em aquisição de infra-estrutura</li> <li>• Redução de custos na manutenção da infra-estrutura</li> <li>• Redução de custos em infra-estrutura adicional para testes</li> <li>• Escalonamento de recursos</li> <li>• Optimização do uso dos recursos já adquiridos</li> <li>• Redução do tempo de aprovisionamento</li> <li>• Permite a expansão do negócio</li> <li>• Redução das emissões de carbono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos de mudança de fornecedor</li> <li>• Custos de perda da informação</li> </ul>
<p>Microsoft – <i>ROI of the Cloud, Part 1: PaaS &amp; Part 2: IaaS</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de custos em aquisição de <i>hardware</i> e <i>software</i></li> <li>• Redução de custos em infra-estrutura extra para testes</li> <li>• Redução do tempo de aprovisionamento</li> <li>• Escalonamento automático de recursos</li> <li>• Redução de custos em recursos humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos de manutenção de infra-estrutura local</li> <li>• Custos de treino e migração</li> <li>• Custos de migração entre fornecedores</li> <li>• Custos de largura de banda</li> <li>• Custos conforme melhoria do SLA</li> <li>• Custos de segurança</li> <li>• Custos de recursos humanos (<i>private cloud</i>)</li> <li>• Custos de perda da informação</li> </ul>

**Tabela 8 Quadro resumo dos trabalhos estudados (cont.).**

<p><b>IBM – Cloud Computing Payback</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do número de servidores</li> <li>• Redução de custos em energia</li> <li>• Redução de custos em instalações (<i>data center</i>)</li> <li>• Redução do número de licenças de Sistemas Operativos</li> <li>• Redução do tempo de provisionamento</li> <li>• Aumento da produtividade</li> <li>• Administração de sistemas mais eficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos de <i>software</i> de virtualização</li> <li>• Custos de <i>software</i> de gestão do ambiente computacional</li> <li>• Custos de treino, implementação, administração e manutenção do <i>software</i> de automatização</li> </ul>
<p><b>Diversity Analysis – CLOUDONOMICS: The Economics of Cloud Computing</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de custos na aquisição de <i>hardware</i> e <i>software</i></li> <li>• Redução de custos na manutenção e gestão da infra-estrutura computacional</li> <li>• Redução de custos em energia</li> <li>• Redução de custos em instalações</li> <li>• Redução de custos em recursos humanos</li> <li>• Aumento da produtividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos do pagamento de uma fiança pelos recursos devido à flexibilidade do modelo OPEX</li> </ul>

Tabela 8 Quadro resumo dos trabalhos estudados (cont.).

<p><b>Amazon Web Services – The Economics of the AWS Cloud vs. Owned IT Infrastructure</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidação de servidores</li> <li>• Escalonamento dos recursos</li> <li>• Redução de custos em <i>hardware</i></li> <li>• Redução de custos em energia</li> <li>• Redução de custos em equipamento de refrigeração</li> <li>• Redução de custos em infra-estrutura de <i>backup</i></li> <li>• Redução de custos em equipamento e <i>software</i> de segurança</li> <li>• Redução do tempo de aprovisionamento</li> <li>• Redução de custos em recursos humanos</li> <li>• Aumento da produtividade</li> </ul>	
--	---	--

### 3.2.1. THE OPEN GROUP – BUILDING RETURN ON INVESTMENT FROM CLOUD COMPUTING

O trabalho realizado pelo “The Open Group”, disponível em [47], baseia-se no gráfico (Figura 13) relativo ao serviço AWS (*Amazon Web Services*). Este ilustra a capacidade *versus* a utilização de recursos computacionais.



Figura 13 Curva da capacidade *versus* utilização (adaptado de [47]).

O gráfico da Figura 13 reflecte o problema que as empresas enfrentam quando planeiam a sua infra-estrutura com base em previsões dos pedidos dos seus utilizadores. Em muitos dos casos estudados, o “The Open Group” refere que a capacidade computacional das empresas ao longo do tempo não corresponde às suas necessidades reais. Desta forma, os problemas de sobre-aprovisionamento ou de sub-aprovisionamento são relevantes e devem ser avaliados. O gráfico também revela implicitamente os benefícios que decorrem da utilização de serviços *Cloud Computing*, que sendo aprovisionados dinamicamente, vão no sentido de minimizar o impacto destes problemas.

Contudo, também defende que níveis de capacidade e de utilização elevados não implicam, necessariamente, benefícios de negócio para as empresas. Estes são apenas dois indicadores de desempenho, ou KPIs (*Key Performance Indicators*), que não permitem por si só quantificar os benefícios que este modelo pode gerar. Assim, foram estabelecidas seis métricas (Figura 14), do ponto de vista dos utilizadores, que se descrevem sumariamente.

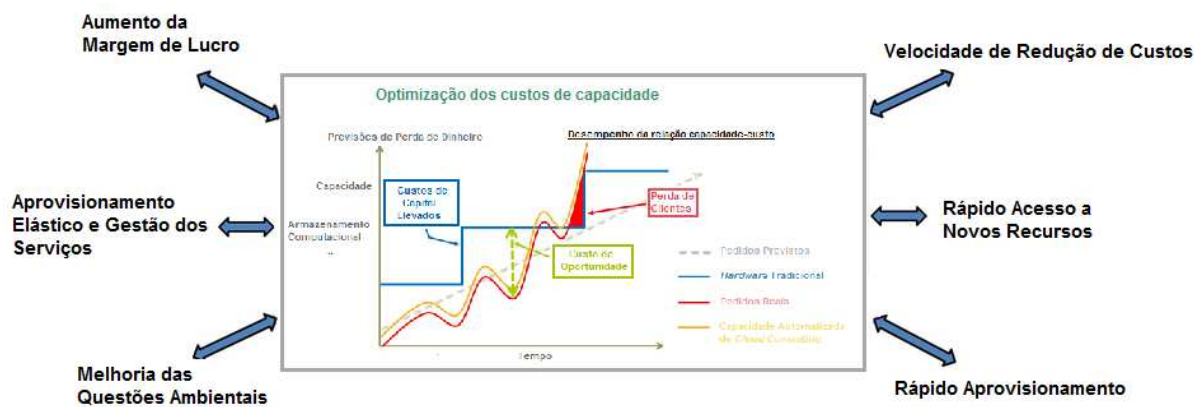


Figura 14 Métricas de ganho estabelecidas (adaptado de [47]).

### Velocidade de Redução de Custos

O “The Open Group” refere que a velocidade de redução de custos pode ser muito mais rápida usando *Cloud Computing* do que modelos tradicionais. Promove-se a mudança de um modelo CAPEX para OPEX através da compra de serviços ao invés de se possuir e gerir os seus activos. Estes passam a ser da responsabilidade do fornecedor de serviços. Para o utilizador tal mudança significa a passagem para o modelo “*pay-as-you-go*”: o cliente pode adquirir novos recursos e libertá-los conforme as suas necessidades; pode ainda decidir-se pela utilização de novos serviços ou pela mudança de fornecedor. No entanto, devido à falta de interoperabilidade entre fornecedores de serviços, a migração entre diferentes plataformas apresenta-se como um grande desafio.

Existe assim um *trade-off* entre os benefícios da rapidez de aprovisionamento e libertação de recursos, de redução de custos e de garantias de QoS por parte de um certo fornecedor de serviços e do seu ecossistema *versus* a flexibilidade de escolha de serviços e soluções *Cloud Computing* alternativas.

### **Rápido acesso a novos recursos**

Com soluções *Cloud Computing* as empresas passam a ter a capacidade de escolher o *hardware*, o *software* e os serviços que melhor satisfazem as suas necessidades de uma forma mais rápida e flexível, otimizando o desempenho do seu negócio. As correcções e actualizações ou a introdução de novas tecnologias são, em teoria, transparentes para o utilizador, uma vez que estão incluídas na gestão dos activos por parte do fornecedor de serviços.

O *Cloud Computing* pode ajudar as empresas a conseguirem atingir o objectivo de obterem um ciclo de vida mais eficiente dos seus activos.

### **Rápido aprovisionamento**

A redução do tempo de aprovisionamento de semanas para horas não se trata apenas de uma poupança significativa de tempo mas também da definição de novos modelos de negócio.

As empresas podem desenvolver planos de negócio e implementar infra-estruturas e respectivos serviços de uma forma mais rápida e proactiva.

### **Aumento da Margem de Lucro**

Um dos preceitos do *Cloud Computing* é o de evitar o aprovisionamento por excesso e por defeito de recursos. O que torna o *Cloud Computing* atraente, nesta perspectiva, é que o potencial para o negócio não se limita às mudanças incrementais em termos de melhoramentos, mas o efeito transformador que pode ter na criação de novos modelos de negócio. O *Cloud Computing* permite às empresas perseguirem novos mercados, expandindo o seu negócio, através de infra-estruturas e serviços escalonáveis, possibilitando-lhes aumentar a sua margem de lucro.

A necessidade de aquisição de infra-estruturas adicionais para testes é removida e a entrada no mercado por parte de PME's é mais facilitada.

O impacto do *Cloud Computing* no aumento da margem de lucro é visível através da redução de custos e das economias de escala que permitem uma utilização mais eficiente desses mesmos recursos. Ou seja, uma empresa pode fazer mais dinheiro ou melhor uso dos investimentos já efectuados migrando para soluções *Cloud Computing*.

### **Aprovisionamento Elástico e Gestão de Serviços**

O “The Open Group” afirma que o *Cloud Computing* é mais do que a reestruturação de *hardware* e *software* e do suporte de licenças numa espécie de período de arrendamento. Tem como alvo o tipo de uso final dos serviços conforme as necessidades reais do negócio em termos do seu número de utilizadores.

Graças ao *Cloud Computing*, novos e inovadores modelos de consumo são possíveis. Com este paradigma, o uso de tecnologias TIC torna-se mais ágil e flexível para as empresas.

O *Cloud Computing* pode mudar a responsabilidade de aquisição e manutenção dos recursos do utilizador para o fornecedor de serviços no sentido em que as tecnologias TIC se tornam numa compra de serviços.

### **Melhoria das Questões Ambientais**

As questões ambientais são relevantes no contexto deste paradigma. Argumenta-se que migrar o paradigma actual para *Cloud Computing* irá promover a redução das emissões de carbono. Contudo, talvez se esteja apenas perante uma mudança de responsabilidades: à medida que os fornecedores de serviços aumentam a sua oferta, maiores serão as emissões de carbono por parte dos seus centros de dados. Espera-se, que à medida que a tecnologia avance, que sejam encontradas soluções que minimizem este cenário.

#### **3.2.2. MICROSOFT – ROI OF THE CLOUD, PART I: PaaS**

A Microsoft realizou um estudo sobre ROI em *Cloud Computing* dividido em duas partes. Na primeira parte são apresentadas as métricas de cálculo de ROI sob o ponto de vista da camada PaaS. Enquanto na segunda parte o estudo recai sobre a camada IaaS. Os respectivos relatórios são do domínio público e encontram-se em [25] e [26] respectivamente. Na primeira fase do estudo David Linthicum refere que são três as fases a considerar no que concerne à camada PaaS: o desenvolvimento, o teste e a disponibilização e gestão de aplicações.

## **Desenvolvimento de Aplicações**

Os custos associados à fase de desenvolvimento de aplicações, na sua maioria na aquisição de *software* e *hardware*, são significativos. No entanto, enquanto o potencial para a redução de custos leva os programadores a apostarem nos serviços da camada PaaS é necessário, em primeiro lugar, determinar se o fornecedor de serviços disponibiliza uma plataforma de desenvolvimento igual ou equivalente àquela que é pretendida. Na maioria dos casos esta situação não se verifica. Outros pontos a ter em conta são o tempo gasto na migração da plataforma actual para o fornecedor de serviços PaaS e o facto de que será necessário suportar essa plataforma tradicional local enquanto a plataforma *Cloud Computing* não se encontra totalmente operacional.

O ROI é assim, nesta fase, segundo Linthicum, calculado com base no custo contínuo necessário ao suporte da plataforma de desenvolvimento tradicional e nas potenciais reduções de custos do uso de serviços da camada PaaS. Linthicum refere ainda um tempo médio de cinco anos para se obter o retorno esperado e indica que os utilizadores devem também incluir os custos de treino e migração, que podem ser consideráveis se existirem diferenças significativas no suporte de linguagens de programação e de subsistemas como o processamento de base de dados, face à plataforma tradicional.

Linthicum expressa que da sua experiência a maioria dos ganhos, nesta fase, encontram-se entre os 30 e 40%.

## **Teste de Aplicações**

A fase de teste de aplicações é de onde provém a maior parcela do ROI, segundo Linthicum. Existem grandes custos associados à posse de uma plataforma dedicada para a realização de testes. A capacidade de arrendar plataformas de *Cloud Computing* significa que os custos podem ser reduzidos de forma significativa. Deve-se novamente considerar um prazo de cinco anos e os ganhos podem encontrar-se entre os 70 a 90%.

## **Disponibilização e Gestão de Aplicações**

Por fim, a fase de disponibilização e gestão das aplicações através da plataforma PaaS traz benefícios ao nível do aprovisionamento e do escalonamento automático dos recursos. Isto significa que o fornecedor de serviços irá automaticamente adicionar instâncias de servidor,

processamento de base de dados e armazenamento conforme as necessidades das aplicações. O retorno do investimento encontra-se entre os 50 a 60%.

Contudo, é necessário considerar também os custos de migração entre fornecedores de serviços no caso de falência ou aumento dos preços dos seus serviços.

### **3.2.3. MICROSOFT – ROI OF THE CLOUD, PART 2: IAAS**

#### **Custos de computação e armazenamento.**

Os custos de manutenção de uma infra-estrutura de serviços locais *versus* o custo de adopção de uma infra-estrutura de um fornecedor de serviços IaaS devem fazer parte da primeira análise efectuada.

Linthicum refere que a comparação entre os custos computacionais e de armazenamento de uma plataforma *Cloud Computing*, face à aquisição e manutenção de *hardware* e *software* da forma tradicional, revela que estes não são muito distintos. A diferença encontra-se entre os 15 e 20% (numa comparação de capacidade de armazenamento e ciclos de CPU entre os dois modelos para um período de cinco anos). Linthicum menciona que os preços dos fornecedores de serviços IaaS estão a diminuir e que é esperado que estes continuem a diminuir nos próximos anos. No entanto, também contrapõe que os custos de *hardware* e *software* seguem a mesma tendência.

#### **Requisitos de largura de banda**

Numa plataforma *Cloud Computing* existe a necessidade constante de troca de dados entre o utilizador e o fornecedor de serviços o que influencia quer o custo de largura de banda, quer o desempenho do serviço.

#### **SLA**

Os SLAs variam consoante o fornecedor. Quanto maior for a promessa de melhor serviço maiores serão os custos. Um fornecedor que prometa um serviço com 99,99% de fiabilidade irá cobrar muito mais do que um serviço com apenas 99,9%.

## **Benefícios da nuvem**

David Linthicum refere que se deve ter em atenção a expansibilidade, o escalonamento e a agilidade que os fornecedores de serviços *Cloud Computing* oferecem. Todos os fornecedores de serviços consultados garantem tal possibilidade, mas Linthicum refere que é necessário testar essas características antes de se assumir que o valor está lá, assumindo que a estimação do ROI associado a estes benefícios é de cálculo difícil.

## **Segurança e administração**

No que concerne à segurança e administração, Linthicum refere que tecnologias de segurança para sistemas IaaS são mais dispendiosas e complexas face a sistemas tradicionais, não dando, no entanto, qualquer justificação para tal. Uma das vantagens de usar serviços *Cloud Computing* da camada IaaS é que a escalabilidade destes supera os serviços que fazem uso de tecnologias de distribuição tradicionais. No entanto, isto significa uma mudança para modelos de segurança mais sofisticados.

## **Recursos humanos**

A manutenção de uma infra-estrutura local, quer seja tradicional e utilize tecnologias de virtualização ou quer seja do tipo *private cloud*, implica a contratação de recursos humanos para a manutenção e administração dos recursos existentes, o que acarreta custos significativos.

Segundo Linthicum, para o cálculo do ROI nesta área devem-se considerar duas aproximações (tradicional e *Cloud Computing*) e verificar quais são os custos associados, incluindo o capital que já foi investido e que é irrecuperável. Por fim, Linthicum conclui que o paradigma *Cloud Computing* é a melhor solução para aqueles que têm uma pequena, ou até nenhuma infra-estrutura instalada, e necessitam de expandir rapidamente o seu negócio. As PME's incluem-se nesta categoria. Enquanto para as grandes empresas, que já têm as suas infra-estruturas desenvolvidas, migrar os seus centros de dados para plataformas *Cloud Computing* pode tornar-se um processo complexo e cujo retorno (financeiro e não financeiro) seja questionável.

### 3.2.4. IBM – CLOUD COMPUTING PAYBACK

A IBM publicou um documento, disponível em [21], que tem como propósito informar sobre as cinco áreas de redução de custos associadas a qualquer implementação de uma infra-estrutura *Cloud Computing*. As reduções de custos descritas nesse documento são baseadas na implementação de um ambiente computacional *Cloud Computing versus* a implementação de uma infra-estrutura tradicional, onde, geralmente, existe apenas uma aplicação por servidor e o aprovisionamento de recursos é feito de forma manual, resultando assim em custos elevados e numa baixa produtividade.

As cinco áreas chaves descritas pelo documento são:

- *Hardware*
- *Software*
- Aprovisionamento automático
- Produtividade
- Administração de sistemas

#### *Hardware*

No que respeita ao *hardware* existem duas áreas principais de retorno do investimento. A primeira consiste na consolidação de servidores, através da redução do número de máquinas existentes no *data center* e pelo conseqüente aumento da sua utilização. Isto é conseguido através da implementação de ambientes virtualizados. A segunda área de redução de custos compreende os gastos em energia eléctrica e de instalações físicas. Ao reduzir o número de servidores, existe a expectativa que os custos de energia eléctrica e de espaço físico para instalação do *data center* vão também diminuir. Estima-se que os ganhos, para o utilizador, em *hardware*, electricidade e instalações variem entre os 30 e os 70%.

#### *Software*

Esta área é considerada pela IBM como sendo a área chave para se obterem as reduções de custos pretendidas. Os dois tipos de *software* essenciais numa infra-estrutura *Cloud Computing* são: de virtualização, que permite a consolidação de servidores, e de gestão, que

permite o controlo e a automação do ambiente computacional virtualizado no sentido de se garantir a maior eficiência possível na entrega do serviço. Para tal, a IBM refere que é necessário realizar um investimento modesto (nestes dois tipos de *software*), apesar de não o quantificarem. Cada máquina consolidada irá necessitar de uma licença de *software* de virtualização e de gestão do ambiente virtualizado. Contudo, devido à redução do número de servidores, o número de licenças de *software* necessárias é menor, apesar do que o seu custo poderá ser maior.

### **Aprovisionamento automático**

A maior redução de custos decorre do impacto do investimento na área de aprovisionamento. O elevado grau de automatização traduz-se no aumento da eficiência em disponibilizar novos sistemas computacionais pedidos pelos utilizadores. No entanto, é necessário ter em conta os custos associados ao treino de recursos humanos, de implementação dos novos serviços, como também da administração e manutenção do *software* de automatização.

### **Produtividade**

A produtividade está intimamente ligada com a área de aprovisionamento. A métrica de redução de custos para o ROI em termos de produtividade assenta no tempo que um utilizador necessita de esperar para receber os recursos de que precisa. Em plataformas *Cloud Computing*, através de um portal do tipo *self-service* do fornecedor de serviços, o utilizador consulta um catálogo de recursos disponíveis, especificando a data de entrega, o tipo de ambiente e o *software* necessário, o que permite que os recursos sejam entregues de uma forma mais célere.

### **Administração de sistemas**

A área de administração de sistemas é também considerada fundamental e exige especial atenção para que se impeça o aumento dos custos. Apesar de num ambiente *Cloud Computing* o número de servidores físicos a manter é menor, o número de servidores virtuais é maior. A IBM refere que estes últimos são mais complexos de administrar podendo levar a custos de administração superiores. Menciona também que a métrica chave para o sucesso nesta área assenta nas eficiências passivas de serem obtidas através de uma gestão eficaz dos aspectos virtualizados do ambiente *Cloud Computing*.

### 3.2.5. DIVERSITY ANALYSIS – *CLOUDONOMICS: THE ECONOMICS OF CLOUD COMPUTING*

Este estudo [16] patrocinado pela Rackspace, sugere que se deve dar particular atenção a quatro metodologias de redução de custos:

- Através da redução de custos de oportunidade<sup>13</sup>.
- Mudança do modelo CAPEX para o modelo OPEX.
- Reduzindo os custos totais de propriedade (TCO – *Total Cost of Ownership*)<sup>14</sup>.
- Dando às organizações a capacidade de adicionar valor ao negócio deslocando as suas atenções para as suas actividades principais.

#### **Custo de oportunidade**

Custo de oportunidade é um conceito importante quando se discutem as economias de *Cloud Computing* porque permite avaliar os verdadeiros custos de qualquer acção. Ben Kepes refere que 80% do tempo e das despesas em tecnologias TIC são desperdiçadas em processos que não criam qualquer valor para o negócio das empresas. Desta forma, uma mudança para *Cloud Computing* pode mudar este cenário, permitindo que as empresas dediquem esse tempo às decisões críticas do seu negócio.

#### **CAPEX para OPEX**

O modelo OPEX é benéfico para as empresas uma vez que lhes dá a flexibilidade de eliminar custos em qualquer altura. Neste cenário a responsabilidade pela aquisição de recursos é do fornecedor de serviços contratado, beneficiando o cliente de uma gestão dinâmica dos recursos provisionados (em função das suas necessidades) sem que tal implique qualquer investimento na aquisição dos mesmos. Isto apesar de as empresas pagarem uma fiança por recurso decorrente da possibilidade de no futuro suspenderem o serviço, contudo, o TCO de possuir tais recursos é muito maior.

---

<sup>13</sup> Potenciais custos obtidos numa acção que foi rejeitada em detrimento de uma outra [39][39].

<sup>14</sup> Custo de aquisição de um activo mais os custos adicionais necessários à sua manutenção e gestão [41].

Conseguir o orçamento necessário para a aquisição de recursos é difícil para qualquer empresa, mas principalmente para as PME's, cujo financiamento se encontra estrangulado. A passagem para o modelo OPEX contorna esta limitação e permite que projectos de pequena escala avancem sem quaisquer restrições de capital.

Esta mudança é bastante atractiva para as empresas mas é através do TCO que os benefícios económicos de *Cloud Computing* tornam-se mais claros.

## TCO

Com o paradigma *Cloud Computing* a maioria dos custos são iniciais e a sua contabilização é simples: os fornecedores de serviços oferecem preços baseados em diferentes métricas de uso – RAM, armazenamento, largura de banda, entre outros; sendo o preço normalmente fixado por unidade de tempo. Os utilizadores conhecem os preços e são depois capazes de facilmente calcular custos com base em várias estimações de uso diferentes.

Kepes refere um artigo publicado em [36], no qual Bernard Golden avalia e compara os custos de uma infra-estrutura *Cloud Computing* com uma infra-estrutura tradicional. Tal comparação é complexa e difícil de ser realizada: é argumentado que os cálculos de um modelo tradicional não têm em conta os custos directos que acompanham o funcionamento de um servidor, tais como, energia, espaço físico, armazenamento e manutenção (que engloba recursos humanos), e os custos indirectos, tais como, infra-estrutura de rede e de armazenamento e operações de gestão da infra-estrutura em geral.

### Atenções “viradas” para o que realmente interessa

Kepes acredita que o *Cloud Computing* oferece valor extra às organizações pelo facto de lhes permitir concentrar nos seus negócios. Afirma que este lado da equação é ainda mais convincente do que qualquer redução de custos possível.

Apesar de ser difícil atribuir um benefício económico directo à capacidade de se focar mais nos processos chave do negócio e passar a responsabilidade das actividades menos importantes para um fornecedor externo, Kepes compara os ganhos deste cenário com os obtidos decorrentes do aumento da eficiência numa linha de montagem (especialização do trabalho). Assim, Kepes acredita que existem benefícios económicos consideráveis na mudança para *Cloud Computing*, que revertem para o negócio de duas formas distintas:

directamente através da redução de custos e indirectamente permitindo aumentar o enfoque nas funções chave do negócio.

### **3.2.6. AMAZON WEB SERVICES – *THE ECONOMICS OF THE AWS CLOUD VS. OWNED IT INFRASTRUCTURE***

A Amazon publicou recentemente um estudo sobre os custos de uma plataforma *Cloud Computing* AWS versus os custos de uma infra-estrutura computacional tradicional [2]. Este estudo baseia-se na identificação de um conjunto de custos classificados em dois tipos: directos e indirectos.

#### **Custos Directos**

Uma das áreas onde as empresas podem beneficiar da migração de um modelo tradicional para um modelo *Cloud Computing* é na utilização mais eficiente dos servidores físicos. Nos *data centers* tradicionais a média anual de utilização de cada máquina ronda os 5 a 20%. Apesar do uso de tecnologias de virtualização, tal cenário consegue ser melhorado. Os CIOs (*Chief Information Officers*) com que a Amazon contacta regularmente acreditam, que após a virtualização da infra-estrutura tradicional, o máximo de utilização que se consegue obter é de apenas 20 a 25%. A Amazon refere que com o seu modelo “*pay-for-use*” os utilizadores apenas pagam pelos recursos consumidos permitindo-lhes, desta forma, uma utilização dos equipamentos próxima dos 100%. Por outro lado, a Amazon afirma que consegue obter uma utilização muito maior dos seus servidores devido à sua larga e heterogénea população de clientes.

Um ponto crítico do negócio de cada empresa assenta no planeamento a longo prazo dos valores dos recursos adquiridos. A aquisição e manutenção da infra-estrutura requerem o investimento de grandes quantias de capital. Através das economias de escala favorecidas com o *Cloud Computing*, a Amazon afirma que consegue adquirir grandes volumes de *hardware* a preços baixos. Por conseguinte, os seus utilizadores podem colher os benefícios de redução de custos, de aumento de desempenho e melhorias de funcionamento ao longo do tempo. Desta forma, os utilizadores podem reservar instâncias de servidor e libertá-las quando mais não forem necessárias cessando os custos associados ao consumo de energia e de refrigeração, que de outra forma não poderiam evitar caso gerissem o seu próprio *data center*.

Uma infra-estrutura de dados confiável requer que as empresas possuam infra-estruturas de *backup*, resultando na necessidade de possuir mais do que um *data center*. Uma verdadeira

recuperação de desastres só é conseguida se todas as máquinas que compõem os *data centers* estiverem a ser efectivamente utilizadas. Se permanecerem num estado *idle* é certo que não irão responder da maneira desejada após um *cold start*. Desta forma, uma empresa tem de suportar os custos de possuir mais do que uma infra-estrutura e a complexidade associada à necessidade de existir redundância da informação. O serviço AWS, por sua vez, inclui tudo isto nos seus custos e permite que os utilizadores escolham servidores de entre as zonas de disponibilidade onde estão inseridos os *data centers* da Amazon, que garante que estes não falharão devido a causas físicas (e.g. falhas de energia, falhas no equipamento de refrigeração, etc.).

Outros custos directos, quando as empresas são proprietárias da sua infra-estrutura, decorrem da necessidade em assegurar a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados. Alguns destes custos incluem despesas em *firewalls*, anti-vírus, contratação de pessoal especializado em segurança, etc. A Amazon garante que o AWS constrói os seus serviços de acordo com as melhores práticas de segurança existentes.

Muitas empresas experienciam longas esperas pelos recursos necessários. O receio que tal possa a vir a ocorrer numa altura crítica leva ao aprovisionamento excessivo resultando num aumento considerável dos custos. A Amazon indica que consegue minimizar este problema através de uma gestão eficaz dos seus recursos e amortizando estes investimentos numa larga base de utilizadores e de *hardware*.

Por fim, a última área referente aos custos directos são os recursos humanos. É bastante dispendioso para as empresas a contratação de pessoal que realize a manutenção e a gestão do *data center*. Com a AWS estas responsabilidades passam a ser dos recursos humanos da Amazon.

### **Custos Indirectos**

Tão importantes quanto os custos directos, são os custos indirectos. Estes reflectem-se na necessidade que as empresas têm de gerir a sua infra-estrutura, perdendo a oportunidade de dedicarem mais tempo às suas estratégias de negócio.

Muitas empresas não têm o capital necessário para a construção de infra-estruturas que lhes permitam oferecer os seus serviços. Como resultado, estão a desperdiçar a oportunidade de criação de projectos importantes. A flexibilidade oferecida pela AWS aumenta a agilidade dos

seus negócios, melhorando a sua capacidade de requisitar recursos computacionais, realizarem experiências ou gerirem picos de utilização. O *Cloud Computing* não é apenas uma forma de poupança de dinheiro mas também uma forma de tornar as empresas mais produtivas, mais ágeis e mais proactivas.

### **3.3. ANÁLISE CRÍTICA**

A análise da Tabela 8 revela que existe um consenso entre todos os trabalhos no que diz respeito ao (grande) número de indicadores de ganho. De notar que em nenhum dos trabalhos são apresentados métodos e fórmulas para aferir o ROI. Apenas se mencionam ganhos percentuais em algumas áreas, mas nunca demonstrando de onde esses valores provêm. Tal decorre de não ser consensual a forma como os indicadores estudados vão ter impacto nos ganhos e custos e por isso não é simples de formalizar o cálculo de ROI para investimentos em *Cloud Computing*. De certa forma, pode-se afirmar que cada empresa é um caso particular e nem todos os indicadores de ganho podem realmente significar o mesmo para um conjunto alargado de empresas. Possivelmente é por esta razão que os analistas evitam apresentar esses cálculos, limitando-se apenas a referir um conjunto de princípios gerais através dos quais as empresas podem realizar a sua própria análise do ROI em *Cloud Computing*.

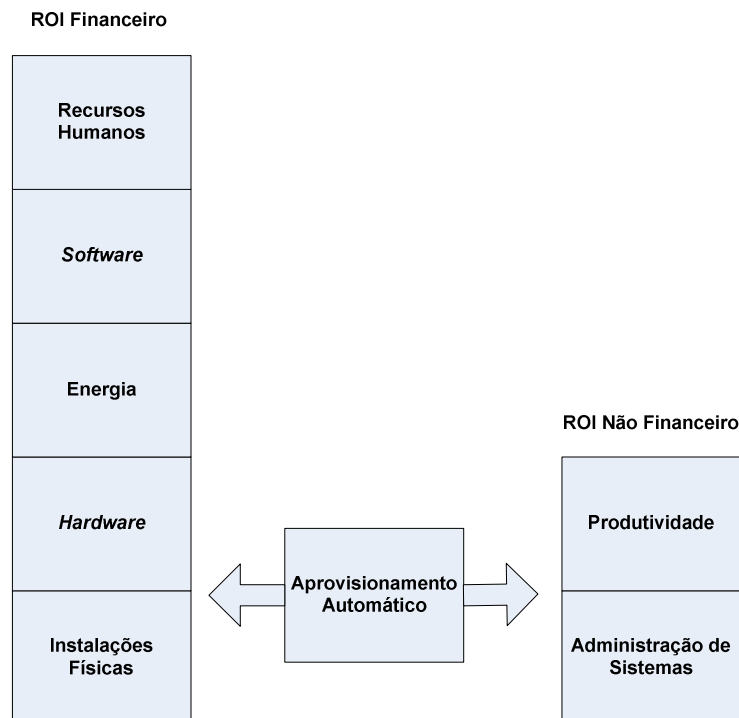
Muitos dos trabalhos publicados apresentam poucos ou até nenhuns indicadores de custo. Pode-se ponderar se tudo isto não passará um pouco de marketing, uma vez que empresas como a Amazon ou a Rackspace são fornecedoras de serviços *Cloud Computing*. No entanto, o trabalho da IBM refere custos que são necessários ter em conta quando se pondera as vantagens e desvantagens do uso do paradigma *Cloud Computing*. O trabalho que se considera mais imparcial é o da Microsoft que refere um conjunto de benefícios, que realmente se podem colher do uso deste novo paradigma, mas também menciona um conjunto de custos significativos e que exigem a análise cuidada por parte das empresas aquando da decisão de uma possível adopção deste paradigma.

É importante referir também que a passagem para uma plataforma *Cloud Computing* pode eliminar a necessidade de aquisição de uma infra-estrutura computacional. No entanto, existirá sempre a necessidade das empresas em manterem uma infra-estrutura local mínima, ou seja, uma ligação à Internet e os computadores pessoais de cada funcionário.

Outra análise que deve ser efectuada relaciona-se com os indicadores de ganho apresentados. Estes nem sempre se referem a benefícios financeiros, incluindo aspectos que dificilmente são

quantificáveis, tais como: o aumento da produtividade, a gestão eficaz dos recursos, o enfoque nas decisões (críticas) do negócio, são exemplos de áreas que não se traduzem, de forma imediata, em lucros monetários, mas ajudam a criar valor noutras áreas. Pode-se afirmar que o ROI de *Cloud Computing* se divide em benefícios tangíveis (ROI financeiro) e benefícios não tangíveis (ROI não financeiro). Ambos são considerados faces da mesma moeda e focando as atenções apenas numa das faces está-se a ignorar o verdadeiro potencial deste paradigma.

Tomando por base o trabalho da IBM, no qual a análise do ROI é dividida por cinco áreas distintas, que abrangem todos os benefícios oferecidos pelo *Cloud Computing*, elaborou-se o diagrama da Figura 15, no qual se representam as áreas onde é possível obter o ROI financeiro e as áreas de onde provém o ROI não financeiro.



**Figura 15 ROI financeiro versus ROI não financeiro.**

A Figura 15 apresenta uma estrutura hierárquica em camadas de ambos os tipos de ROI. Do lado do ROI financeiro as reduções de custos são conseguidas através da diminuição do espaço necessário para instalação do *data center*; da consolidação de servidores (*hardware*), utilizando técnicas de virtualização, que conduz à diminuição nos custos de energia e de aquisição de equipamento de refrigeração, permitindo à empresa atenuar a sua emissão de carbono, e menor número de licenças de *software* necessárias (apesar de serem menos, podem ser mais dispendiosas); redução da dimensão do parque informático, permitindo uma diminuição de custos com recursos humanos necessários para a gestão da infra-estrutura.

Do lado do ROI não financeiro a eficiente administração dos sistemas é essencial, pois permite que as empresas respondam de forma mais rápida aos obstáculos que se apresentem, permitindo-lhes ser mais proactivas, reflectindo-se num aumento de produtividade.

A camada de aprovisionamento automático não se inclui em nenhum dos dois tipos de ROI. Serve como elo de ligação entre os dois. Um rápido aprovisionamento significa uma diminuição de custos e de tempo de espera pelos recursos necessários. A responsabilidade passa a ser do fornecedor de serviços, libertando a empresa para se dedicar mais às questões fulcrais do seu negócio, aumentando desta forma a sua produtividade.

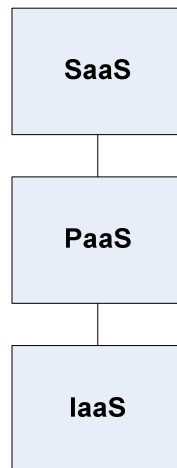
# 4. METODOLOGIA, QUESTIONÁRIO, POPULAÇÃO E AMOSTRA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do instrumento de medição do ROI de *Cloud Computing* (questionário), a população alvo (ensino superior português) e o processo de determinação da amostra. O questionário foi desenvolvido utilizando o pacote de aplicativos Google™ Docs, nomeadamente a aplicação de criação de formulários, sendo desta forma um questionário respondido *online*. Nos anexos A, B e C podem ser consultados respectivamente o questionário (na íntegra), o pedido de participação e os resultados obtidos.

Começa-se este capítulo com a descrição da metodologia adoptada para aferir o retorno do investimento (ROI) em *Cloud Computing*. Posteriormente são abordados os conceitos gerais de estatística, como por exemplo população e amostra, assim como a sua aplicação ao caso de estudo: avaliação do retorno de investimento em *Cloud Computing* no âmbito do ensino superior português.

## 4.1. METODOLOGIA

Independentemente da forma como se determina o ROI é necessário elencar e quantificar custos e ganhos associados, neste caso, ao uso do paradigma *Cloud Computing* no âmbito das tecnologias TIC. Para tal, foi necessário estabelecer uma metodologia, identificar os indicadores e respectivas métricas.



**Figura 16 Modelo em camadas preconizado.**

Utilizou-se como referência o modelo em camadas preconizado pelo NIST [22]. O uso deste modelo (Figura 16) em camadas reflecte o desejo da metodologia a adoptar:

- Explore os princípios da transparência e independência entre camadas;
- Aplique a outros cenários que não sejam apenas baseados em nuvens privadas;
- Reflecta a exploração da economia de escala.

O paradigma *Cloud Computing* não apresenta apenas benefícios monetários, mas também outros tradicionalmente não quantificáveis (e que ajudam a acrescentar valor ao negócio). Desta forma, os benefícios do ROI podem-se dividir em financeiros e não financeiros.

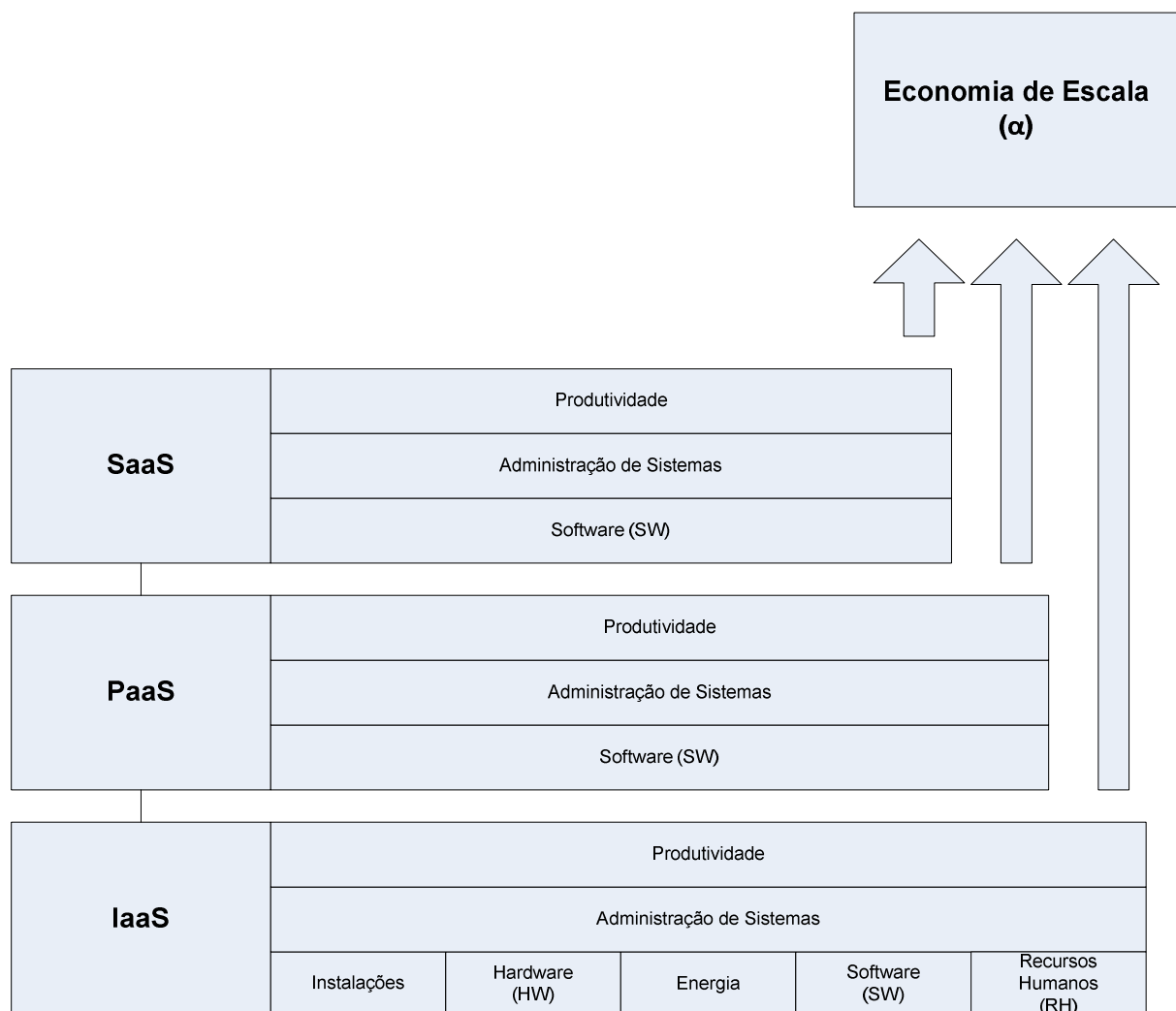
Os benefícios financeiros são aqueles que sejam quantificáveis. Estes foram catalogados em cinco grandes grupos: *Hardware*, *Software*, Recursos Humanos, Consumo de Energia e Instalações (*data center*).

Os benefícios de carácter não financeiro incluem todos os factores que não se enquadram de uma forma imediata numa redução de custos. São um conjunto diversificado e vasto de

aspectos para os quais é difícil estabelecer o princípio “causa-efeito”. São valorizados de forma distinta consoante o agente e, eventualmente, a sua avaliação varia ao longo do tempo. Assim sendo, além da sua utilização nesta análise ser complexa, também não será consensual.

Estes factores são aqui agrupados no âmbito da Produtividade e da Administração de Sistemas.

A Figura 17 ilustra o modelo em camadas preconizado com os respectivos grupos de benefícios associados a cada camada.



**Figura 17 Modelo em camadas preconizado com respectivos grupos de benefícios.**

Usando o modelo apresentado os custos totais atribuídos a cada camada podem ser modelados pelas seguintes equações (em que  $F_a$ ,  $F_b$  e  $F_c$  são as funções objectivo).

Camada IaaS:

$$IaaS_{Custo\ Total} = F_a(\text{Instalações, HW, Energia, SW, RH}) \quad (2)$$

Camada PaaS:

$$PaaS_{Custo\ Total} = PaaS_{Custo\ Serviço} + IaaS_{Custo\ Total} \times \alpha_{IaaS} \quad (3)$$

$$PaaS_{Custo\ Serviço} = F_b(\text{SW}) \quad (4)$$

Camada SaaS:

$$SaaS_{Custo\ Total} = SaaS_{Custo\ Serviço} + PaaS_{Custo\ Total} \times \alpha_{PaaS} \quad (5)$$

$$SaaS_{Custo\ Serviço} = F_c(\text{SW}) \quad (6)$$

## 4.2. QUESTIONÁRIO

O questionário foi desenvolvido com vista à medição de uma variável latente. O termo “variável latente” é utilizado para representar uma variável que não pode ser observada nem medida directamente mas que pode ser definida a partir de um conjunto de outras variáveis (passíveis de serem observadas ou medidas) que medem algo em comum (nomeadamente, a variável latente) [13]. Neste trabalho essa variável é o ROI. Esta não pode ser medida directamente através das respostas obtidas às perguntas do questionário, mas sim aferida através da identificação das questões chave e respectivas métricas.

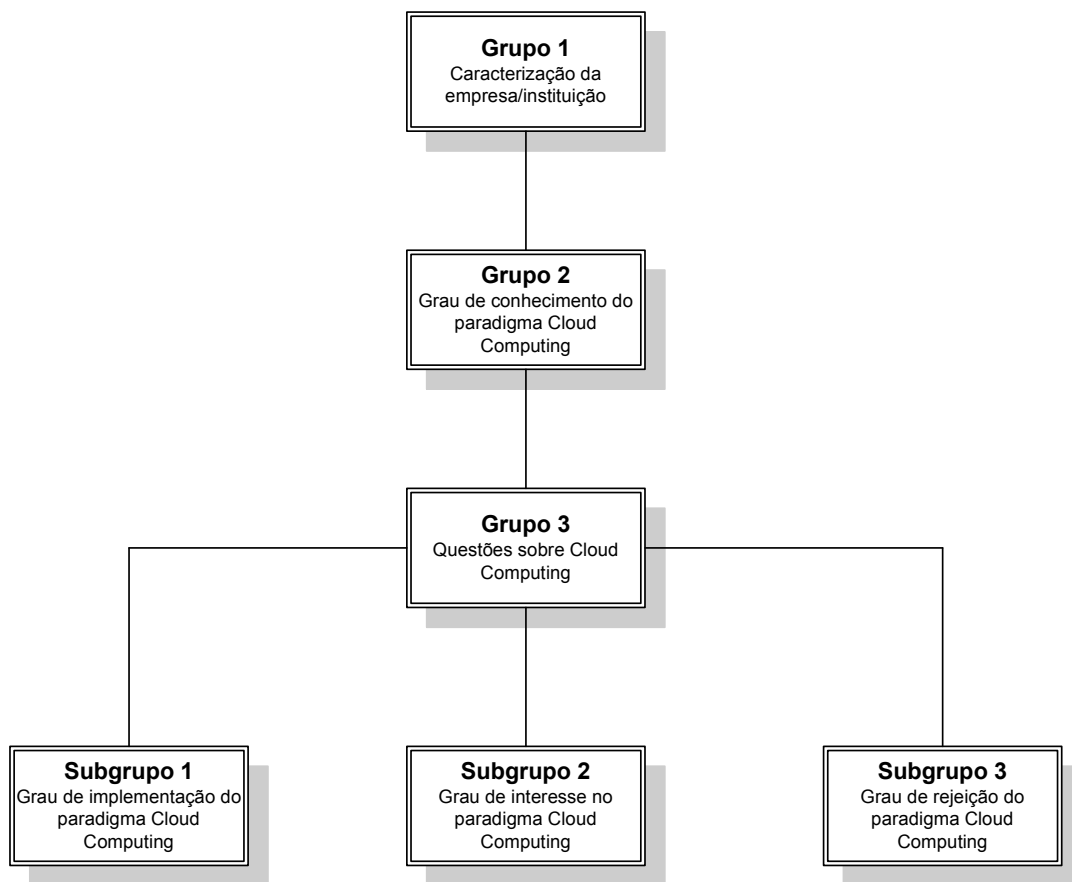
O questionário é composto apenas por questões fechadas. Questões fechadas são aquelas cujo respondente tem de escolher, de entre um conjunto de respostas alternativas fornecidas pelo autor, aquela(s) com a(s) qual(ais) se identifica (que se adequa ao seu caso) [13]. As principais razões para a escolha deste tipo de questões foram:

- A facilidade de aplicação de análises estatísticas na avaliação das respostas;
- O conhecimento sobre a natureza das variáveis mais importantes da investigação em curso e sobre a identificação das respectivas métricas;
- A intenção em desenvolver um conjunto de questões que permitam a criação de uma nova variável (variável latente) – ROI.

O objectivo do questionário desenvolvido é o de avaliar o ROI do paradigma *Cloud Computing* no âmbito das instituições de ensino superior em Portugal. No entanto, pretende-

se que num próximo trabalho este questionário (ou uma versão modificada) seja distribuído pelas empresas ligadas ao mundo das TIC. Por esse motivo, as questões foram desenvolvidas de uma forma generalista, no qual se possam incluir tanto as instituições de ensino como as empresas.

O questionário é composto por um universo de 20 a 26 questões, conforme as respostas dadas pelos respondentes. Este encontra-se dividido em três grandes grupos (como se pode observar pela Figura 18): caracterização da empresa/instituição; graus de conhecimento do paradigma *Cloud Computing*; questões sobre *Cloud Computing*.



**Figura 18 Diagrama representativo dos grupos de questões que compõem o questionário.**

### **Grupo 1**

O Grupo 1 é constituído por doze questões (1 a 12 do Anexo A), todas de escolha múltipla, que permitem caracterizar a empresa/instituição do ponto de vista das TIC.

A primeira questão (Figura 19) pretende averiguar a qual dos sectores das actividades económicas pertence a empresa/instituição. Informação mais pormenorizada sobre os sectores das actividades económicas em Portugal pode ser consultada em [32].

1. A qual dos sectores das actividades económicas pertence a sua empresa/instituição?
- Agricultura, pesca, indústria extractiva
  - Indústria transformadora
  - Energia
  - Comércio
  - Transporte e armazenamento
  - Restauração, hotelaria
  - Actividades de informação e de comunicação
  - Actividades financeiras e de seguros
  - Actividades imobiliárias
  - Consultoria, investigação e desenvolvimento
  - Actividades administrativas
  - Educação
  - Saúde
  - Artes, desporto
  - Outro

Figura 19 Questão número 1.

As duas questões seguintes permitem verificar qual a dimensão da empresa. Segundo [10], para a correcta identificação de uma PME são utilizados dois de três critérios (sendo o número de funcionários um critério obrigatório).

- Número de funcionários e volume de negócio anual.
- Número de funcionários e balanço total anual.

Na Tabela 9 encontra-se a gama de valores que cada empresa deve utilizar para averiguar a categoria a que pertence.

Tabela 9 Valores que definem a categoria de uma empresa.

Categoria da Empresa	Nº Total de Funcionários	Volume de Negócio Anual	Balanço Total Anual
<b>Média</b>	< 250	≤ €50 milhões	≤ €43 milhões
<b>Pequena</b>	< 50	≤ €10 milhões	≤ €10 milhões
<b>Micro</b>	< 10	≤ €2 milhões	≤ €2 milhões

Os critérios utilizados na averiguação das categorias das empresas/instituições foram o número total de funcionários e o volume de negócio anual. As figuras seguintes (Figura 20 e Figura 21) apresentam as questões 2 e 3 que permitem obter esta informação.

2. Qual é o número total de funcionários da sua empresa/instituição?
- Inferior a 10
  - Entre 10 e 50
  - Entre 50 e 250
  - Mais de 250

**Figura 20 Questão número 2.**

3. Qual é o volume de negócio/orçamento da sua empresa/instituição?
- Inferior a 2 milhões de euros
  - Entre 2 a 10 milhões de euros
  - Entre 10 a 50 milhões de euros
  - Superior a 50 milhões de euros

**Figura 21 Questão número 3.**

As restantes nove questões permitem aferir o estado actual das TIC (como por exemplo, qual o número de *data centers* que existem nas empresas/instituições (Figura 22)) utilizadas por cada empresa/instituição (consultar o Anexo A).

4. Quantos *data centers* existem na sua empresa/instituição?
- Apenas 1
  - 2 ou 3
  - Mais de 3

**Figura 22 Questão número 4.**

## **Grupo 2**

O segundo grupo de questões permite aferir o grau de conhecimento sobre o paradigma *Cloud Computing* e/ou tecnologias associadas por parte dos respondentes. Este grupo é composto por seis questões (13 a 18 do Anexo A), quatro de escolha múltipla e duas de caixas de selecção.

Este grupo contém duas questões que encaminham o questionário em direcções distintas, conforme as respostas dadas.

Na questão 17 (Figura 23) pretende-se apurar se as empresas/instituições utilizam, ou não, serviços *Cloud Computing*. As empresas/instituições que respondem negativamente a esta questão são redireccionadas para a questão número 18. As que respondem afirmativamente, são redireccionadas para as questões do Subgrupo 1 do terceiro grupo, que será analisado mais adiante.

17. Utiliza serviços de *Cloud Computing* na sua empresa/instituição? Se respondeu afirmativamente a esta questão então avance para a questão número 27.

**Texto de ajuda:** *Cloud Computing é um paradigma que preconiza o uso de um modelo de serviço (SaaS, PaaS e IaaS) e de disponibilização (nuvens privadas, comunitárias, públicas e híbridas) para permitir o acesso (a pedido) a um conjunto de recursos partilhados (de computação, armazenamento e comunicação) que podem ser rapidamente fornecidos e libertados sem que para tal seja exigida qualquer negociação adicional entre o cliente e o fornecedor do serviço, mantendo reduzido o esforço deste último para responder à solicitação.*

- Sim
- Não

**Figura 23 Questão número 17.**

Relativamente às empresas/instituições que respondem que não utilizam serviços *Cloud Computing*, é importante averiguar se pretendem, num futuro próximo, migrarem para soluções deste paradigma. Nesse sentido incluiu-se a questão número 18 (Figura 24).

18. Já ponderou o uso de serviços *Cloud Computing*? Se respondeu negativamente a esta questão avance para a questão número 35.

- Sim
- Não

**Figura 24 Questão número 18.**

Uma resposta afirmativa à questão 18 redirecciona o respondente para o Subgrupo 2 do Grupo 3, enquanto a resposta negativa redirecciona o respondente para o Subgrupo 3 do mesmo grupo.

### **Grupo 3**

O terceiro, e último, grupo de questões permite avaliar o grau de implementação, interesse ou rejeição do paradigma *Cloud Computing* por parte das empresas/instituições. Este grupo encontra-se dividido em três subgrupos:

- Subgrupo 1 – Empresas/instituições que responderam afirmativamente à questão número 17, ou seja, que utilizam serviços *Cloud Computing*.
- Subgrupo 2 – Empresas/instituições que responderam afirmativamente à questão número 18, ou seja, que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.
- Subgrupo 3 – Empresas/instituições que responderam negativamente à questão número 18, ou seja, que rejeitam a utilização de serviços *Cloud Computing*.

#### **Subgrupo 1**

O Subgrupo 1 é composto por oito questões (27 a 34 do Anexo A), quatro do tipo caixas de selecção, duas de escolha múltipla e duas do tipo grelha. Este conjunto de questões permite averiguar as reduções de custos e os ganhos obtidos, num conjunto de áreas e em termos percentuais, pelas empresas/instituições decorrentes da utilização de serviços *Cloud Computing* (consultar Anexo A para mais informações) em detrimento de tecnologias convencionais.

#### **Subgrupo 2**

O Subgrupo 2 é composto por oito questões (19 a 26 do Anexo A), três de escolha múltipla, duas do tipo grelha e três do tipo caixas de selecção. Este conjunto de questões é em tudo semelhante ao conjunto do Subgrupo 1, com a excepção de que pretendem obter uma estimativa, por parte das empresas/instituições, da percentagem de redução de custos e de ganhos que é expectável que venham a conseguir migrando da sua plataforma actual para *Cloud Computing* (consultar Anexo A para mais informações).

#### **Subgrupo 3**

O subgrupo 3 é composto apenas por duas questões (35 e 36 do Anexo A) – uma do tipo caixas de selecção e outra de escolha múltipla –, que permitem avaliar o grau de rejeição do

paradigma *Cloud Computing* por parte das empresas/instituições (consultar Anexo A para mais informações).

### 4.3. CONCEITOS DE POPULAÇÃO E AMOSTRA

Em muitos projectos de investigação é necessário conhecer as opiniões ou atributos de um conjunto de indivíduos de forma a inferir-se informações sobre a população à qual eles pertencem [48].

Uma população consiste no conjunto total de indivíduos (e.g. alunos de uma escola, trabalhadores de uma empresa), do qual se pretende recolher dados e tirar conclusões. Quando se recolhem dados de todos os elementos da população está-se a realizar um censo. No entanto, a realização de um censo é na maioria dos casos inviável por ser morosa e dispendiosa. Ao invés, seleccionando-se um subconjunto de elementos da população – uma amostra – e com base nos resultados dessa amostra pode-se inferir resultados para a população. Assim, o tamanho da amostra dever ser adequado à precisão pretendida. A Figura 25 ilustra a variação do erro amostral consoante o aumento ou diminuição do tamanho da amostra.

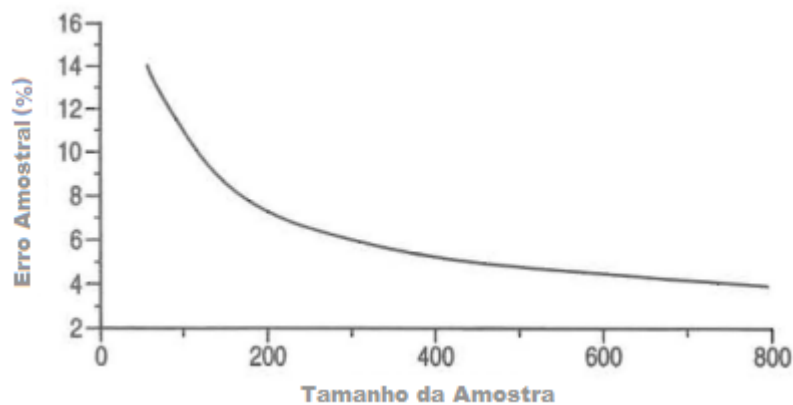


Figura 25 Erro amostral em função do tamanho da amostra (adaptado de [11]).

Como se pode constatar pela Figura 25, à medida que se aumenta o tamanho da amostra, o erro amostral diminui, aumentando assim a precisão dos resultados. Contudo, tamanhos de amostra maiores acarretam custos acrescidos inerentes à condução da investigação, processamento e análise de dados [11].

O erro amostral é a diferença entre a estimativa obtida através da amostra e o valor que seria obtido através de um censo realizado nas mesmas condições da amostra [43].

Uma amostra ideal é aquela que é representativa da população, ou seja, que reflecte os aspectos típicos desta última.

#### 4.4. TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

As técnicas de amostragem dividem-se essencialmente em duas categorias – aleatórias e não aleatórias.

##### 4.4.1. AMOSTRAGENS ALEATÓRIAS

As amostragens aleatórias fornecem uma base estatística válida que garantem que as amostras sejam representativas das respectivas populações. Neste tipo de técnicas cada elemento da população tem uma probabilidade não nula de ser seleccionado. A selecção de indivíduos é feita de forma aleatória, eliminando assim a subjectividade introduzida pelo investigador aquando da escolha da amostra [11]. De notar que são as únicas técnicas para as quais existem fórmulas para o cálculo da dimensão da amostra [48].

Na Tabela 10 apresentam-se as principais técnicas de amostragem aleatórias.

**Tabela 10 Técnicas de amostragem aleatórias.**

Amostragens Aleatórias	
Tipo de Amostragem	Aleatória Simples
	Estratificada
	Sistemática
	Por <i>Clusters</i>

##### **Aleatória Simples**

Numa amostragem aleatória simples todos os membros da população têm a mesma probabilidade (não nula) de serem seleccionados para a amostra. Uma forma de concretizar uma amostragem deste tipo consiste em listar todos os elementos da população e numerá-los de 1 a N (tamanho da população). De seguida, com recurso a um gerador de números aleatórios, escolhem-se os elementos que formarão a amostra [11][43].

##### **Estratificada**

A técnica de amostragem estratificada consiste na divisão da população em subgrupos, ou estratos, aplicando de seguida a técnica de amostragem aleatória simples aos elementos que

compõem cada um dos estratos [11][43]. Um exemplo seria a realização de um questionário a dois hospitais onde se pretendia obter uma amostra de 500 elementos. A solução seria definir cada um dos hospitais como sendo um estrato e, utilizando uma amostragem aleatória simples, seleccionar 250 elementos de cada um dos hospitais.

### Sistemática

Neste tipo de amostragem são escolhidos, de forma regular, todos os  $k$ -ésimos elementos de uma lista da população, a partir de um primeiro elemento seleccionado aleatoriamente entre os primeiros  $k$  elementos da lista [43]. Por exemplo, se existisse uma lista de 1000 elementos de uma população e se se definisse  $k$  como sendo 50, cada quinquagésimo elemento era escolhido para formar a amostra.

### Por Clusters

A amostragem por *clusters* é, normalmente, utilizada quando o tamanho da população é considerável. Tal como na amostragem estratificada, a população é dividida em subgrupos (*clusters*) e, através de uma amostragem aleatória simples, seleccionam-se os elementos de cada *cluster* que irão compor a amostra. Um *cluster* pode ser uma família, uma empresa ou qualquer outro grupo que seja representativo da população como um todo [11][43].

#### 4.4.2. AMOSTRAGENS NÃO ALEATÓRIAS

Nas técnicas de amostragem não aleatórias os elementos são escolhidos pelo investigador de acordo com as características da população e as necessidades da investigação. É introduzida subjectividade por parte do investigador e, por conseguinte, uns elementos têm maior probabilidade de serem escolhidos que outros. A grande desvantagem destas técnicas é que a amostra recolhida raramente é representativa da população [11].

Na Tabela 11 apresentam-se as principais técnicas de amostragem não aleatórias.

**Tabela 11 Técnicas de amostragem não aleatórias.**

Amostragens Não Aleatórias	
Tipo de Amostragem	Por Conveniência
	Bola de Neve
	Por Quotas

## Por Conveniência

A técnica de amostragem por conveniência acontece quando os elementos da população se voluntariam para participar na investigação. Esta técnica não garante que a amostra seja representativa da população [11].

## Bola de Neve

Na técnica de amostragem designada por “bola de neve”, o investigador identifica um elemento cujas características vão de encontro às necessidades da investigação. Seguidamente, é-lhe pedido que identifique um outro indivíduo que possa participar também na investigação. Posteriormente, este segundo indivíduo indica um terceiro e o processo continua até que a amostra esteja completa [11].

## Por Quotas

Na amostragem por quotas, a população é dividida em categorias, como homens e mulheres, novos e idosos. De seguida, estima-se a proporção de elementos na população que caem em cada subcategoria (e.g. homens novos e idosos e mulheres novas e idosas). A amostra é depois obtida com base nas proporções estimadas [11].

## 4.5. CONCEITOS ESTATÍSTICOS

### 4.5.1. DISTRIBUIÇÃO NORMAL

A distribuição normal é uma distribuição contínua em forma de sino e é caracterizada por dois parâmetros: média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ .

#### Definição

Uma variável aleatória (v.a.)  $X$  tem distribuição normal com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$  da forma

$$X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

se a sua função densidade de probabilidade for dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, x \in \mathbb{R} \quad (7)$$

Na Figura 26 encontra-se ilustrada a função densidade de probabilidade desta distribuição.

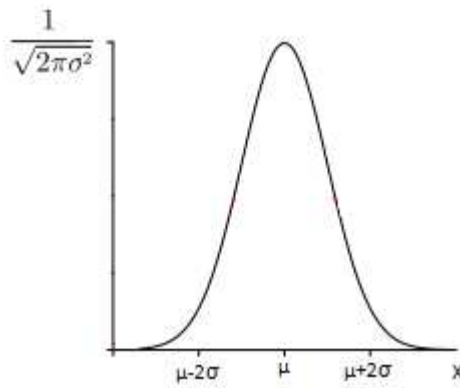


Figura 26 Função densidade de probabilidade de uma v.a.  $X$  (adaptado de [11]).

#### 4.5.2. DISTRIBUIÇÃO BINOMIAL

A distribuição binomial é a distribuição discreta de maior utilização em inferência estatística para testar hipóteses relativas a proporções de variáveis nominais dicotômicas. Este tipo de experiências, em que as variáveis assumem apenas duas realizações, por exemplo “sim” ou “não”, com uma probabilidade  $p$  para uma das realizações e uma probabilidade  $q = p - 1$  para a realização alternativa, designam-se por Experiências de Bernoulli. A variável discreta  $X$  que representa o número de ocorrências de uma das duas realizações em  $n$  experiências de Bernoulli, diz-se ter uma distribuição binomial de parâmetros  $n$  e  $p$ , isto é,  $X \sim B(n, p)$  [20].

De acordo com o Teorema do Limite Central, a distribuição binomial aproxima-se da distribuição normal quando a amostra é de grande dimensão, isto é,  $n \geq 30$  e  $p$  tal que  $np > 5$  [6].

#### 4.5.3. INTERVALOS DE CONFIANÇA

Um intervalo de confiança (IC) de  $(1 - \alpha) \times 100\%$  para um parâmetro  $\theta$  é um intervalo aleatório  $[\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2]$ , em que os limites de confiança  $\hat{\Theta}_1$  e  $\hat{\Theta}_2$  são duas estatísticas amostrais tais que

$$P(\hat{\Theta}_1 \leq \theta \leq \hat{\Theta}_2) = 1 - \alpha \quad (8)$$

Sendo  $1 - \alpha$  o nível de confiança (NC) e  $\alpha \in ]0, 1[$  o nível de significância.

O NC  $1 - \alpha$  é a probabilidade do intervalo  $[\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2]$  cobrir o parâmetro desconhecido  $\theta$  e, conseqüentemente, o nível de significância  $\alpha$  é a probabilidade do intervalo  $[\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2]$  não

conter  $\theta$ . Os valores mais típicos do NC  $1 - \alpha$  são 0,99, 0,95, que é o valor mais comum e 0,90 [43].

### Intervalo de Confiança para a Proporção $p$ (amostra grande)

Se  $\hat{p}$  é a proporção de sucessos numa amostra aleatória, de tamanho  $n$ , o intervalo aleatório

$$\left[ \hat{p} - z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \hat{p} + z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right] \quad (9)$$

em que  $z_{1-\alpha/2}$  é o percentil  $100 \times (1 - \alpha)$  da distribuição  $N(0,1)$ , é um intervalo de confiança de  $(1 - \alpha) \times 100\%$  para  $p$ .

O coeficiente de confiança é aproximado (Teorema do Limite Central) e este resultado só deve ser aplicado se a amostra for grande.

### Cálculo do tamanho de uma amostra para proporções

O tamanho de uma amostra para proporções pode ser calculado, com um nível de confiança  $(1 - \alpha) \times 100\%$ , garantindo que o erro máximo cometido não ultrapasse um valor  $\varepsilon$ , e que a variável de referência que se pretende testar é nominal, através da seguinte expressão:

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 \hat{p}(1-\hat{p})N}{\varepsilon^2(N-1) + z_{1-\alpha/2}^2 \hat{p}(1-\hat{p})} \quad (10)$$

Em que  $N$  é o tamanho da população. O valor de  $\hat{p}$  que maximiza  $n$  é  $\hat{p} = 0,5$ .

#### 4.5.4. TESTES DE HIPÓTESES

Um teste de hipóteses é um processo estatístico usado para se tirar uma conclusão do tipo “sim” ou “não” sobre uma ou mais populações a partir de uma, ou mais, amostras dessas populações.

Na condução de um teste de hipóteses é necessário especificar as duas hipóteses alternativas, uma das quais vai ser escolhida com base na informação contida numa amostra. A primeira hipótese designa-se por hipótese nula e representa-se por  $H_0$ . A hipótese nula é aquela, que à partida, se julga improvável e só deve ser rejeitada caso exista evidência estatística suficiente, a um nível significativo, de que de facto essa hipótese não é válida. A segunda hipótese designa-se por hipótese alternativa e representa-se por  $H_1$ . A hipótese alternativa é aquela que

se julga como sendo provável. Os testes de hipótese podem ser bilaterais ou unilaterais e representam-se da seguinte forma:

$$H_0: \theta = \theta_0 \text{ vs. } H_1: \theta \neq \theta_0 \text{ (para um teste bilateral)}$$

e

$$H_0: \theta = \theta_0 \text{ vs. } H_1: \theta > \text{ (ou } <) \theta_0 \text{ (para um teste unilateral)}$$

Para se rejeitar  $H_0$ , a estatística de teste que se está a testar para essa hipótese, tem de estar fora do intervalo definido pelos valores críticos da distribuição amostral, ou seja,  $]-\infty; -z_{1-\alpha/2}] \cup [z_{1-\alpha/2}; +\infty[$  (teste bilateral),  $]-\infty; -z_{1-\alpha/2}]$  (teste unilateral à esquerda) ou  $[z_{1-\alpha/2}; +\infty[$  (teste unilateral à direita). Se se rejeitar  $H_0$  então conclui-se que  $H_0$  é falsa. Porém, se não se rejeitar  $H_0$  então não se pode concluir que esta hipótese seja verdadeira, mas sim que não existe evidência estatística suficiente para a rejeitar. O nível de significância ( $\alpha$ ) enquadra o que se considera como evidência estatística.

Ao menor valor de  $\alpha$  a partir do qual se rejeita  $H_0$  chama-se probabilidade de significância, ou *p-value*. Trata-se da probabilidade de se obter o valor da estatística de teste ou um valor mais extremo, se a  $H_0$  for verdadeira. O termo “mais extremo” é definido pelo tipo de hipóteses realizadas. No caso dos testes unilaterais à esquerda o *p-value* é a probabilidade de se obter um valor inferior ou igual à estatística de teste calculada; nos testes unilaterais à direita o *p-value* é a probabilidade de se obter um valor superior ou igual à estatística de teste; nos testes bilaterais, o *p-value* é a probabilidade de se obter um valor inferior ou igual ao valor negativo da estatística de teste mais a probabilidade de se obter um valor superior ou igual ao valor positivo da estatística de teste [20].

A rejeição ou não rejeição de  $H_0$  tem sempre associada um determinado erro. A rejeição de  $H_0$  se esta for verdadeira conduz ao erro do tipo I, em que a probabilidade deste tipo de erro é representada por  $\alpha$ . A não rejeição de  $H_0$  se esta for falsa conduz ao erro do tipo II, em que a probabilidade deste tipo de erro é representada por  $\beta$ . A probabilidade de rejeitar  $H_0$  se esta é falsa é dada por  $1 - \beta$  e designa-se por potência de teste. A potência de teste traduz assim a probabilidade de rejeitar, correctamente,  $H_0$ .

#### 4.6. POPULAÇÃO ALVO DO ESTUDO E RESPECTIVA AMOSTRA

Após a introdução de alguns conceitos sobre populações e amostragens, apresenta-se agora a metodologia utilizada na realização da amostragem das instituições<sup>15</sup> de ensino superior.

Numa primeira fase, foi necessária a obtenção de uma lista com todas as instituições de ensino superior portuguesas (constituindo esta a população alvo). Esta lista foi obtida com base na informação disponibilizada pela Direcção Geral do Ensino Superior<sup>16</sup> (DGES).

O ensino superior em Portugal encontra-se agrupado em seis tipos de ensino – Universitário Público, Politécnico Público, Militar e Policial, Universitário Privado, Politécnico Privado e Ensino Concordatário. Coligindo todas as instituições pertencentes a cada tipo de ensino, obteve-se uma população de 410 instituições.

Devido às dificuldades inerentes à realização de um censo, decidiu-se efectuar uma amostragem da população. Para que, com base na informação obtida, se pudesse realizar uma inferência, a amostra teria que ser representativa da população.

Assim, o cálculo do tamanho da amostra foi efectuado com base na proporção de instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*. Uma vez que essa informação não se encontrava disponível calculou-se  $n$  considerando-se o pior caso, ou seja,  $\hat{p} = 0,5$ . O NC utilizado foi de 95%<sup>17</sup> e o erro máximo admissível de 5%.

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,25 \times 410}{0,05^2 \times (410 - 1) + 1,96^2 \times 0,25} = 198,58 \approx 199$$

Considerando que metade da população utiliza serviços *Cloud Computing*, seria necessário questionar 199 instituições. Devido às dificuldades de realização de tal amostragem, decidiu-se efectuar uma amostragem de 10% da população, ou seja, 41 instituições. Contudo, e prevendo que o número de respostas obtidas não alcançariam as 41 (muitas pessoas ignoram os questionários enviados por e-mail), optou-se por realizar uma amostragem de 20% da população, ou seja, 82 instituições.

---

<sup>15</sup> Entende-se por instituição uma Faculdade, Instituto Superior ou Escola Superior.

<sup>16</sup> <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt/>

<sup>17</sup> Para NC = 95%,  $z_{1-\alpha/2} = 1,96$  (Tabela da Distribuição Normal Reduzida).

Quando se obtiveram 21 respostas (5% da população) verificou-se que a proporção de instituições que utilizavam serviços *Cloud Computing* era apenas de 14,3%, ou seja, 3 instituições. Considerando esta proporção amostral voltou-se a calcular o tamanho da amostra, obtendo-se  $n = 129,3 \approx 129$ . Este valor continuava a ser demasiado grande para trabalhar, pelo que se manteve a amostragem de 20% da população.

A amostragem foi realizada com recurso à técnica de estratificação [13]: a população foi sucessivamente dividida em vários estratos, como se pode observar pelo diagrama da Figura 27, de acordo com critérios de índole geográfica, classificação, dimensão e áreas de educação e formação.

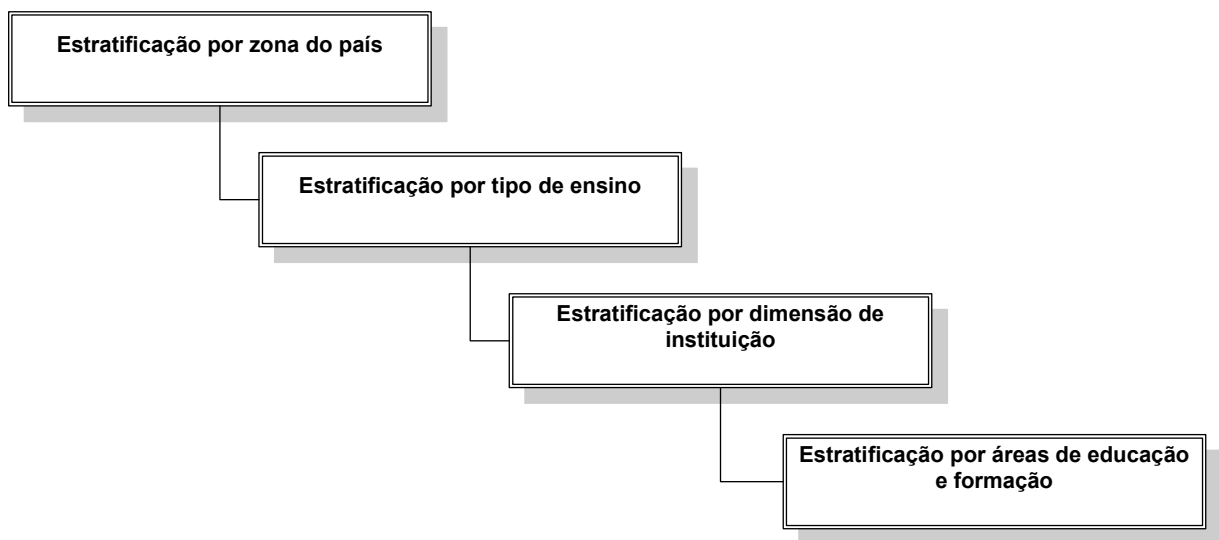


Figura 27 Diagrama representativo das estratificações da amostra.

### **Estratificação por zona do país**

A estratificação de Portugal consistiu na divisão do país em quatro estratos como os que são apresentados na Figura 28.



**Figura 28 Estratificação de Portugal.**

Esta divisão por estratos permitiu o estudo por zonas geográficas, eliminando a possibilidade de, aquando da selecção aleatória, instituições de uma determinada zona do país fossem sempre seleccionadas face a outras de zonas distintas.

### **Estratificação por tipo de ensino**

A próxima estratificação realizada foi por tipo de ensino. Na Tabela 12 apresenta-se a informação referente ao número de instituições pertencentes a cada categoria de ensino, por estratos, e na Tabela 13 a mesma informação mas com as respectivas proporções de 20%.

**Tabela 12 Instituições pertencentes a cada categoria de ensino.**

Tipo de Ensino	Estratos			
	Norte	Centro	Sul	Ilhas
Universitário Público	29	29	44	21
Politécnico Público	23	32	40	3
Militar e Policial	0	0	6	0
Universitário Privado	34	6	53	0
Politécnico Privado	27	8	27	2
Concordatário	11	5	10	0
<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>80</b>	<b>180</b>	<b>26</b>

**Tabela 13 Proporção de 20% das instituições pertencentes a cada categoria de ensino.**

Tipo de Ensino	Estratos			
	Norte	Centro	Sul	Ilhas
Universitário Público	6	6	9	4
Politécnico Público	5	6	8	1
Militar e Policial	0	0	1	0
Universitário Privado	7	1	11	0
Politécnico Privado	5	2	5	0
Concordatário	2	1	2	0
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>5</b>

### **Estratificação por dimensão de instituição**

Não existindo informação oficial sobre a classificação das instituições quanto à sua dimensão, decidiu-se aplicar uma classificação baseada no número de vagas disponível por instituição no acesso ao ensino superior para o ano lectivo de 2010-2011. Na Tabela 14 encontram-se apresentadas as métricas utilizadas para classificar as instituições em “Pequena”, “Média” e “Grande”.

**Tabela 14 Gama de valores utilizados na classificação das instituições quanto à sua dimensão.**

Classificação da instituição	Pequena	Média	Grande
Número de vagas	$\leq 200$	$> 200$ e $\leq 600$	$> 600$

Com base nas gamas estipuladas calculou-se o número de instituições de ensino que teriam de ser incluídas na amostra conforme a categoria à qual pertenciam. Na Tabela 15 apresentam-se os valores calculados.

**Tabela 15** Proporção de 20% das instituições de ensino por dimensão e categoria.

		U. Pub.	P. Pub.	M. e P.	U. Priv.	P. Priv.	E. C.
<b>Estrato Norte</b>	<b>Pequenas</b>	3	2	0	4	3	2
	<b>Médias</b>	2	2	0	2	3	1
	<b>Grandes</b>	1	0	0	0	0	0
<b>Estrato Centro</b>	<b>Pequenas</b>	4	3	0	1	1	1
	<b>Médias</b>	2	3	0	1	0	0
	<b>Grandes</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Estrato Sul</b>	<b>Pequenas</b>	3	4	1	7	2	2
	<b>Médias</b>	4	4	0	3	3	0
	<b>Grandes</b>	2	0	0	1	0	0
<b>Estrato Ilhas</b>	<b>Pequenas</b>	4	1	0	0	0	0
	<b>Médias</b>	0	0	0	0	0	0
	<b>Grandes</b>	0	0	0	0	0	0

### **Estratificação por áreas de educação e formação**

O último tipo de estratificação foi por áreas de educação e formação. Segundo um documento do Diário da República, disponível em [9], as áreas de educação e formação em Portugal encontram-se organizadas em oito grandes grupos, cada um contemplando várias áreas de estudo, tal como se apresenta na Tabela 16.

**Tabela 16 Quadro sinóptico de classificação das áreas de educação e formação.**

<b>Grandes Grupos</b>	<b>Áreas de Estudo</b>
1. <b>Educação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação de professores/formadores e ciências da educação</li> </ul>
2. <b>Artes e humanidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artes</li> <li>• Humanidades</li> </ul>
3. <b>Ciências sociais, comércio e direito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciências sociais e do comportamento</li> <li>• Informação e jornalismo</li> <li>• Ciências empresariais</li> <li>• Direito</li> </ul>
4. <b>Ciências, matemática e informática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciências da vida</li> <li>• Ciências físicas</li> <li>• Matemática e estatística</li> <li>• Informática</li> </ul>
5. <b>Engenharia, indústrias transformadoras e construção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia e técnicas afins</li> <li>• Indústrias transformadoras</li> <li>• Arquitectura e construção</li> </ul>
6. <b>Agricultura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura, silvicultura e pescas</li> <li>• Ciências veterinárias</li> </ul>
7. <b>Saúde e protecção social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saúde</li> <li>• Serviços sociais</li> </ul>
8. <b>Serviços</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviços pessoais</li> <li>• Serviços de transporte</li> <li>• Protecção do ambiente</li> <li>• Serviços de segurança</li> </ul>

Com base na informação disponibilizada na Tabela 16, verificou-se qual ou quais das áreas de estudo eram leccionadas por cada instituição. Identificadas as áreas, estas foram coligidas em Grandes Grupos, calculando-se posteriormente as respectivas proporções de 20%.

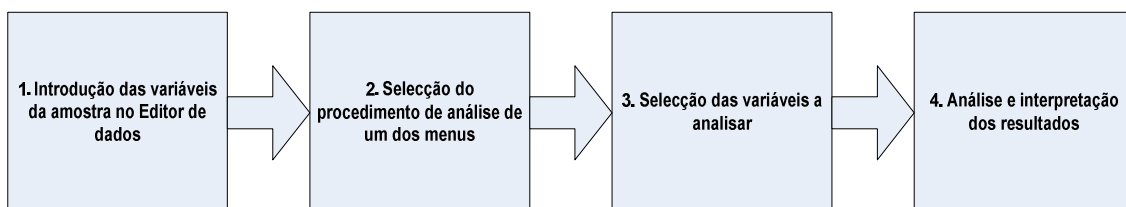
Após este processo de estratificação seleccionaram-se as 82 instituições utilizando uma amostragem aleatória simples: a função ALEATÓRIOENTRE (X; Y) disponível no Microsoft Excel. Esta função devolve um número aleatório entre os números X e Y especificados. Por questões de confidencialidade não se listam neste texto as instituições de ensino incluídas na amostra.

# 5. ANÁLISE DE RESULTADOS E AVALIAÇÃO DO ROI

## 5.1. UTILIZAÇÃO DO SPSS

A análise estatística dos dados recolhidos foi efectuada com recurso ao programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Esta aplicação é bastante popular na área das Ciências Sociais e Humanas para manipular, analisar e apresentar resultados obtidos através de questionários.

No SPSS a análise de dados é realizada em quatro etapas, como se apresenta na Figura 29:



**Figura 29** Etapas da análise de dados no SPSS [20].

Na primeira etapa é necessário ter em atenção o tipo de variáveis sob estudo, nomeadamente, as escalas de medida a utilizar.

Como já foi referido, o questionário elaborado é composto apenas por questões de resposta fechada onde é necessário escolher um conjunto de respostas alternativas para cada uma dessas questões. Assim, é conveniente associar números às respostas para que estas possam ser analisadas posteriormente por meio de técnicas estatísticas. São associadas a cada resposta, consoante o tipo, escalas de medida. No caso do questionário desenvolvido, as variáveis fazem uso de escalas de medida nominais. As escalas nominais consistem num conjunto de categorias de resposta qualitativamente diferentes e mutuamente exclusivas [13].

Tomando como exemplo a questão 17 do questionário (“Utiliza serviços *Cloud Computing* na sua empresa/instituição?”), esta apresenta apenas uma variável, a qual se designou por “CLOUD1”. A escala de medida é nominal com duas possibilidades de resposta, “Sim” e “Não”, utilizando-se respectivamente os números 1 e 2 para as codificar.

Segundo [20] as medidas estatísticas descritivas e as representações gráficas utilizadas com maior frequência para uma escala de medida nominal são as que se apresentam na Tabela 17.

**Tabela 17 Estatísticas descritivas e representações gráficas utilizadas para uma escala de medida nominal.**

Escala de medida	Estatísticas descritivas		Representações gráficas
	Medidas de tendência central	Medidas de dispersão	
Nominal	Moda	Não há...	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficos circulares (<i>pie charts</i>)</li> <li>• Gráficos de barras</li> </ul>

## 5.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

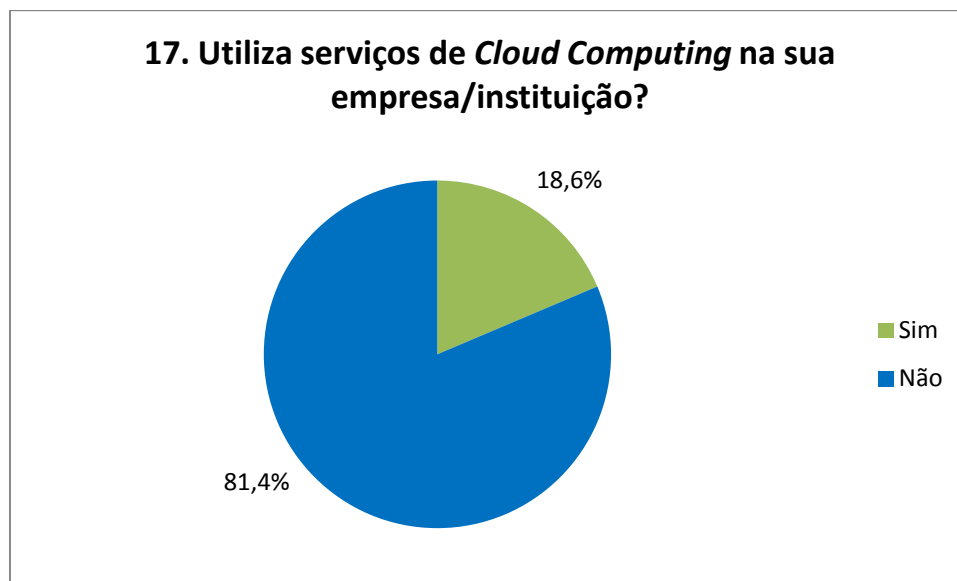
Das 82 instituições de ensino questionadas, apenas se obtiveram 43 respostas. Este cenário não foi inesperado, garantindo cerca de 10,5% (valor inicial da amostra que se ia considerar) de resposta válidas. Tal significa que o estudo se encontra limitado, mas a amostra continua a respeitar as estratificações efectuadas permanecendo, assim, representativa da população. No entanto, como a amostra é de grande dimensão ( $n \geq 30$ ) é possível realizarem-se inferências sobre a população. Considerando a equação (10), o erro máximo ( $\epsilon$ ) admitido é de 11%. Este é o valor do erro amostral deste estudo.

Definidas a totalidade das variáveis e codificadas numericamente todas as respostas, os dados foram introduzidos no SPSS para que se procedesse à análise estatística.

A análise de variáveis qualitativas (escala nominal) passa, normalmente, pelo estudo das contagens e proporções de cada uma das realizações ou classes da variável em estudo. Este tipo de estudo exige (à partida) métodos não-paramétricos, uma vez que a distribuição amostral raramente é explicada convenientemente por distribuições de probabilidade contínuas como, por exemplo, a distribuição normal. Porém, quando a dimensão da amostra é grande o Teorema do Limite Central garante uma aproximação razoável da distribuição amostral das proporções à distribuição normal [20].

As questões 1 à 16 não estão relacionadas directamente com *Cloud Computing*, pelo que não contribuem para avaliação do ROI. Assim, não foram efectuadas análises estatísticas das mesmas.

Desta forma, a primeira variável a ser analisada foi a da questão número 17. De uma análise descritiva obteve-se o gráfico da Figura 30.



**Figura 30** Gráfico circular com as percentagens de instituições que utilizam e não utilizam serviços *Cloud Computing*.

Constata-se pela Figura 30, que apenas 18,6% (8 em 43) dos respondentes efectivamente utilizam serviços de *Cloud Computing*.

Como a amostra é de grande dimensão a distribuição binomial aproxima-se da distribuição normal. Desta forma, pode-se utilizar a estatística:

$$Z = \frac{|n\hat{p} - np| - 0,5}{\sqrt{npq}} \quad (11)$$

Em que  $Z \sim N(0,1)$  e  $\hat{p}$  é a estimativa amostral da proporção de “sucessos” (uso de *Cloud Computing*), enquanto  $\hat{q} = 1 - \hat{p}$  é a estimativa amostral da proporção dos “insucessos”.

Da análise descritiva verifica-se que a proporção de instituições que utilizam serviços de *Cloud Computing* é de 18,6% e a percentagem de instituições que não utilizam é de 81,4%. Desta forma, é possível testar se existem diferenças estatisticamente significativas entre a proporção de instituições que utilizam serviços *Cloud Computing* e de instituições que não utilizam. Designando por  $p$  a proporção de instituições que utilizam e por  $q$  a proporção de instituições que não utilizam, pretendem-se testar as seguintes hipóteses:

$$H_0: p = q \text{ vs. } H_1: p \neq q$$

Se  $p = q$  então  $p = 0,5$  uma vez que para uma variável dicotómica a soma das duas proporções é igual 1. Assim sendo:

$$H_0: p = 0,5 \text{ vs. } H_1: p \neq 0,5$$

Substituindo os valores em (11), obteve-se um valor de  $Z = 3,966$ .

Para se poder rejeitar  $H_0$ ,  $Z$  tem de pertencer ao intervalo de rejeição do teste de hipótese bilateral para  $\alpha = 0,05$ , isto é,  $Z = 3,966 \in ]-\infty; -z_{1-\alpha/2}] \cup [z_{1-\alpha/2}; +\infty[ \Leftrightarrow Z = 3,966 \in ]-\infty; -1,96] \cup [1,96; +\infty[$ . Como  $Z$  pertence ao intervalo, rejeita-se  $H_0$ .

Utilizando o SPSS para a realização do teste binomial, obtiveram-se os valores da Tabela 18.

**Tabela 18 Valores do teste binomial à variável da questão 17.**

	Categoria	n	Proporção observada	p	p-value
<b>Grupo 1</b>	Não	35	81%	0,5	<0,001
<b>Grupo 2</b>	Sim	8	19%		
<b>Total</b>		43	100%		

$Z = 3,966$  tem associada uma probabilidade de significância de  $p - value < 0,001$  para um teste bilateral. Como  $0,001 < 0,05$  rejeita-se  $H_0$ . Conclui-se portanto que, para uma probabilidade de erro de 5% existe evidência estatística suficiente para se afirmar que o número de instituições que não utilizam *Cloud Computing* é diferente do número de instituições que utilizam.

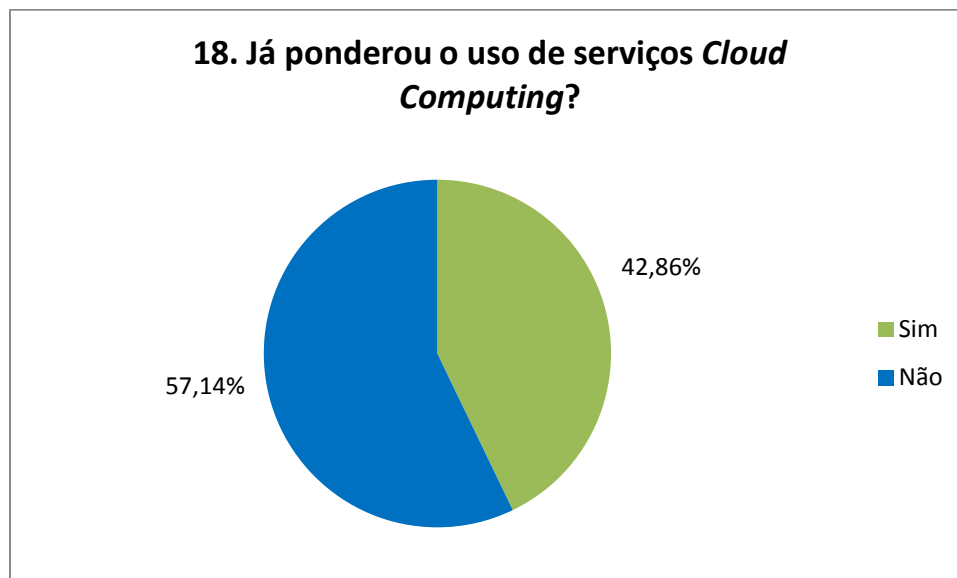
De forma a perceber qual a variação percentual de utilizadores de serviços *Cloud Computing*, calculou-se o intervalo, com 95% de confiança, para a proporção da população que faz uso desses serviços.

Utilizando a expressão em (9), obteve-se um intervalo de confiança de:

$$[0,076, 0,296] \Leftrightarrow [7,6\%, 29,6\%]$$

Concluindo, pode-se afirmar que em Portugal apenas 7,6 a 29,6% (31 a 121) das 410 instituições de ensino superior utilizam serviços *Cloud Computing*.

Das 35 instituições que responderam negativamente à pergunta 17 foi-lhes colocada a questão se já ponderaram o uso de serviços *Cloud Computing* (questão 18). Uma análise descritiva desta questão mostra que 15 (42,86%) das 35 realmente já ponderaram a sua utilização, como se apresenta no gráfico da Figura 31.



**Figura 31** Gráfico circular do universo de instituições que responderam que não usam serviços *Cloud Computing*.

Testando novamente as mesmas hipóteses da pergunta 17, mas para o caso de instituições que ponderaram utilizar *Cloud Computing*, obteve-se um valor de  $Z = 0,676$ . Como  $Z = 0,676 \notin ]-\infty, -1,96] \cup [1,96, +\infty[$  não é possível rejeitar  $H_0$ . Um teste binomial efectuado pelo SPSS revelou que o valor de *p-value* era de 0,5, como se pode observar pela Tabela 19.

**Tabela 19 Valores do teste binomial à variável da questão 18.**

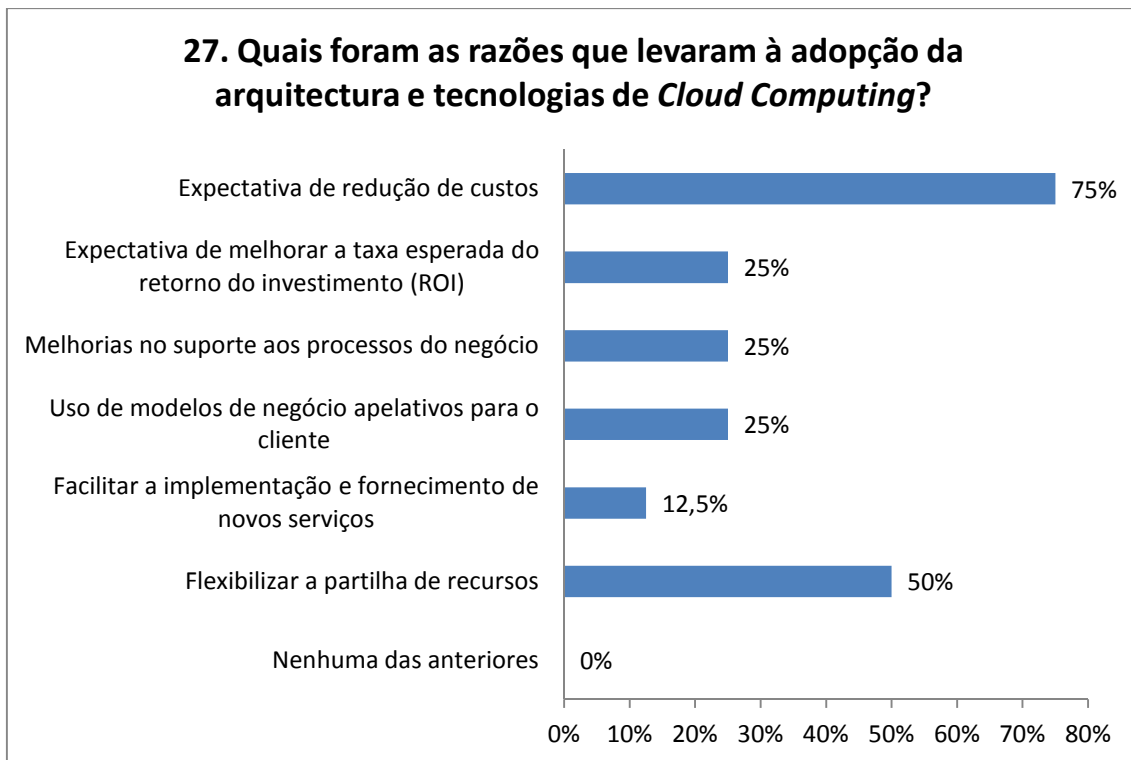
	Categoria	n	Proporção observada	<i>p</i>	<i>p-value</i>
<b>Grupo 1</b>	Não	20	57%	0,5	0,5
<b>Grupo 2</b>	Sim	15	43%		
<b>Total</b>		35	100%		

Sendo  $p - value = 0,5 > 0,05$ , concluí-se que para uma probabilidade de erro de 5% não existe evidência estatística suficiente para se rejeitar a hipótese de que não existem diferenças estatisticamente significativas entre ambas as proporções. Significa isto que, apesar de apenas 29,6% (no máximo) da população utilizar este tipo de serviços, metade dos restantes 70,4% poderá já ter ponderado o seu uso.

Efectuadas as estatísticas referentes às duas variáveis que permitiam realizar inferências sobre a população no que à utilização, interesse ou rejeição do paradigma *Cloud Computing* diz respeito, passou-se para a análise das respostas dadas por cada grupo de respondentes.

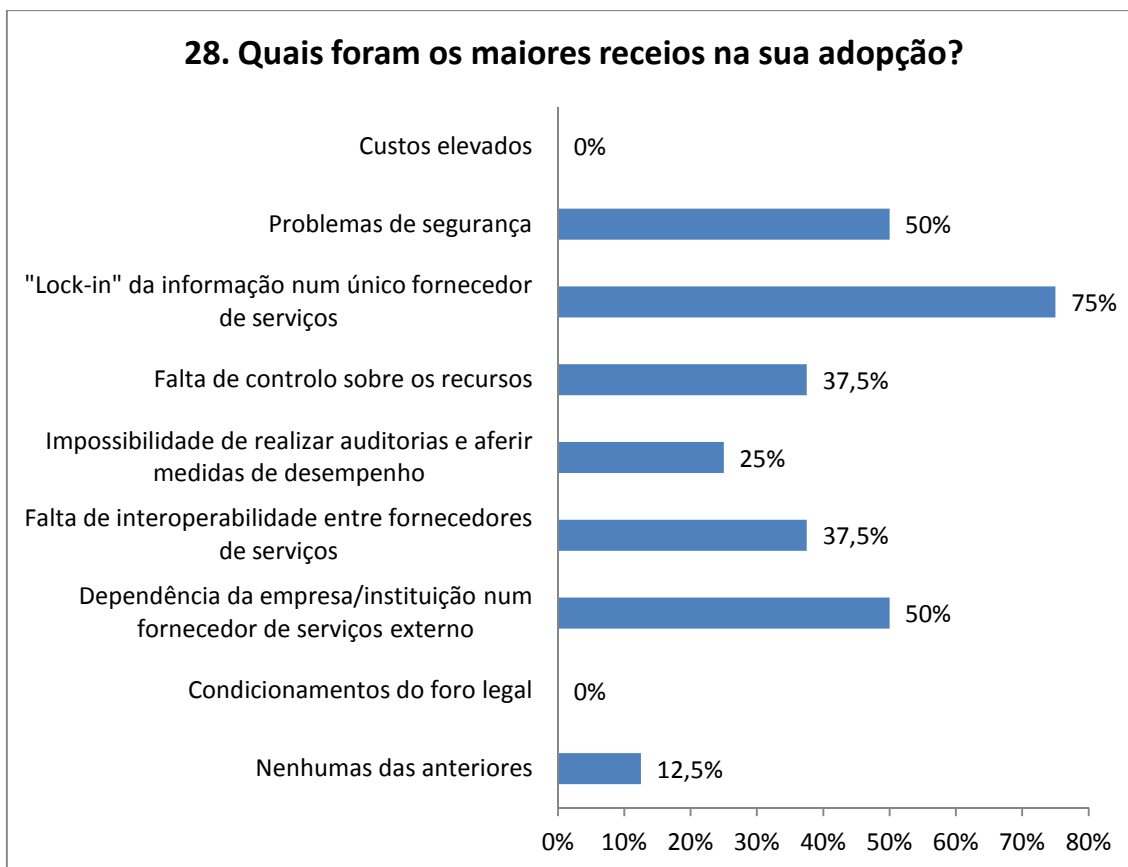
### **5.2.1. INSTITUIÇÕES QUE UTILIZAM SERVIÇOS *CLOUD COMPUTING***

As 8 instituições que responderam que utilizam serviços *Cloud Computing* foram questionadas sobre quais as razões que as levaram à adopção deste paradigma. A análise das respostas obtidas (Figura 32) evidencia que 75% indica que a principal razão foi a expectativa de redução de custos, enquanto a segunda razão mais referida foi a flexibilização de partilha de recursos, com 50%.



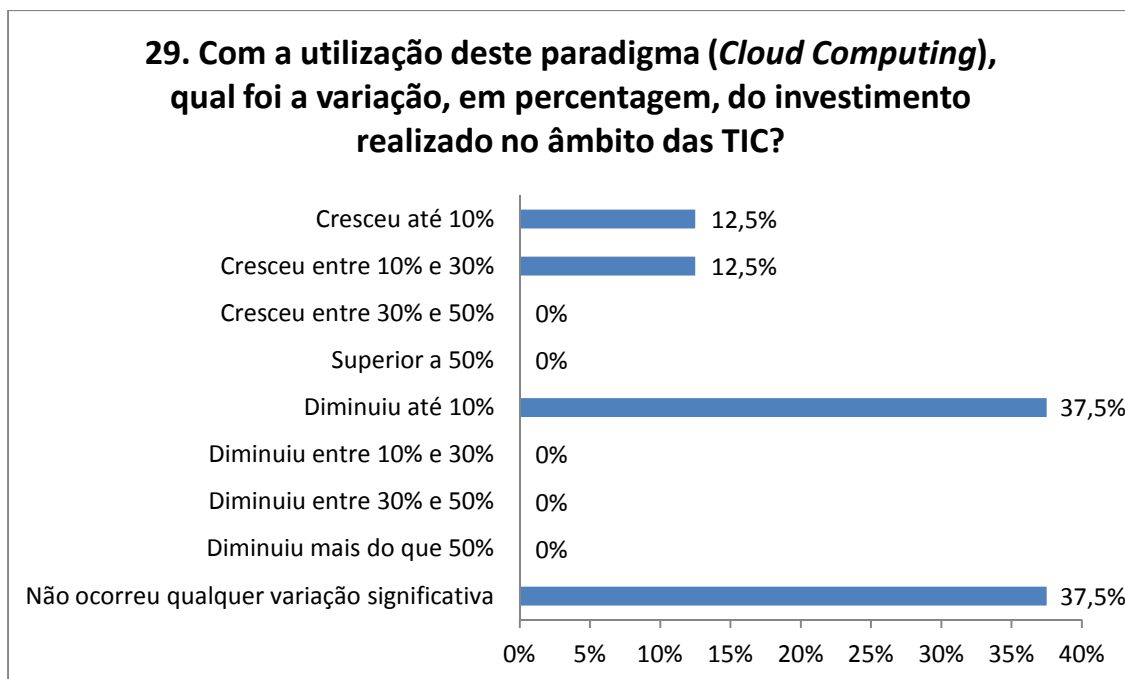
**Figura 32** Gráfico de barras das razões que levaram as instituições a adoptar o paradigma *Cloud Computing*.

No que diz respeito aos receios (Figura 33), 75% respondeu que o seu maior receio provinha do “*lock-in*” da informação num único fornecedor de serviços. Este receio prende-se com a dificuldade em mudar de fornecedor de serviços devido, por exemplo, à falta de portabilidade da informação. Problemas de segurança e a dependência num fornecedor de serviços externo encontram-se no segundo lugar dos maiores receios das instituições com 50% cada.



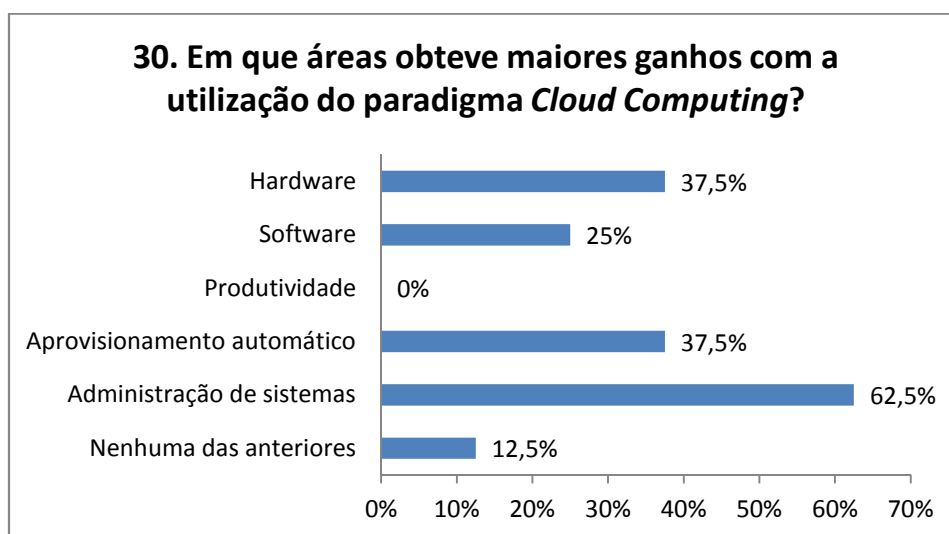
**Figura 33 Gráfico de barras dos maiores receios das instituições aquando da adoção do paradigma *Cloud Computing*.**

Questionados sobre o impacto que a utilização deste paradigma teve na variação do investimento realizado no âmbito das TIC, verifica-se que os cenários dividem-se (Figura 34). Se por um lado 37,5% dos respondentes afirma que a variação do investimento no âmbito das TIC diminuiu até 10%, por outro, o mesmo número de respondentes afirma que não ocorreu qualquer variação significativa. Tendo em conta que na questão 27 a principal razão pela qual as instituições adoptaram serviços *Cloud Computing* advinha da expectativa de redução de custos, essa redução apenas se verificou em certas instituições. Noutros casos, o investimento até aumentou (num dos casos até 10% e noutro entre 10% a 30%). Estes aumentos de custos poderão resultar do facto de que as instituições ainda mantêm a plataforma TIC tradicional, havendo assim a necessidade de suportar os custos da sua manutenção associados aos custos dos serviços *Cloud Computing*.



**Figura 34** Gráfico de barras com as variações percentuais que o impacto de *Cloud Computing* teve no investimento realizado no âmbito das TIC.

No que concerne às áreas onde obtiveram maiores ganhos (Figura 35), 62,5% afirmam que a área de administração de sistemas foi aquela onde obtiveram maiores ganhos com a passagem para o modelo *Cloud Computing*. De notar que a área de produtividade não foi seleccionada por nenhuma das instituições. Uma das possíveis razões para este cenário é que o potencial aumento da produtividade com a adopção de serviços *Cloud Computing* possa ser difícil de aferir, não permitindo às instituições de ensino quantificar os seus ganhos.



**Figura 35** Gráfico de barras das áreas onde as instituições obtiveram maiores ganhos com *Cloud Computing*.

Questionadas sobre as reduções de custos obtidas num conjunto de áreas variadas (Tabela 20), constata-se que em grande parte a maioria das instituições não obtiveram qualquer ganho com a adopção de *Cloud Computing*. Nas áreas onde se verificaram ganhos, estes situam-se, na sua maioria, abaixo dos 10%.

**Tabela 20 Valores de reduções de custos obtidos pelas instituições num conjunto de áreas variadas.**

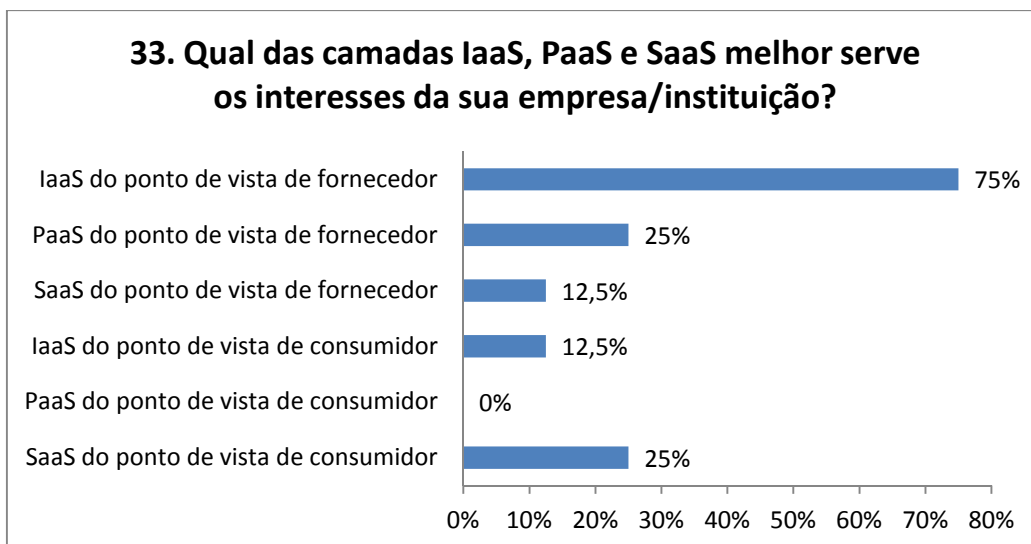
	Não houve qualquer redução	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%	
Consolidação dos servidores	37,5%	25%	37,5%	0%	0%	% de respondentes
Redução do consumo de energia eléctrica	12,5%	87,5%	0%	0%	0%	
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	62,5%	37,5%	0%	0%	0%	
Redução de custos associados às instalações	37,5%	37,5%	25%	0%	0%	
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos	50%	50%	0%	0%	0%	
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>	62,5%	25%	12,5%	0%	0%	
Redução do número de administradores de máquinas e serviços	62,5%	37,5%	0%	0%	0%	
Redução de custos com treino de pessoal	62,5%	37,5%	0%	0%	0%	

Em relação às áreas onde os ganhos não são financeiros (Tabela 21), as instituições responderam que as melhorias, na sua maioria, foram abaixo dos 10%.

**Tabela 21 Valores de ganhos percentuais obtidos pelas instituições num conjunto de áreas variadas.**

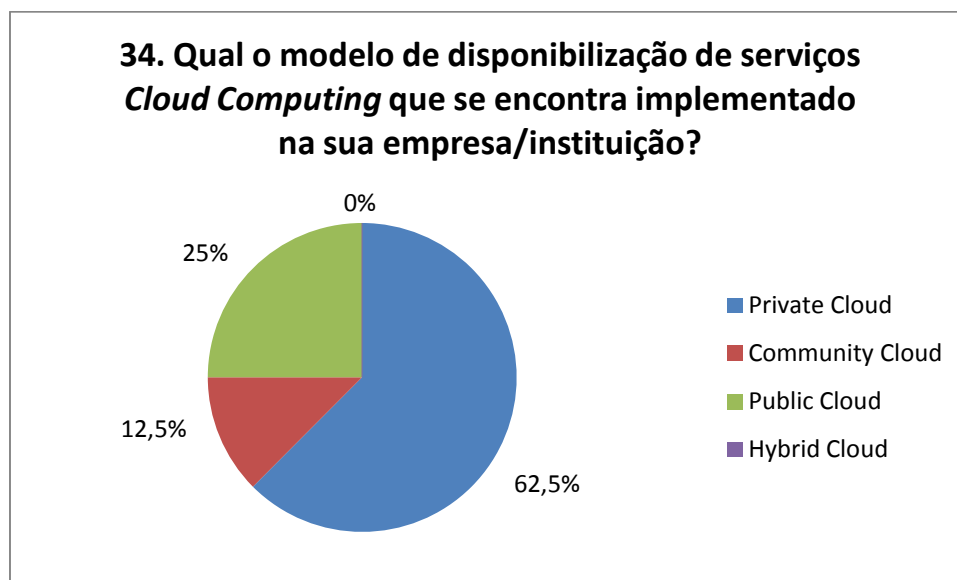
	Não houve qualquer ganho	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%	
Aumento da produtividade e da eficiência	37,5%	37,5%	25%	0%	0%	% de respondentes
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	25%	37,5%	25%	0%	12,5%	
Flexibilidade na adoção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	50%	37,5%	0%	12,5%	0%	
Aumento da utilização dos equipamentos	25%	37,5%	37,5%	0%	0%	

No que respeita aos tipos de serviços *Cloud Computing* (Figura 36), 75% respondeu que a camada IaaS na perspectiva de fornecedor é aquela que melhor serve os seus interesses. As camadas “PaaS como fornecedor” e “SaaS como consumidor” obtiveram uma percentagem de 25%, enquanto a camada “PaaS como consumidor” não consta dos planos das instituições. Desta forma, e considerando a metodologia adoptada no capítulo 4, para as instituições de ensino que utilizam serviços *Cloud Computing*, o ROI apenas se enquadra na camada de IaaS na qual o seu custo é dado pela equação (2).



**Figura 36** Gráfico de barras das camadas de *Cloud Computing* que melhor servem os interesses das instituições.

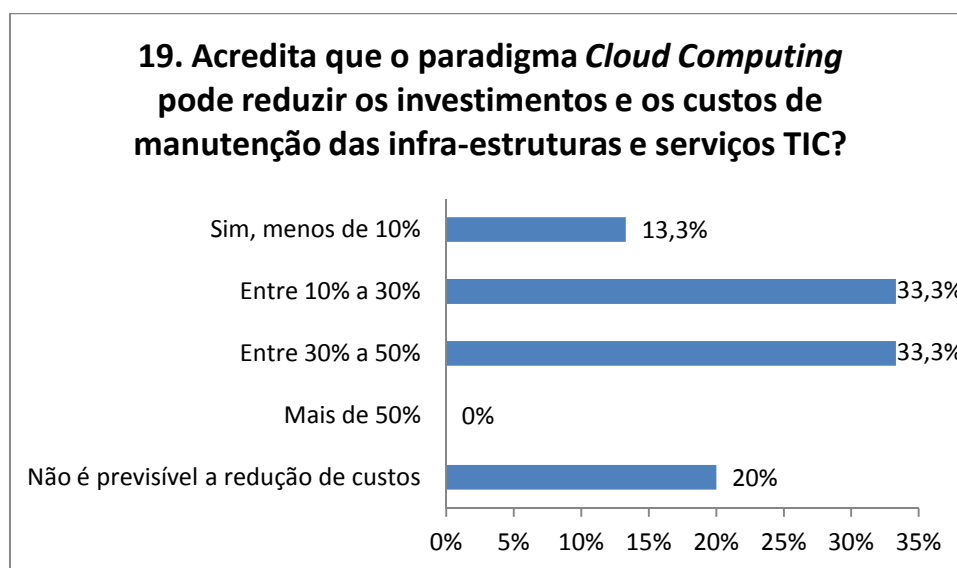
Por fim, quando questionadas sobre qual o modelo de disponibilização de serviços implementado (Figura 37), 62,5% das instituições responderam “*Private Cloud*”. Tendo em consideração os três maiores receios indicados pelas instituições (questão 28), não é surpresa que o modelo “*private cloud*” seja aquele que reúne consenso. Apenas 25% dos respondentes indicou o modelo “*public cloud*”, enquanto 12,5% apostou no modelo “*community cloud*”. O modelo “*hybrid cloud*” não se encontra implementado em nenhuma destas instituições.



**Figura 37** Gráfico circular dos modelos de disponibilização de serviços *Cloud Computing* que se encontram implementados nas instituições.

## 5.2.2. INSTITUIÇÕES QUE PONDERAM A UTILIZAÇÃO DE SERVIÇOS *CLOUD COMPUTING*

Das 35 instituições que responderam não utilizar serviços *Cloud Computing*, 15 ponderam sobre a sua adopção. Quando questionadas sobre a possibilidade deste paradigma poder reduzir os investimentos e os custos de manutenção das infra-estruturas e serviços TIC (Figura 38), 33,3% dos respondentes acreditam que as reduções rondam os 10 a 30% e outros 33,3% acreditam que rondam entre os 30 a 50%. Existe ainda um número significativo de instituições (20%) que afirmam não prever qualquer redução de custos.



**Figura 38** Gráfico de barras com as percentagens de reduções de investimentos que as instituições acreditam alcançar com a adopção de *Cloud Computing*.

As instituições foram questionadas quanto às reduções expectáveis para um conjunto diversificado de áreas. Constatou-se que em todas as áreas, excepto a última da Tabela 22, que as instituições esperam que hajam reduções na sua maioria entre os 10 e os 40%. A única área para a qual não existe uma redução expectável por parte da maioria das instituições é a área de formação.

**Tabela 22 Valores de reduções de custos expectáveis pelas instituições num conjunto de áreas variadas.**

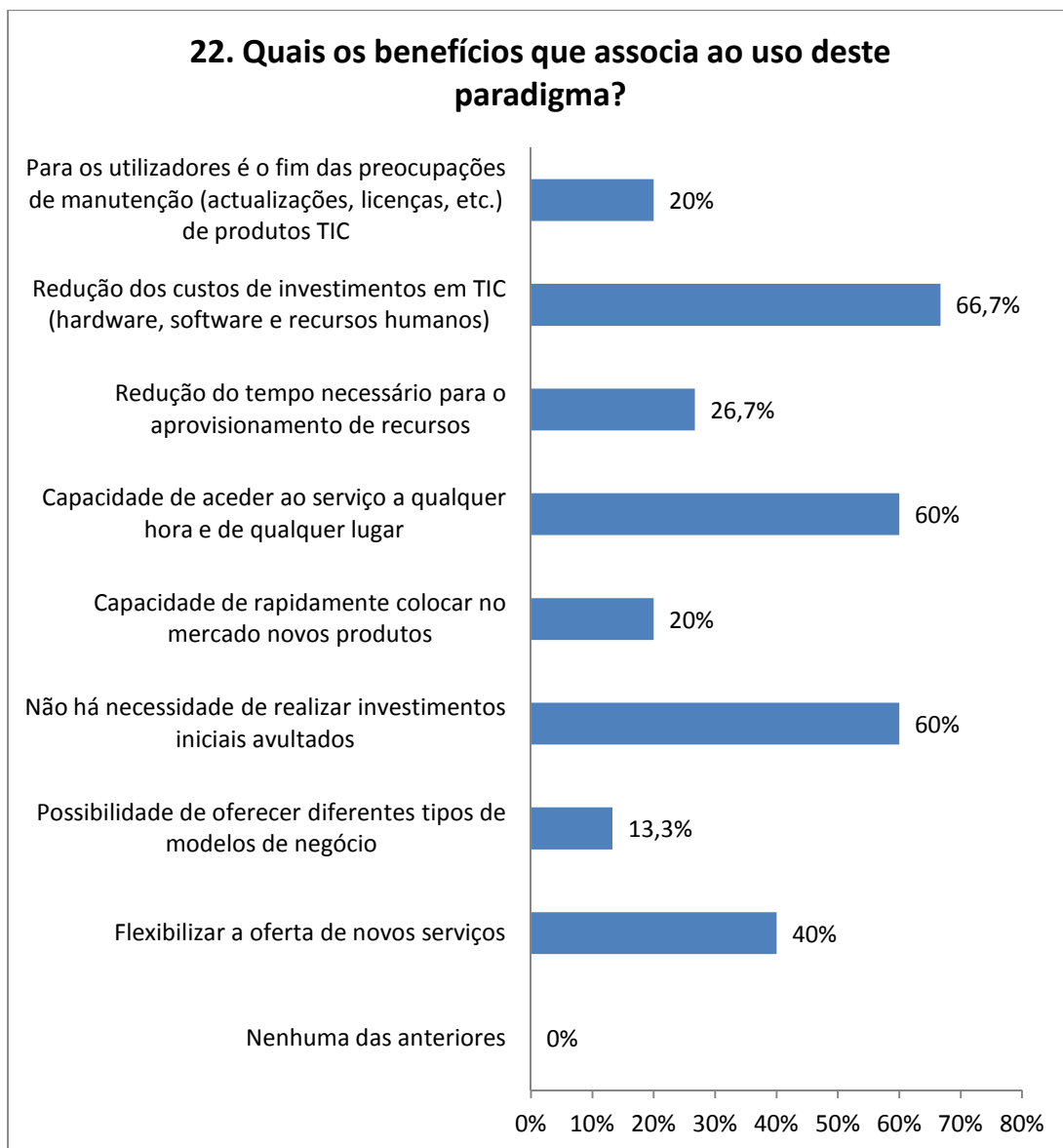
	Não existe redução expectável	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%	
Consolidação dos servidores	13,3%	20%	40%	26,7%	0%	% de respondentes
Redução do consumo de energia eléctrica	13,3%	13,3%	26,7%	26,7%	20%	
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	13,3%	20%	26,7%	26,7%	13,3%	
Redução de custos associados às instalações	20%	20%	20%	20%	20%	
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos	13,3%	20%	20%	33,3%	13,3%	
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>	13,3%	6,7%	40%	33,3%	6,7%	
Redução do número de administradores de máquinas e serviços	20%	20%	33,3%	26,7%	0%	
Redução de custos com treino de pessoal	40%	33,3%	6,7%	20%	0%	

Em relação às áreas onde as reduções não são financeiras (Tabela 23), todas as instituições acreditam que podem beneficiar com a adopção de *Cloud Computing* apesar de na sua grande maioria ser abaixo dos 10%.

**Tabela 23 Valores de ganhos percentuais expectáveis pelas instituições num conjunto de áreas variadas.**

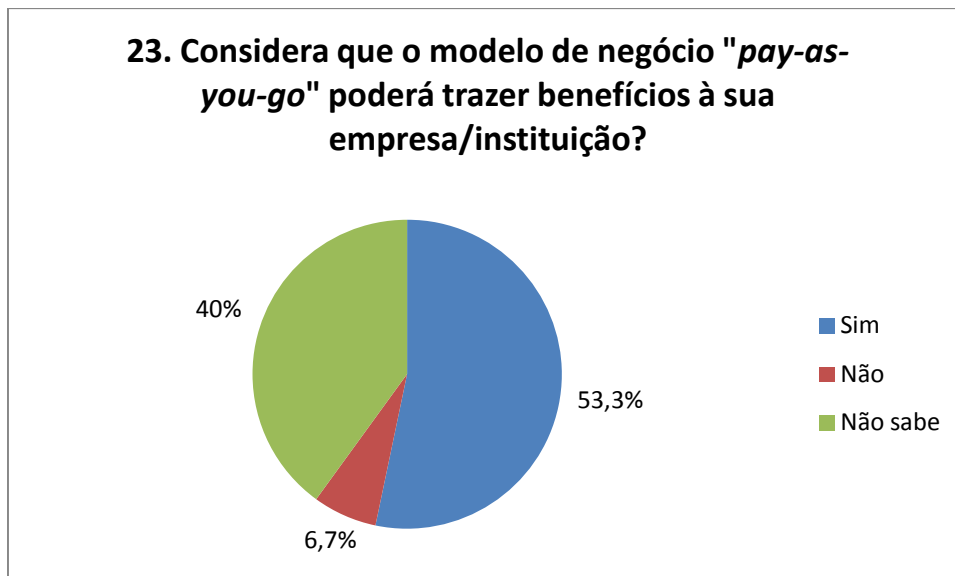
	Não existem ganhos expectáveis	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%	
Aumento da produtividade e da eficiência	26,7%	26,7%	20%	26,7%	0%	% de respondentes
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	13,3%	33,3%	20%	26,7%	6,7%	
Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	13,3%	33,3%	20%	6,7%	26,7%	
Aumento da utilização dos equipamentos	26,7%	6,7%	33,3%	26,7%	6,7%	

No que diz respeito aos benefícios que associam ao uso de *Cloud Computing* (Figura 39), 66,7% das instituições têm a expectativa que a redução de custos de investimentos em TIC represente o maior benefício deste paradigma. No entanto, 60% das escolhas recaíram sobre a disponibilidade e ubiquidade do serviço, como também de não serem exigidos investimentos iniciais avultados. De notar que a passagem da responsabilidade de manutenção de produtos TIC dos utilizadores para os fornecedores de serviços não se encontra entre os benefícios que as instituições mais associam a este paradigma, sendo apenas considerado como um verdadeiro benefício por 20% das instituições.



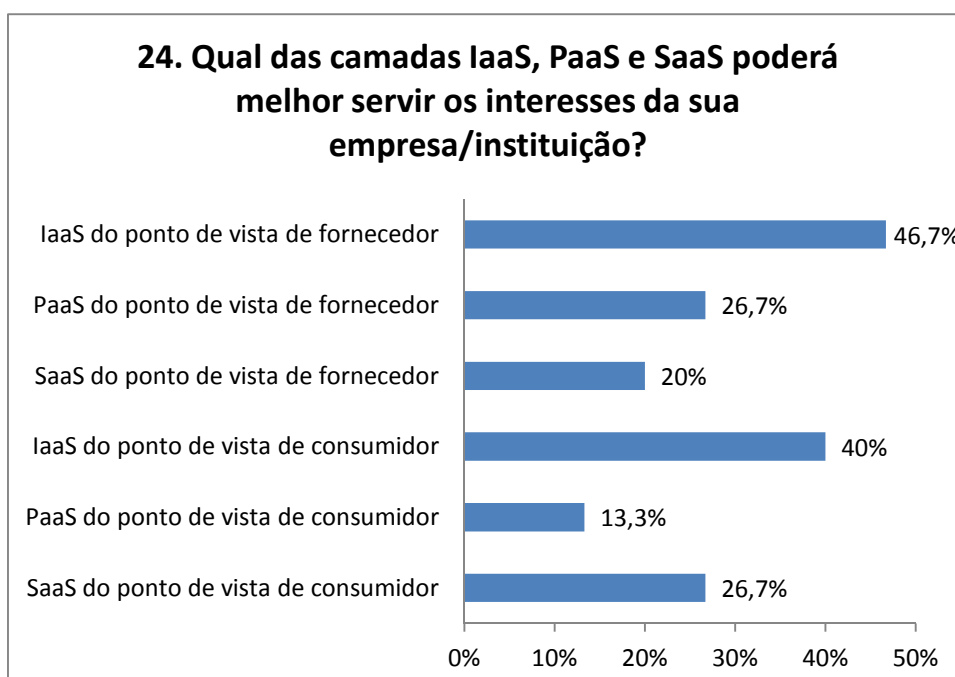
**Figura 39** Gráfico de barras dos benefícios que as instituições associam ao uso do paradigma *Cloud Computing*.

Questionadas sobre se consideram o modelo “*pay-as-you-go*” benéfico (Figura 40), 53,3% responderam que sim, 6,7% responderam que não e 40% não sabem.



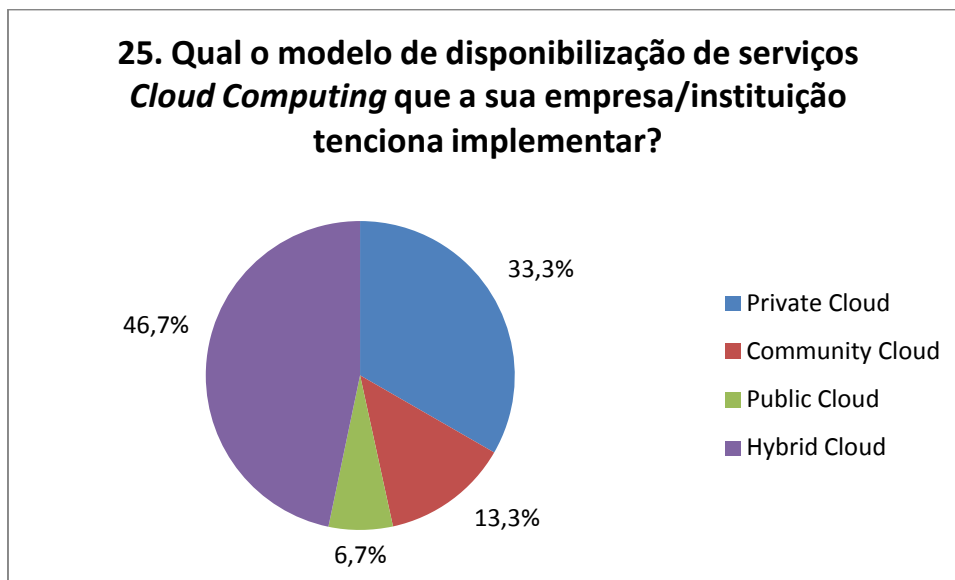
**Figura 40** Gráfico circular com as percentagens das instituições que consideram que o modelo de negócio “pay-as-you-go” traz ou não benefícios.

Em termos de tipos de serviços que melhor podem servir os seus interesses (Figura 41), 46,7% responderam a camada IaaS do ponto de vista de fornecedor, enquanto 40% responderam a mesma camada mas como consumidor. A camada PaaS do ponto de vista do consumidor foi a opção menos escolhida (13,3%).



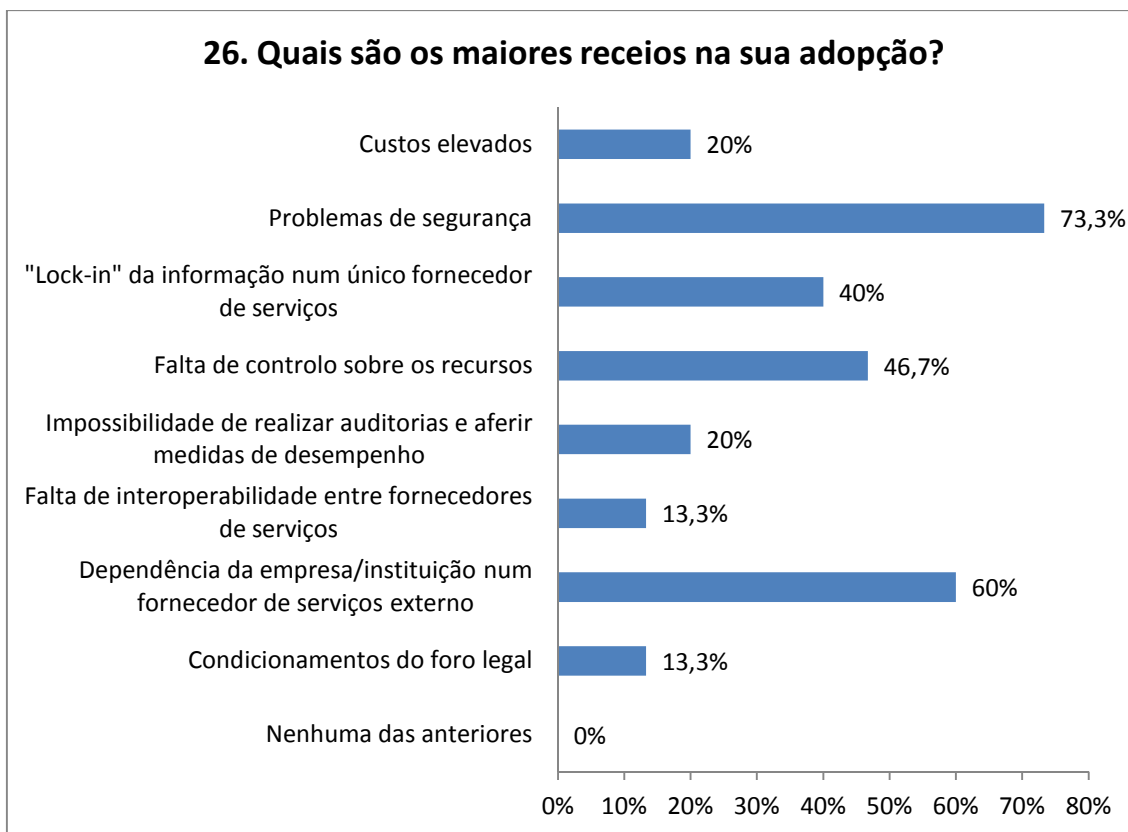
**Figura 41** Gráfico de barras das camadas que melhor poderão servir os interesses das instituições.

No que concerne ao modelo de disponibilização de serviços a ser implementado (Figura 42), o modelo “*hybrid cloud*” foi o que reuniu a maior preferência por parte dos utilizadores tendo obtido uma “fatia” de 46,7%. Pode-se concluir que apesar das instituições não abdicarem de colocar os seus dados mais críticos numa nuvem privada, estão dispostas a usar serviços públicos de *Cloud Computing*. O modelo “*public cloud*” é aquele que menos atrai as instituições, com uma “fatia” de apenas 6,7%.



**Figura 42 Gráfico circular dos modelos de disponibilização de serviços que as instituições tencionam implementar.**

Por fim, questionadas sobre quais os maiores receios na adopção deste paradigma (Figura 43), 73,3% indicaram problemas de segurança como o maior entrave à utilização de serviços *Cloud Computing*. 60% das instituições é renitente em ficar dependente de um único fornecedor de serviços (externo) e 46,7% refere a falta de controlo sobre os recursos utilizados como um entrave à adopção deste paradigma. De notar que a falta de interoperabilidade entre fornecedores de serviços não se encontra no topo das preocupações das instituições, reunindo apenas 13,3% das indicações.



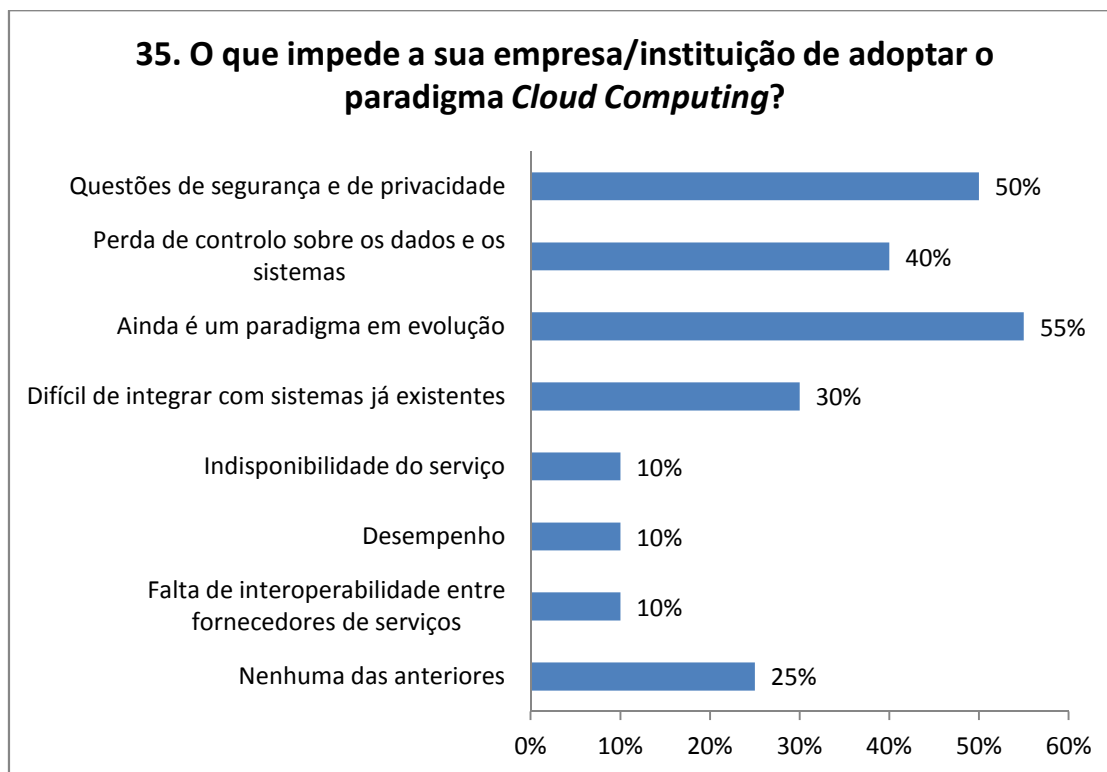
**Figura 43 Gráfico de barras dos maiores receios que as instituições possuem na adoção do paradigma *Cloud Computing*.**

Uma análise comparativa entre as respostas das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing* e as respostas das instituições que ponderam a sua utilização, revela a existência de realidades distintas. A expectativa de redução de custos por parte destas últimas é muito maior do que aquela que se verifica efectivamente nas instituições que utilizam serviços deste paradigma. Uma das razões possíveis é que a avaliação das instituições que ponderam o seu uso pode estar condicionada ao que é habitualmente vinculado pela comunicação social, como também em alguma literatura científica que apresenta as potenciais vantagens/desvantagens deste paradigma.

### **5.2.3. INSTITUIÇÕES QUE NÃO UTILIZAM NEM PONDERAM UTILIZAR SERVIÇOS *CLOUD COMPUTING*.**

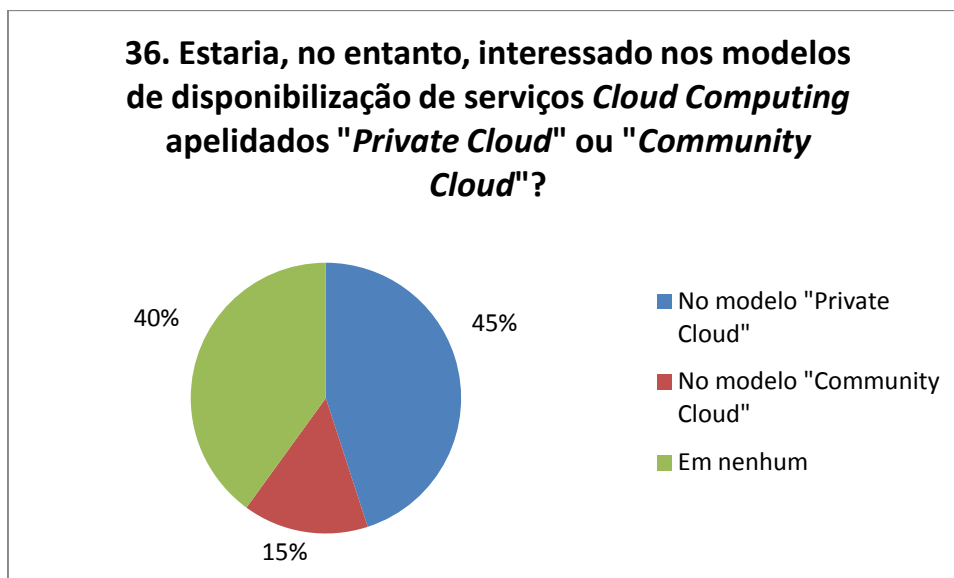
As instituições que responderam que não utilizam nem ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing* (20 das 43) foram questionadas sobre quais as razões que as impedem de adoptar este paradigma (Figura 44). A razão mais comum é que o *Cloud Computing* é um paradigma em evolução, com 55%, reflectindo alguma desconfiança face aos reais benefícios que este pode vir a oferecer. Questões relacionadas com a segurança e a privacidade surgem

em segundo lugar, com 50%, uma vez que esta é uma das áreas que publicamente se reconhece limitações face ao uso das tecnologias tradicionais. Ainda 40% das instituições referiram a perda de controlo sobre os dados e os sistemas. Finalmente, a falta de interoperabilidade entre fornecedores de serviços continua a não ser uma das razões principais para a não adopção deste paradigma: apenas 10% das instituições indicaram este motivo.



**Figura 44** Gráfico de barras dos obstáculos que impedem as instituições de adoptarem o paradigma *Cloud Computing*.

Por fim, as instituições eram questionadas sobre o seu interesse nos modelos de disponibilização apelidados “*Private Cloud*” ou “*Community Cloud*” (Figura 45). Apesar de não ponderarem o uso de *Cloud Computing*, 45% das instituições estariam dispostas a “apostar” num modelo “*private cloud*” e apenas 15% num modelo “*community cloud*”. 40% das instituições responderam que não estão interessadas em nenhum dos modelos, rejeitando assim por completo a adopção deste paradigma.



**Figura 45** Gráfico circular com as percentagens das instituições que têm interesse na implementação dos modelos de disponibilização de serviços “*private cloud*” e “*community cloud*”.

Pode-se especular que este grupo de respondentes revela alguma falta de conhecimento sobre este paradigma (e.g. não associam o serviço de Gmail™ à “*cloud*”), assim como, falta de eficácia na disseminação do paradigma e talvez no leque de soluções oferecidas não se adequarem ao que as instituições sentem ser necessário.

### **5.3. AVALIAÇÃO DO ROI**

A avaliação do ROI foi realizada para dois grupos distintos de respondentes: instituições que utilizam serviços *Cloud Computing* e instituições que ponderam o seu uso. No primeiro caso, os valores apresentados são estimativos, eventualmente conservadores, usando a formulação do ROI apresentada na próxima secção, e com base nos indicadores e métricas seleccionadas através da análise das respostas dadas ao questionário por este grupo de instituições. Quanto ao segundo caso, o valor estimado será o esperado, pois os dados traduzem claramente a expectativa das instituições deste grupo. Quanto às instituições que não utilizam serviços deste paradigma, estas não foram consideradas na avaliação do ROI, apenas na análise dos dados recolhidos (questionário) e que revelam a penetração do paradigma *Cloud Computing* no universo do ensino superior português.

A avaliação realizada seguiu a metodologia apontada anteriormente: divisão do retorno de investimento em dois tipos – ROI financeiro e ROI não financeiro – cada um contemplando

um conjunto de áreas distintas. Para cada área foram identificados indicadores e, por conseguinte, o conjunto de métricas a aplicar.

### 5.3.1. FORMULAÇÃO DO CÁLCULO DO ROI

Como se constata pela análise do questionário, todas as questões referentes ao ROI financeiro traduzem apenas reduções de custos. Assim, apenas se está a tratar de investimentos e respectivas reduções: se antes de utilizarem *Cloud Computing* as instituições investiam um valor  $\alpha$ , com a sua utilização passarem apenas a investir  $\gamma$ , reduzindo assim custos de investimento. No entanto, segundo a expressão (1), o cálculo do ROI admite a existência de um ganho. No estudo realizado só foram considerados ganhos não financeiros, que não se aplicam directamente na avaliação do ROI financeiro.

Dada a natureza das instituições respondentes, a noção de ganho decorrente de um investimento é, nesta área, de difícil avaliação. Por definição, a comercialização de serviços TIC não se enquadra no âmbito da actividade das instituições de ensino superior portuguesas. Estes permitem às instituições prosseguirem os seus objectivos, não sendo um objectivo por si só, ou seja, os serviços TIC não pretendem ser bens transaccionáveis. A formalização deste requisito passa por considerar o ganho do investimento em (1) como sendo a variável dependente, função do ROI e do investimento.

Considere-se (12) no âmbito do cenário tradicional TIC,

$$ROI_{TIC} = \frac{g_{TIC}^{inv} - c_{TIC}^{inv}}{c_{TIC}^{inv}} \quad (12)$$

De forma análoga a expressão do ROI de *Cloud Computing* é dada por:

$$ROI_{CC} = \frac{g_{CC}^{inv} - c_{CC}^{inv}}{c_{CC}^{inv}} \quad (13)$$

Considerando então que o ganho do investimento em *Cloud Computing* se relaciona com o ganho do investimento no cenário tradicional (TIC) através de uma relação linear (14) parametrizada através de  $\alpha$  e  $\beta$ :  $\alpha$  revela a evolução relativa dos dois ganhos ao longo do tempo; e  $\beta$  a transição entre diferentes níveis de ganho devido à aplicação do paradigma *Cloud Computing* da forma que se apresenta na Figura 46.

$$g_{CC}^{inv} = g_{TIC}^{inv} \times \alpha + \beta \quad (14)$$

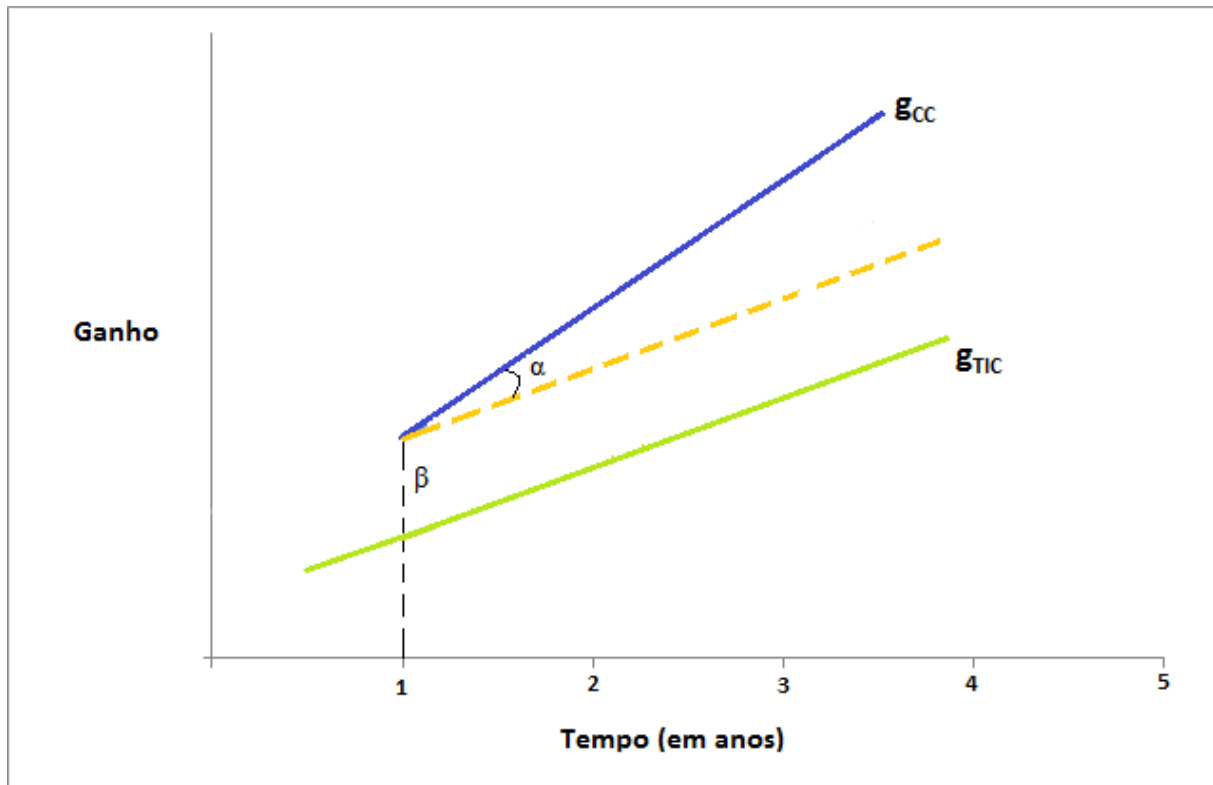


Figura 46 Evolução relativa de  $g_{CC}^{inv}$  e  $g_{TIC}^{inv}$  segundo os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ .

Substituindo (14) em (13) obtém-se:

$$ROI_{CC} = \frac{g_{TIC}^{inv} \times \alpha + \beta}{c_{CC}^{inv}} - 1 \quad (15)$$

Resolvendo (12) em ordem  $g_{TIC}^{inv}$ :

$$g_{TIC}^{inv} = (ROI_{TIC} + 1) \times c_{TIC}^{inv} \quad (16)$$

Substituindo (16) em (15):

$$ROI_{CC} = \frac{(ROI_{TIC} + 1) \times c_{TIC}^{inv} \times \alpha + \beta}{c_{CC}^{inv}} - 1 \quad (17)$$

Sendo a variação do investimento dada pela expressão (18)

$$\Delta c_{\%}^{inv} = \frac{c_{TIC}^{inv} - c_{CC}^{inv}}{c_{TIC}^{inv}} \quad (18)$$

então manipulando (18) obtém-se

$$1 - \Delta c_{\%}^{inv} = \frac{c_{CC}^{inv}}{c_{TIC}^{inv}} \quad (19)$$

Para  $\alpha = 1$  e  $\beta = 0$ , ou seja, o ganho de *Cloud Computing* é igual ao ganho inicial (TIC) a expressão (17) transforma-se em (20).

$$ROI_{CC} = \frac{(ROI_{TIC} + 1) \times c_{TIC}^{inv}}{c_{CC}^{inv}} - 1 = ROI_{TIC} \frac{c_{TIC}^{inv}}{c_{CC}^{inv}} + \frac{c_{TIC}^{inv} - c_{CC}^{inv}}{c_{CC}^{inv}} \quad (20)$$

Por fim, substituindo (19) em (20) obtém-se a expressão (21) que relaciona o ROI inicial (TIC) com o ROI após o investimento em *Cloud Computing* através da variação do investimento (em percentagem).

$$ROI_{CC} = \frac{ROI_{TIC} + \Delta c_{\%}^{inv}}{1 - \Delta c_{\%}^{inv}} \quad (21)$$

Através de (21), e partindo do ROI para a situação inicial (TIC), é possível inferir o ROI para *Cloud Computing*. O valor que se irá obter para o ROI *Cloud Computing* é conservador já que parte do pressuposto de que não existem ganhos associados ao *Cloud Computing* (o ganho é o mesmo para o caso das TIC, isto é,  $\alpha = 1$  e  $\beta = 0$ ), apenas irá revelar a contribuição da redução dos custos.

### 5.3.2. INSTITUIÇÕES QUE UTILIZAM SERVIÇOS *CLOUD COMPUTING*

Os indicadores e respectivas métricas incluídas na avaliação do ROI, no âmbito do grupo das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*, derivaram, das questões 31 e 32 do questionário; quanto às métricas, estas foram identificadas através das respostas dadas às mesmas questões. Para cada um dos indicadores utilizou-se a medida de tendência central “moda” para identificar qual ou quais as métricas que reuniam maior consenso por parte dos respondentes. Nas tabelas seguintes (Tabela 24 e Tabela 25), encontram-se os indicadores e respectivas métricas para cada área contemplada no ROI financeiro e não financeiro, respectivamente.

**Tabela 24 Indicadores e respectivas métricas de redução de custos das diversas áreas que compõem o ROI financeiro das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*.**

ROI Financeiro		
Áreas	Indicadores	Métricas (segundo a moda)
<b>Instalações</b>	Redução de custos associados às instalações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
	Consolidação de servidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> <li>• 10% a 40%</li> </ul>
<b>Hardware</b>	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>hardware</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> </ul>
	Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> </ul>
<b>Energia</b>	Redução do consumo de energia eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
<b>Software</b>	Redução do número de licenças de sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> </ul>
<b>Recursos Humanos</b>	Redução do número de administradores de máquinas e serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> </ul>
	Redução de custos com treino de pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer redução</li> </ul>

**Tabela 25 Indicadores e respectivas métricas de ganho das diversas áreas que compõem o ROI não financeiro das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*.**

ROI Não Financeiro		
Áreas	Indicadores	Métricas (segundo a moda)
<b>Administração de Sistemas</b>	Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer ganho</li> </ul>
<b>Produtividade</b>	Aumento da produtividade e da eficiência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não houve qualquer ganho</li> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
	Aumento da utilização dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos de 10%</li> <li>• 10% a 40%</li> </ul>

Como é possível constatar, para muitos dos indicadores de ambos os ROIs não ocorreram reduções significativas de custos, como também ganhos apreciáveis. Assim, e para estes casos, concluiu-se que o paradigma *Cloud Computing* não se traduziu em qualquer benefício quantificável. Para os restantes indicadores verifica-se que existem duas métricas a si associadas: uma que quantifica reduções de custos ou ganhos e outra que revela que não há qualquer variação a registar (sendo a exceção o indicador “Aumento da utilização dos equipamentos” que revela a existência de duas métricas de ganho). Se por um lado é necessário ter em conta essa redução de custos obtida para o cálculo do ROI, por outro é preciso ter em consideração que existem instituições para as quais esse indicador de avaliação da introdução do paradigma *Cloud Computing* não revela qualquer benefício. Com o intuito de não desvirtuar as respostas obtidas, a solução encontrada para modelizar tal situação foi a seguinte:

- Para as métricas cuja gama de valores traduziam uma redução de custos ou um ganho, calculou-se o valor médio dessa gama. Por exemplo, para a métrica “Menos de 10%” o valor médio é de 5%;
- Para a métrica que não reflectisse qualquer ganho ou redução de custos, o seu valor percentual foi 0%;
- Por fim, foi calculada a média das médias para cada métrica. Por exemplo, a métrica “Menos de 10%” tem valor médio de 5% e a métrica “Não houve qualquer redução” tem o valor 0%. A média dos dois valores é de 2,5%. Este é o valor do ganho percentual considerado para o respectivo indicador. Esta metodologia de cálculo poderá ser considerada conservadora.

Para os indicadores do ROI não financeiro determinaram-se ganhos percentuais, mas que não reflectem ganhos monetários. São ganhos quantificáveis em termos percentuais mas que a sua ponderação na criação de valor monetário noutras áreas são de análise complexa. Nas tabelas seguintes (Tabela 26 e Tabela 27) encontram-se resumidas informações de cada indicador por tipo de ROI em que os valores das variações percentuais do investimento ( $\Delta_{\%}^{inv}$ ) e os ganhos percentuais apresentados já contemplam a metodologia descrita anteriormente.

**Tabela 26 Percentagens de redução de custos dos indicadores do ROI financeiro das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*.**

ROI Financeiro		
Área	Indicador	$\Delta_{\%}^{inv}$
<b>Instalações</b>	Redução de custos associados às instalações	2,5%
<b>Hardware</b>	Consolidação de servidores	12,5%
<b>Energia</b>	Redução do consumo de energia eléctrica	5%
<b>Software</b>	Redução do número de licenças de sistemas operativos	2,5%

**Tabela 27 Percentagens de ganho dos indicadores do ROI não financeiro das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*.**

ROI Não Financeiro		
Área	Indicador	% de ganho
<b>Produtividade</b>	Aumento da produtividade e da eficiência	2,5%
	Aumento da utilização dos equipamentos	15%

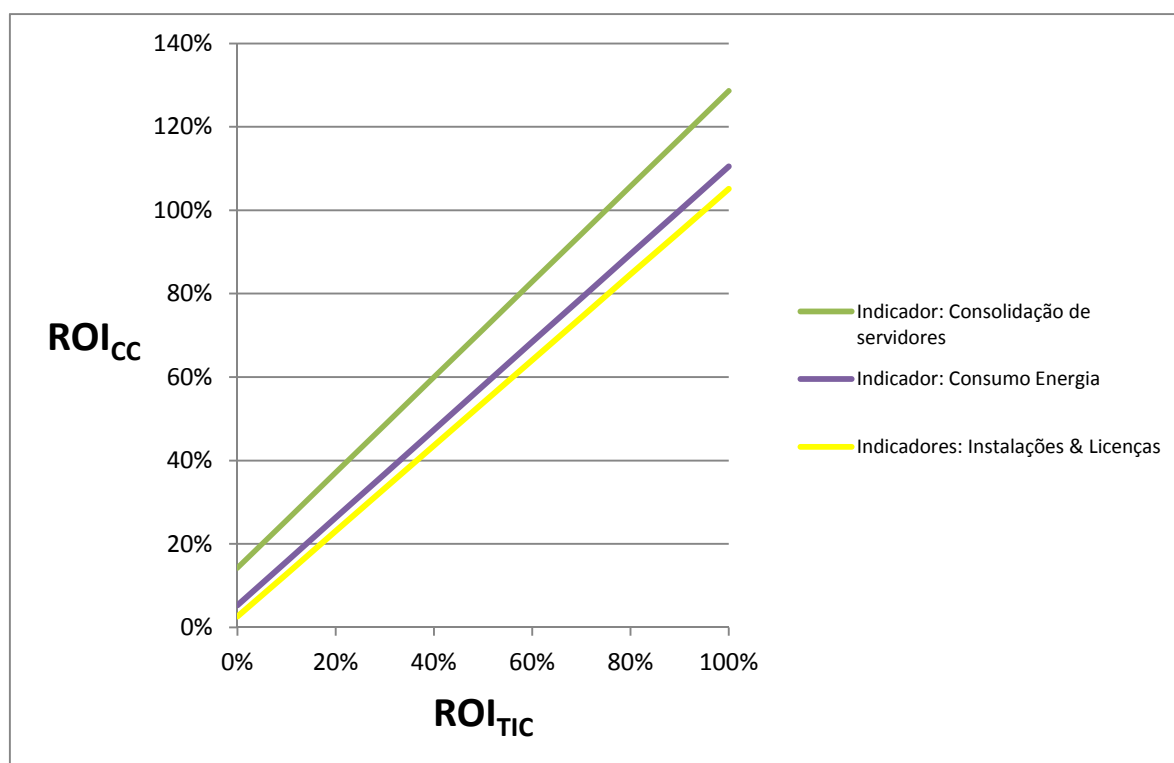
Para o caso do ROI não financeiro estima-se que exista um ganho de 2,5% no que concerne ao aumento da produtividade e da eficiência. No entanto, este valor só tem significado percentual. Não se traduz num valor de ganho monetário mas que pode ajudar na criação de valor noutras áreas. Contudo, e como já foi mencionado, essa análise não é realizada no âmbito deste trabalho. Em relação ao aumento da utilização dos equipamentos o ganho foi de 15%.

A área de “Aprovisionamento Automático” não se enquadra directamente em nenhum dos dois tipos de ROI. No entanto, verifica-se que as instituições revelam que obtiveram um ganho de 5% (Tabela 28). Sendo esta área o “elo de ligação” entre o ROI financeiro e o ROI não financeiro, é de difícil análise, pois influencia ambos os tipos de ROI. Assim sendo, o valor de ganho de 5% é meramente percentual e não é possível no âmbito deste trabalho determinar qual a sua contribuição para ambos os tipos de ROI.

**Tabela 28** Indicador e respectiva métrica de ganho da área de “Aprovisionamento Automático” das instituições que utilizam serviços *Cloud Computing*.

Outros Ganhos			
Área	Indicador	Métricas (segundo a moda)	% de ganho
Aprovisionamento Automático	Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	• Menos de 10%	5%

A expressão (21) foi utilizada para estimar o ROI sobre investimentos em *Cloud Computing*, em função do ROI sobre os investimentos em plataformas tradicionais, considerando individualmente cada um dos indicadores seleccionados e respectivas métricas de redução do investimento. Os resultados apresentam-se no gráfico da Figura 47<sup>18</sup>.

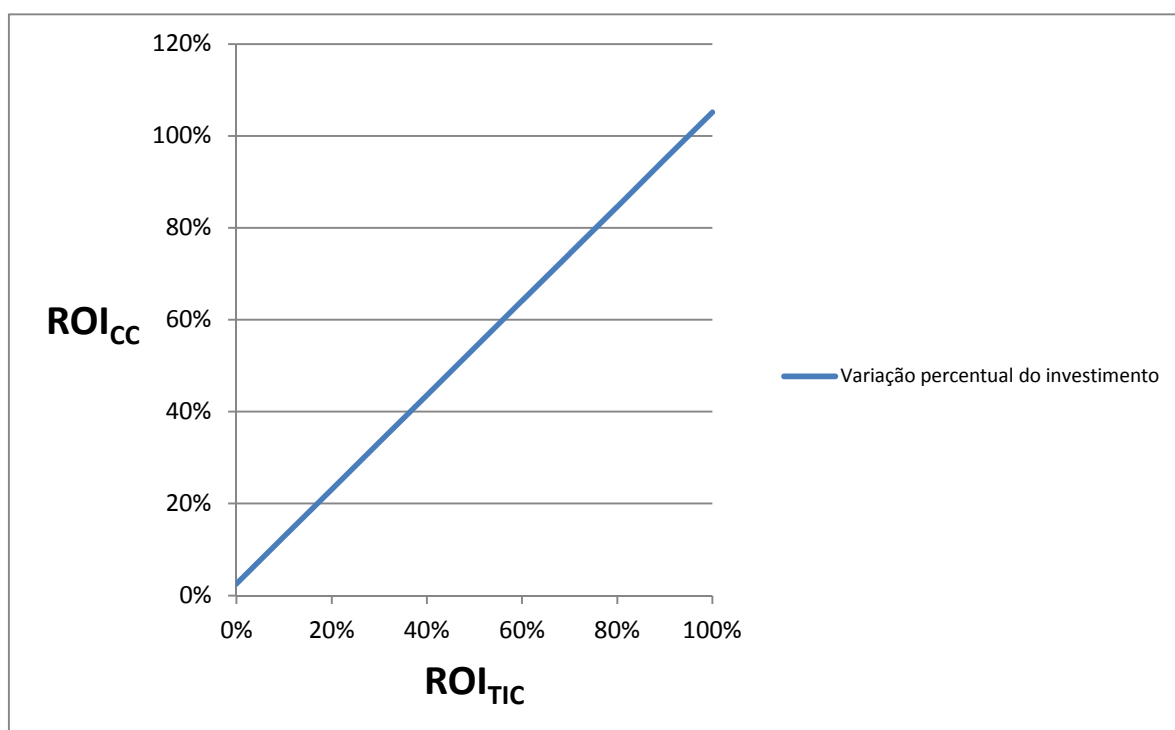


**Figura 47** Variações percentuais dos indicadores do ROI financeiro referente às instituições de ensino que utilizam serviços *Cloud Computing*.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Os indicadores “Instalações” e “Licenças” aparecem no gráfico representados pela mesma recta devido ao facto de ambos terem a mesma evolução no que ao ROI diz respeito.

<sup>19</sup> Nota: para o indicador “Licenças” considera-se que a redução de custos tem uma relação linear com a redução efectiva do número de licenças, ou seja,  $\Delta c_{\%}^{inv} = \Delta_N^{SO}$ , em que  $\Delta_N^{SO}$  representa a variação percentual da redução do número de licenças de sistemas operativos.

Com base na contribuição individual de cada indicador o ROI para investimentos em *Cloud Computing* é reduzido, com a exceção do indicador de “Consolidação de servidores” cujo valor já é significativo. Esta observação está em concordância com o valor estimado para o ROI no caso da questão número 29. Esta questão é relativa à variação percentual do investimento realizado no âmbito das TIC após a introdução deste paradigma. Utilizando a estatística da “moda” verifica-se que existe um “empate” entre dois tipos de resposta possíveis – “Diminuiu até 10%” e “Não ocorreu qualquer variação significativa”. Novamente, utilizando a metodologia de cálculo da média das médias dos valores das respostas, verifica-se que o investimento nas TIC diminuiu até 2,5%. Com esta variação obtém-se o gráfico que se apresenta na Figura 48.



**Figura 48** Variação percentual do ROI do investimento em *Cloud Computing* para as instituições que utilizam serviços deste paradigma.

### 5.3.3. INSTITUIÇÕES QUE PONDERAM UTILIZAR SERVIÇOS *CLOUD COMPUTING*

A metodologia para a criação de áreas, identificação dos respectivos indicadores e métricas para cada tipo de ROI deste grupo de instituições foi igual à apresentada para o grupo anterior. Nas tabelas seguintes (Tabela 29 e Tabela 30) encontram-se resumidas informações de cada indicador por tipo de ROI para este grupo de instituições.

**Tabela 29** Indicadores e respectivas métricas de redução de custos das diversas áreas que compõem o ROI financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.

ROI Financeiro		
Áreas	Indicadores	Métricas (segundo a moda)
<b>Instalações Físicas</b>	Redução de custos associados às instalações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existe redução expectável</li> <li>• Menos de 10%</li> <li>• 10% a 40%</li> <li>• 40% a 70%</li> <li>• Mais de 70%</li> </ul>
	Consolidação de servidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> </ul>
<b>Hardware</b>	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>hardware</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> </ul>
	Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> <li>• 40% a 70%</li> </ul>
<b>Energia</b>	Redução do consumo de energia eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> <li>• 40% a 70%</li> </ul>
<b>Software</b>	Redução do número de licenças de sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40% a 70%</li> </ul>
	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> </ul>
<b>Recursos Humanos</b>	Redução do número de administradores de máquinas e serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> </ul>
	Redução de custos com treino de pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existe redução expectável</li> </ul>

**Tabela 30 Indicadores e respectivas métricas de ganho das diversas áreas que compõem o ROI não financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.**

ROI Não Financeiro		
Áreas	Indicadores	Métricas (segundo a moda)
<b>Administração de Sistemas</b>	Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
<b>Produtividade</b>	Aumento da produtividade e da eficiência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existem ganhos expectáveis</li> <li>• Menos de 10%</li> </ul>
	Aumento da utilização dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% a 40%</li> </ul>

Aplicando o mesmo procedimento para a avaliação das percentagens de reduções de custos e de ganhos de cada indicador de ambos os ROIs, obteve-se os resultados das tabelas seguintes (Tabela 31 e Tabela 32).

**Tabela 31 Percentagens de redução de custos dos indicadores do ROI financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.**

ROI Financeiro		
Área	Indicador	$\Delta_{\%}^{inv}$
<b>Instalações</b>	Redução de custos associados às instalações	34%
	Consolidação de servidores	25%
<b>Hardware</b>	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>hardware</i>	25%
	Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	40%
<b>Energia</b>	Redução do consumo de energia eléctrica	40%
<b>Software</b>	Redução do número de licenças de sistemas operativos	55%
	Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i>	25%
<b>Recursos Humanos</b>	Redução do número de administradores de máquinas e serviços	25%

**Tabela 32 Percentagens de ganho dos indicadores do ROI não financeiro das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.**

ROI Não Financeiro		
Área	Indicador	% de ganho
Administração de Sistemas	Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	5%
	Aumento da produtividade e da eficiência	2,5%
Produtividade	Aumento da utilização dos equipamentos	25%

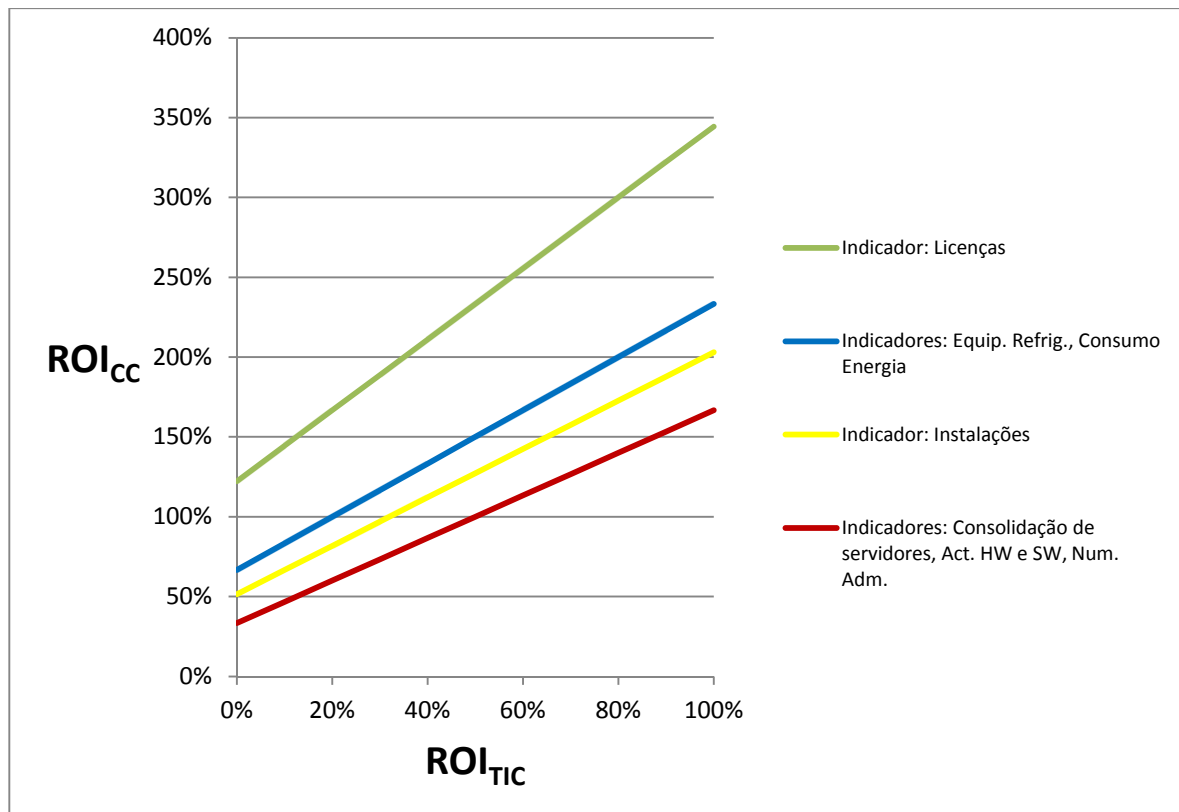
No caso do ROI não financeiro (Tabela 32), verifica-se que é expectável um ganho de 5% na área de “Administração de Sistemas” ao nível da flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços. No que diz respeito à área de “Produtividade” existe a expectativa de um aumento de produtividade e da eficiência de 2,5% e um aumento da utilização dos equipamentos na ordem dos 25%.

Na área de “Aprovisionamento Automático” (Tabela 33), existe uma expectativa de ganho de 5% por parte das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.

**Tabela 33 Indicador e respectiva métrica de ganho da área de “Aprovisionamento Automático” das instituições que ponderam a utilização de serviços *Cloud Computing*.**

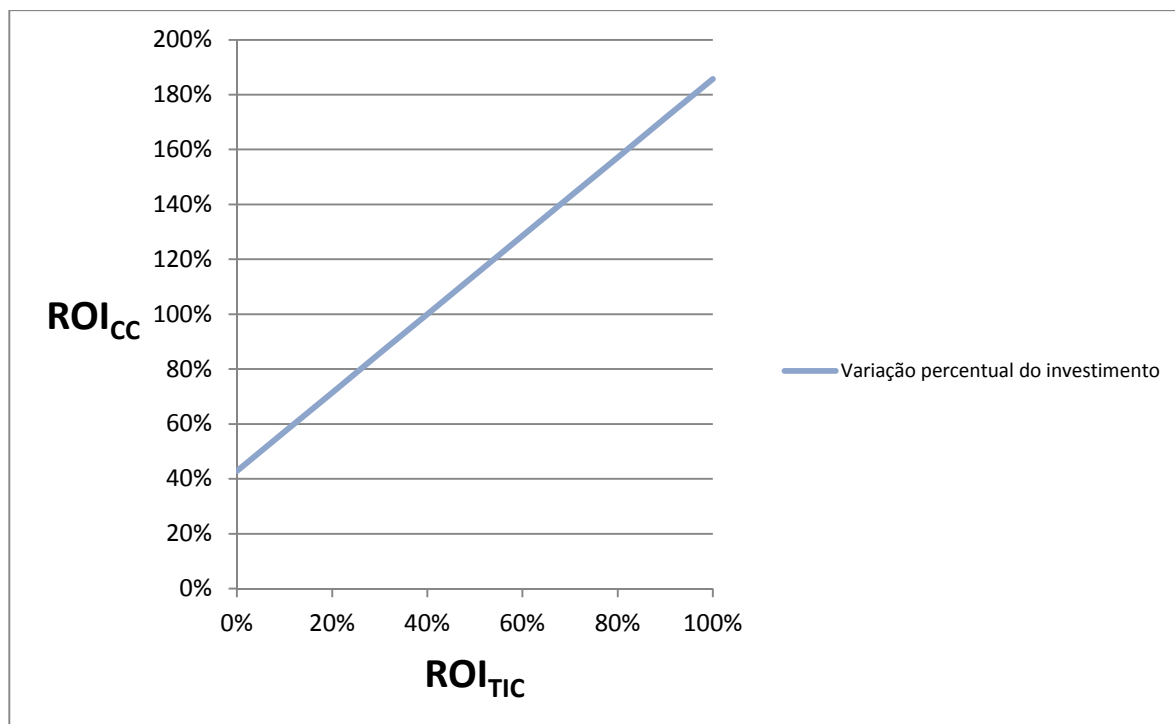
Outros Ganhos			
Área	Indicador	Métricas (segundo a moda)	% de ganho
Aprovisionamento Automático	Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menos de 10%</li> </ul>	5%

Novamente, foi utilizada a expressão (21) para estimar o ROI sobre investimentos em *Cloud Computing*, em função do ROI sobre os investimentos em plataformas tradicionais, considerando individualmente cada um dos indicadores seleccionados e respectivas métricas de redução do investimento. Os resultados são apresentados no gráfico da Figura 49.



**Figura 49** Variações percentuais dos indicadores do ROI financeiro referente às instituições de ensino que ponderam utilizar serviços *Cloud Computing*.

Com base na contribuição individual de cada indicador o ROI expectável para investimentos em *Cloud Computing* é elevado, principalmente para o indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” onde as instituições esperam ter a maior redução de custos. Esta observação está em concordância com o valor estimado para o ROI no caso da questão número 19. Esta questão é relativa à expectativa de redução dos investimentos e dos custos de manutenção das infra-estruturas realizados no âmbito das TIC após a introdução deste paradigma. Utilizando a estatística da “moda” verifica-se que existe um “empate” entre dois tipos de resposta possíveis – “Entre 10% a 30%” e “Entre 30% a 50%”. Novamente, utilizando a metodologia de cálculo da média das médias dos valores das respostas, verifica-se que as instituições têm expectativas de reduzir os investimentos nas TIC em 30%. Com esta variação obtém-se o gráfico que se apresenta na Figura 50.



**Figura 50** Variação percentual do ROI do investimento em *Cloud Computing* para as instituições que ponderam utilizar serviços deste paradigma.

#### 5.4. ANÁLISE CRÍTICA

Uma comparação entre a evolução do retorno do investimento para ambos os grupos de instituições mostra uma grande discrepância. Enquanto as instituições que ponderam utilizar serviços *Cloud Computing* revelam a expectativa de uma redução de custos significativa, as instituições que efectivamente utilizam serviços deste paradigma referem que essas reduções existem, mas são moderadas.

O questionário realizado permitiu avaliar algumas das variáveis consideradas relevantes para a caracterização da redução de custos que se podem obter com a introdução do paradigma *Cloud Computing*. No entanto, a leitura desses valores (atribuídos a algumas das variáveis) nem sempre foram de análise simples e por vezes revelaram incongruências. Para ilustrar esta questão propõe-se a seguinte análise relativa à situação das instituições de ensino que utilizam serviços *Cloud Computing*. Uma determinada instituição faz uso de 28 servidores Dell com as características que se apresentam na Tabela 34. Partindo da premissa que com a adopção do paradigma *Cloud Computing* a instituição conseguiu aumentar a percentagem de consolidação de servidores em 12,5%, reduzindo o número de servidores de 28 para 25, então o custo anual de consumo de energia deveria registar redução semelhante.

**Tabela 34 Características de um servidor Dell PowerEdge R210 II.**

Servidor Dell PowerEdge R210 II	
<b>Processador</b>	Intel Pentium G620, 2,60 GHz
<b>Memória</b>	16 GB, DDR3, 1333 MHz
<b>Disco</b>	500 GB, SATA, 7200 RPM
<b>Sistema Operativo</b>	Windows Server 2008 R2 SP1, Standard Edition
<b>Preço</b>	1 858 €

Considerando que cada servidor tem um consumo eléctrico (médio) de 153 W/h, ao final de um ano o custo associado ao consumo da energia eléctrica dos 28 servidores seria de 2 746,42 €, enquanto com 25 servidores seria de 2 452,16 € (para efeitos de cálculo considerou-se que o preço do kW/h é 0,0742 €.). Ou seja, seria de esperar uma redução de 10,7%. No entanto, a redução de custos em consumo energético, indicado pelas instituições, foi apenas de 5%.

A análise apresentada caracteriza-se por ser do tipo “mono-indicador”, revelando a dúvida sobre a eventual dependência entre os indicadores utilizados na análise do ROI. Partindo do princípio da independência entre indicadores, e usando para efeitos de exemplo os indicadores “Consolidação de servidores”, “Redução do consumo de energia eléctrica” e “Redução de custos associados às instalações”, formulou-se a expressão (22) que revela a necessidade de ponderar a variação percentual dada por cada indicador com a percentagem do investimento numa dada área face ao total. Esta é determinada a partir da expressão (18) que relaciona o investimento anterior com o investimento após a adopção de *Cloud Computing*.

$$\Delta c_{\%}^{inv} = \frac{c_{Ant}^{inv} - c_{Novo}^{inv}}{c_{Ant}^{inv}} \quad (22)$$

Seguidamente procede-se à decomposição da variação do investimento nas diferentes componentes, ou seja, pelos indicadores considerados.

$$Redução_{\%}^{Consolidação\ Servidores} = \Delta c_{\%}^{inv\ cs} = \frac{c_{Ant}^{inv\ cs} - c_{Novo}^{inv\ cs}}{c_{Ant}^{inv\ cs}} \quad (23)$$

$$Redução_{\%}^{Custos\ Energia\ Eléctrica} = \Delta c_{\%}^{inv\ ee} = \frac{c_{Ant}^{inv\ ee} - c_{Novo}^{inv\ ee}}{c_{Ant}^{inv\ ee}} \quad (24)$$

$$Redu\c{c}a\~{o}_{\%}^{Custos\ Instalac\~{o}es} = \Delta c_{\%}^{inv\ i} = \frac{c_{Ant}^{inv\ i} - c_{Novo}^{inv\ i}}{c_{Ant}^{inv\ i}} \quad (25)$$

Substituindo (23), (24) e (25) em (22) resulta (26).

$$\Delta c_{\%}^{inv} = \frac{c_{Ant}^{inv} - c_{Novo}^{inv}}{c_{Ant}^{inv}} = \Delta c_{\%}^{inv\ cs} \times \frac{c_{Ant}^{inv\ cs}}{c_{Ant}^{inv}} + \Delta c_{\%}^{inv\ ee} \times \frac{c_{Ant}^{inv\ ee}}{c_{Ant}^{inv}} + \Delta c_{\%}^{inv\ i} \times \frac{c_{Ant}^{inv\ i}}{c_{Ant}^{inv}} \quad (26)$$

Substituindo (26) em (21) e introduzindo os valores das varia\c{c}o\~{e}s percentuais de investimento de cada indicador utilizado resulta (27).

$$ROI_{CC} = \frac{ROI_{TIC} + 0,125 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ cs}}{c_{Ant}^{inv}} + 0,05 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ ee}}{c_{Ant}^{inv}} + 0,025 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ i}}{c_{Ant}^{inv}}}{1 - 0,125 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ cs}}{c_{Ant}^{inv}} - 0,05 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ ee}}{c_{Ant}^{inv}} - 0,025 \times \frac{c_{Ant}^{inv\ i}}{c_{Ant}^{inv}}} \quad (27)$$

Nesta fase do estudo julga-se que a mera combina\c{c}\~{a}o linear evidenciada por (26) \u00e9 uma aproxima\c{c}\~{a}o da realidade, porque a consolida\c{c}\~{a}o de servidores dever\~{a} conduzir a ganhos (depend\~{e}ncia), quer no que diz respeito ao espa\c{c}o utilizado, quer na redu\c{c}\~{a}o do consumo de energia. Logo, o uso de (26) ou (27) ter\~{a} que ser cuidadoso, pois pode n\~{a}o traduzir a realidade: se por um lado \u00e9 natural que as institui\c{c}\~{o}es n\~{a}o alterem a localiza\c{c}\~{a}o do seu *data center* devido aos custos que isso acarretaria (independ\~{e}ncia entre indicadores), por outro lado \u00e9 poss\u00edvel pensar em consolida\c{c}\~{a}o de *data centers*, ou seja, pode ser vi\~{a}vel a instala\c{c}\~{a}o de servidores de diferentes servi\c{c}os no mesmo local (conduzindo \u00e0 depend\~{e}ncia entre indicadores). Atrav\u00e9s desta an\~{a}lise simples conclui-se que as rela\c{c}\~{o}es de depend\~{e}ncia existem, mas que podem revelar-se de forma distinta consoante o caso em estudo.

Em rela\c{c}\~{a}o ao indicador “Redu\c{c}\~{a}o do n\u00famero de licen\c{c}as de sistemas operativos”, considerou-se que existia uma propor\c{c}\~{a}o entre as redu\c{c}\~{o}es de custos e a respectiva redu\c{c}\~{a}o do n\u00famero de licen\c{c}as. Contudo, al\u00e9m disso poder\~{a} ocorrer um ganho devido a essa propor\c{c}\~{a}o n\~{a}o afectar igualmente todos os tipos de licen\c{c}as utilizadas. Para tal, considere-se N o n\u00famero de licen\c{c}as antes da adop\c{c}\~{a}o de *Cloud Computing* e  $c_{TIC}^{inv}$  o custo associado a essas licen\c{c}as. Com a utiliza\c{c}\~{a}o de um modelo *Cloud Computing* o n\u00famero de licen\c{c}as passou a ser M e o seu custo associado  $c_{CC}^{inv}/\rho$ . Num cen\~{a}rio de m\u00faltiplos sistemas operativos  $\rho$  revela a evolu\c{c}\~{a}o relativa dos dois custos devido \u00e0 redu\c{c}\~{a}o do n\u00famero de licen\c{c}as n\~{a}o ser id\~{e}ntica em todos os tipos de licen\c{c}as. Assim sendo, o novo custo \u00e9 dado por:

$$c_{CC}^{inv} = \frac{M}{N} \times c_{TIC}^{inv} \times \rho \quad (28)$$

Sendo a variação percentual do número de licenças dada pela expressão:

$$\Delta_N^{SO} = \frac{N - M}{N} \quad (29)$$

Manipulando (29) obtém-se:

$$1 - \Delta_N^{SO} = \frac{M}{N} \quad (30)$$

Substituindo (30) em (28):

$$c_{CC}^{inv} = (1 - \Delta_N^{SO}) \times c_{TIC}^{inv} \times \rho \quad (31)$$

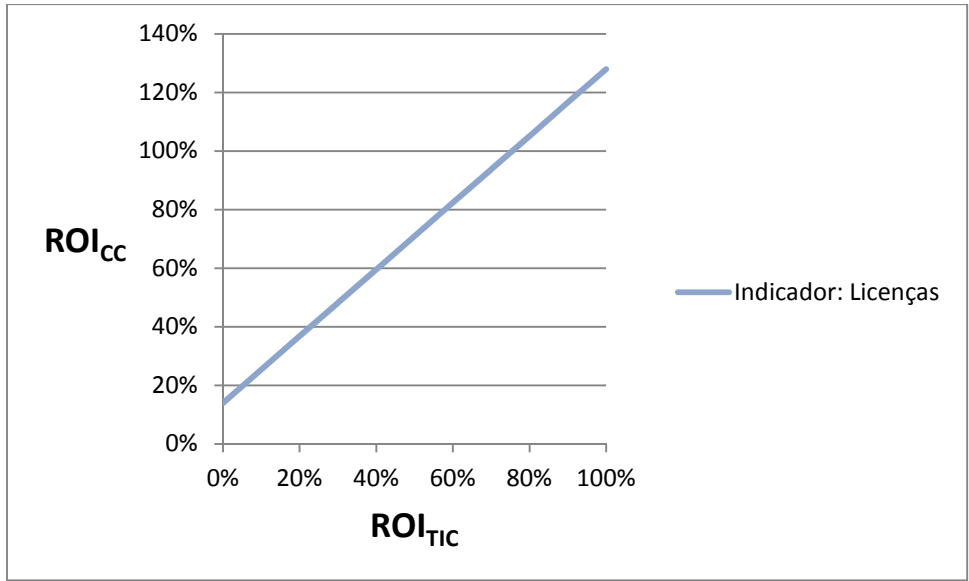
Tendo em conta a expressão (18):

$$\Delta c_{\%}^{inv} = 1 - \rho(1 - \Delta_N^{SO}) \quad (32)$$

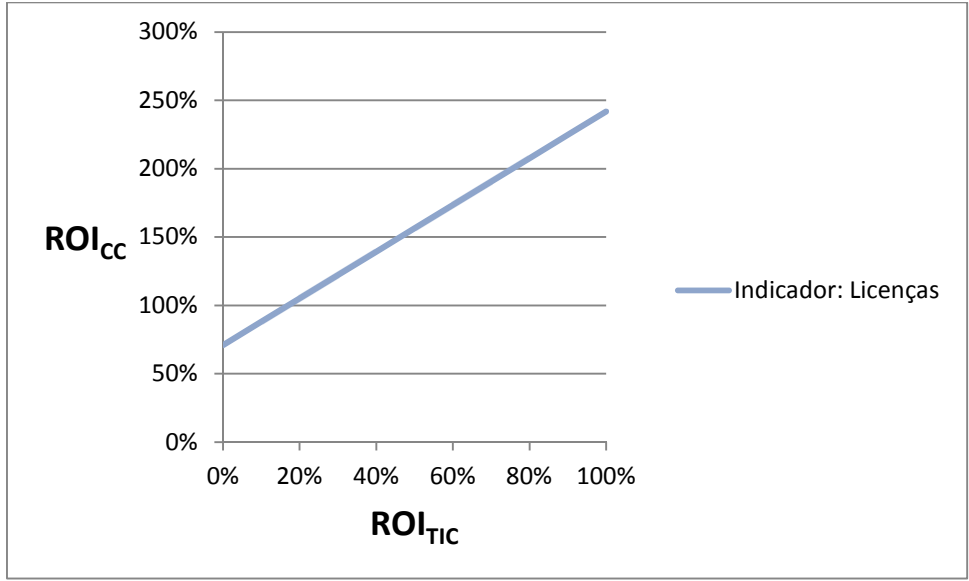
Finalmente a expressão do ROI de *Cloud Computing*, para este indicador, é dada por:

$$ROI_{CC} = \frac{ROI_{TIC} + 1 - \rho(1 - \Delta_N^{SO})}{\rho(1 - \Delta c_{\%}^{inv})} \quad (33)$$

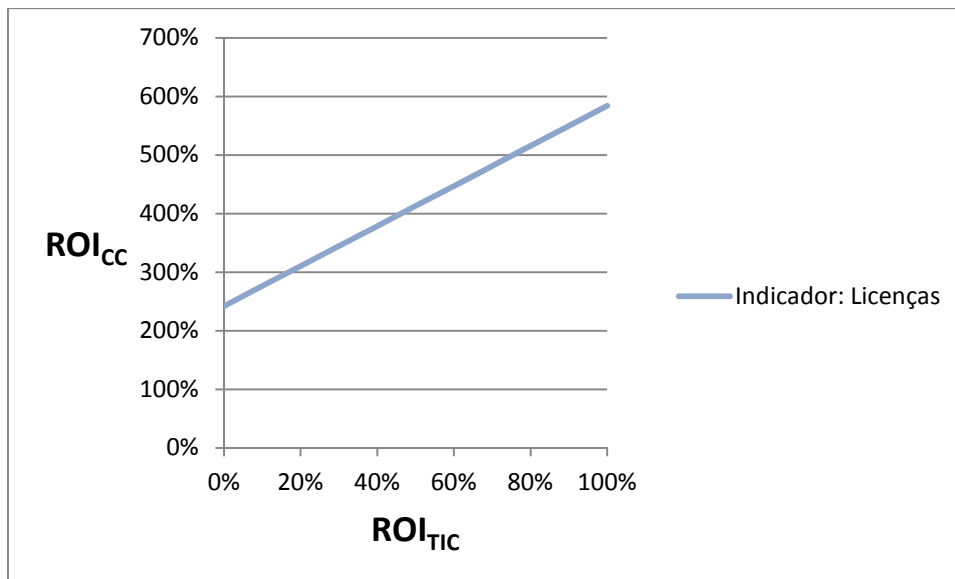
Para haver ganhos  $\rho$  deverá ser inferior à unidade. Assim, a expressão (33) revela uma redução de custos parametrizada por  $\rho$ . Tal redução poderá ser semelhante à redução do número de licenças (Figura 51), ou seja, o peso do custo das licenças eliminadas não é significativo face ao total (por exemplo,  $\rho = 0,9$ ); ser melhor (Figura 52), porque o peso dos custos das licenças que se deixam de suportar é importante face ao total (por exemplo,  $\rho = 0,6$ ); ou ser muito melhor (Figura 53), devido ao peso significativo do custo das licenças que deixaram de ser pagas (por exemplo,  $\rho = 0,3$ ).



**Figura 51** Variação do ROI de *Cloud Computing* do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um  $\rho = 0,9$  das instituições que utilizam serviços deste paradigma.



**Figura 52** Variação do ROI de *Cloud Computing* do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um  $\rho = 0,6$  das instituições que utilizam serviços deste paradigma.



**Figura 53** Variação do do ROI de *Cloud Computing* do indicador “Redução do número de licenças de sistemas operativos” para um  $\rho = 0,3$  das instituições que utilizam serviços deste paradigma.

A expressão (33) também se aplica ao caso do indicador “Redução do número de administradores de máquinas e serviços”.

Finalmente, uma chamada de atenção para o facto do número de respostas obtido ser reduzido. Apenas 18,6% das 43 instituições questionadas utilizam efectivamente serviços *Cloud Computing*. Este valor é reduzido mas encontra-se dentro do intervalo de confiança de 7,6 a 29,6% calculado na secção “Análise Estatística” deste capítulo. O mesmo se passa com as instituições que ponderam a sua utilização (15 em 43). Assim sendo, os valores estimados apenas reflectem as respostas obtidas, mas encontram-se dentro dos valores passíveis de serem obtidos com a realização de um censo.



# 6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

## 6.1. CONCLUSÕES

Ao longo deste texto foram sendo apresentadas conclusões que permitiram sustentar as opções de desenvolvimento efectuadas ao longo do projecto. Assim, nesta última secção é realizada uma síntese das principais conclusões, consequências e relevância do trabalho realizado.

*Cloud Computing* é um termo cada vez mais em voga. A promessa de redução de custos conduz a que um número crescente de organizações avalie este paradigma à luz de uma solução possível para o seu negócio. Assim, torna-se necessário identificar indicadores, e respectivas métricas, no que diz respeito à avaliação do ROI. Neste sentido diversos trabalhos já foram realizados por empresas e grupos de investigação (ver capítulo “Avaliação do Retorno do Investimento em *Cloud Computing*: Estado da Arte”). Contudo, nenhum deles apresenta uma metodologia que permita efectuar essa avaliação. Um estudo conduzido pelo “The Open Group” entre Fevereiro e Março de 2011 [50], realizado a 307 organizações internacionais, concluiu que a redução de custos era a principal razão apontada para a adopção do modelo *Cloud Computing*. No entanto, 45% das organizações não possuíam mecanismos de avaliação do ROI após a sua adopção e 20% não tinham certezas sobre a sua existência.

Este estudo reforça, ainda mais, a importância do presente trabalho e reflecte o que ainda é necessário fazer nesta área.

Este trabalho propõe uma metodologia de avaliação do ROI (secção 4.1) para o caso do ensino superior português. A metodologia proposta baseia-se no desenvolvimento de um questionário, distribuído por uma amostra de instituições do ensino superior português, com o intuito de obter um conjunto de variáveis que permita a avaliação do ROI (variável latente).

Dos resultados obtidos destaca-se, numa primeira análise, a fraca penetração do paradigma *Cloud Computing* nesse contexto: das 43 instituições inquiridas apenas 8 referiram que utilizam serviços deste paradigma e 15 ponderaram a sua utilização. Na população de 410 instituições estima-se que apenas 31 a 121 já tenham adoptado este paradigma. Contudo, pode-se questionar se muitas destas instituições são capazes de compreender o que é o *Cloud Computing*. Segundo o gráfico da Figura 54, 88% das 43 instituições já faz uso de virtualização de servidores e 53% já faz uso de virtualização de *desktops*. Este conjunto de instituições já deu o primeiro passo para a adopção do paradigma *Cloud Computing*. Realce-se que 40% indicam que utilizam o serviço de correio electrónico de um fornecedor externo e, no entanto, apenas 18,6% é que referem utilizar serviços *Cloud Computing*. Conclui-se assim, que existe algum desconhecimento, e mesmo uma certa confusão, sobre este paradigma.



**Figura 54** Gráfico de barras com a percentagem de instituições que utilizam um variado leque de tecnologias.

As expectativas de redução de custos são a principal razão que conduziu as 8 instituições a adoptarem este paradigma (Figura 32). Tais reduções verificaram-se em 37,5% dos casos e foram inferiores a 10% (Figura 34), no que diz respeito ao investimento realizado no âmbito das TIC, assim como no conjunto de áreas indicadas na Tabela 26, exceptuando a consolidação de servidores, onde se obteve uma redução média de custos de 12,5%. Em relação aos riscos (Figura 33), o “*lock-in*” da informação num fornecedor externo e as questões de segurança encontram-se no topo das preocupações manifestadas. Este resultado é concordante com a indicação de 62,5% das instituições optarem pelo modelo “*private cloud*” (Figura 37).

Em relação às instituições que ponderam a sua utilização a realidade é bastante distinta. Para estas instituições é expectável que as reduções de custos na manutenção de infra-estruturas e serviços TIC sejam em média de 30%, e encontram-se no intervalo de 25 a 55% no que diz respeito ao conjunto de áreas apresentadas na Tabela 31. Em relação aos receios que as instituições deste grupo revelaram na adopção deste paradigma, os problemas de segurança e a dependência num fornecedor de serviços externo encontram-se no topo das suas preocupações (Figura 43). Contudo, 46,7% destas instituições estariam dispostas a adoptar um modelo “*hybrid cloud*” (Figura 42), revelando assim, que apesar de não abdicarem de colocar os seus dados mais críticos numa nuvem privada, estariam dispostas a utilizar serviços de uma nuvem pública.

Por fim, as instituições que não utilizam nem ponderam a sua utilização (20 das 43 inquiridas) referem a “juventude” deste paradigma como o principal obstáculo à sua adopção (Figura 44). Porém, 45% destas instituições estariam dispostas a apostar numa “*private cloud*” (Figura 45).

No que concerne à avaliação do ROI, relembra-se a necessidade da formulação de uma expressão de cálculo adequada a este caso de estudo. O facto das instituições de ensino não produzirem bens transaccionáveis conduziu à reformulação da expressão do ROI indicada em (1). A nova formulação (21) permite calcular o ROI de *Cloud Computing* em função do ROI obtido face aos investimentos aplicados em plataformas tradicionais, e da variação do investimento reportado quando considerado apenas um único indicador. Esta formulação revela-se conservadora, pois admite que o ganho em *Cloud Computing* é igual ao ganho obtido nas plataformas tradicionais, reflectindo apenas reduções de custos. Os gráficos do retorno do investimento em *Cloud Computing* apresentados nas figuras 47 a 50, para cada um

dos indicadores aferidos, apenas reflectem as respostas obtidas, mas permitem traçar cenários representativos do contexto do ensino superior português.

## **6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Após a conclusão do projecto, discutem-se agora alguns desenvolvimentos futuros que os próximos estudos nesta área podem beneficiar.

Foram identificadas algumas deficiências ao nível do questionário, nomeadamente a inexistência de questões que permitam, por exemplo, determinar o período de tempo que as empresas/instituições já utilizam os serviços *Cloud Computing*, como também se estas possuem métodos para avaliar o ROI.

Dado que o *Cloud Computing* é um paradigma em evolução seria interessante, num período de um ano, reenviar o questionário para a mesma amostra de instituições para aferir a evolução da sua adopção.

Finalmente, abordar o caso de estudo da indústria portuguesa. Aqui deverá haver uma reavaliação da metodologia adoptada porque os procedimentos associados à identificação da população e sua amostra não podem ser realizados da forma adoptada para o caso das instituições de ensino superior. Tal prende-se com o facto de ser bastante complexo obter a lista completa das empresas existentes em todos os sectores da actividade, como também conduzir um questionário que seja estaticamente válido. Uma possibilidade será trabalhar com uma amostra mais reduzida e usar mecanismos de simulação estatística.

## Referências Documentais

- [1] ACCENTURE—*Cloud Computing and Sustainability: The Environmental Benefits of Moving to the Cloud*. Accenture, 2010.
- [2] AMAZON WEB SERVICES—*The Economics of the AWS Cloud vs. Owned IT Infrastructure*. Amazon, December 2009.
- [3] ARMBRUST, Michael; FOX, Armando; GRIFFITH, Rean; JOSEPH, Anthony D.; KATZ, Randy H.; KONWINSKI, Andrew; LEE, Gunho; PATTERSON, David A.; RABKIN, Ariel; STOICA, Ion; ZAHARIA, Matei—*Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley, February 10, 2009.
- [4] ASSIS, Pedro—*Federation of Academic Clouds: The Next Step in Higher Education?*. XATA 2011, ESEIG, Vila do Conde, June 2011.
- [5] BUYYA, Rajkumar; BROBERG, James; GOSCINSKI, Andrzej—*Cloud Computing: Principles and Paradigms*. Wiley, 2011. ISBN 0-470-88799-0.
- [6] CAEIRO, Frederico—*Probabilidade e Estatística*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009/2010.
- [7] CARDOSO, Abílio—*Aplicabilidade da governança de TI ao paradigma cloud*. Jornadas FCCN, Fevereiro 2011.
- [8] CASS, Tony; GOASGUEN, Sebastian; MOREIRA, Belmiro; ROCHE, EWAN; SCHWICKERATH, Ulrich; WARTEL, Romain—*CERN's Virtual Batch Farm*. CLOUDVIEWS 2010, 2<sup>ND</sup> Cloud Computing International Conference, May 2010, Porto, Portugal.
- [9] DIÁRIO DA REPÚBLICA – I SÉRIE-B—*Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho*. Diário da República, Portaria n.º 256/2005, 16 de Março de 2005.
- [10] EUROPEAN COMMISSION—*The new SME definition: User guide and model declaration*. Enterprise and Industry Publications.
- [11] FINK, Arlene G. —*How to Sample in Surveys (The Survey Kit 7)*. Sage Publications, Inc, 2002. ISBN 0-761-92577-5.
- [12] FURHT, Borko; ESCALANTE, Armando—*Handbook of Cloud Computing*. Springer, 2010. ISBN 1-441-96523-8.
- [13] HILL, Manuela Magalhães; HILL, Andrew—*Investigação por Questionário*. Edições Sílabo, 2008. ISBN 9-726-18273-5.
- [14] KEAHEY, Katarzyna; TSUGAWA, Maurício; MATSUNAGA, Andréa; FORTES, José A. B. —*Sky Computing*. IEEE Computer Society. Setember/October 2009.
- [15] KEPES, Ben—*CLOUDU – Understanding the Cloud Computing Stack: SaaS, PaaS, IaaS*. Diversity Analysis, 2011.

- [16] KEPES, Ben—*CLOUDU – CLOUDONOMICS: The Economics of Cloud Computing*. Diversity Analysis, 2011.
- [17] KEPES, Ben—*Moving your Infrastructure to the Cloud: How to Maximize Benefits and Avoid Pitfalls*. Diversity Analysis, 2010.
- [18] KEPHART, Jeffrey O.; CHESS, David M. —*The Vision of Autonomic Computing*. IBM Thomas J. Watson Research Center, Janeiro 2003.
- [19] LENSKOLD, James D. —*Marketing ROI: The Path to Campaign Customer, and Corporate Profitability*. McGraw-Hill, 2003. ISBN 0-071-41363-4.
- [20] MAROCO, João—*Análise Estatística Com Utilização do SPSS*. Edições Sílabo, 2007. ISBN 9-789-72618-4522.
- [21] MAYO, Richard; PERNG, Charles—*Cloud Computing Payback: An explanation of where the ROI comes from*. IBM, November 2009.
- [22] MELL, Peter; GRANCE, Tim—*The NIST Definition of Cloud Computing (Draft), Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. NIST, 2011.
- [23] MENKEN, Ivanka—*Cloud Computing – The Complete Cornerstone Guide to Cloud Computing Best Practices: Concepts, Terms and Techniques for Successfully Planning, implementing and Managing Enterprise IT Cloud Computing Technology*. Emereo Publishing, 2008. ISBN 1-921-57300-7.
- [24] MONTEIRO, Narciso—*Using Private Clouds to Increase Service Availability Levels and Reduce Operational Costs*. Porto, Portugal.
- [25] Página de Internet, <http://blogs.forbes.com/microsoft/2011/02/17/roi-of-the-cloud-part-1-paas/>, data de último acesso: 25 de Julho de 2011.
- [26] Página de Internet, <http://blogs.forbes.com/microsoft/2011/03/08/roi-of-the-cloud-part-2-iaas/>, data de último acesso: 25 de Julho de 2011.
- [27] Página de Internet, <http://cloudcomputingserver.net/>, data de último acesso: 10 de Julho de 2011.
- [28] Página de Internet, [http://en.wikipedia.org/wiki/Grid\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Grid_computing), data de último acesso: 11 de Julho de 2011.
- [29] Página de Internet, [http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_2.0](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_2.0), data de último acesso: 11 de Julho de 2011.
- [30] Página de Internet, [http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_service](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_service), data de último acesso: 29 de Julho de 2011.
- [31] Página de Internet, <http://gigaom.com/2008/02/28/how-cloud-utility-computing-are-different/>, data de último acesso: 10 de Julho de 2011.
- [32] Página de Internet, <http://metaweb.ine.pt/sine/.%5Canexos%5Cpdf%5CApresentacaoCAERev3.pdf>, data de último acesso: 28 de Abril de 2011.
- [33] Página de Internet, <http://neilacharya.blogspot.com/>, data de último acesso: 10 de Julho de 2011.

- [34] Página de Internet, <http://radar.oreilly.com/2005/10/web-20-compact-definition.html>, data de último acesso: 11 de Julho de 2011.
- [35] Página de Internet, <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/utility-computing>, data de último acesso: 10 de Julho de 2011.
- [36] Página de Internet, [http://www.cio.com/article/484429/Capex\\_vs.\\_Opex\\_Most\\_People\\_Miss\\_the\\_Point\\_About\\_Cloud\\_Economics](http://www.cio.com/article/484429/Capex_vs._Opex_Most_People_Miss_the_Point_About_Cloud_Economics), data de último acesso: 26 de Julho de 2011.
- [37] Página de Internet, <http://www.google.com/trends?q=cloud+computing>, data de último acesso: 9 de Julho de 2011.
- [38] Página de Internet, <http://www.investopedia.com/terms/e/economiesofscale.asp>, data de último acesso: 20 de Julho de 2011.
- [39] Página de Internet, <http://www.investopedia.com/terms/o/opportunitycost.asp>, data de último acesso: 20 de Julho de 2011.
- [40] Página de Internet, <http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>, data de último acesso: 20 de Julho de 2011.
- [41] Página de Internet, <http://www.investopedia.com/terms/t/totalcostofownership.asp>, data de último acesso: 20 de Julho de 2011.
- [42] Página de Internet, [http://www.service-architecture.com/web-services/articles/service-oriented\\_architecture\\_soa\\_definition.html](http://www.service-architecture.com/web-services/articles/service-oriented_architecture_soa_definition.html), data de último acesso: 11 de Julho de 2011.
- [43] PEDROSA, António Carvalho; GAMA, Sílvio Marques A. —*Introdução Computacional à Probabilidade e Estatística*. Porto Editora, 2004. ISBN 9-720-06056-5.
- [44] RANGAN, K. —*The Cloud Wars: \$100+ billion at stake*. Tech. rep., Merrill Lynch, Maio de 2008.
- [45] RITTINGHOUSE, John; RANSOME, James—*Cloud Computing: Implementation, Management, and Security*. CRC Press, 2009. ISBN 1-439-80680-2.
- [46] SIEGELE, L. —*Let It Rise: A Special Report on Corporate IT*. The Economist, Outubro de 2008.
- [47] SKILTON, Mark—*Building Return on Investment from Cloud Computing*. The Open Group, April 2010.
- [48] SUE, Valerie M. —*Conducting Online Surveys*. Sage Publications, Inc, 2007. ISBN 1-412-93754-2.
- [49] SULTAN, Nabil—*Cloud Computing for Education: A New Dawn?*. International Journal of Information Management, 2010.
- [50] THE OPEN GROUP—*The Open Group Cloud Computing Survey*. May 9, 2011.
- [51] VELTE, Anthony T.; VELTE, Toby J.; ELSENPETER, Robert—*Cloud Computing: A Practical Approach*. McGraw-Hill Osborne Media, 2009. ISBN 0-071-62694-8.



## Anexo A. Questionário

1. A qual dos sectores das actividades económicas pertence a sua empresa/instituição?
  - Agricultura, pesca, indústria extractiva
  - Indústria transformadora
  - Energia
  - Comércio
  - Transporte e armazenamento
  - Restauração, hotelaria
  - Actividades de informação e de comunicação
  - Actividades financeiras e de seguros
  - Actividades imobiliárias
  - Consultoria, investigação e desenvolvimento
  - Actividades administrativas
  - Educação
  - Saúde
  - Artes, desporto
  - Outro
  
2. Qual é o número total de funcionários da sua empresa/instituição?
  - Inferior a 10
  - Entre 10 e 50
  - Entre 50 e 250
  - Mais de 250
  
3. Qual é o volume de negócio/orçamento da sua empresa/instituição?
  - Inferior a 2 milhões de euros
  - Entre 2 a 10 milhões de euros
  - Entre 10 a 50 milhões de euros
  - Superior a 50 milhões de euros
  
4. Qual a percentagem, face ao total do orçamento, é investida anualmente nas TIC?
  - Inferior a 10%
  - Entre 10% a 30%
  - Entre 30% a 50%
  - Superior a 50%

5. Qual o número de funcionários cujas funções estão relacionadas com as áreas das TIC?
- Inferior a 10
  - Entre 10 a 50
  - Entre 50 a 100
  - Entre 100 a 200
  - Superior a 200
6. Alguns desses funcionários trabalham remotamente? (A partir de casa ou de um outro local sem ser o de trabalho).
- Sim
  - Não
7. Quantos *data centers* existem na sua empresa/instituição?
- Apenas 1
  - 2 ou 3
  - Mais de 3
8. Quantos servidores (físicos) se encontram instalados no(s) seu(s) *data center(s)*?
- Menos de 10
  - Entre 10 a 30
  - Entre 30 a 70
  - Mais de 70
9. Qual é, em termos percentuais, a capacidade de utilização (em média) de cada servidor?
- Inferior a 10%
  - Entre 10% a 20%
  - Entre 20% a 30%
  - Superior a 30%
10. Qual o número de administradores (de *hardware*, sistemas operativos, bases de dados, aplicações, etc.) responsáveis pela gestão do parque informático?
- Inferior a 10
  - Entre 10 a 15
  - Entre 15 a 25
  - Superior a 25

11. Quais são os custos associados à posse de licenças de *software* para fornecimento dos seus serviços?
- Inferior a 500€
  - Entre 500€ e 1500€
  - Entre 1500€ a 2500€
  - Entre 2500€ a 3500€
  - Superior a 3500€
12. Com que periodicidade efectua actualizações no(s) seu(s) *data center(s)*?
- A cada ano
  - A cada 2 anos
  - A cada 3 anos
  - A cada 4 anos
  - Não tem carácter periódico
13. Considera vantajoso, face à aquisição de equipamentos e serviços associados às TIC, o uso do modelo OPEX (*Operational Expenditure*) em detrimento do modelo CAPEX (*Capital Expenditure*)?
- Texto de ajuda:** *OPEX é relativo ao capital associado à aquisição de bens consumíveis. Ao contrário, CAPEX é relativo ao capital investido no desenvolvimento ou fornecimento de bens não consumíveis.*
- Sim
  - Não
  - Indiferente
14. Na sua empresa/instituição, já faz uso de alguma(s) das seguintes tecnologias?
- Virtualização de servidores
  - Virtualização de *desktops*
  - Aprovisionamento automático
  - Cópia de segurança para fornecedor de serviço externo
  - Ferramentas de escritório online (ex: Google Docs)
  - E-mail de fornecedor externo (ex: Gmail)
  - Nenhuma das anteriores
15. Quem assume a manutenção das infra-estruturas e serviços TIC?
- Uma organização externa
  - Funcionários da própria empresa/instituição
  - Ambas as situações

16. No âmbito das infra-estruturas e serviços TIC, quais das seguintes melhorias estão entre as que considera mais relevantes?

- Aumento da produtividade
- Aumento do tempo de disponibilidade do serviço fornecido
- Redução dos custos em *upgrades* de *hardware* e/ou *software*
- Redução dos recursos humanos necessários
- Melhor utilização dos recursos disponíveis
- Redução dos impactos ambientais
- Nenhuma das anteriores

17. Utiliza serviços de *Cloud Computing* na sua empresa/instituição? Se respondeu afirmativamente a esta questão então avance para a questão número 27.

**Texto de ajuda:** *Cloud Computing* é um paradigma que preconiza o uso de um modelo de serviço (*SaaS*, *PaaS* e *IaaS*) e de disponibilização (nuvens privadas, comunitárias, públicas e híbridas) para permitir o acesso (a pedido) a um conjunto de recursos partilhados (de computação, armazenamento e comunicação) que podem ser rapidamente fornecidos e libertados sem que para tal seja exigida qualquer negociação adicional entre o cliente e o fornecedor do serviço, mantendo reduzido o esforço deste último para responder à solicitação.

- Sim
- Não

18. Já ponderou o uso de serviços *Cloud Computing*? Se respondeu negativamente a esta questão avance para a questão número 35.

- Sim
- Não

**Só deverá responder ao próximo conjunto de questões, se respondeu negativamente à questão número 17 e afirmativamente à questão número 18.**

19. Acredita que o paradigma *Cloud Computing* pode reduzir os investimentos e os custos de manutenção das infra-estruturas e serviços TIC?

- Sim, menos de 10%
- Entre 10% a 30%
- Entre 30% a 50%
- Mais de 50%
- Não é previsível a redução de custos

20. Com a utilização de tecnologias *Cloud Computing*, qual é a percentagem de redução expectável nos custos de operação e aquisição para as seguintes áreas?

	Não existe redução expectável	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Consolidação dos servidores					
Redução do consumo de energia eléctrica					
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração					
Redução de custos associados às instalações					
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos					
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>					
Redução do número de administradores de máquinas e serviços					
Redução de custos com treino de pessoal					

21. E os ganhos (percentagem) que pensa obter nas seguintes áreas?

	Não existem ganhos expectáveis	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Aumento da produtividade e da eficiência					
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)					
Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços					
Aumento da utilização dos equipamentos					

22. Quais os benefícios que associa ao uso desse paradigma?

- Para os utilizadores é o fim das preocupações de manutenção (actualizações, licenças, etc.) de produtos TIC
- Redução dos custos de investimento em TIC (*hardware, software* e recursos humanos)
- Redução do tempo necessário para o aprovisionamento de recursos
- Capacidade de aceder ao serviço a qualquer hora e de qualquer lugar
- Capacidade de rapidamente colocar no mercado novos produtos
- Não há necessidade de realizar investimentos iniciais avultados
- Possibilidade de oferecer diferentes tipos de modelos de negócio
- Flexibilizar a oferta de novos serviços
- Nenhuma das anteriores

23. Considera que o modelo de negócio “*pay-as-you-go*” poderá trazer benefícios à sua empresa/instituição?

**Texto de ajuda:** *Uma das vantagens associadas ao paradigma Cloud Computing é o modelo de negócio: "pay-as-you-go". Neste modelo apenas se paga aquilo que efectivamente se utilizou.*

- Sim
- Não
- Não sabe

24. Qual das camadas IaaS, PaaS e SaaS poderá melhor servir os interesses da sua empresa/instituição?

**Texto de ajuda:** *IaaS: fornecimento de uma infra-estrutura computacional, incluindo processamento, armazenamento e rede. O utilizador (gestor) tem controlo sobre os recursos que lhe foram atribuídos, mas não sobre a plataforma computacional adjacente. PaaS: fornecimento de uma plataforma de desenvolvimento, que compreende linguagens e ferramentas de programação, e que permitem ao utilizador desenvolver e implementar aplicações na infra-estrutura de Cloud Computing. SaaS: fornecimento de aplicações/serviços que correm no topo da plataforma computacional. O utilizador não tem qualquer controlo sobre as aplicações, apenas, sobre configurações pessoais.*

- IaaS do ponto de vista de fornecedor
- PaaS do ponto de vista de fornecedor
- SaaS do ponto de vista de fornecedor
- IaaS do ponto de vista de consumidor
- PaaS do ponto de vista de consumidor
- SaaS do ponto de vista de consumidor

25. Qual o modelo de disponibilização de serviços *Cloud Computing* que a sua empresa/instituição tenciona implementar?

**Texto de ajuda:** *"Private Cloud" é relativa a uma única entidade. "Community Cloud" é relativa a um conjunto de organizações que partilham interesses comuns. "Public Cloud", disponível para o público em geral. "Hybrid Cloud" resulta da composição de dois ou mais modelos descritos anteriormente (ex: "Private Cloud" e "Public Cloud").*

- Private Cloud*
- Community Cloud*
- Public Cloud*
- Hybrid Cloud*

26. Quais são os maiores receios na sua adopção?

- Custos elevados
- Problemas de segurança
- “Lock-in” da informação num único fornecedor de serviços
- Falta de controlo sobre os recursos
- Impossibilidade de realizar auditorias e aferir medidas de desempenho
- Interoperabilidade entre fornecedores de serviços
- Dependência da empresa/instituição num fornecedor de serviços externo
- Condicionamentos do foro legal
- Nenhuma das anteriores

**Se respondeu negativamente à questão número 17 e afirmativamente à questão número 18 o questionário termina aqui.**

**Só deverá responder ao próximo conjunto de questões, se respondeu afirmativamente à questão número 17.**

27. Quais foram as razões que levaram à adopção da arquitectura e tecnologias de *Cloud Computing*?

- Expectativa de redução de custos
- Expectativa de melhorar a taxa esperada do retorno do investimento (ROI)
- Melhorias no suporte aos processos do negócio
- Uso de modelos de negócio apelativos para o cliente
- Facilitar a implementação e fornecimento de novos serviços
- Flexibilizar a partilha de recursos
- Nenhuma das anteriores

28. Quais foram os maiores receios na sua adopção?

- Custos elevados
- Problemas de segurança
- “*Lock-in*” da informação num único fornecedor de serviços
- Falta de controlo sobre os recursos
- Impossibilidade de realizar auditorias e aferir medidas de desempenho
- Interoperabilidade entre fornecedores de serviços
- Dependência da empresa/instituição num fornecedor de serviços externo
- Condicionamentos do foro legal
- Nenhuma das anteriores

29. Com a utilização deste paradigma (*Cloud Computing*), qual foi a variação, em percentagem, do investimento realizado no âmbito das TIC?

- Cresceu até 10%
- Cresceu entre 10% e 30%
- Cresceu entre 30% e 50%
- Superior a 50%
- Diminuiu até 10%
- Diminuiu entre 10% e 30%
- Diminuiu entre 30% e 50%
- Diminuiu mais do que 50%
- Não ocorreu qualquer variação significativa

30. Em que áreas obteve maiores ganhos com a utilização do paradigma *Cloud Computing*?

- Hardware*
- Software*
- Produtividade
- Aprovisionamento automático
- Administração de sistemas
- Nenhuma das anteriores

31. Qual a percentagem de redução de custos conseguida em cada uma das seguintes áreas.

	Não houve qualquer redução	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Consolidação dos servidores					
Redução do consumo de energia eléctrica					
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração					
Redução de custos associados às instalações					
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos					
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>					
Redução do número de administradores de máquinas e serviços					
Redução de custos com treino de pessoal					

32. E a percentagem de aumento que a sua empresa/instituição conseguiu nas seguintes áreas?

	Não houve qualquer ganho	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Aumento da produtividade e da eficiência					
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)					
Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços					
Aumento da utilização dos equipamentos					

33. Qual das camadas IaaS, PaaS e SaaS melhor serve os interesses da sua empresa/instituição?

**Texto de ajuda:** *IaaS: fornecimento de uma infra-estrutura computacional, incluindo processamento, armazenamento e rede. O utilizador (gestor) tem controlo sobre os recursos que lhe foram atribuídos, mas não sobre a plataforma computacional adjacente. PaaS: fornecimento de uma plataforma de desenvolvimento, que compreende linguagens e ferramentas de programação, e que permitem ao utilizador desenvolver e implementar aplicações na infra-estrutura de Cloud Computing. SaaS: fornecimento de aplicações/serviços que correm no topo da plataforma computacional. O utilizador não tem qualquer controlo sobre as aplicações, apenas, sobre configurações pessoais.*

- IaaS do ponto de vista de fornecedor
- PaaS do ponto de vista de fornecedor
- SaaS do ponto de vista de fornecedor
- IaaS do ponto de vista de consumidor
- PaaS do ponto de vista de consumidor
- SaaS do ponto de vista de consumidor

34. Qual é o modelo de disponibilização de serviços *Cloud Computing* que se encontra implementado na sua empresa/instituição?

**Texto de ajuda:** "*Private Cloud*" é relativa a uma única entidade. "*Community Cloud*" é relativa a um conjunto de organizações que partilham interesses comuns. "*Public Cloud*", disponível para o público em geral. "*Hybrid Cloud*" resulta da composição de dois ou mais modelos descritos anteriormente (ex: "*Private Cloud*" e "*Public Cloud*").

- *Private Cloud*
- *Community Cloud*
- *Public Cloud*
- *Hybrid Cloud*

**Se respondeu afirmativamente à questão número 17 o questionário termina aqui.**

**As próximas duas questões só deverão ser respondidas, caso tenha respondido negativamente à questão número 18.**

35. O que impede a sua empresa/instituição de adoptar o paradigma *Cloud Computing*?

- Questões de segurança e de privacidade
- Perda de controlo sobre os dados e os sistemas
- Ainda é um paradigma em evolução
- Difícil de integrar com sistemas já existentes
- Indisponibilidade do serviço
- Desempenho
- Interoperabilidade entre fornecedores de serviços
- Nenhuma das anteriores

36. Estaria, no entanto, interessado nos modelos de disponibilização de serviços *Cloud Computing* apelidados "*Private Cloud*" ou "*Community Cloud*"?

**Texto de ajuda:** "*Private Cloud*" é relativa a uma única entidade. "*Community Cloud*" é relativa a um conjunto de organizações que partilham interesses comuns.

- No modelo "*Private Cloud*"
- No modelo "*Community Cloud*"
- Em nenhum



## Anexo B. Pedido de Participação no Questionário

Exmos. Senhores,

O Instituto Superior de Engenharia, do Instituto Politécnico do Porto, em parceria com a Associação EuroCloud Portugal, está a realizar um estudo sobre a introdução do paradigma “*Cloud Computing*” em Portugal.

Com este trabalho pretende-se obter um conjunto de indicadores que permitam quantificar o retorno esperado sobre os investimentos (ROI) efectuados nas plataformas TIC à luz deste paradigma emergente.

O questionário solicita, consoante as respostas dadas, a sua atenção para um universo de 20 a 26 questões. A sua participação é anónima, não sendo por esse motivo facultada a possibilidade de guardar os dados entre sessões.

Para participar, basta visitar o seguinte endereço:

<<URL do questionário>>

Para qualquer esclarecimento adicional, não hesite em contactar-nos através do endereço de correio electrónico [1050770@isep.ipp.pt](mailto:1050770@isep.ipp.pt).

Atenciosamente,

Jorge Sousa

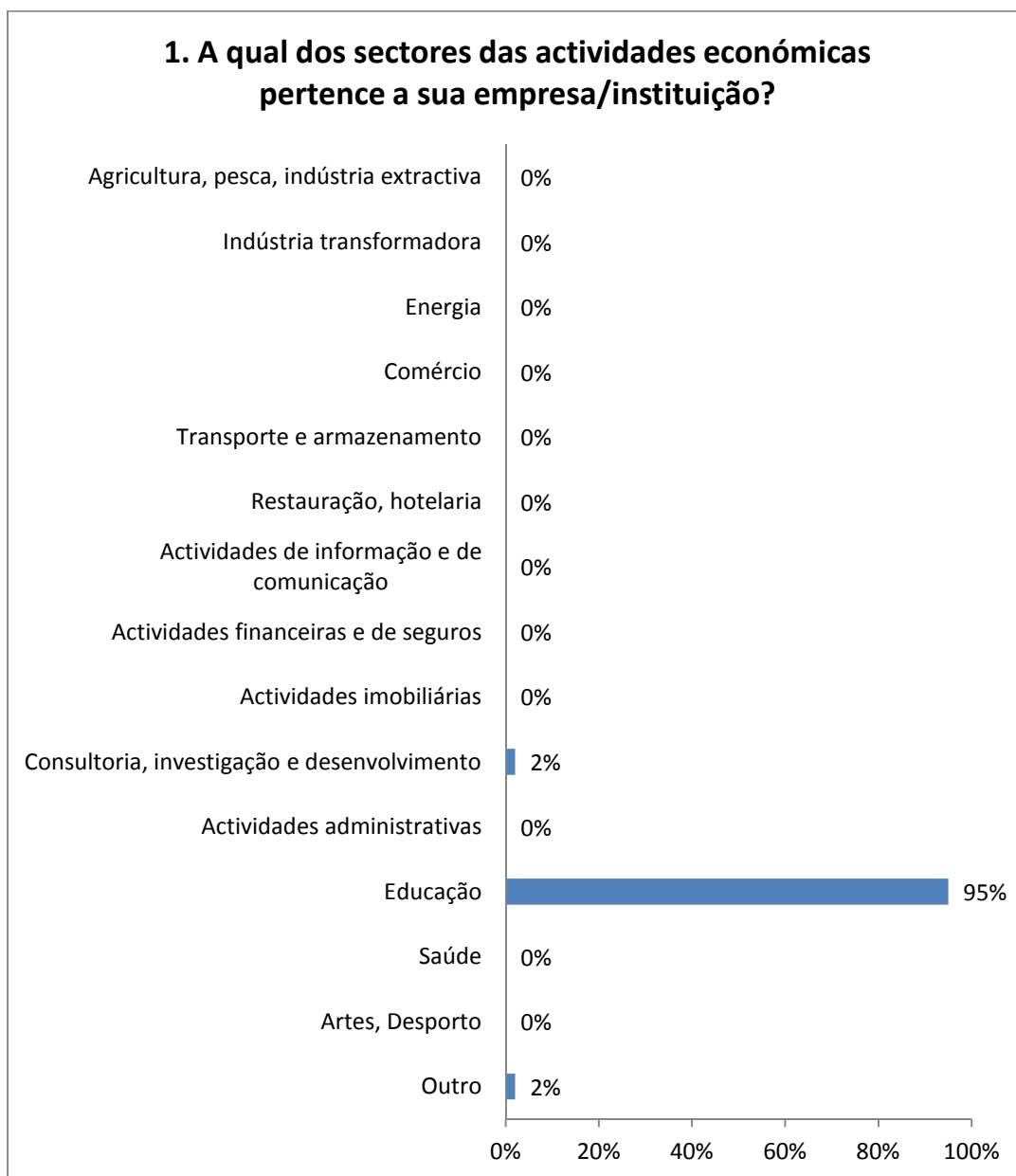
Miguel Leitão

Paulo Calçada

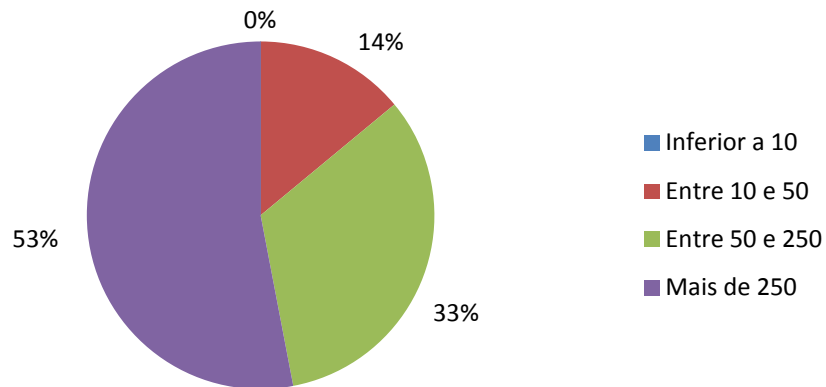
Pedro Assis



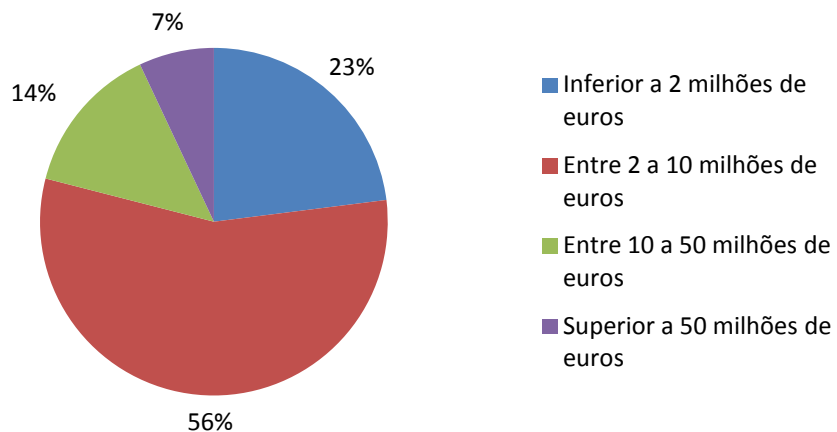
## Anexo C. Resultados do Questionário



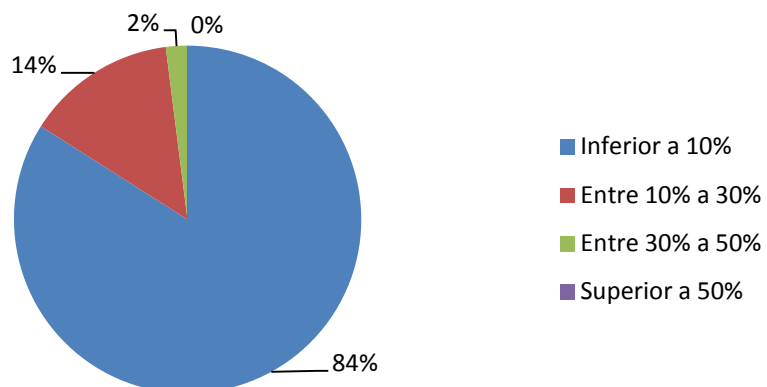
## 2. Qual é o número total de funcionários da sua empresa/instituição?



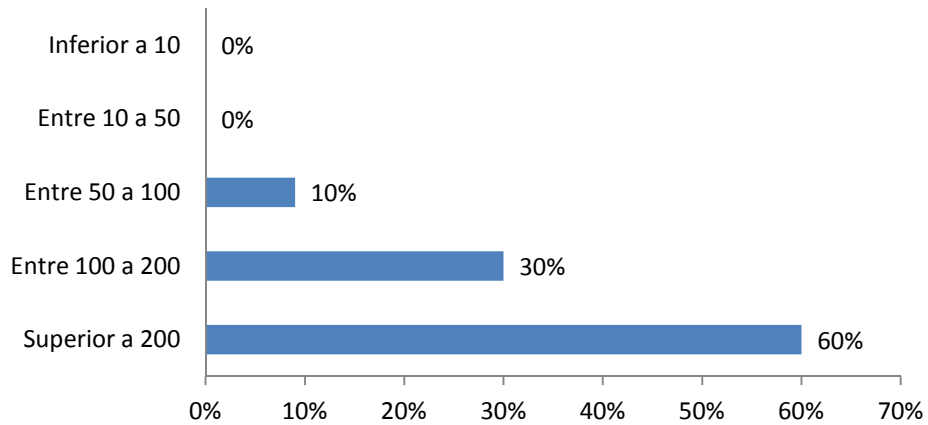
## 3. Qual é o volume de negócio/orçamento da sua empresa/instituição?



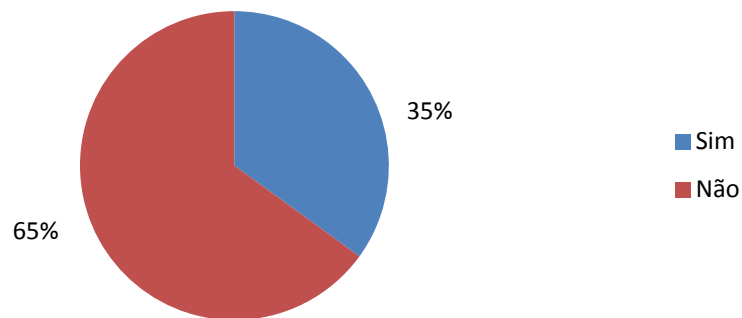
## 4. Qual a percentagem, face ao total do orçamento, é investida anualmente nas TIC?



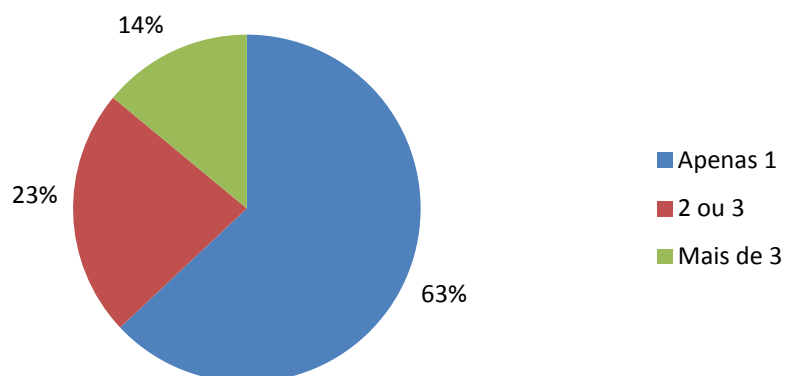
**5. Qual o número de funcionários cujas funções estão relacionadas com as áreas das TIC?**



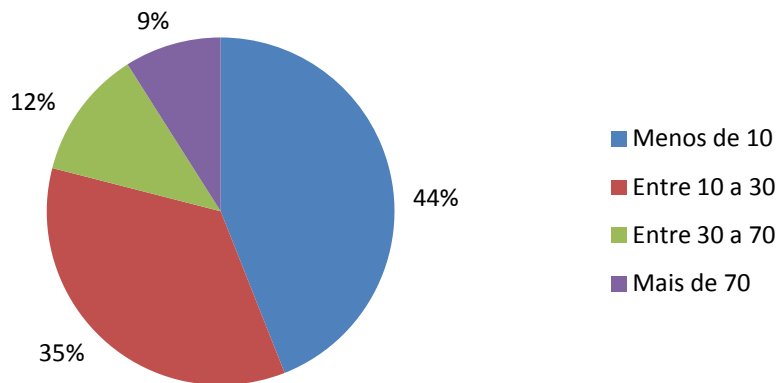
**6. Alguns desses funcionários trabalham remotamente? (A partir de casa ou de um outro local sem ser o de trabalho).**



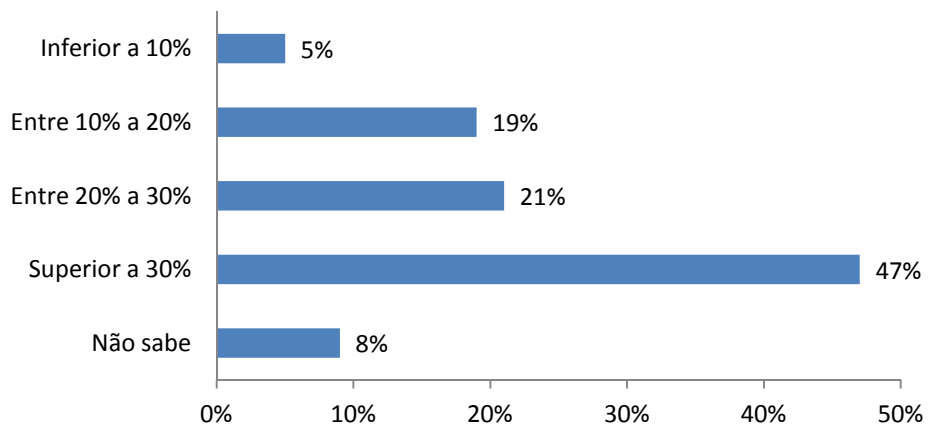
**7. Quantos *data centers* existem na sua empresa/instituição?**



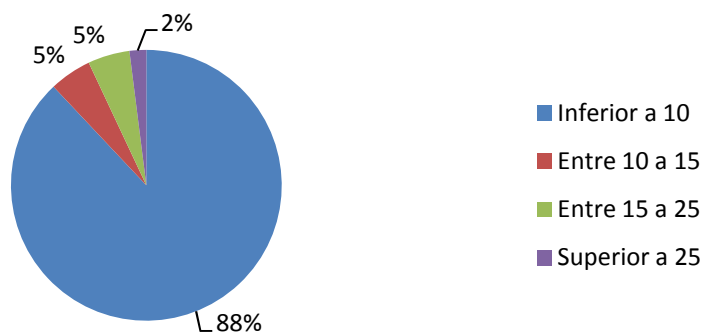
**8. Quantos servidores (físicos) de encontram instalados no(s) seu(s) data centers?**



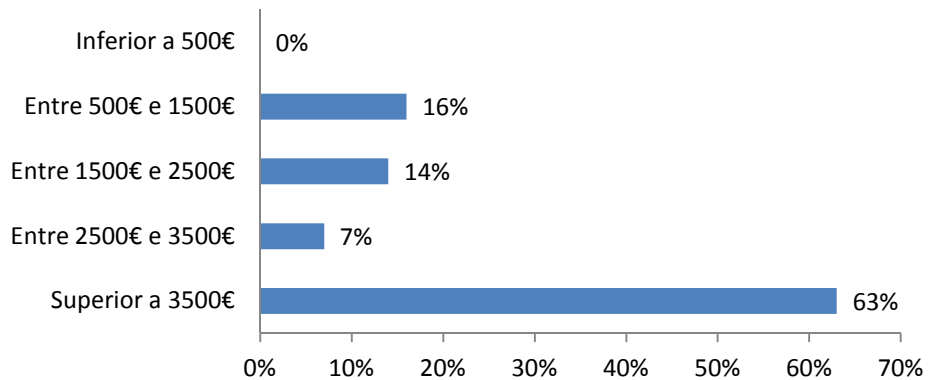
**9. Qual é, em termos percentuais, a capacidade de utilização (em média) de cada servidor?**



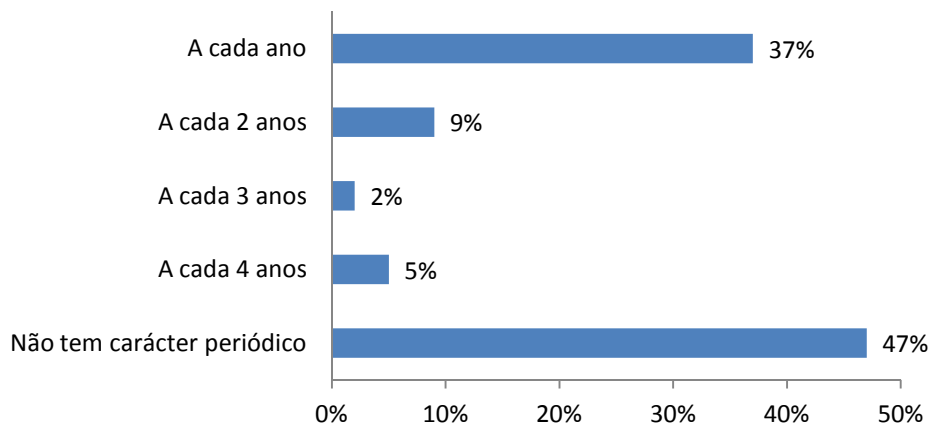
**10. Qual o número de administradores (de hardware, sistemas operativos, bases de dados, etc.) responsáveis pela gestão do parque informático?**



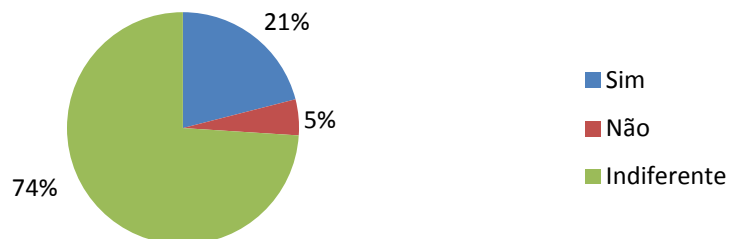
**11. Quais são os custos associados à posse de licenças de *software* para fornecimento dos seus serviços?**



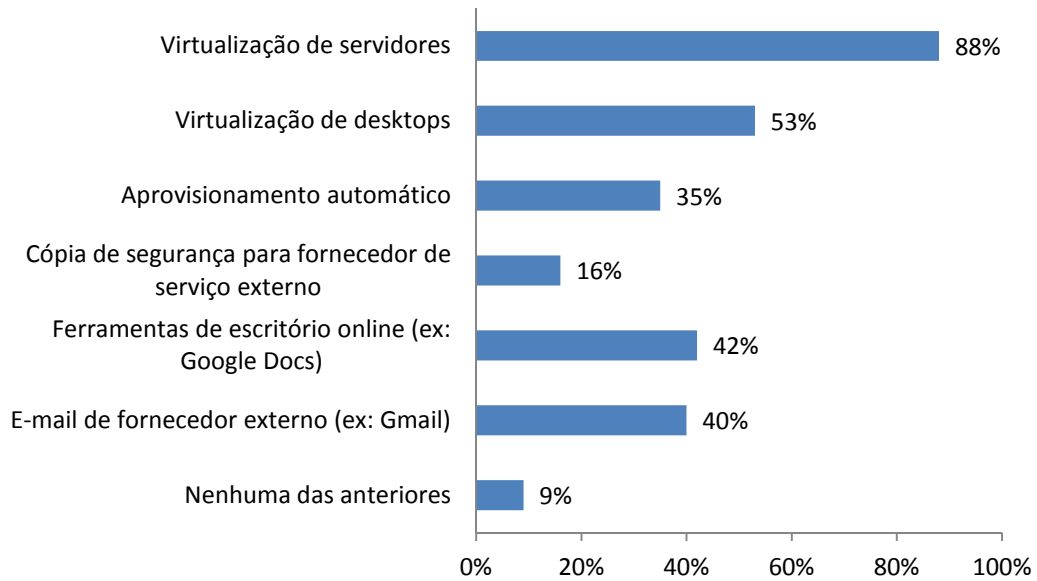
**12. Com que periodicidade são efectuadas actualizações no(s) seu(s) *data centers*?**



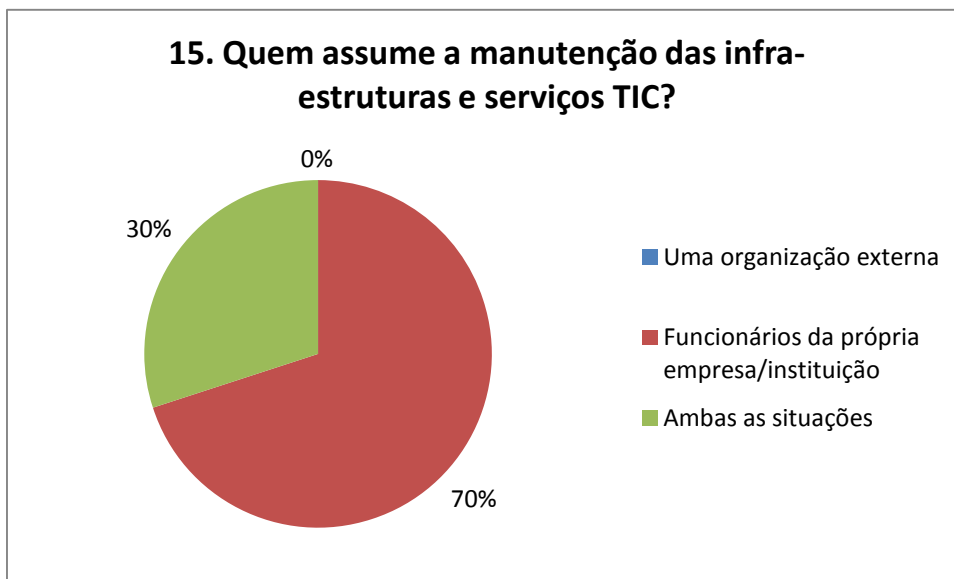
**13. Considera vantajoso, face à aquisição de um equipamento e serviços associados às TIC, o uso do modelo OPEX (*Operational Expenditure*) em detrimento do modelo CAPEX (*Capital Expenditure*)?**



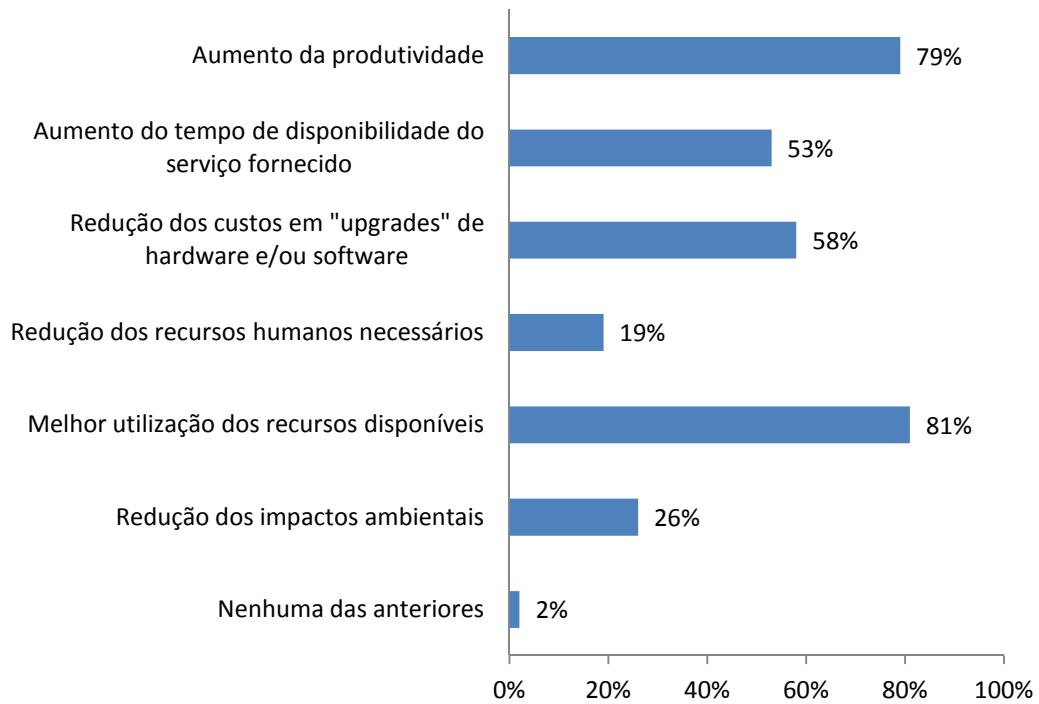
**14. Na sua empresa/instituição, já faz uso de alguma(s) das seguintes tecnologias?**



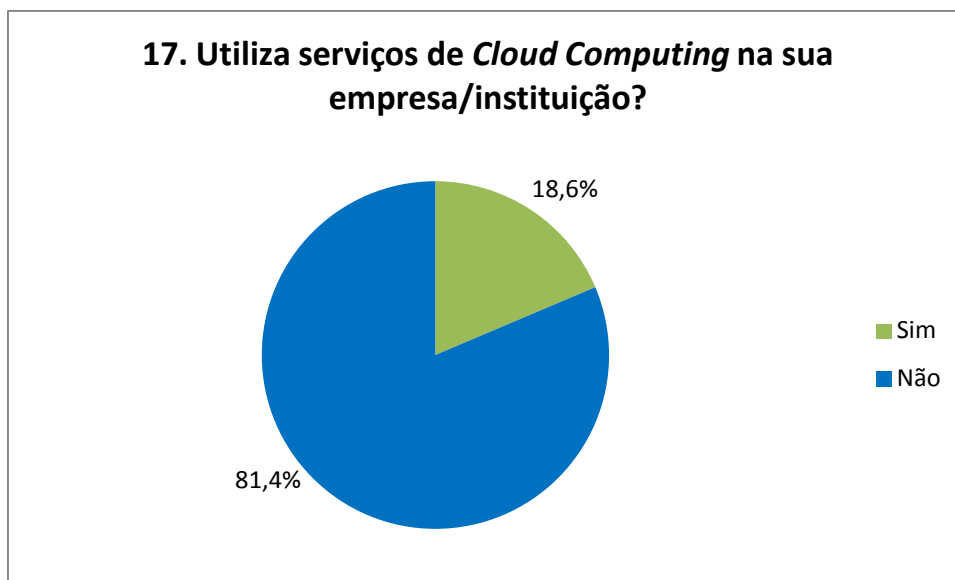
**15. Quem assume a manutenção das infra-estruturas e serviços TIC?**



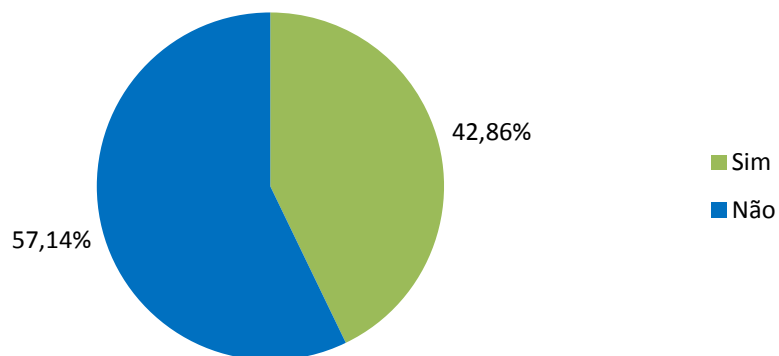
**16. No âmbito das infra-estruturas e serviços TIC, quais das seguintes melhorias estão entre as que considera mais relevantes?**



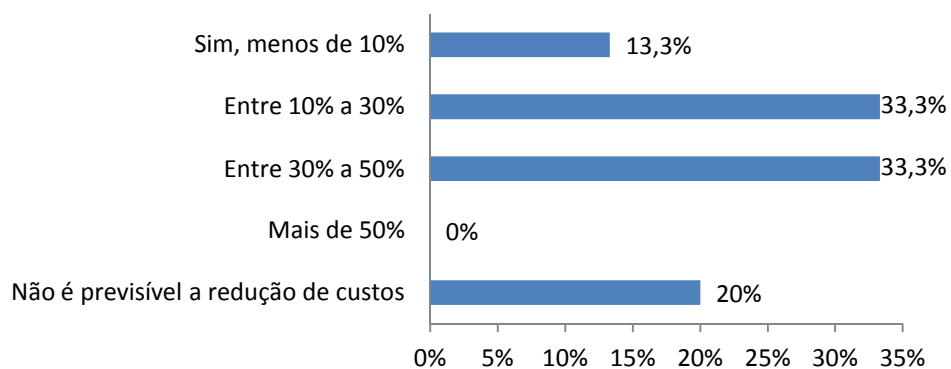
**17. Utiliza serviços de *Cloud Computing* na sua empresa/instituição?**



**18. Já ponderou o uso de serviços *Cloud Computing*?**



**19. Acredita que o paradigma *Cloud Computing* pode reduzir os investimentos e os custos de manutenção das infra-estruturas e serviços TIC?**



**20. Com a utilização de tecnologias *Cloud Computing*, qual é a percentagem de redução expectável nos custos de operação e aquisição para as seguintes áreas?**

	Não existe redução expectável	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Consolidação dos servidores	13,3%	20%	40%	26,7%	0%
Redução do consumo de energia eléctrica	13,3%	13,3%	26,7%	26,7%	20%
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	13,3%	20%	26,7%	26,7%	13,3%
Redução de custos associados às instalações	20%	20%	20%	20%	20%
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos	13,3%	20%	20%	33,3%	13,3%
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>	13,3%	6,7%	40%	33,3%	6,7%
Redução do número de administradores de máquinas e serviços	20%	20%	33,3%	26,7%	0%
Redução de custos com treino de pessoal	40%	33,3%	6,7%	20%	0%

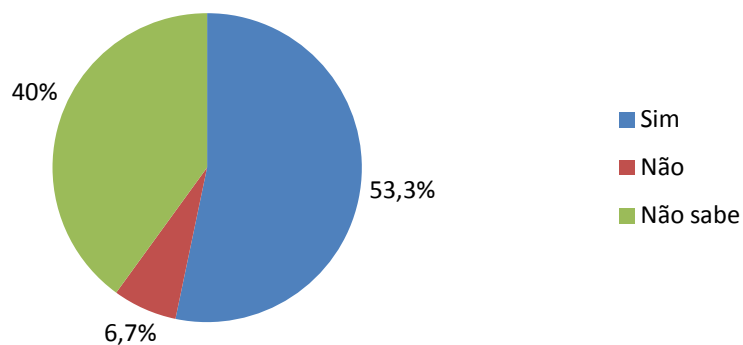
## 21. E os ganhos (percentagem) que pensa obter nas seguintes áreas?

	Não existem ganhos expectáveis	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Aumento da produtividade e da eficiência	26,7%	26,7%	20%	26,7%	0%
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	13,3%	33,3%	20%	26,7%	6,7%
Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	13,3%	33,3%	20%	6,7%	26,7%
Aumento da utilização dos equipamentos	26,7%	6,7%	33,3%	26,7%	6,7%

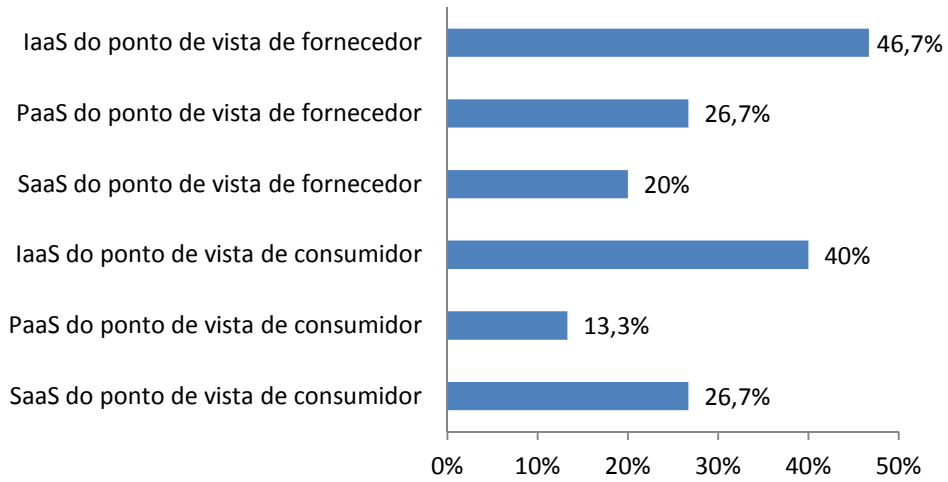
## 22. Quais os benefícios que associa ao uso deste paradigma?



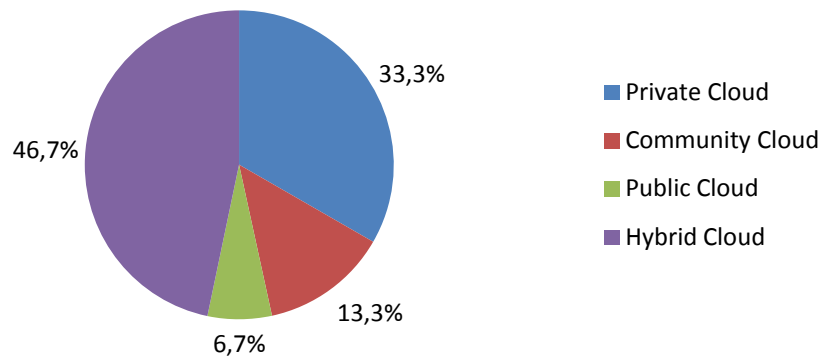
## 23. Considera que o modelo de negócio "pay-as-you-go" poderá trazer benefícios à sua empresa/instituição?



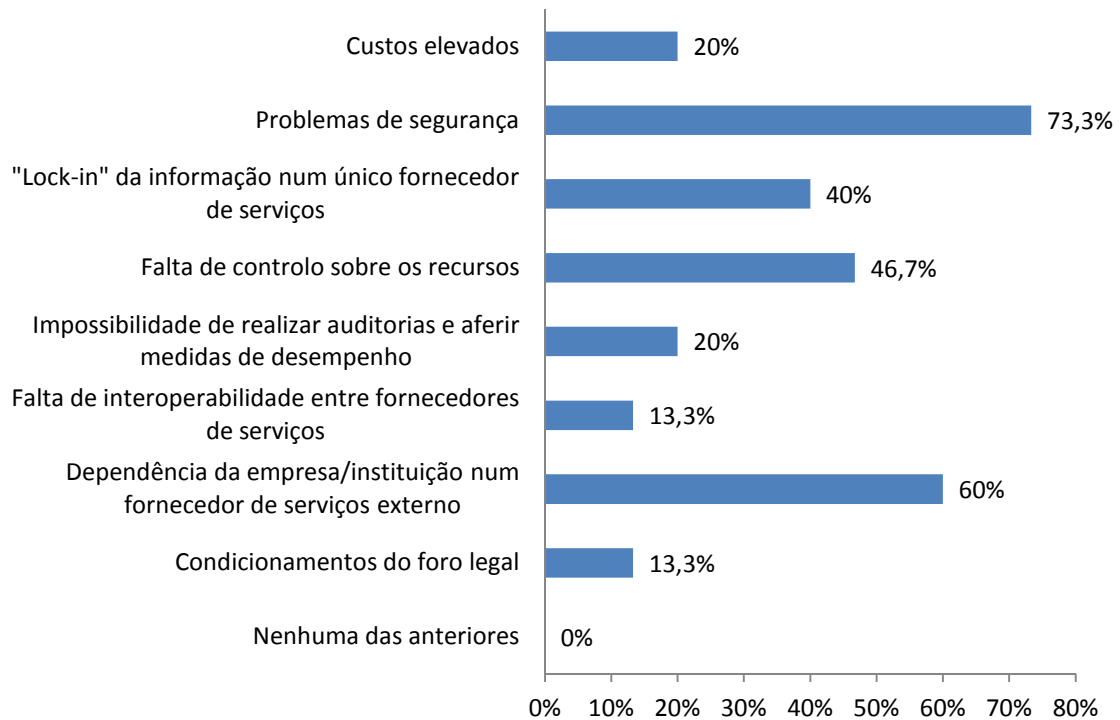
**24. Qual das camadas IaaS, PaaS e SaaS poderá melhor servir os interesses da sua empresa/instituição?**



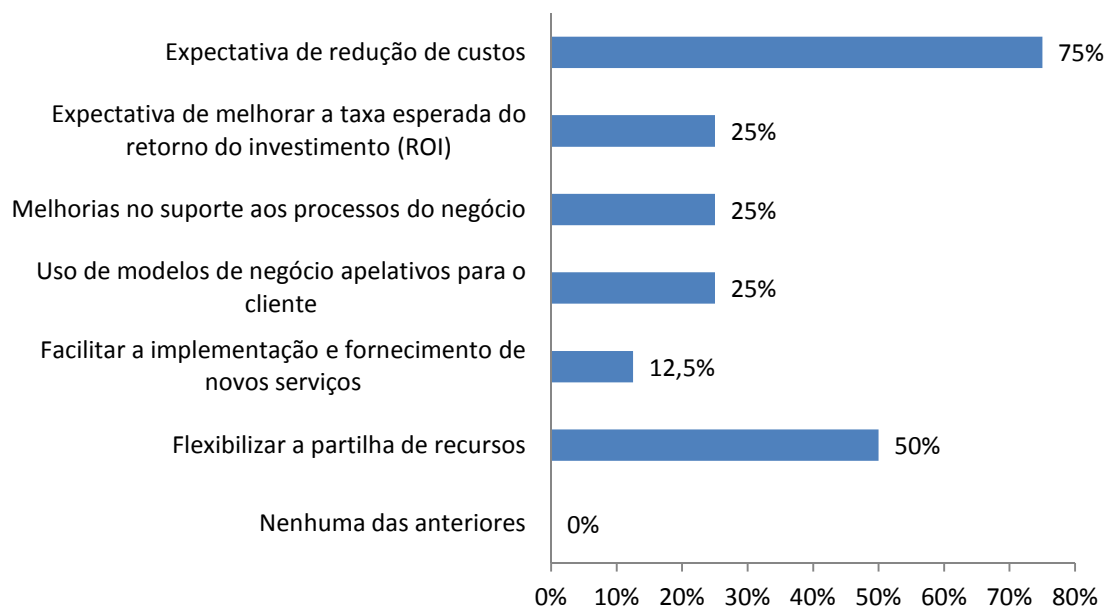
**25. Qual o modelo de disponibilização de serviços *Cloud Computing* que a sua empresa/instituição tenciona implementar?**



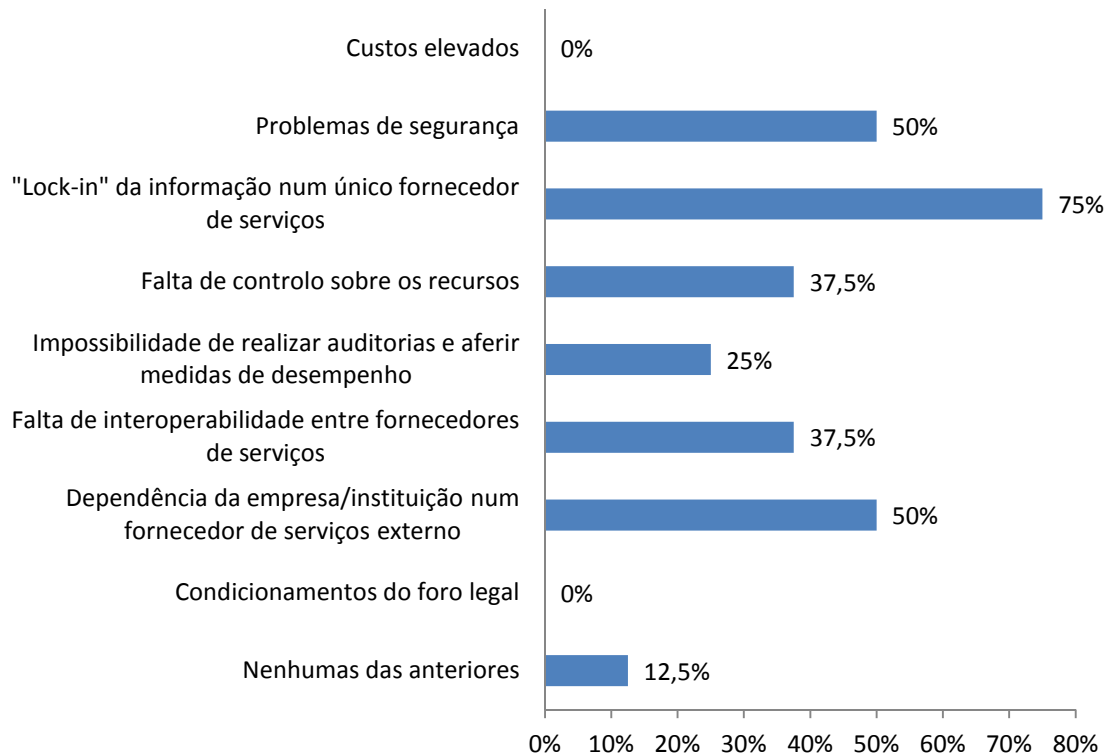
## 26. Quais são os maiores receios na sua adoção?



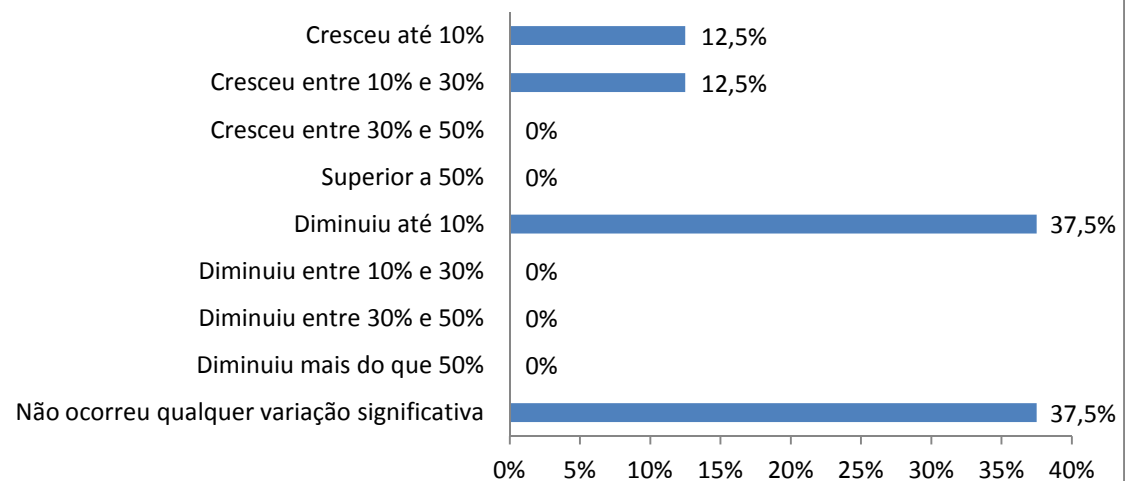
## 27. Quais foram as razões que levaram à adoção da arquitectura e tecnologias de *Cloud Computing*?



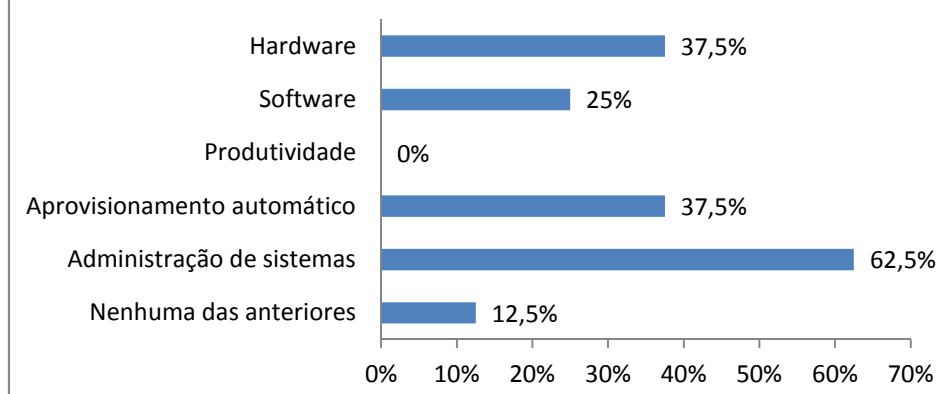
## 28. Quais foram os maiores receios na sua adoção?



## 29. Com a utilização deste paradigma (*Cloud Computing*), qual foi a variação, em percentagem, do investimento realizado no âmbito das TIC?



**30. Em que áreas obteve maiores ganhos com a utilização do paradigma *Cloud Computing*?**



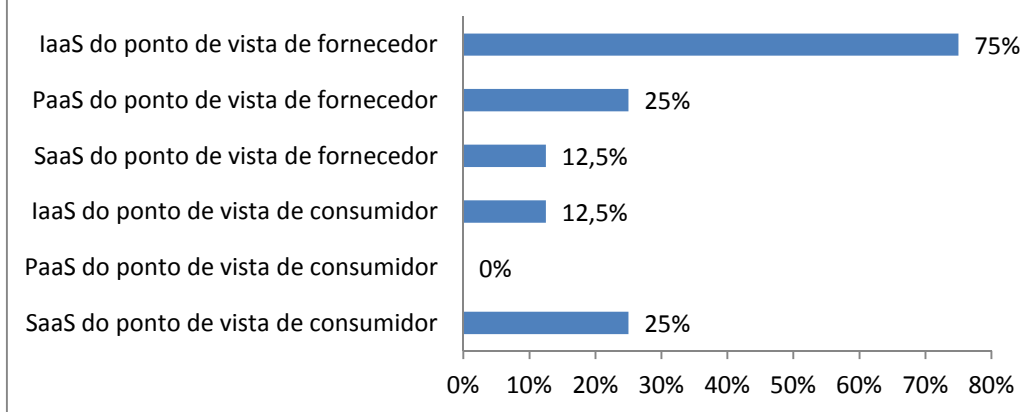
**31. Qual a percentagem de redução de custos conseguida em cada umas das seguintes áreas?**

	Não houve qualquer redução	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Consolidação dos servidores	37,5%	25%	37,5%	0%	0%
Redução do consumo de energia eléctrica	12,5%	87,5%	0%	0%	0%
Redução de custos na aquisição e operação de equipamentos de refrigeração	62,5%	37,5%	0%	0%	0%
Redução de custos associados às instalações	37,5%	37,5%	25%	0%	0%
Redução do número de licenças de Sistemas Operativos	50%	50%	0%	0%	0%
Redução de custos inerentes às actualizações de <i>software</i> e/ou <i>hardware</i>	62,5%	25%	12,5%	0%	0%
Redução do número de administradores de máquinas e serviços	62,5%	37,5%	0%	0%	0%
Redução de custos com treino de pessoal	62,5%	37,5%	0%	0%	0%

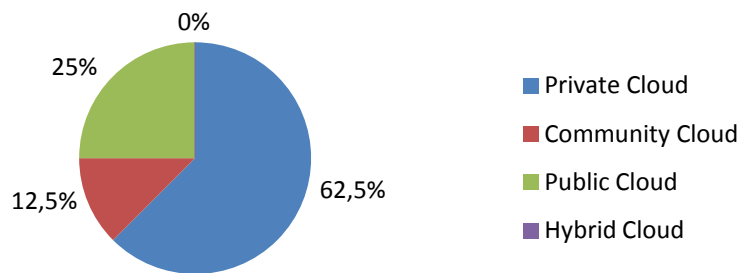
**32. E a percentagem de ganhos que a sua empresa/instituição conseguiu nas seguintes áreas?**

	Não houve qualquer ganho	Menos de 10%	10% a 40%	40% a 70%	Mais de 70%
Aumento da produtividade e da eficiência	37,5%	37,5%	25	0%	0%
Diminuição do tempo de espera por novos recursos (aprovisionamento)	25%	37,5%	25%	0%	12,5%
Flexibilidade na adopção de novos modelos de negócio e/ou introdução de novos serviços	50%	37,5%	0%	12,5%	0%
Aumento da utilização dos equipamentos	25%	37,5%	37,5%	0%	0%

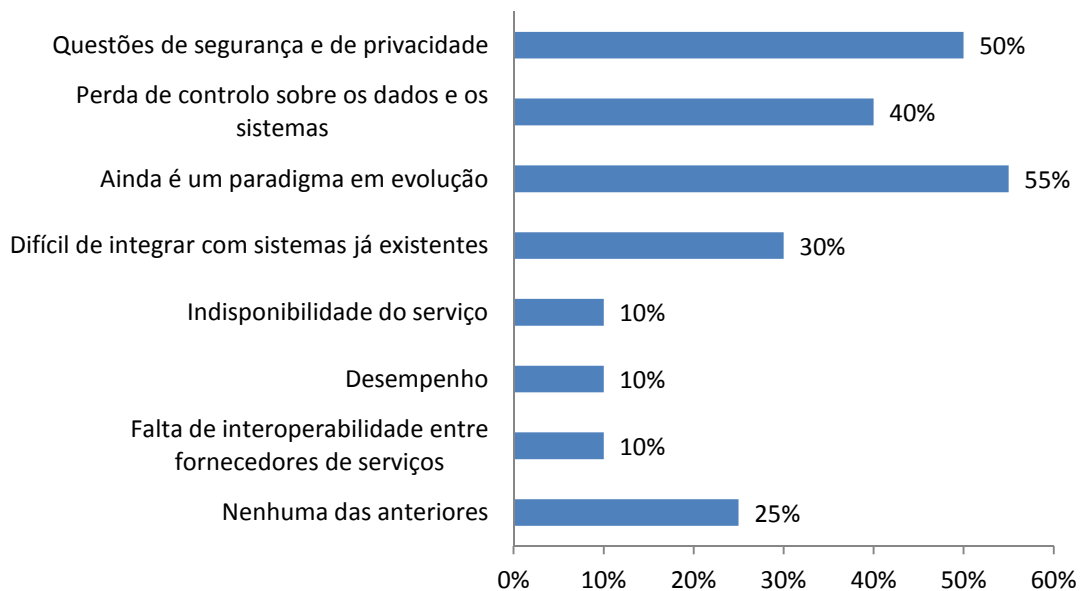
**33. Qual das camadas IaaS, PaaS e SaaS melhor serve os interesses da sua empresa/instituição?**



**34. Qual o modelo de disponibilização de serviços *Cloud Computing* que se encontra implementado na sua empresa/instituição?**



**35. O que impede a sua empresa/instituição de adotar o paradigma *Cloud Computing*?**



**36. Estaria, no entanto, interessado nos modelos de disponibilização de serviços *Cloud Computing* apelidados "*Private Cloud*" ou "*Community Cloud*"?**

