

Universidade do Minho

Departamento de Sistemas de Informação

António Adalberto de Araújo Alves Carneiro

**Projeto de Tecnologias e Sistemas de
Informação – Estudo de caso no
domínio do *green computing***

Dissertação de Mestrado

Desenvolvido sob a orientação do

Prof. Doutor João Varajão

Prof. Doutor Carlos Páscoa

Mestrado em Sistemas de Informação

Outubro 2017

Declaração RepositoriUM

Nome: António Adalberto de Araújo Alves Carneiro

Nº Cartão Cidadão /BI: 12963938

Tel./Telem.: 934 504 039

Correio electrónico: antonioaac@gmail.com

Curso Mestrado em Sistemas de Informação Ano de conclusão da dissertação: 2017

Área de Especialização: Sistemas de Informação

Escola de Engenharia, Departamento/Centro: Departamento de Sistemas de Informação

TÍTULO DISSERTAÇÃO/TRABALHO DE PROJECTO:

Título em PT: Projeto de Tecnologias e Sistemas de Informação – Estudo de caso no domínio do green computing

Título em EN : Information Systems/Technologies Project - Green Computing case study

Orientador Professor Doutor João Varajão

Co-orientador Professor Doutor Carlos Páscoa

Nº ECTS da Dissertação 45

Classificação em valores (0-20) _____

Classificação ECTS com base no percentil (A a F) _____

Declaro sob compromisso de honra que a dissertação/trabalho de projeto agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Universidade do Minho.

Declaro que concedo à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha dissertação/trabalho de projeto, em suporte digital.

Concordo que a minha dissertação/trabalho de projeto seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto (assinale um):

1. Disponibilização imediata do trabalho para acesso universal;
2. Disponibilização do trabalho para acesso exclusivo na Universidade do Minho durante o período de 1 ano, 2 anos ou 3 anos, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso universal.
3. Disponibilização do trabalho de acordo com o **Despacho RT-98/2010 c)** (embargo _____ anos)

Guimarães, _____ / _____ / _____

Assinatura: _____

À minha querida Daniela...
...sem ti, nada disto teria acontecido.

Agradecimentos

A realização desta dissertação é o culminar de dois anos de intenso desenvolvimento profissional e sobretudo pessoal. Nada teria sido possível sem o contributo de todos aqueles que, de alguma forma, foram intervenientes naquilo que é hoje uma realidade.

Porque em alguns casos, o contributo é ainda mais importante antes do que durante o trabalho. Este é um desses casos, e como tal, o agradecimento vai para todos aqueles que estiveram presentes na construção da minha individualidade e que fizeram a diferença nas dúvidas e nas decisões que a vida me foi colocando. Aos que me incentivaram e deram força para avançar e aos que duvidaram e me obrigaram a questionar as minhas decisões. Todos eles estão presentes neste trabalho.

Existem, no entanto, algumas pessoas que, pelo especial contributo, não poderia deixar de agradecer em particular.

Ao meu orientador, Professor Doutor João Varajão, pela sabedoria, pela prontidão no suporte e na ajuda, por se chegar à frente nas adversidades e, sobretudo, pelo sentimento de apoio e confiança que transmite e que tanta segurança conferiu ao desenrolar deste trabalho.

Ao Tenente Coronel Carlos Páscoa, pela sugestão do projeto, pela prontidão no apoio e, acima de tudo, por abrir as portas da sua casa à ciência, ao conhecimento e à inovação.

Ao meu pai, minha mãe, minha irmã, cunhado e sobrinhos, por terem tido sempre muitas dúvidas, mas sem nunca deixarem de acreditar e por um único momento pararem de me apoiar. Não escolhi nenhum deles, mas não os trocava por nada.

À família de Esposende, por estarem sempre lá para mim, cada um à sua maneira. Em particular à Bibi e ao Álvaro, por acreditarem em mim mesmo antes de eu o ter feito.

Aos amigos, a família que podemos escolher. Nenhum em geral, mas todos em particular contribuíram e contribuem para a partilha dos sucessos e desventuras da vida. Todos eles fazem parte deste trabalho.

À Daniela, a minha companheira nesta aventura que é a vida, a minha ajuda no enfrentar de cada jornada e a principal “culpada” por este trabalho ser hoje uma realidade. Pelo apoio incondicional, nada mais lhe posso pedir, tudo lhe tenho a agradecer.

Resumo

A sustentabilidade ambiental é um problema presente em toda a sociedade e constitui um dos grandes desafios da atualidade. As Tecnologias da Informação têm neste contexto um papel de destaque, fruto das suas capacidades. A sua utilização generalizada leva a que o impacto a nível ambiental seja significativo e, como tal, cresce a importância da sua utilização de forma eficiente. As organizações têm um papel e responsabilidade centrais no que toca à sustentabilidade ambiental e deverão direcionar esforços para estratégias de sustentabilidade. Os Sistemas de Informação, como força impulsionadora da mudança e do desenvolvimento organizacional, podem ser uma ferramenta de promoção da eficiência na utilização dos recursos.

O desenvolvimento das técnicas de virtualização veio permitir uma utilização mais eficiente dos recursos computacionais, impulsionando o advento do chamado *Green Computing*. Neste trabalho é abordado o conceito de *Green Computing*, analisando os aspetos organizacionais da implementação de estratégias de sustentabilidade ambiental, como a necessidade de consciencialização e de adaptação da cultura organizacional. Sendo a virtualização uma componente importante do *Green Computing*, será também analisado este assunto, nomeadamente em termos de modelos de virtualização de hardware, em especial no que respeita a *virtual desktop*. O desenvolvimento de Sistemas de Informação na perspetiva do duplo-uso será também contemplado, tendo em conta que a partilha de conhecimento possibilita o desenvolvimento de soluções com impacto generalizado na sociedade.

Este trabalho visa o desenvolvimento de um estudo de aplicação dos domínios de *Green Computing* a nível organizacional. Assim, a principal finalidade e o respetivo contributo é a proposta de um processo para implementação organizacional de *Green Computing*, recorrendo à virtualização de hardware, focado na eficiência ambiental, tendo em consideração uma vertente de duplo-uso. Para o desenvolvimento do trabalho foi adotada a metodologia *Design Science Research*.

Palavras-chave: Green Computing; Green IT; Green IS; Virtualização; Infraestrutura de virtual desktop; Consciência organizacional; Cultura organizacional; Duplo-uso; Eficiência Energética

Abstract

Environmental sustainability is an emerging problem, representing one of the greatest challenges of today's society. Among many sectors and industries, Information Technologies have also a prominent role on this subject. The widespread use of these technologies leads to a significant environmental impact, that has increasingly brought to the spotlight the importance of thinking in efficiency terms regarding technological solutions. Organizations have a central role and responsibility in environmental sustainability matters and should take the lead focusing efforts on sustainability strategies. Information Systems are a driving force on organizational change and development, naturally presenting a high potential as a tool to promote efficiency in resources management.

Currently we can already see developments on virtualization techniques, enabling an increased efficiency on computing resources utilization and contributing to boost the advent of the so called Green Computing. This work concentrates on Green Computing, on the organizational aspects connected to the implementation of environmentally focused strategies, namely the necessity to raise organizational awareness and culture adaptation. Virtualization is also addressed as it is a key component on Green Computing, particularly hardware virtualization models and especially virtual desktop. Information Systems with a dual use perspective are also analyzed, as these largely contribute to knowledge sharing and therefore to enable solutions with high impact on society.

The goal of this dissertation is to have a solid study on Green Computing applications on an organizational level. The main objective is the proposal of a process for organizational implementation of Green Computing principles, through hardware virtualization, focusing on the environmental efficiency and considering the particularities of the dual use. Design Science Research methodology was adopted for the development of this work.

Keywords: Green Computing; Green IT; Green IS; Virtualization; Virtual desktop infrastructure; Organizational awareness; Organizational culture; Dual-use; Energy efficient

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas	xvii
Siglas e Acrónimos	xix
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Objetivos e resultados esperados.....	3
1.3 Estrutura do documento.....	3
2 Abordagem Metodológica.....	5
2.1 Design Science Research	5
2.2 Estratégia de pesquisa	6
3 Green Computing e a eficiência energética no uso das TI	15
3.1 Green Computing.....	15
3.2 Sistemas de Informação e eficiência energética	18
4 Green Computing e a sustentabilidade ambiental nas organizações.....	20
4.1 Consciência organizacional.....	20
4.2 Estrutura/cultura organizacional.....	22
5 Virtualização, eficiência energética e sustentabilidade ambiental no uso das TI	25
5.1 Virtualização.....	25
5.2 Modelos de virtualização de hardware referidos na literatura	27
5.3 Infraestrutura de virtual desktop	30
6 Implementação organizacional de uma solução de Green Computing	34
6.1 Sucesso de projetos de TI focados na sustentabilidade ambiental	34

6.2 Adoção de Green Computing	35
6.3 Processo de implementação organizacional de Green Computing.....	38
7 Discussão – O caso da Força Aérea Portuguesa	45
7.1 Aplicação do processo de implementação organizacional de Green Computing na FAP.....	45
7.2 Projetos de Sistemas de Informação de duplo-uso	49
8 Conclusões.....	52
Referências bibliográficas.....	54

Índice de Figuras

FIGURA 1 FRAMEWORK GERAL PARA O CICLO DE CONCEÇÃO DO ARTEFACTO, BASEADA NA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO DESIGN SCIENCE RESEARCH IN INFORMATION SYSTEMS	6
FIGURA 2 INFLUÊNCIAS NO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL DE GREEN COMPUTING	37
FIGURA 3 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL DE UMA SOLUÇÃO DE GREEN COMPUTING.....	39

Índice de Tabelas

TABELA 1 PESQUISA INICIAL E RESULTADOS	7
TABELA 2 PESQUISA COMPOSTA E RESULTADOS	8
TABELA 3 TABELA DE CONCEITOS “GREEN COMPUTING”	9
TABELA 4 TABELA DE CONCEITOS “SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA”	10
TABELA 5 TABELA DE CONCEITOS “CONSCIÊNCIA ORGANIZACIONAL”	11
TABELA 6 TABELA DE CONCEITOS “ESTRUTURA/CULTURA ORGANIZACIONAL”	11
TABELA 7 TABELA DE CONCEITOS “VIRTUALIZAÇÃO”	12
TABELA 8 TABELA DE CONCEITOS “MODELOS DE VIRTUALIZAÇÃO DE HARDWARE”	12
TABELA 9 TABELA DE CONCEITOS “INFRAESTRUTURA DE VIRTUAL DESKTOP”	12
TABELA 10 TABELA DE CONCEITOS “SUCESSO EM PROJETOS DE TI FOCADOS NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL”	13
TABELA 11 TABELA DE CONCEITOS “ADOÇÃO DE GREEN COMPUTING”	13
TABELA 12 TABELA DE CONCEITOS “PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL DE GREEN COMPUTING” ..	14
TABELA 13 TABELA DE CONCEITOS “PROJETOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DUPLO-USO”	14
TABELA 14 LISTA DAS APLICAÇÕES INFORMÁTICAS UTILIZADAS NA FAP	48

Siglas e Acrónimos

TI	Tecnologias da Informação
IT	<i>Information Technology</i>
SI	Sistemas de Informação
IS	<i>Information Systems</i>
TCO	<i>Total cost of ownership</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
TOE	<i>Technology – Organization – Environment</i>
FAP	<i>Força Aérea Portuguesa</i>
UM	<i>Universidade do Minho</i>

1 Introdução

As questões de sustentabilidade ambiental assumem um papel cada vez mais relevante para a sociedade. Com os efeitos das alterações climáticas a terem uma expressão maior a cada ano que passa, é natural que este seja um assunto com preponderância crescente para organizações e governos, a nível global. As Tecnologias da Informação (TI) assumem neste ponto um papel particularmente sensível. O seu desenvolvimento e aplicação veio possibilitar o crescimento económico, ao qual está associado um aumento na emissão de gases com efeito de estufa (Brock & Taylor, 2004). Por outro lado, o desenvolvimento das TI veio também possibilitar novos processos de negócio, formas de comunicar ou de gestão mais eficiente de recursos, contribuindo para práticas mais sustentáveis.

A generalização no uso e acesso a TI veio gerar uma nova questão no que toca à sustentabilidade: o impacto ambiental da própria infraestrutura de TI. A sua utilização massiva levanta preocupações relativamente a práticas sustentáveis, assumindo, um papel central no que toca a questões de ecologia e sustentabilidade. Assim, as TI assumem um duplo papel em termos de práticas de sustentabilidade nas organizações: (1) pela capacidade que proporcionam na gestão de recursos e processos de forma mais eficaz; (2) devido à sua disseminação ubíqua, verifica-se atualmente uma necessidade de refletir sobre a sustentabilidade do próprio uso da tecnologia. As infraestruturas de TI são responsáveis por consumos energéticos significativos e consequente emissão de gases com efeito de estufa. Além disso, o hardware de TI tem implicações significativas no ambiente, quer durante a sua produção, quer na eliminação de componentes, contribuindo para a problemática da sustentabilidade ambiental que assistimos na atualidade. Em 2007, as emissões de gases com efeito de estufa relativos à indústria das TI correspondeu a cerca de 2% das emissões globais (Gartner, 2007). Significa então que mais de 8 giga toneladas de CO₂ foram emitidas por esta indústria, sendo expectável que este valor aumente consideravelmente nos próximos anos (“CO2 emissions caused by information technology in 2007,” 2016). Em 2009 os valores apontavam para cerca de 3% das emissões globais (Butler, 2011), estimando-se para 2020 uma duplicação desse valor para 6% (O’Flynn & Executive, 2010). Estes dados evidenciam a importância de iniciativas que visem a sustentabilidade do uso das TI, justificando um acréscimo da atenção por Green Information

Technology (IT)¹. A temática de Green IT (ou TI ecológicas) evoluiu de forma mais acentuada a partir da publicação, pela Gartner, do relatório intitulado “*Green IT a new industry shock wave*” em 2007 (Mingay, 2007). Desde então, os domínios do *Green Computing* registaram um significativo aumento de interesse por parte da Sociedade, refletida também na sua posição de destaque no *hype cycle for emerging technologies* da Gartner em 2008 e 2009 (Gartner, 2008). Esta evolução da noção de TI ecológicas tem resultado no desenvolvimento de vários projetos e estudos publicados a nível académico e industrial (Elliot & Binney, 2008; Joumaa & Kadry, 2011; Murugesan, 2008; Soomro & Sarwar, 2012). Os benefícios do *Green Computing* para o ambiente, pela melhoria da eficiência energética e diminuição da pegada ecológica, aliados às crescentes pressões legislativas e custos energéticos, constituem um ímpeto para o desenvolvimento de tais iniciativas.

A área dos Sistemas de Informação (SI) assume um plano de destaque no que toca à sustentabilidade. Uma vez que a questão da sustentabilidade das TI constitui um problema complexo, com várias dimensões, como a tecnológica, económica, mas também em grande parte social, faz com que os SI sejam preponderantes para a implementação de estratégias de sustentabilidade para toda a sociedade e, em particular, nas Organizações (Melville, 2010).

1.1 Enquadramento

As preocupações ambientais têm marcado as últimas décadas. A crescente pressão oriunda das cada vez mais acentuadas alterações climáticas, aliadas ao peso crescente que o consumo energético tem em termos económicos, levam a que a atenção por soluções ou alternativas mais ecológicas tenha um impacto generalizado na sociedade.

A virtualização de hardware permite reduzir o investimento, tanto na sua aquisição como na utilização, otimizando o investimento e o consumo energético; traduz-se, também, numa adequação mais eficiente do universo dos instrumentos de trabalho às necessidades da Organização. Naturalmente, as questões de consciência organizacional no domínio da identificação das necessidades e do universo de utilizadores é um tema premente para a caracterização, com sucesso, de como e em que medida se pode aplicar a virtualização de hardware.

Neste âmbito, a Força Aérea Portuguesa (FAP) propôs-se a "Reduzir o investimento em Hardware do Posto de Trabalho através da utilização de diferentes tipos de End Device, e.g., Tablets e Ultra Low

¹ Foi mantida a expressão original de IT ao invés de TI, de modo a preservar a expressão Green IT, garantindo assim a coerência para com a literatura.

Cost Computers, otimizando o investimento e o consumo energético". Surge assim a oportunidade desta dissertação, a ser realizada em colaboração da Universidade do Minho (UM) com a FAP. Na presente dissertação é proposta a realização de um estudo de aplicação dos domínios de *Green Computing*, tendo em conta uma perspetiva organizacional e uma vertente de duplo-uso.

1.2 Objetivos e resultados esperados

O objetivo principal da presente dissertação é a apresentação de um estudo de aplicação dos domínios de *Green Computing* que possa ser aplicado na Força Aérea Portuguesa, tendo em conta uma vertente de duplo-uso. São propostos os seguintes objetivos de suporte:

- Revisão de bibliografia relativa às temáticas:
 - i) Consciência Organizacional;
 - ii) *Green Computing*;
 - iii) Virtualização;
 - iv) Estrutura/cultura organizacional;
 - v) Modelos de virtualização de hardware disponíveis na literatura;
 - vi) Projetos de sistemas de informação de duplo-uso;
 - vii) Eficiência energética e a sua aplicação aos sistemas de informação, designadamente na virtualização de hardware;
- Proposta de processo de implementação organizacional de *Green Computing*.

1.3 Estrutura do documento

Nesta secção é apresentada a organização do presente documento.

O primeiro capítulo, Introdução, compreende o enquadramento da temática, a apresentação dos objetivos e a estrutura do documento.

O segundo capítulo, Abordagem Metodológica, apresenta o processo metodológico adotado para desenvolvimento da dissertação. Neste capítulo está ainda presente a estratégia de pesquisa e seleção dos artigos da revisão de literatura.

O terceiro capítulo, *Green Computing* e eficiência energética no uso das Ti, aborda os conceitos principais relacionados com a sustentabilidade ambiental no uso de TI. Neste capítulo é também apresentado o papel e intervenção dos SI na utilização sustentável de TI.

O quarto capítulo, *Green Computing* e a sustentabilidade ambiental nas organizações, aborda as questões organizacionais da adoção de soluções eco sustentáveis para as TI. São focadas as questões de consciência, estrutura e cultura organizacional e sua influência na adoção de estratégias que visem a sustentabilidade ambiental do uso de TI.

No quinto capítulo, Virtualização, é abordado o tema da virtualização com foco na sustentabilidade ambiental o uso de TI. A forma como impulsionou os domínios do *Green Computing* e a importância que soluções de *virtual desktop* podem ter o uso ambientalmente sustentável das TI, são o foco deste capítulo.

O sexto capítulo, descreve um processo de implementação organizacional de Green Computing, especificamente considerando uma solução baseada em virtualização.

O sétimo capítulo, aborda o caso da FAP. Partindo do processo desenvolvido no capítulo anterior, é discutida a aplicação para a realidade organizacional da FAP. Esta secção contém ainda os fundamentos para compreensão do conceito de duplo-uso e do desenvolvimento de SI de duplo-uso, particularizando para o caso da implementação organizacional de *Green Computing*.

Por último, são retiradas algumas conclusões e identificadas oportunidades para trabalho futuro.

2 Abordagem Metodológica

Neste capítulo é apresentada a abordagem metodológica adotada, para a realização desta dissertação. É feita uma breve descrição do processo de investigação, identificando as diversas atividades realizadas. Por último, é apresentada a estratégia de pesquisa seguida na revisão de literatura.

2.1 *Design Science Research*

Para elaboração da presente dissertação, foi adotada a metodologia *Design Science Research for Information Systems*. Esta reflete, fundamentalmente, um paradigma de resolução de problemas. O seu aparecimento e aplicação aos Sistemas de Informação (SI) deveu-se à natureza multi-paradigmática associada a esta disciplina. Os estudos em SI envolvem a compreensão da interação entre o Humano e os sistemas computacionais, o que obriga à aplicação de variadas metodologias e filosofias, provenientes de diversas áreas.

Esta metodologia assenta na construção de um artefacto, que poderá ser um modelo, método, constructo ou instanciação, inovador, para resolução de um problema específico.

O artefacto desenvolvido na presente dissertação consiste num processo para implementação organizacional de *Green Computing*.

A etapa de Identificação do problema foi realizada em articulação da Universidade do Minho com a Força Aérea Portuguesa, para clarificação do âmbito e plano da dissertação **(1)**. A sugestão de hipóteses e o desenvolvimento do artefacto foi conseguida através da revisão bibliográfica dos conceitos e domínios identificados para o problema em questão **(2)**. A revisão de bibliografia incidiu sobre os seguintes tópicos: i) Consciência Organizacional; ii) *Green Computing*; iii) Virtualização; iv) Estrutura/cultura organizacional; v) Modelos de virtualização de hardware disponíveis na literatura; vi); Projetos de sistemas de informação de duplo-uso; vii) Eficiência energética e a sua aplicação aos sistemas de informação, designadamente na virtualização de hardware. A construção do artefacto foi realizada tendo por referência os resultados da revisão de literatura **(3)**. Estas fases foram caracterizadas por diversas iterações de modo a garantir a concordância para com os objetivos identificados. A avaliação **(4)** foi feita em conjunto com a FAP, pela verificação da aplicabilidade do processo de implementação desenvolvido à realidade da organização. A última fase, comunicação **(5)**, focou-se na comunicação de resultados, sendo esta dissertação o seu resultado mais imediato.

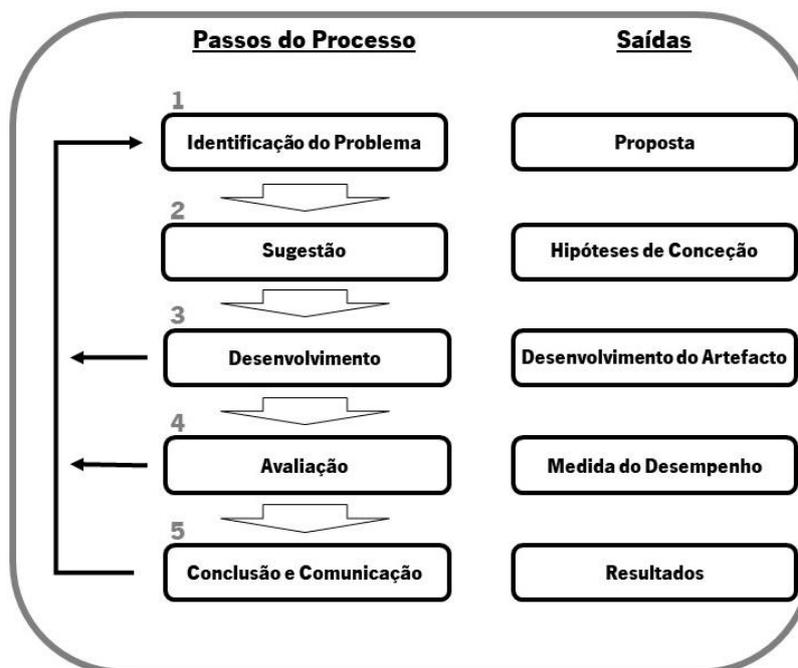


Figura 1 Framework geral para o ciclo de concepção do artefacto, baseada na metodologia de investigação Design Science Research in Information Systems
(Adaptado de (Vaishnavi & Kuechler, 2015))

2.2 Estratégia de pesquisa

Esta secção compreende a apresentação das fontes de recolha dos dados, a estratégia de pesquisa, assim como a seleção dos artigos.

2.2.1 Fontes de dados e estratégia de pesquisa

Para elaborar a revisão de literatura, numa primeira fase, foram efetuadas pesquisas recorrendo a várias bases de dados e respetivos motores de busca. Esta fase inicial possibilitou uma visão geral dos domínios, bem como a identificação de trabalhos relevantes na área. A recolha efetiva foi executada recorrendo aos seguintes motores de busca:

- RepositoriUM;
- Google Scholar;
- IEEE explore;
- Elsevier Science Direct;
- Web of Science;
- Scopus;
- Emeraldinsight.

O Google Scholar, Scopus e Web of Science foram os motores de busca preferenciais, devido à sua capacidade de agregação de artigos de variadas bases de dados.

De forma a assegurar a qualidade e a relevância dos trabalhos a incluir na revisão, foram tidas em especial consideração as publicações incluídas em revistas científicas de referência como, por exemplo, *Management Information Systems Quarterly*, *Journal of Management Information Systems* ou *Journal of the ACM*. Tendo em consideração a inexistência de revistas relevantes, especializadas na temática central da dissertação, foi também dada especial atenção a artigos provenientes de conferências da área de *Green Computing*, e TI sustentáveis como, SusTech – IEEE Conference on Technologies for Sustainability, IEEE Green Technologies Conference, SMARTGREENS – International Conference on Smart Grids and Green IT, International *Green Computing* Conference Proceedings, entre outras. Pela sua pertinência, foram também exploradas algumas referências bibliográficas de artigos previamente selecionados e analisados.

Para efetuar a pesquisa, foram utilizadas palavras-chave, de acordo com o assunto a abordar. Inicialmente pesquisou-se por “Green Computing”, no entanto, o elevado número de resultados, nomeadamente no motor de busca Google Scholar (Tabela 1), levou à necessidade de um posterior refinamento da pesquisa.

Tabela 1 Pesquisa inicial e resultados

	Google Scholar	Scopus	Web of Knowledge
“Green Computing”	15700	911	480

Esta primeira pesquisa permitiu adquirir uma visão inicial e retirar duas conclusões: (1) Apesar de *Green Computing* ser o tema central a desenvolver, seria importante incluir os conceitos de *Green IT* e *Green IS*, visto serem também representativos do problema abordado na dissertação; (2) As pesquisas por *Green Computing* retornam muitos resultados relativos a computação em nuvem (*Cloud Computing*). Este assunto está associado a um elevado número de publicações nos últimos anos, levando à necessidade de proceder à consideração de um maior número de artigos, de forma a despistar aqueles que não se enquadram na temática da dissertação. Assim, optou-se por incluir na pesquisa as expressões “Green IT” e “Green IS” juntamente com “Green Computing”.

De forma a refinar mais os resultados, foram adicionadas palavras-chave, resultando nas expressões compostas da Tabela 2. As expressões “AND” e “OR” constituem os operadores lógicos usados para refinar as pesquisas nos motores de busca.

Tabela 2 Pesquisa composta e resultados

	Google Scholar	Scopus	Web of Knowlegde
“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”	16900	911	1537
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “awareness”	16100	125	57
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “awareness” AND “Corporate Social Responsibility”	3030	-	-
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “virtualization”	6870	155	70
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “organizational culture”	1210	6	3
“virtualization” AND “model” AND (“Total Cost of Ownership” OR TCO)	1570	14	9
“virtualization” AND “model” AND (“Return on Investment” OR “ROI”)	1790	7	3
“infrastructure” AND “virtual desktop” AND “energy efficient”	352	1	-
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “IT project” AND “success”	389	12	-
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”) AND “organizational adoption”	261	4	-
(“Green Computing” OR “Green IT” OR “Green IS”)AND “organizational implementation”	42	1	-
“dual use” AND “Information Systems”	3180	22	4

O elevado número de resultados levou a que a opção fosse a sua ordenação por relevância, sendo então considerados os primeiros 70 trabalhos. Este valor surge fruto da experiência adquirida na pesquisa, considerando que existiam artigos relevantes dentro dos primeiros 70 resultados. A influência dos inúmeros resultados relativos a computação em *cloud*, e que não se enquadravam nesta dissertação, foi tida em consideração na definição deste valor.

A pesquisa foi realizada no período compreendido entre outubro de 2016 e fevereiro de 2017.

2.2.2 Seleção de artigos

A seleção dos artigos relevantes foi feita tendo em consideração, em primeiro lugar, o seu título, seguido pela análise do respetivo resumo. Para os casos em que não foi possível verificar a relevância do seu conteúdo para a presente dissertação através do título e resumo, foi necessário proceder à leitura integral dos artigos, com especial ênfase na sua introdução e conclusões. Todos os trabalhos

analisados foram tidos em consideração de forma a enriquecer a revisão de literatura, garantindo a inclusão das diferentes perspectivas e opiniões dos diversos autores. Não foram considerados trabalhos cujo resumo não se encontrava na língua Inglesa.

De modo a tornar mais claro o método de pesquisa, e porque nesta dissertação se verifica a necessidade de abordar um conjunto alargado de conceitos, a descrição da seleção dos artigos será decomposta nos vários subtemas a abordar. Assim, será apresentada uma tabela de conceitos para cada assunto em estudo. Nas tabelas são assinaladas com um “**X**” os conceitos abordados em cada um dos artigos.

Green Computing

Palavras-chave: *Green Computing*, Green IT; Green IS; Environmentally sustainable ICT; Carbon Footprint; Energy efficient; Green Networking.

Tabela 3 Tabela de conceitos “Green Computing”

Artigos	Conceitos							
	<i>Green Computing</i>	Green IT	IT for Green	Green IS	Environmentally sustainable ICT	Carbon Footprint	Energy efficient	Green Networking
Dutta & Gupta, 2016	x							x
Li & Zhou, 2011	x							
Soomro & Sarwar, 2012	x							
Murugesan & Gangadharan, 2012	x	x				x	x	
Melville, 2010				x				
Bose & Luo, 2011		x						
Alemayehu Molla et al., 2014		x	x					
Faucheux & Nicolai, 2011		x	x					
Elliot & Binney, 2008					x			
Iacobelli, Olson, & Merhout, 2010						x		
Gräuler et al., 2013						x		
Mattern et al., 2010						x	x	

Autor, Ano	Green Computing	Green IT	IT for Green	Green IS	Environmentally sustainable ICT	Carbon Footprint	Energy efficient	Green Networking
Beloglazov, Abawajy, & Buyya, 2012		x					x	
Chilamkurti, Zeadally, & Mentiplay, 2009					x			x
Berl, Gelenbe, Girolamo, & Giuliani, 2010	x						x	
Bianzino, Chaudet, & Rossi, 2012								x

Sistemas de Informação e eficiência energética

Palavras-chave: Green; Information Systems; Benefits; Reporting; Organizational Motivation; Behavioral change.

Tabela 4 Tabela de conceitos “Sistemas de Informação e Eficiência Energética”

Artigos	Conceitos						
	Green	Energy Efficiency	Information Systems	Benefits	Reporting	Organizational Motivation	Behavioral Change
Ijab, Molla, & Cooper, 2012	x	x	x			x	
A Molla, 2009	x	x	x			x	
A Molla, 2013	x	x	x				x
Corbett, 2013	x	x	x		x		x
Gräuler et al., 2013	x	x	x		x		
Zhu, Sarkis, & Lai, 2012	x	x	x	x			
Chou & Chou, 2012	x	x	x	x			
Schrettle et al., 2014	x	x	x	x			
Hertel & Wiesent, 2013	x	x	x	x			
Brocke, Watson, Dwyer, Elliot, & Melville, 2012	x	x	x				
Sarkis, Koo, & Watson, 2013	x	x	x				

Consciência Organizacional

Palavras-chave: Organizational awareness; Adoption; Green IT; Green IS; *Green Computing*; Behaviour; Corporate Social Responsibility; Sustainability.

Tabela 5 Tabela de conceitos “Consciência Organizacional”

Artigos	Conceitos					
Autor, Ano	Organizational Awareness	Adoption	Green IT/Green IS/ <i>Green Computing</i>	Behaviour	Corporate Social Responsibility	Sustainability
Chou & Chou, 2012	x		x			
Flammer, 2013	x				x	x
Alemayehu Molla, Abareshi, & Cooper, 2014		x	x	x		
Jenkin, McShane, & Webster, 2011			x		x	x
Gräuler, Freundlieb, & Ortwerth, 2013			x	x	x	x
Schmidt, Ereik, Kolbe, & Zarnekow, 2010		x	x			x
Gholami, Sulaiman, & Ramayah, 2013		x	x	x		x

Estrutura/Cultura Organizacional

Palavras-chave: Organizational culture; Organizational change; Green IT/ Green IS/ *Green Computing*; Corporate Social Responsibility; Sustainability.

Tabela 6 Tabela de conceitos “Estrutura/Cultura Organizacional”

Artigos	Conceitos				
Autor, Ano	Organizational Culture	Organizational Change	Green IT/ Green IS/ <i>Green Computing</i>	Corporate Social Responsibility	Sustainability
Campbell, Ratcliffe, & Moore, 2013a	x	x	x		x
Schein, 2010	x				
Post & Altma, 1994		x			x
Olson, 2008	x		x		x
Campbell, Moore, & Sharma, 2014a	x	x	x		x
Cameron & Quinn, 2005	x	x			
Übuis & Alas, 2015	x			x	x
Abbett, 2010	x			x	x
Gattiker & Carter, 2010		x			x
Schrettle, Hinz, & Scherrer-Rathje, 2014		x			x

Virtualização

Palavras-chave: Virtualization; Virtual Machine; Green IT/Green IS/ *Green Computing*; Energy Efficient; Sustainability.

Tabela 7 Tabela de Conceitos “Virtualização”

Artigos	Conceitos				
Autor, Ano	Virtualization	Virtual Machine	Green IT/ Green IS/ Green Computing	Energy efficient	Sustainability
Bose & Luo, 2011	x	x	x	x	x
Sahoo, Mohapatra, & Lath, 2010	x	x			
Chiueh & Brook, 2005	x	x			
Berl et al., 2010	x	x		x	

Modelos de virtualização de hardware

Palavras-chave: Virtualization; Desktop virtualization; Model; Green IT/Green IS/ *Green Computing*; Return on Investment; Total Cost of Ownership.

Tabela 8 Tabela de conceitos “Modelos de virtualização de hardware”

Artigos	Conceitos					
Autor, Ano	Virtuaization	Desktop Virtualization	Model	Green IS /Green IT/ Green Computing	Return on Investment	Total cost of ownership
Davis, 2007	x	x		x		
Liao, Xiong, Jin, & Hu, 2008	x	x				
Maga, Hiebel, & Knermann, 2013	x	x				
Miller & Pegah, 2007	x	x	x			
Agrawal, Biswas, & Nath, 2014	x	x		x		
Joumaa & Kadry, 2011	x	x				
Vykoukal, Wolf, & Beck, 2009	x	x		x		
Lam, 2010	x	x				x
Uddin & Rahman, 2012	x	x	x		x	x

Infraestrutura de virtual desktop

Palavras-chave: Green IT/Green IS/ *Green Computing*, Sustainability; Energy Efficient; Infrastructure; virtual desktop.

Tabela 9 Tabela de conceitos “Infraestrutura de virtual desktop”

Artigos	Conceitos				
Autor Ano	Green IT/Green IS/ Green Computing	Sustainability	Energy efficient	Infrastructure	Virtual Desktop
Davis 2007	x	x	x		x
Liao et al., 2008			x	x	x
Maga et al., 2013		x	x	x	x
Vykoukal et al., 2009	x	x	x	x	

Autor Ano	Green IT/Green IS/ Green Computing	Sustainability	Energy efficient	Infrastructure	Virtual Desktop
Ibrahim et al., 2016		X	X	X	X
Kochut, 2009		X	X		X
Nakazawa, Koizumi, & Hirasawa, 2012			X	X	X
Fuzi, Hamid, & Ahmad, 2014			X	X	X
Le Thanh Man & Kayashima, 2011			X	X	X
Horizon 7 Virtual Desktop Infrastructure			X	X	X
Pogarcic et al., 2012	X	X	X	X	X

Sucesso em projetos de TI focados na sustentabilidade ambiental

Palavras-chave: IT project; Success; Green IT/Green IS/ *Green Computing*; *Sustainability*

Tabela 10 Tabela de conceitos “Sucesso em projetos de TI focados na sustentabilidade ambiental”

Artigos	Conceitos			
	IT project	Success	Green IT/Green IS/ Green Computing	Sustainability
Gingnell et al 2014	X	X		
Bachour & Chasteen, 2010	X	X	X	X
Varajão, João, 2003	X	X		
Varajão, J. & Trigo, A., 2016	X	X		

Adoção de Green Computing

Palavras-chave: Green IT/Green IS/ *Green Computing*; *Organizational adoption*; *Sustainability*

Tabela 11 Tabela de conceitos “Adoção de Green Computing”

Artigos	Conceitos		
	Green IT/Green IS/ Green Computing	Organizational Adoption	Sustainability
Lei & Ngai, 2013	X	X	X

Processo de implementação organizacional de Green Computing

Palavras-chave: Green IT/Green IS/ *Green Computing*; *Sustainability*; *Organizational*; *Implementation*; *Metrics/Indicators*; *Policy*

Tabela 12 Tabela de conceitos “Processo de implementação organizacional de Green Computing”

Artigos	Conceitos						
	Autor Ano	Green IT/Green IS/ Green Computing	Sustainability	Organizational	Implementation	Metrics / Indicators	Policy
Uddin & Rahman, 2011	x	x	x	x	x		
Uddin & Rahman, 2012	x	x	x	x	x		
Kim & Ko, 2010	x	x	x	x		x	
Sarkar & Young, 2009	x	x	x	x			x
Seidel, Recker, Pimmer, & Vom Brocke, 2009	x	x	x	x			x
Seidel, Recker, & Vom Brocke, 2013	x	x	x	x			x
Celebic & Breu, 2015	x	x	x	x		x	
Loeser, 2013	x	x	x	x			x
Lunardi et al., 2015	x	x	x	x			x
Dick & Burns, 2011	x	x	x	x			x
Ko, Clark, & Ko, 2011	x	x	x	x			x
Kipp et al, 1012	x	x	x	x		x	x

Projetos de Sistemas de Informação de duplo-uso

Palavras-chave: Dual use; Military; Civilian; Information Systems.

Tabela 13 Tabela de conceitos “Projetos de Sistemas de Informação duplo-uso”

Artigos	Conceitos			
	Dual Use	Military	Civilian	Information Systems
DiEsposti & Johansen, 2000	x	x	x	x
Lu, Kweh, Nourani, & Huang, 2016	x			
Molas-Gallart, 1997	x			
Pustovit & Williams, 2010	x			
Benoit, 1978		x		
Alptekin & Levine, 2012	x	x		
Yilgör, Karagöl, & Saygili, 2014		x	x	
Stowsky, 2004	x			
Eriksson, 1999	x			
Winkler, Tuchs, & Hughes, 2008	x			

3 Green Computing e a eficiência energética no uso das TI

As alterações climáticas e a escassez de recursos naturais têm sido cada vez mais temas centrais discutidos por toda a sociedade. A utilização das TI segue essa mesma tendência, tanto mais numa era em que a sua utilização se encontra tão amplamente disseminada. A atenção pela pegada ecológica associada à utilização das TI tem impulsionado o desenvolvimento dos domínios das TI Green ou TI ecológicas. Conceitos como Green Computing ou Green IT são atualmente um tema central, não só dentro da indústria das TI, mas também por todos aqueles que se servem das mesmas, tanto em termos de negócio como do próprio quotidiano da sociedade.

Neste capítulo é feita uma reflexão sobre os conceitos relacionados com a utilização das TI de uma forma ambientalmente sustentável. São abordados os domínios das TI ecológicas, de forma a perceber como poderá ser minimizado o impacto ambiental da sua utilização. Pretende-se assim clarificar diferentes perspetivas e conceitos relativamente a esta problemática, tendo por foco a eficiência energética e ambiental na utilização de TI. Por último, é ainda abordada a área dos SI focada na eficiência energética e ambiental.

3.1 Green Computing

Nos últimos anos, a atenção da indústria, mas também da comunidade em geral, para alternativas tecnológicas mais eco sustentáveis tem registado avanços significativos. A referência a *Green Computing* tem acompanhado essa mesma evolução, muito impulsionada pelos avanços que a virtualização veio possibilitar. Esta temática poderá ser definida como o conjunto de esforços efetuados para suportar necessidades computacionais mediante uma utilização eficiente dos recursos, com minimização do consumo energético e do seu impacto em termos ambientais. De facto, não existe uma definição universalmente aceite para a referência a TI *Green*, não só devido à sua relativa “juventude” como objeto de estudo, mas também pelo facto de que esta temática poderá assumir diversas perspetivas. A sua referência verifica-se em termos da conceção, produção, utilização e eliminação ou descarte da infraestrutura de TI (Dutta & Gupta, 2016; Li & Zhou, 2011; Murugesan, 2008; Soomro & Sarwar, 2012). Como tal, verifica-se o envolvimento de todo o tipo de elementos da infraestrutura de TI como objetos de aplicação de estratégias de *Green Computing*, sejam eles computadores, dispositivos móveis, servidores, periféricos ou redes de comunicação (Murugesan, 2008). *Green Computing* pode, assim, ser definido como a utilização eficiente da infraestrutura de TI, durante todo o seu ciclo de vida. Como uma vertente mais associada à

computação, o *Green Computing* pode ser definido como toda a arquitetura dos sistemas, desenvolvida e implementada de forma orientada para a eficiência energética (Li & Zhou, 2011). Por outro lado, a noção de *Green* associada às TI pode também surgir por intermédio do estudo da forma como os sistemas de informação poderão suportar a sustentabilidade. Na literatura aparece geralmente referido como um subtema dos SI - *Green IS*. *Green IS* envolve o estudo de estratégias de forma a que os SI possam contribuir para o estabelecimento de práticas sustentáveis nos processos organizacionais (Melville, 2010).

Durante a revisão de literatura, foi possível constatar a existência de assuntos relacionados com os domínios do *Green Computing*, referidos com outras nomenclaturas. Assuntos como “Green IT”, “IT for Green”, “Environmentally sustainable ICT”, aparecem definidos sob diferentes perspetivas, mas com uma base comum: sustentabilidade e eficiência na utilização dos recursos focada nas TI. Neste trabalho foram consideradas as várias perspetivas, de modo obter uma visão geral do domínio.

Murugesan (2008) definiu o conceito de Green IT como o estudo e a prática de estratégias de conceção, produção, utilização e descarte de hardware de TI, com impacto mínimo para o ambiente. O autor sugere ainda que *Green IT* se enquadra também na procura pela viabilidade económica e melhoria de desempenho das atividades relacionadas com TI, tendo em conta as responsabilidades sociais e éticas de cada um (Murugesan, 2008). Para Bose e Luo (2011) o conceito de *Green IT* enquadra-se no uso dos recursos de TI de uma forma económica e energeticamente eficiente. Molla e Abareshi (2014) definem *Green IT* como a aplicação de práticas de sustentabilidade ambiental, tanto por fabricantes como utilizadores de hardware, na prevenção de poluição, tanto na gestão dos seus recursos como na utilização da infraestrutura de TI. Por outro lado, definem IT for Green como a implementação das TI na redução do impacto ambiental das comunidades, indústrias, cadeias de fornecimento e nações (Molla, Abareshi, & Cooper, 2014). Esta definição engloba não o impacto direto dos dispositivos da infraestrutura de TI, mas sim o impacto indireto que a sua utilização possibilita. Seguindo a mesma ordem de ideias, também Faucheux e Nicolai (2011) apresentam uma definição para cada um dos conceitos: Green IT como a atividade do sector das TI e seu consequente impacto na eficiência ambiental; *IT for Green* visto como o impacto das TI noutros sectores relativamente à sua produtividade ambiental, particularmente em termos de eficiência energética e emissões de carbono (Faucheux & Nicolai, 2011). Elliot (2008) define *Environmental sustainability of IT* como o conjunto de atividades que visam minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos do comportamento humano no ambiente devido à conceção, fabrico,

utilização e descarte de infraestrutura de TI, bem como produtos e serviços baseados em TI, durante todo o seu ciclo de vida (Elliot & Binney, 2008).

Entre os temas abordados relativamente à sustentabilidade das TI, além da virtualização, existem outros assuntos em destaque, abordados nas secções seguintes.

3.1.1 Consciência da pegada ecológica

Uma das primeiras formas de as organizações atuarem relativamente à sua sustentabilidade passa pela determinação do seu próprio impacto ambiental. Este conhecimento permite facilitar a consciencialização pelo problema, a determinação das áreas mais críticas e o estabelecimento de metas, sendo essencial para a definição das estratégias de sustentabilidade (Iacobelli, Olson, & Merhout, 2010). Este conhecimento pode também ser importante devido ao impacto que tem nos comportamentos individuais dentro da organização (Gräuler, Freundlieb, Ortwerth, & Teuteberg, 2013). A comunicação dos gastos energéticos poderá funcionar como impulsionador da mudança comportamental necessária (Mattern, Staake, & Weiss, 2010). A implementação de um sistema de monitorização dos gastos energéticos pode, assim, ser pertinente para uma gestão mais eficiente dos consumos.

3.1.2 Gestão energética

A redução do consumo energético do hardware existente na organização deverá ser uma das abordagens a seguir no sentido de aumentar a eficiência energética das TI. A utilização de funcionalidades que visem a gestão energética é uma das soluções possíveis. Esta gestão poderá passar pela programação de dispositivos para que, sem comprometimento da performance, se desliguem quando não estão em utilização (Beloglazov, Abawajy, & Buyya, 2012), e pela a consciencialização dos colaboradores para práticas sustentáveis relativamente ao uso dos seus dispositivos (Murugesan, 2008). Outra abordagem pode ser seguida na aquisição ou substituição por dispositivos mais ecológicos (Berl, Gelenbe, Girolamo, & Giuliani, 2010; Murugesan, 2008). A opção por computadores portáteis ou por computadores “thin-client” são soluções que em termos individuais não têm grande impacto, mas que, numa maior escala podem ajudar na redução significativa dos gastos energéticos (Murugesan, 2008).

3.1.3 Green Networking

As redes de comunicação têm tido um elevado crescimento, constituindo outra das áreas de atuação em termos de eficiência energética e conseqüentemente para estratégias de sustentabilidade (Chilamkurti, Zeadally, & Mentiplay, 2009; Dutta & Gupta, 2016). Frequentemente referida como *Green Networking*, é uma das áreas do *Green Computing* em que a eficiência energética pode ser maximizada. Existem algumas estratégias documentadas para o objetivo de melhoria da eficiência energética, mantendo os níveis de desempenho necessários como a consolidação de recursos, conectividade seletiva, computação proporcional e virtualização (Bianzino, Chaudet, & Rossi, 2010). A consolidação de recursos compreende as estratégias utilizadas para redução do consumo global da infraestrutura pelos componentes subutilizados. Uma vez que as redes de comunicação, tipicamente, registam comportamentos de utilização conhecidos, ou seja, os picos de uso e de não uso seguem determinados padrões, é possível adaptar a infraestrutura de forma a garantir uma ativação e desativação de componentes mediante o período em questão. Desta forma o desempenho não será afetado, maximizando a eficiência energética. A conectividade seletiva assemelha-se à anterior, no entanto neste caso, componentes de hardware individuais que não estão a ser necessários são escondidos da rede de forma a evitar desperdício de energia. Esta estratégia pode ser seguida através de técnicas de Interface Proxying em que um componente da infraestrutura, caracterizado pelo seu baixo consumo energético, funciona como intermediário na gestão dos outros componentes da rede. Os princípios da computação proporcional podem também ser utilizados, através de técnicas de adaptive link rate que permitem a redução do consumo energético pela adaptação automática da capacidade da rede ao tráfego necessário.

3.2 Sistemas de Informação e eficiência energética

Muito do trabalho desenvolvido em SI para a sustentabilidade tem o seu foco nas ciências sociais e em abordagens teóricas. A área dos SI tem estado focada nos aspetos organizacionais de como impulsionar a adoção de práticas de sustentabilidade. Este facto prende-se com a complexidade e multiplicidade de domínios intervenientes na adoção e implementação de práticas ambientalmente sustentáveis nas organizações. Alguns casos exemplificativos do foco da investigação em SI para a eficiência energética são apresentados de seguida:

- SI na identificação das forças, internas e externas, envolvidas na adoção de práticas de sustentabilidade (Bose & Luo, 2011; Ijab, Molla, & Cooper, 2012; Leishman, Orr, & Pellegrini-Masini, 2012; Molla, 2009);

- O desenvolvimento em SI para identificação de métricas para avaliação do desempenho das organizações no que toca à sustentabilidade (Molla, 2013);
- Os SI na monitorização e comunicação de consumos energéticos, como forma de promoção da mudança comportamental relativamente à utilização eficiente das TI (Corbett, 2013; Gräuler et al., 2013);
- SI como suporte ao conhecimento dos benefícios do uso sustentável das TI e dos riscos da sua implementação (Chou & Chou, 2012; Hertel & Wiesent, 2013; Schrettle, Hinz, Scherrer, & Friedli, 2014; Zhu, Sarkis, & Lai, 2012).

Assim, na área dos SI, torna-se necessário orientar esforços para a resolução de problemas práticos da sociedade, com um foco mais direcionado para a implementação prática de soluções que visem a eficiência energética na utilização dos recursos (Brocke, Watson, Dwyer, Elliot, & Melville, 2012; Sarkis, Koo, & Watson, 2013)

4 Green Computing e a sustentabilidade ambiental nas organizações

A sustentabilidade ambiental é um tema que centra variados esforços e capta a atenção e interesse por toda a sociedade. Apesar da preservação do meio ambiente e do uso consciente e sustentável dos recursos dever, em primeiro lugar, passar pela atitude individual de cada indivíduo, importa também que as organizações, como um todo, se foquem nessas questões. Diferentes organizações apresentam diferentes especificidades que devem ser consideradas. Existem, no entanto, algumas questões transversais a todas elas e que podem promover atitudes potenciadoras da sustentabilidade ambiental.

Este capítulo aborda as questões relacionadas com a consciência organizacional relativamente à temática da sustentabilidade ambiental. É apresentada a forma como essa consciência impacta as atitudes, tanto individuais como coletivas, particularmente no que concerne à utilização eficiente e ambientalmente sustentável das TI. Além disso, é também abordada a influência que, questões intrínsecas à organização como a sua cultura e estrutura, têm na implementação de estratégias e soluções que promovam a utilização eficiente dos seus recursos de TI.

4.1 Consciência organizacional

Nos últimos anos, tem sido evidente um reconhecimento acrescido da importância da adoção de estratégias de sustentabilidade, por toda a sociedade. As cada vez mais marcadas alterações climáticas, a escassez de recursos naturais aliada ao seu custo cada vez mais elevado, leva a que a tomada de consciência por alternativas mais eco sustentáveis esteja cada vez mais presente na sociedade. Esta tendência é observável de forma generalizada, quer pela simples separação de resíduos nas habitações, utilização de materiais reciclados em organizações, ou até pelas políticas de incentivo ou penalização relativamente a práticas mais ou menos sustentáveis em termos ambientais. De facto, nas organizações atuais, verifica-se a adoção de uma multiplicidade de estratégias com o intuito de tornar mais ecológicos os seus processos e atividades. Esta consciencialização a nível organizacional, surge muitas vezes da necessidade de cumprimento de requisitos legais relativos a questões ambientais, mas também como estratégia para alcançar vantagens competitivas. Essa vantagem pode ser conseguida quer pela eficiente gestão dos recursos, mas também pelo posicionamento e imagem que pretende transmitir para o seu ambiente interno e externo (Molla et al., 2014). Uma atitude proactiva em relação a questões de ecologia transmite uma imagem positiva, da mesma forma que uma atitude negligente se reflete negativamente, podendo inclusive resultar em

penalizações por parte das autoridades reguladoras dos respetivos sectores. Vários estudos indicam que, a nível empresarial, os acionistas demonstram sensibilidade relativamente a práticas relacionadas com o ambiente. Esta sensibilidade pode até ser refletida, em alguns casos, num efeito de valorização ou desvalorização em bolsa, dependendo de as práticas serem positivas ou negativas, em termos ecológicos (Flammer, 2013).

Identificar os benefícios que o Green IT pode ter nas organizações é um dos fatores preponderantes do sucesso da sua adoção. Assim, a nível organizacional, a consciencialização do peso que a utilização da infraestrutura de TI tem, em termos ambientais, aliada ao reconhecimento das potenciais mais valias económicas e sociais do *Green IT*, é facilitador na perceção do seu valor. Esta perceção é essencial para motivar a mudança organizacional no sentido de uma gestão eficaz e eficiente dos recursos de TI, em termos ambientais. Chou e Chou (2012) propuseram um modelo de valor para iniciativas de *Green IT* nas organizações, em que a primeira fase envolve a consciencialização. A tomada de consciência do problema pelas organizações serve como alicerce para construção de estratégias de sustentabilidade (Chou & Chou, 2012). A implementação de iniciativas de Green IT, irá tipicamente envolver o investimento de fundos para sua concretização, bem como gerar uma situação de mudança organizacional (Chou & Chou, 2012). Tanto um como outro fator são inibidores da execução dessas estratégias. Logo, não existindo uma consciencialização efetiva e consolidada dentro da organização, mais difícil será a concretização de tais iniciativas. O envolvimento organizacional, com a disponibilização de informação e meios, para os colaboradores, que demonstrem o comprometimento com as práticas de sustentabilidade, parece influenciar positivamente as crenças e atitudes dos profissionais de TI nesse sentido (Molla et al., 2014). Por outro lado, a falta de consciência sobre o impacto das TI na pegada ecológica da organização, a falta de conhecimento de como implementar estratégias de sustentabilidade ou de como comunicar com os colaboradores no sentido de promover práticas mais sustentáveis, influencia negativamente a sua adoção (Jenkin, McShane, & Webster, 2011). Como tal, é importante para as organizações o estabelecimento de métricas e objetivos relativamente às práticas de sustentabilidade (Schmidt, Ereik, Kolbe, & Zarnekow, 2010). A comunicação de dados relativos à sustentabilidade organizacional influencia positivamente as crenças e ações pró-ecológicas na organização. A consciência sobre os consumos energéticos impulsiona a mudança comportamental necessária, para uma utilização mais consciente da infraestrutura de TI (Gräuler et al., 2013).

Sem a consciencialização e sem o conhecimento de como implementar práticas de Green IT na gestão organizacional, mais difícil será efetivar a adoção de estratégias de sustentabilidade (Molla et al.,

2014). A adoção dessas estratégias está fortemente dependente da gestão de topo. A atitude e consideração da gestão de topo pelas consequências futuras no que toca à sustentabilidade influencia positivamente a adoção de estratégias nesse sentido (Gholami, Sulaiman, Ramayah, & Molla, 2013).

4.2 Estrutura/cultura organizacional

O crescente custo energético associado à utilização da infraestrutura de TI leva à necessidade de reformular a sua gestão. Assim, são cada vez mais importantes os esforços das organizações no sentido de adotar medidas que garantam a sustentabilidade na utilização de TI. De modo a que estes esforços se traduzam em ações efetivas dentro das organizações, é importante o estabelecimento de uma cultura que promova a sustentabilidade (Campbell, Ratcliffe, & Moore, 2013a).

Cultura organizacional, de acordo com Schein (2010), pode ser definida como um padrão de interesses comuns, partilhados por um grupo. Estes padrões surgem de atitudes que o grupo apreendeu ao ultrapassar problemas, que, pela capacidade de resolução dos mesmos, foram interiorizadas e transmitidas aos novos membros como a forma correta de perceber, pensar e sentir em relação a essas questões (Schein, 2010). O mesmo autor identificou ainda três níveis de cultura nas organizações: Artefactos correspondem aos fatores mais visíveis e superficiais e que podem ser facilmente observáveis, como estrutura e processos organizacionais; Crenças e valores adotados correspondem a estratégias, filosofias e objetivos consciencializados na organização; Pressupostos e valores básicos correspondem ao nível mais profundo da cultura organizacional. Este corresponde a um nível mais subconsciente da cultura, envolvendo os valores e crenças aceites como verdadeiros, dificilmente separáveis da própria cultura e que são determinantes na influência de percepções, pensamentos e comportamentos na organização. Schein (2010) defende que este é o nível responsável pelas falhas nas mudanças em termos de cultura organizacional.

Nas organizações, a adoção de iniciativas orientadas para a sustentabilidade, está dependente da cultura organizacional existente. A incorporação sistemática e efetiva de iniciativas ambientalmente sustentáveis nas atividades e processos organizacionais requerem alterações profundas da cultura instituída (Post & Altma, 1994). Tanto *stakeholders* como todos os colaboradores devem ter uma atitude proactiva no que toca a práticas de sustentabilidade. Nas organizações em que esta cultura se encontra mais vincada existe maior facilidade na percepção da importância das estratégias de sustentabilidade orientadas para as TI (Olson, 2008). São inúmeras as barreiras na implementação de programas de sustentabilidade. As organizações têm a necessidade de ultrapassar quer as barreiras específicas do sector de atuação como também as organizacionais, no sentido de efetivar a

mudança organizacional necessária. Neste processo de mudança, as pressões externas podem ter um impacto significativo. Legisladores e reguladores, iniciativas dos mercados e a consciencialização da opinião pública podem revelar-se como impulsionadores da mudança (Post & Altma, 1994). Por outro lado, uma vez que os benefícios da adoção de estratégias de sustentabilidade não são imediatamente observáveis, o desenvolvimento de uma cultura organizacional forte que suporte a sustentabilidade é considerado um fator crucial para o seu sucesso (Campbell, Moore, & Sharma, 2014a).

Cameron e Quinn desenvolveram uma *framework* em que foram identificadas duas importantes dimensões (Cameron & Quinn, 2005): (1) Foco Interno e Integração *vs.* Foco externo e diferenciação; (2) Estabilidade e controlo *vs.* Flexibilidade e critério. O desenvolvimento desta *framework*, “Competing Values Framework” resultou na identificação de quatro tipos de cultura organizacional (Cameron & Quinn, 2005):

- Hierarquia: Objetivos a longo prazo são a estabilidade e eficiência, sendo a organização mantida por uma política e regulamentação formal;
- Mercado: Orientação para os resultados, sendo a organização orientada para o desempenho nos mercados superior ao dos concorrentes;
- Clã: ambiente amigável, sendo a organização pautada pela lealdade, tradição e colaboração e em que o sucesso é definido em termos de ambiente interno;
- Adocracia: dinâmico, empreendedor e criativo, orientada para a experimentação de forma a estar na vanguarda da inovação.

A investigação nesta área evidenciou uma maior propensão para a mudança em organizações com culturas de clã e adocracia que, portanto, apresentam uma maior abertura para favorecer políticas de sustentabilidade. Por outro lado, a tendência é de as organizações serem dominadas por culturas de mercado e hierárquica, logo menos propensas à mudança (Uebius & Alas, 2009).

Assim, é expectável que a adoção de estratégias de *Green IT* seja mais facilmente implementada em culturas mais abertas à mudança. A implementação de soluções de *Green IT* leva à utilização de tecnologias disruptivas, muitas vezes vistas como associadas a um risco significativo, logo em culturas hierárquicas ou de mercado, este processo poderá estar associado a um maior número de barreiras. Abbett, Coldham e Whisnant recomendam que, para que tenham sucesso, as iniciativas de sustentabilidade devem ser implementadas de forma adequada tendo em consideração a cultura organizacional existente (Abbett, Coldham, & Whisnant, 2010).

Além disso, é essencial o envolvimento, quer da gestão de topo, assim como de todos os colaboradores. Este envolvimento assume especial importância, uma vez que a mudança requerida

para adoção de estratégias de sustentabilidade é muitas vezes traduzida numa alteração de comportamentos em termos coletivos e individuais. Só assim será possível que o inevitável processo de mudança para práticas sustentáveis ocorra de forma eficaz, garantindo o sucesso na sua adoção (Campbell, Moore, & Sharma, 2014b; Gattiker & Carter, 2010).

A cultura Organizacional assume um papel fulcral no sucesso em termos de adoção de estratégias de utilização de TI de forma sustentável. Uma vez que os benefícios da adoção de estratégias de sustentabilidade não são imediatamente observáveis, o desenvolvimento de uma cultura organizacional forte que suporte a sustentabilidade é crucial para o seu sucesso (Abbett et al., 2010; Campbell et al., 2014b; Campbell, Ratcliffe, & Moore, 2013b)

No contexto organizacional, o tamanho da organização parece ser outro fator com influência na capacidade da mesma em implementar iniciativas de sustentabilidade. Estas iniciativas estão tipicamente associadas a um processo de mudança organizacional, sendo que os seus benefícios não são imediatamente observáveis. Estas características levam a que haja uma necessidade de recursos, quer humanos quer financeiros, para proceder às alterações que viabilizem as estratégias de sustentabilidade. Numa organização de grandes dimensões existe uma disponibilidade maior desses recursos do que numa de pequenas dimensões, resultando assim numa capacidade acrescida para implementação de iniciativas de sustentabilidade (Bose & Luo, 2011; Schrettle et al., 2014).

5 Virtualização, eficiência energética e sustentabilidade ambiental no uso das TI

A virtualização veio possibilitar novos paradigmas relativamente à computação tradicional, abrindo caminho à exploração de alternativas mais ambientalmente sustentáveis. As suas características e capacidade de consolidação e eficiência no aproveitamento dos recursos impulsionou significativamente a temática *do Green Computing*. Apesar das variadas formas de obter melhorias no desempenho ambiental das organizações, no que toca à utilização de TI, a virtualização deverá ser sempre ponderada, uma vez que ajuda a promover a eficiência na utilização dos recursos de hardware.

Neste capítulo é apresentada uma visão geral do conceito de virtualização, das diferentes formas de implementação e da forma como poderá impactar positivamente o desempenho ambiental das organizações. São abordados modelos de virtualização, com foco no virtual desktop visto ser aquele que estará mais próximo a uma perspetiva de sustentabilidade ambiental no uso das TI a nível organizacional. Assim, será focada a implementação de uma infraestrutura de virtual desktop, uma vez que apresenta variados benefícios para as organizações, nomeadamente em termos da eficiência na utilização dos recursos e na sustentabilidade ambiental.

5.1 Virtualização

Uma das técnicas que veio impulsionar significativamente a área de *Green Computing* foi a virtualização. A virtualização da infraestrutura de TI veio permitir às organizações uma resposta mais rápida para as constantes mudanças constantes que os negócios requerem atualmente. Além disso, veio possibilitar a consolidação dos recursos aumentando a eficiência na sua utilização (Bose & Luo, 2011). A consolidação dos recursos é a capacidade pela qual a virtualização assume especial importância em *Green Computing*.

Virtualização é tipicamente definida como a introdução de uma camada de abstração de software. Esta camada separa os componentes físicos, hardware, do sistema operativo e suas aplicações, e designa-se de *Virtual Machine Monitor* (VMM) ou *hypervisor*. Assim, os recursos físicos são escondidos do sistema operativo, sendo possível desta forma criar várias partições de unidades lógicas com a designação de máquinas virtuais. Desta forma, o hardware passa a ser controlado pelo VMM e não pelo sistema operativo, sendo possível correr vários sistemas operativos em paralelo (Sahoo, Mohapatra, & Lath, 2010).

As técnicas de virtualização são, atualmente, um tema de elevada relevância no contexto das Tecnologias e Sistemas de Informação. Este conceito surgiu depois da IBM ter particionado computadores mainframe de forma a aumentar o desempenho na utilização do processador (Sahoo et al., 2010). Na altura, os investigadores observaram que a capacidade de partição permitia correr múltiplos processos e aplicações em simultâneo, com aumento da eficiência. Assim, os benefícios primários associados à virtualização são a partilha de recursos e o isolamento, ou seja, no mesmo hardware físico correm máquinas virtuais de forma independente (Sahoo et al., 2010). São várias as vantagens associadas às técnicas de virtualização, destacando-se a disponibilidade, flexibilidade e escalabilidade que permitem (Nanda & Chiueh, 2005; Sahoo et al., 2010).

A virtualização é das técnicas mais importantes para garantir eficiência em termos energéticos de centros de dados (Berl et al., 2010). Com a virtualização dos recursos computacionais é possibilitada a partilha e utilização do hardware, de forma eficiente. Este aumento na eficiência deve-se a que grande parte das ações executadas no hardware não necessitam da totalidade dos recursos disponibilizados pelo mesmo, levando ao desaproveitamento. Tomando como exemplo um servidor, mesmo que apenas seja necessária uma pequena fração dos seus recursos, os requisitos energéticos associados à sua utilização rondam os 70% do seu consumo máximo (Berl et al., 2010). Isto deve-se a que, apesar de os requisitos em termos de processamento, memória ou armazenamento não solicitarem a totalidade dos recursos disponíveis no servidor, todos os outros componentes se encontram na sua utilização máxima. Com a virtualização é possível a consolidação dos recursos recorrendo a uma máquina virtual, aumentando a eficiência na sua utilização (Berl et al., 2010). A possibilidade de correr várias máquinas virtuais numa mesma unidade física permite uma diminuição das necessidades em termos de hardware. Desta forma, utiliza-se menos hardware, de forma mais eficaz, possibilitando a redução dos gastos energéticos, nomeadamente no arrefecimento da infraestrutura (Berl et al., 2010).

Os recursos podem ser virtualizados em diferentes camadas e implementadas variadas formas de virtualização (Bazargan, Yeun, & Zemerly, 2012; Souppaya, Scarfone, & Hoffman, 2011). Alguns exemplos são “Full Virtualization”, em que todas as características dos recursos físicos de hardware são virtualizados. Proporciona ao ambiente de virtualização a simulação da totalidade dos recursos físicos de hardware. Este é um tipo de virtualização de servidor; “Para virtualization” é também um tipo de virtualização de servidor, proporciona uma simulação parcial do hardware inerente; “Virtualização do Sistema Operativo” consiste em correr várias instâncias do sistema operativo em paralelo. Neste caso é o Sistema Operativo que será virtualizado e não o hardware propriamente dito;

“Desktop virtualization” permite correr aplicações do servidor, no ambiente dos utilizadores. Desta forma, são utilizados os recursos da aplicação sem ter de a instalar; “Virtualização de armazenamento” é um tipo de virtualização de recursos que tipicamente, consiste em reunir vários discos físicos numa única unidade lógica.

5.2 Modelos de virtualização de hardware referidos na literatura

No que toca à virtualização de hardware para implementação ao nível organizacional, existem duas abordagens principais: virtualização de servidor ou *desktop virtualization*. Tendo em consideração os objetivos da presente dissertação, a *desktop virtualization* é a abordagem que mais se adequa à finalidade proposta.

A *desktop virtualization* apresenta características que tendem naturalmente para uma infraestrutura mais ambientalmente sustentável (Davis, 2007; Liao, Xiong, Jin, & Hu, 2008; Maga, Hiebel, & Knerrmann, 2013; Vykoukal, Wolf, & Beck, 2009). Esta solução passa pela execução das aplicações informáticas centralmente, diminuindo o desaproveitamento dos recursos computacionais, tanto ao nível do servidor como dos computadores. Este tipo de abordagem permite substituir a utilização dos computadores de secretária tradicionais ou portáteis, por dispositivos *thin-client*. Estes dispositivos apresentam diversas vantagens ecológicas, uma vez que possuem capacidades de processamento ou memória muito inferiores aos computadores tradicionais, nos quais, os recursos são muitas vezes desaproveitados (Miller & Pegah, 2007). A maioria das aplicações utiliza apenas uma pequena fração das capacidades totais de um computador, resultando num desaproveitamento energético. Além disso, os dispositivos *thin-client*, pela sua maior simplicidade, levam a que a sua produção seja também mais ambientalmente sustentável (Agrawal, Biswas, & Nath, 2014). As características destes dispositivos, nomeadamente no que toca aos requisitos de processamento, levam também a que a sua durabilidade seja superior à dos computadores tradicionais. A duração do seu ciclo de vida é quase duas vezes maior comparando com os computadores tradicionais (Davis, 2007), o que terá consequências positivas em métricas como *Total Cost of Ownership (TCO)*² e *Return on Investment*

² O TCO é uma medida financeira que visa ajudar na compreensão dos custos, diretos e indiretos, associados à aquisição de um produto ou sistema. Esta é uma medida amplamente utilizada na indústria das TI uma vez que transmite uma visão holística dos custos, por toda a organização e ao longo do tempo. Inclui custos diretos de uma aquisição, mas também, os custos com recursos humanos, infraestruturas, outsourcing, automação de processos, entre outros (Mieritz & Kirwin, 2005).

(ROI)³ da infraestrutura de TI. Por outro lado, a necessidade diminuída de matéria-prima para a produção dos componentes, aliada ao menor gasto energético associado à utilização e a maior durabilidade, levam a que todo o ciclo de vida do produto seja mais ecológico do que os computadores tradicionais (Agrawal et al., 2014; Davis, 2007). Para um período de utilização de cinco anos e, tendo em consideração todo o seu ciclo de vida, um dispositivo *thin-client* pode resultar numa redução de 65% na emissão de gases com efeito de estufa relativamente a um computador tradicional (Maga et al., 2013). Joumaa (2011) comparou o consumo energético de um dispositivo *thin-client* (Wyse Winterm 3200LE Windows-based) com um computador de secretária (1.5 GHz com 512MB RAM). Os resultados indicam um consumo de cerca de metade para o dispositivo *thin-client* comparativamente ao computador (Joumaa & Kadry, 2011). Transpondo o trabalho realizado para a realidade em Portugal, poderá ser feita a seguinte análise:

- A diferença calculada foi de 0,08 kWh para cada dispositivo (Joumaa & Kadry, 2011). Se considerarmos um posto de trabalho em Portugal, e tendo em conta as 40 horas de trabalho semanal, temos então uma diferença de 3,2 kWh semanais por cada posto de trabalho. Considerando as 52 semanas existentes por ano, a diferença poderá ascender a 166,4 kWh. Considerando então os valores médios de 2016 relativamente aos custos da eletricidade para utilizadores industriais de 0,2350€/kWh (PORDATA, 2016), então teremos diferenças custos de 39,104€ por ano, para cada posto de trabalho. Pode não ser muito significativo em termos individuais, mas, transpondo para uma organização com 100 postos de trabalho, a diferença será de 3910,4€ a cada ano.

O exemplo anterior é elucidativo da vantagem que soluções *thin client* podem representar, não só em termos ambientais, mas também a nível económico para as organizações.

Uma ferramenta útil para comparação, em termos financeiros, da implementação de soluções baseadas em dispositivos *thin-client* relativamente ao uso de computadores tradicionais nas organizações, é o total custo f ownership (TCO). O TCO é uma estimativa financeira, tipicamente usada para suportar e planear decisões de investimento em que são considerados não só os custos de aquisição, mas também de utilização e manutenção durante todo o ciclo de vida do objeto em

³ ROI é uma medida financeira definida de uma forma simplista como um rácio financeiro que expressa o lucro em relação ao investimento efetuado. Esta forma de relacionar o capital investido com os proveitos resultantes desse mesmo investimento é utilizada na comparação e avaliação de uma ou várias possibilidades de investimento. Esta medida fornece um racional para investimentos futuros e decisões de aquisição, permite a avaliação dos sistemas existentes e a análise do desempenho de gestão para unidades de negócio ou gestores. A relação custo-benefício fornecida pelo ROI tem sido considerada de grande utilidade para a decisão de investimentos em TI (Flamholtz, 1999; Phillips & Phillips, 2009) .

questão. Lam (2010) fez uma avaliação do TCO para a infraestrutura de TI na Marinha dos Estados Unidos (Lam, 2010). Foi elaborada uma comparação do TCO de uma solução baseada em computadores tradicionais com outra de dispositivos *thin-client*. Foram consideradas despesas como a utilização e arrefecimento da infraestrutura, o custo do hardware, despesas com pessoal para manutenção da infraestrutura e para implementação de virtualização. De facto, a implementação de virtualização é a única das métricas em que os custos da solução baseada em *thin-client* são superiores à baseada em computadores tradicionais, pois a última não regista este tipo de despesa. Todas as outras métricas registam diminuições significativas. Os gastos energéticos com utilização e arrefecimento foram cerca de 75% inferiores na solução *thin-client*, a despesa com hardware 60% inferior, e com pessoal para manutenção da infraestrutura revelaram-se 30% inferiores (Lam, 2010). Além dos benefícios financeiros e ambientais da *desktop virtualization*, também a gestão da infraestrutura poderá ter vantagens neste tipo de soluções. A simplificação da utilização, mas também da instalação, manutenção e controlo, tanto dos recursos físicos como das aplicações informáticas, pode ser outra das mais-valias da *desktop virtualization* nas organizações. Miller (2007) e Agrawal (2014) defendem as vantagens da implementação de soluções de *desktop virtualization* em instituições de ensino, pela eficiência na utilização de recursos, mas também pela simplificação na gestão e controlo dos recursos (Agrawal et al., 2014; Miller & Pegah, 2007).

A implementação de soluções de *desktop virtualization* não se encontra, a nível académico, tão desenvolvida como a virtualização de servidor. Como tal, a estratégia para esta dissertação passou pelo aproveitamento dos desenvolvimentos da virtualização de servidores, de modo a serem aplicados na *desktop virtualization*. Uddin e Rahman (2011) propuseram um modelo para implementação de soluções de virtualização eficientes energética e financeiramente. Os autores identificaram cinco fases de implementação (Uddin & Rahman, 2011): (1) Inventário; (2) Tipo de virtualização; (3) Maximização do hardware; (4) Arquitetura da infraestrutura; (5) Gestão de virtualização.

- (1) A fase de inventário consiste na identificação dos recursos, quer de hardware como de software disponíveis na organização, bem como dos requisitos operacionais desses mesmos recursos (processamento, armazenamento; comunicação);
- (2) A segunda fase compreende a análise dos tipos de virtualização a aplicar. Além disso, nesta fase, deverá ser feita a identificação e análise de fornecedores e seus produtos ou serviços, de modo a seleccionar os que mais se adequem ao levantamento executado na fase anterior;
- (3) Na terceira fase deverão ser consideradas os recursos de hardware disponível, relativamente à sua capacidade em proporcionar os requisitos computacionais necessários para a organização. A necessidade ou não de adquirir novo hardware deverá ser decidida nesta fase;

- (4) Na quarta fase serão tomadas as decisões técnicas relativamente à implementação. A arquitetura da infraestrutura deverá ser idealizada nesta fase, devendo estar concluído todo o levantamento de necessidades e recursos na organização;
- (5) Recolhidos todos os elementos e avaliados os custos associados com a implementação, esta última fase deverá incluir a decisão final da gestão de topo relativamente à solução proposta. A realização de uma análise incluindo o TCO ou return on investment (ROI) da solução proposta deverá ser considerada para a decisão final.

Apesar deste modelo estar desenvolvido especificamente para a virtualização de servidores, os seus fundamentos poderão ser úteis no apoio à decisão relativamente à implementação de uma solução de *desktop virtualization*. Através da realização das cinco fases, deverá ser possível concluir objetivamente acerca da adequabilidade de determinada solução ao contexto organizacional onde será inserida. Uddin e Rahman propõem também um processo de implementação de TI ambientalmente sustentável para centros de dados (Uddin & Rahman, 2012), que será abordado no próximo capítulo.

5.3 Infraestrutura de virtual desktop

A revisão da literatura realçou a virtualização como um dos pilares no desenvolvimento do *Green Computing*. Dentro das principais abordagens para implementação organizacional, a *desktop virtualization* apresenta características para uma infraestrutura de TI mais sustentável em termos ambientais (Davis, 2007; Liao et al., 2008; Maga et al., 2013; Vykoukal et al., 2009).

A *Desktop virtualization* surge como uma extensão da virtualização de servidores. A conversão de recursos físicos em recursos virtuais evidenciou capacidades de melhoria da flexibilidade e consumo energético da infraestrutura de TI (Ibrahim, Kliazovich, Bouvry, & Oleksiak, 2017; Kochut, 2009). Em *Desktop Virtualization*, ao invés da consolidação ao nível do servidor, o foco está na execução do ambiente de trabalho dos utilizadores de uma forma centralizada. Assim, um sistema de *desktop virtualization* consiste em servidores que correm o software de virtualização e conseqüentemente todas as aplicações e recursos necessários. Os utilizadores com dispositivos seus dispositivos, sejam eles *thin-client*, *smartphones*, computadores portáteis ou de secretária acedem ao ambiente virtualizado através de redes de comunicação que permitam a conectividade entre as partes (Ibrahim et al., 2017). Um modelo de virtual desktop permite a consolidação, flexibilidade e redução de custos de utilização e gestão dos recursos de hardware (Kochut, 2009).

Deste tipo de abordagem surge a infraestrutura de virtual desktop que consiste num conjunto de computadores executados num modo de virtualização. Este conjunto de dispositivos executa sob o

controle e monitorização de um *hipervisor*. Os utilizadores da infraestrutura podem aceder às máquinas virtuais através de diferentes protocolos como Microsoft Remote Desktop protocol (MS RDP), Sun Application Link Protocol (ALP), Citrix High Definition Experience Protocol (HDX), VMware Personal Computing over Internet Protocol (PCoIP) ou Blocked Asynchronous Transmission (BLAST) (Ibrahim et al., 2017).

5.3.1 Arquitetura de uma infraestrutura de *desktop virtualization*

De seguida são apresentados os principais elementos constituintes de uma arquitetura típica da infraestrutura de *desktop virtualization* e respetivos papéis (Ibrahim et al., 2017).

Plataforma de gestão: Gestão dos servidores contendo as máquinas virtuais, com a função de gerir e providenciar o acesso às máquinas virtuais pelos utilizadores.

Connection Broker: Gestão da carga de tráfego gerada pelos utilizadores e auxílio na conexão dos utilizadores locais à rede local.

Application virtualization: Acesso e interação com as aplicações através dos dispositivos de utilizadores.

Users Profiles and data redirection: Preservação da informação dos utilizadores. O computador de secretária típico mantém as suas configurações em cada sessão. Apesar da centralização em termos de gestão do sistema, é importante que o utilizador experiencie uma sensação semelhante à de estar a trabalhar no seu próprio ambiente de trabalho. Assim, as configurações e preferências dos utilizadores deverão ser preservadas. O perfil de utilizador e o redireccionamento dos dados é usado para garantir a preservação da informação individual de cada utilizador.

Remote desktop control: Permite a conexão dos utilizadores às máquinas virtuais. Providência aos utilizadores o acesso a periféricos, como um rato e teclado, permite a apresentação de ficheiros multimédia do lado do utilizador ou o envio e receção de áudio.

VDI gateway: Recebe os pedidos dos utilizadores da infraestrutura de *virtual desktop* remotos, através da internet. A VDI gateway é apenas utilizada para casos em que se verifique o acesso remoto de utilizadores.

5.3.2 Soluções de Virtual Desktop

Relativamente a soluções de virtual desktop, é possível destacar três soluções de diferentes fornecedores como sendo as mais relevantes e de maior expressão do mercado:

VMware VDI: a solução de implementação de uma infraestrutura de virtual desktop da VMware é das mais populares e mais utilizadas do mercado (Hui, Seok, & Ki, 2015). A solução denominada de Horizon utiliza o *hypervisor* da VMware, o vSphere. Os dispositivos de acesso dos clientes acessam as máquinas virtuais hospedadas no *hypervisor* mediante um protocolo, que, no caso da solução Horizon poderá ser o Personal Computing over Internet Protocol (Nakazawa, Koizumi, & Hirasawa, 2012) ou o BLAST (Fuzi, Hamid, & Ahmad, 2014).

Microsoft VDI: A Microsoft possui a sua própria solução de infraestrutura de desktop virtual e o seu próprio *hypervisor*, o Hyper-V (Le Thanh Man & Kayashima, 2011). Esta solução introduz três componentes opcionais para auxiliar na gestão da solução de virtual desktop. O Microsoft system center para gestão de máquinas virtuais, gestão de operações e gestão de configurações. Esta solução permite aos utilizadores a seleção entre uma infraestrutura de desktop virtual estática ou dinâmica (Ibrahim et al., 2017; VMware, 2017). Como protocolo de acesso remoto, a Microsoft desenvolveu um protocolo especial, “Microsoft remote desktop protocol”. Os utilizadores usam este protocolo de forma a estabelecer conexão, requisitar recursos e transferir instruções entre o cliente remoto e o utilizador da infraestrutura de desktop virtual (Ibrahim et al., 2017; VMware, 2017).

Citrix VDI: A solução de infraestrutura de virtual desktop da Citrix é denominada por XenDesktop. A Citrix utiliza o seu próprio *hypervisor*, XenServer, para hospedar as máquinas virtuais, fornecendo, no entanto, suporte para outros *hypervisors* como os da VMware ou Microsoft. Esta solução utiliza ainda o seu próprio protocolo, o High Definition Experience (Ibrahim et al., 2017).

5.3.3 Benefícios de uma infraestrutura de virtual desktop

As possíveis mais-valias provenientes da adoção de uma solução de virtual desktop vão muito para além da redução dos custos com a infraestrutura. Os ganhos são obtidos pela redução em termos de custos com a aquisição de equipamentos, consumos energéticos, e ainda com a manutenção da infraestrutura. A redução dos custos operacionais é considerada como o maior benefício para o negócio ou atividade das organizações (Ibrahim et al., 2017). Numa organização com uma infraestrutura típica, a gestão dos postos de trabalho é tipicamente feita através da ligação remota a cada um dos postos individuais. Isto torna bastante moroso e repetitivo o processo de gestão da infraestrutura, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de erros ou falhas. A centralização da gestão, possível numa infraestrutura de virtual desktop, permite agilizar o processo de atualização ou

alteração dos postos de trabalho. Esta maior facilidade leva a que a organização possa responder com muito maior rapidez e eficácia aos desafios que surgem, mas também como forma de responder a requisitos legais. Esta vantagem na gestão da infraestrutura pode ter consequências positivas no que toca à capacidade de adaptação e flexibilização da organização a novos mercados, produtos, exigências de clientes ou legisladores. Permite ainda assumir uma posição vanguardista em termos tecnológicos, visto possibilitar a adoção de novas tecnologias aos seus processos de forma muito mais rápida. Uma infraestrutura de virtual desktop tem ainda grandes benefícios para organizações que se encontrem descentralizadas ou com diversos polos localizados em várias zonas geográficas. Para além dos benefícios diretos, também poderão surgir mais-valias indiretamente geradas pela adoção de soluções de virtual desktop. Como resultado da consolidação do hardware, nomeadamente em termos de servidores e computadores de secretária, poderá ser gerado um ganho no próprio espaço operacional na organização. A conceção dos espaços físicos na organização pode, assim, ser reformulada. Com a libertação de espaço reservado a servidores, que pela sua consolidação podem ter o seu número diminuído, ou pelo fim da necessidade da típica estrutura de apoio ao comum computador de secretária, a organização poderá repensar a forma como estão concebidos os espaços físicos. Outro benefício indireto passa pela imagem gerada pela opção por alternativas sustentáveis, que poderá trazer vantagens em termos de reputação e visibilidade da organização, com todos os potenciais ganhos que daí advêm (Pogarcic, Krnjak, & Ozanic, 2012). Em termos da infraestrutura tecnológica, a implementação de virtual desktop oferece vantagens relativamente à sua flexibilidade e escalabilidade. Ao centralizar a administração, torna-se mais fácil promover alterações no sistema, adicionar e remover aplicações, gerir espaço de armazenamento ou controlar as permissões dos utilizadores para determinados recursos, a cada momento (Pogarcic et al., 2012). A manutenção centralizada além de mais rápida e fácil, necessita também de menos recursos humanos para ser executada. Poderá haver também aqui a libertação de pessoal ou fundos para outras atividades organizacionais (Citrix, 2017; Pogarcic et al., 2012). A centralização pode ainda ter vantagens em termos de segurança, uma vez que facilita também a obtenção de um ecossistema mais controlado e menos sujeito a interferências (Citrix, 2017).

6 Implementação organizacional de uma solução de Green Computing

A revisão de literatura efetuada evidenciou a falta de trabalhos publicados relativamente à implementação de soluções de *Green Computing*, numa perspetiva organizacional. Existe no entanto extenso trabalho relacionado com projetos em centros de dados visando, principalmente, aumentar a eficiência na utilização da sua infraestrutura. Partindo desses trabalhos de implementação para centros de dados e fazendo a sua articulação com trabalhos de adoção de *Green Computing*, propõe-se neste capítulo desenvolver um processo de implementação, a nível organizacional, de soluções de sustentabilidade ambiental no uso das TI, baseadas na virtualização.

Os processos de implementação de soluções ao nível de centros de dados têm um foco mais direcionado para a vertente tecnológica. Por outro lado, nos domínios organizacionais, torna-se importante que as soluções propostas considerem as diferentes influências envolvidas na adoção de estratégias de sustentabilidade no uso das TI. Um projeto de promoção da sustentabilidade no uso das TI deverá considerar, por exemplo, a redefinição das políticas ambientais presentes na organização, servindo as mesmas como solução e suporte à estratégia de sustentabilidade. Além disso, deve ser considerado não só o desenvolvimento e utilização de TI de forma energeticamente eficiente, mas também a utilização das TI na promoção e suporte de práticas e processos sustentáveis, bem como na criação de uma consciência ecológica dentro da organização (Murugesan, 2008). Torna-se, por isso, evidente a necessidade de uma visão alargada das particularidades da organização e do seu meio envolvente. O sucesso do processo de implementação depende, portanto, da consideração dos diferentes contextos envolvidos na adoção de *Green Computing*, de forma a que este se adeque às particularidades de cada organização

No processo de implementação organizacional de *Green Computing* são consideradas as particularidades do sucesso em projetos de TI focados na sustentabilidade ambiental, os diferentes contextos envolvidos na adoção de *Green Computing* e, finalmente, a adaptação de um processo de implementação em centros de dados para a perspetiva e realidade organizacional.

6.1 Sucesso de projetos de TI focados na sustentabilidade ambiental

Considerando os domínios da gestão de projeto, considera-se tipicamente como bem sucedido aquele projeto em que os seus objetivos vão de encontro aquilo que fora previamente definido em termos de âmbito, custo, padrões de qualidade e prazos de conclusão (Gingnell, Franke, Lagerström, Ericsson,

& Lilliesköld, 2014; Varajão, J. & Trigo, 2016). Na gestão de projetos de *Green Computing*, existe ainda outro aspeto a ter em consideração: os ganhos em termos ambientais (Bachour & Chasteen, 2010). Assim, no desenvolvimento do projeto deverão ser considerados indicadores de desempenho e fatores de sucesso com o objetivo de promover e garantir a sustentabilidade em termos de negócio, mas também sustentabilidade ambiental da organização. A consideração dos custos deverá incluir os custos ambientais e a qualidade definida tendo em conta a sua qualidade ambiental (Bachour & Chasteen, 2010). Importa considerar o sucesso em termos ambientais do projeto e não apenas o seu sucesso financeiro. Esta consideração é de extrema importância uma vez que, um projeto que vise a melhoria da sustentabilidade ambiental no uso das TI e conseqüentemente da organização, tem benefícios que vão muito para além daqueles que são tipicamente considerados (âmbito, prazo, custo e qualidade).

No caso particular de projetos de TI baseados em *Green Computing*, estes irão necessariamente envolver alterações significativas ao nível de toda a infraestrutura de TI da organização. Este tipo de projetos irá promover mudanças desde o hardware, à sua implementação e gestão, mas também ao nível dos próprios processos organizacionais. Deste modo, praticamente todos os níveis da organização serão afetados, sendo necessária a colaboração e reformulação das atividades de diversos intervenientes na organização, desde gestores de TI a todos os envolvidos na interação com o SI no exercício das suas tarefas. Assim, o sucesso de um projeto de implementação de soluções de virtual desktop terá de contar com a colaboração de toda a organização, principalmente no momento de tomada de decisão relativamente à solução a adotar. Gestores e utilizadores da infraestrutura de TI deverão ser incluídos no processo de decisão e gestão de mudança organizacional, de forma a que a nova infraestrutura vá de encontro às reais necessidades organizacionais (Gingnell et al., 2014; Varajão, 2003).

6.2 Adoção de Green Computing

O processo de adoção de *Green Computing* pelas organizações está sujeito a influências provenientes de diferentes contextos. De modo a desenvolver um processo de implementação organizacional, será importante considerar as várias influências com peso na sua efetiva adoção. Para isso, partindo de um modelo de adoção de TI focadas na sustentabilidade ambiental nas organizações, foram identificados os contextos envolvidos nas mesmas.

No modelo conceptual proposto em 2013 por Lei e Ngai foi identificado o envolvimento de três diferentes contextos na adoção de *Green IT* por parte das organizações (Lei & Ngai, 2013). No desenvolvimento deste *framework*, os autores tiveram em consideração vários trabalhos relativos à adoção de *Green IT*, identificando diferentes pressupostos para a adoção de iniciativas de sustentabilidade no uso das TI. Os autores partiram do *framework Technology – Organization – Environment*⁴, uma vez que este cobre todos os antecedentes para a adoção de *Green IT* previamente identificados noutros trabalhos, dividindo-os em três diferentes contextos. Assim, a adoção de *Green IT* pelas organizações é influenciada pelo seu contexto organizacional, tecnológico e ambiente envolvente (Lei & Ngai, 2013). A consideração destes três contextos no processo de implementação de uma solução possibilita uma visão holística dos fatores e dimensões organizacionais influenciadores e, portanto, a considerar no projeto.

Contexto organizacional

O contexto organizacional é relativo a características específicas da organização e que terão influência na adoção e implementação de soluções de sustentabilidade ambiental das TI. Os recursos disponíveis na organização, a sua estrutura, o apoio interno, nomeadamente da gestão de topo, os objetivos, visão e missão da organização ou a sua orientação estratégica, deverão ser alvo de consideração para a implementação de *Green Computing*.

Contexto Tecnológico

Uma iniciativa que vise a sustentabilidade no uso das TI terá obrigatoriamente uma componente tecnológica importante. A intervenção afetará diretamente a infraestrutura de TI e processos relacionados com as TI na organização. Para uma solução de sustentabilidade no uso das TI, o contexto tecnológico será aquele no qual a solução será centrada. No entanto, para que a vertente

⁴ O *framework* TOE tem origem na psicologia organizacional. Defende que a adoção e implementação de inovações tecnológicas pelas organizações é influenciada por três contextos:

- Contexto tecnológico: inclui equipamentos e processos relacionados com a tecnologia na organização;
- Contexto organizacional: relativo as características e recursos da organização (tamanho da organização, grau de centralização e formalismo, estrutura de gestão, recursos humanos, entre outros);
- Contexto ambiente: refere-se à indústria ou mercados em que a organização atua, competidores, contextos económicos e regulamentação a que está sujeita a organização.

Estes contextos constituem desafios e oportunidades para a inovação tecnológica da organização influenciando, portanto, a forma como a organização necessita, procura e adota inovações tecnológicas (Mieritz & Kirwin, 2005).

tecnológica sirva o seu propósito, terá de ser desenvolvida de acordo com os restantes contextos influenciadores da solução.

Contexto do ambiente envolvente

O ambiente externo no qual a organização atua interfere no processo de implementação de *Green Computing*. Assim, existem desafios e oportunidades com influência direta na implementação de soluções de sustentabilidade ambiental que devem ser consideradas. Os desafios podem ir desde a concorrência, legislação governamental, normas do mercado de operação ou até as alterações climáticas cada vez mais marcadas. Por outro lado, a existência de incentivos governamentais ou de mercado atuam como oportunidades para a organização com interferência na adoção de soluções de *Green Computing*. A crescente preocupação pelas questões da sustentabilidade no uso das TI vem precisamente de encontro a este contexto. Toda uma consciência ambiental tem vindo a ser criada devido às próprias pressões ambientais.

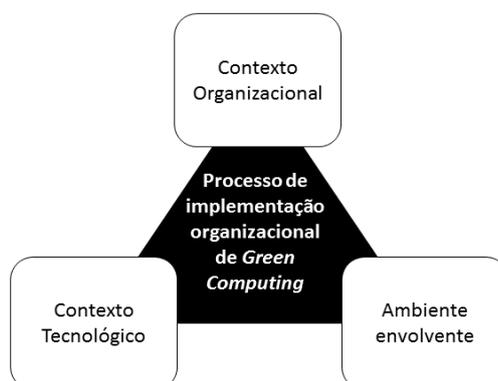


Figura 2 Influências no processo de implementação organizacional de *Green Computing*
(adaptado de (Lei & Ngai, 2013))

Como é possível observar na Figura 2, estes três contextos devem ser considerados e usados para pensar a solução e a forma de implementar a solução na organização. Será feita a transposição destes contextos intervenientes na adoção de *Green IT* para o processo de implementação organizacional de *Green Computing* que propomos de seguida, de modo a que, com esta visão holística, seja possível conceber não só uma solução à medida da organização, mas também um processo de implementação adequado ao seu contexto.

6.3 Processo de implementação organizacional de Green Computing

Uddin e Rahman têm desenvolvido trabalho em torno da temática de *Green Computing*, focando essencialmente a eficiência energética em centros de dados (Uddin & Rahman, 2011, 2012). Os autores estudaram o processo de implementação de *Green Computing* para centros de dados, servindo o mesmo como base para pensar o processo de implementação ao nível organizacional. Para implementar uma solução de TI focada na sustentabilidade ambiental, será necessário considerar que, contrariamente ao pensamento focado na vertente tecnológica associada a uma implementação desenvolvida para centros de dados, nas organizações a questão terá de ser obrigatoriamente redimensionada. Se nos centros de dados o trabalho deverá focar a utilização dos recursos de hardware e dessa forma melhorar a sua eficiência, nas organizações há a acrescentar as restantes dimensões, nomeadamente os seus processos, mas também as pessoas. Numa organização, será a combinação entre as pessoas e as atividades e processos organizacionais que conduzirão à interação com o sistema de TI e, como tal, deve ser considerado o impacto destas dimensões na implementação de Green IT, de maneira a obter a visão geral do sistema. Assim, ao nível organizacional, o aumento da eficiência ambiental dos recursos de TI estará dependente da sua interligação com os processos organizacionais e das atitudes individuais existentes no seu contexto organizacional. Esta vertente será aquela que se encontra menos focada, quando se considera a adequação de um processo de implementação puramente vocacionada para centros de dados para um processo focado na intervenção organizacional.

Nesta secção são abordadas as diferentes fases do processo de implementação de acordo com a Figura 3, sendo descritas e exemplificadas as atividades tipo envolvidas em cada uma dessas fases:

- Análise da envolvente e preparação da intervenção;
- Identificação e caracterização da infraestrutura de TI e definição de métricas;
- Análise de mercado e definição de políticas de sustentabilidade;
- Implementação;
- Análise e monitorização.

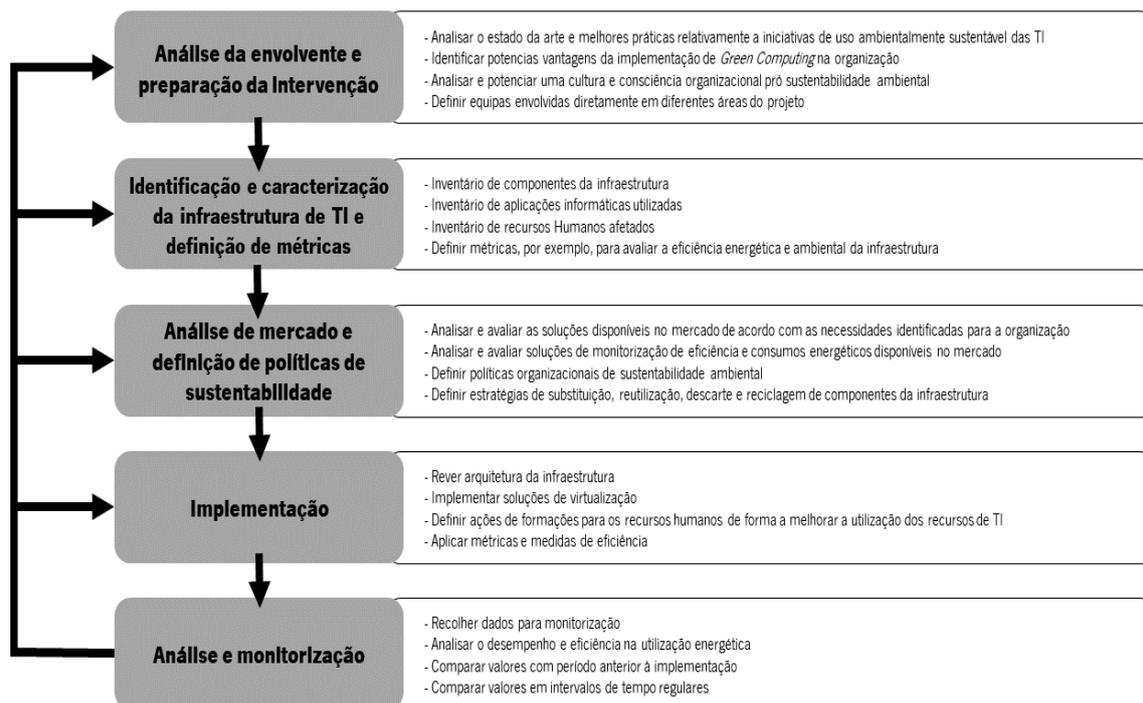


Figura 3 Representação esquemática do processo de implementação organizacional de uma solução de *Green Computing*

(adaptado de (Uddin & Rahman, 2012))

As diferentes fases e atividades servem como estruturação para a forma como deverá ser pensado o projeto. Cada fase interfere de forma iterativa com as restantes, de forma a que o produto final resultante seja o mais consistente possível relativamente às necessidades e requisitos organizacionais.

Análise da envolvente e preparação da intervenção

A primeira fase do processo, análise da envolvente e definição da intervenção, deverá funcionar como base de sustentação de toda a iniciativa. Durante esta fase será importante efetuar uma análise das iniciativas atuais de *Green Computing* no ambiente envolvente da organização, bem como as melhores práticas presentes na literatura. Deste modo, deverão ser identificadas potenciais vantagens para a organização, de forma a servir como alicerce para a construção de todo o restante processo.

O conhecimento relativamente a alternativas que visem de sustentabilidade no uso das TI constitui uma das ações que impactam positivamente o desempenho ambiental das organizações. Assim, quanto maior for o conhecimento e informação disponíveis na organização relativamente a inovações tecnológicas que suportem as estratégias de sustentabilidade do uso das TI, mais efetiva será a capacidade da organização em reduzir o consumo energético relacionado com a sua infraestrutura

de TI (Kim & Ko, 2010). Por outro lado, o conhecimento das soluções e de como as implementar funciona como motivador da adoção de soluções de sustentabilidade ambiental pelos colaboradores e conseqüentemente, pela organização (Jenkin et al., 2011; Molla et al., 2014).

É na fase de planeamento que deverá ser dada especial atenção às questões de consciencialização e cultura organizacional para com as questões da sustentabilidade ambiental. A consciencialização e a cultura organizacional desempenham um papel de potenciador e motivador para a eficácia dos projetos de sustentabilidade. Sendo a base do processo de implementação, é crucial a sua consideração desde uma fase precoce do desenvolvimento do projeto. Assim, uma análise à cultura organizacional existente, além de esforços potenciadores de uma consciencialização organizacional para as questões da sustentabilidade ambiental, deverão ser iniciadas durante esta fase.

Gingnell *et al.* (2014) identificaram o envolvimento dos utilizadores das TI ou SI como um dos principais fatores de sucesso de projetos de TI. Um projeto de *Green Computing* envolve mudança em vários níveis da organização desde a sua infraestrutura de TI, aos seus processos e atividades. Assim, a fase de planeamento deverá também considerar a constituição de equipas envolvidas diretamente nos objetivos estabelecidos. Apesar de ser essencial o envolvimento de um elemento da estrutura organizacional próximo da gestão de topo, envolver elementos em diferentes níveis operacionais pode impulsionar a eficácia do projeto (Sarkar & Young, 2009; Seidel, Recker, & Pimmer, 2014; Seidel, Recker, & Vom Brocke, 2013). A formação de equipas com responsabilidades diretas para com o projeto potencia o seu envolvimento e comprometimento, promovendo o sucesso na implementação de novas soluções (Molla et al., 2014).

Esta fase envolve as seguintes atividade principais:

- Analisar o estado da arte e as melhores práticas relativamente a iniciativas de uso ambientalmente sustentável das TI;
- Identificar potenciais vantagens da implementação de *Green Computing* na organização;
- Analisar e potenciar uma cultura e consciência organizacional pró sustentabilidade ambiental;
- Definir equipas envolvidas diretamente em diferentes áreas do projeto.

Identificação e caracterização da infraestrutura de TI e definição de métricas

Após a fase inicial, segue-se a identificação e caracterização dos vários componentes que formam a infraestrutura de TI da organização. Nesta fase deverá ser possível fazer um levantamento dos componentes da infraestrutura passíveis de serem intervencionados e de forma mensurável. Poderão

ser estabelecidas categorias para elementos que funcionam de forma conjunta e que se repetem na organização. Um exemplo desta categorização poderá ser a definição de um conjunto de elementos que formam um posto de trabalho. Assim constitui-se um conjunto de recursos que será avaliado e medido de forma conjunta, de forma a diminuir a complexidade do processo.

Uma vez que este é um processo de mudança organizacional e não apenas tecnológica, será importante contemplar também o levantamento dos recursos humanos envolvidos com a infraestrutura de TI e que serão afetados no processo de implementação de *Green Computing*. Estes recursos humanos vão desde os responsáveis pela gestão e manutenção dos sistemas, até aqueles que com eles interagem. Contemplar os recursos humanos é extremamente importante uma vez que o projeto de *Green Computing* poderá acarretar mudanças nos sistemas e na forma de interagir com os mesmos. Os recursos humanos terão de se adaptar a novos processos e formas de executar as suas tarefas, pelo que as suas necessidades de formação para uma correta e eficiente utilização das soluções a implementar deverá ser considerada como parte do projeto. Deverá haver um acompanhamento de todo o projeto de forma a que se processe de forma gradual e não apenas no final do mesmo.

A fase de identificação e caracterização deverá incluir duas tarefas principais: o inventário e a definição de métricas.

O inventário passa pelo levantamento dos elementos envolvidos na intervenção, incluindo servidores, sistemas de armazenamento, redes de comunicação, computadores, monitores, sistemas de arrefecimento, entre outros. O inventário deverá, também, incluir as aplicações informáticas utilizadas de forma a que seja garantida a sua compatibilidade com as soluções a implementar. Para além da análise dos componentes da infraestrutura de TI propriamente dita, também devem ser identificados os recursos humanos envolvidos com essa mesma infraestrutura.

A definição de métricas que possibilitem a monitorização são um aspeto de particular importância no que toca ao assegurar práticas de sustentabilidade ambiental nas organizações. Um eficiente controlo, análise e revisão das estratégias de sustentabilidade implementadas na organização permitem não só melhorias no autoconhecimento organizacional como também no processo de reavaliação das estratégias de sustentabilidade organizacionais. Alguns autores dão especial ênfase no que toca à definição e acompanhamento de métricas ecológicas, ou seja, métricas que permitam avaliar a eficiência na utilização das TI (Kim & Ko, 2010; Kipp, Jiang, Fugini, & Salomie, 2012; Uddin & Rahman, 2012). Tipicamente essas métricas são baseadas em consumos, eficiência energética e

emissão de dióxido de carbono (Uddin & Rahman, 2012). A capacidade da organização em acompanhar e compreender de forma efetiva as iniciativas de sustentabilidade adotadas ou a adotar deverá ser parte integrante da própria estratégia de sustentabilidade (Celebic & Breu, 2015; Loeser, 2013). Inclui esta fase as seguintes atividades:

- Inventário de componentes da infraestrutura;
- Inventário de aplicações informáticas utilizadas;
- Inventário de recursos humanos afetados;
- Definição de métricas, por exemplo, para avaliar a eficiência energética e ambiental da infraestrutura.

Análise de mercado e definição de políticas de sustentabilidade

A terceira fase do processo contempla a análise das soluções disponíveis no mercado que vão de encontro aos requisitos definidos nas fases anteriores. Nesta fase deverão igualmente ser definidas as políticas de sustentabilidade a implementar na organização considerando a legislação existente. As políticas ambientais definidas na organização são um grupo de ações com influência na efetiva adoção de práticas de sustentabilidade no uso das TI.

Lunardi e o seu grupo de trabalho, realizaram em 2015 um estudo relativo à influência e impacto que ações organizacionais pró Green IT têm no seu desempenho ambiental (Lunardi, Salles, Paula, & Alves, 2015). Este grupo de trabalho identificou que quanto mais marcada for a presença de políticas ambientais relativamente às TI na organização, mais efetiva será a implementação de soluções de sustentabilidade na sua utilização. Para que uma organização tenha sucesso no desenvolvimento de estratégias de *Green Computing* é importante a consciencialização para a definição de estratégias, linhas de orientação e regras para a utilização dos recursos naturais (Lunardi et al., 2015). Além disso, é importante delinear objetivos, metas, planos de ação e prazos para o estabelecimento das políticas de Green IT de forma impulsionar a implementação efetiva das estratégias de sustentabilidade ambiental na organização (Dick & Burns, 2011; Ko, Clark, & Ko, 2011).

Avaliadas as soluções disponíveis no mercado e definidas políticas gerais de sustentabilidade ambiental das TI na organização, esta fase contempla ainda a definição da estratégia para substituição, reutilização, descarte e reciclagem de componentes em fim de vida. A definição de orientações para descarte e substituição de componentes é ainda mais importante num momento como o da intervenção organizacional. O processo de mudança na infraestrutura de TI resulta na necessidade de reformular a utilização de vários componentes, devendo para isso existir orientações

específicas. Assim, esta será uma atividade a contemplar no processo de melhoria da eficiência ambiental das TI, tanto durante o desenvolvimento do projeto, como também para a estratégia futura da organização. Nesta fase devem ainda ser avaliadas ferramentas e soluções de monitorização de consumos e eficiência energética disponíveis no mercado, de forma a irem ao encontro das métricas previamente definidas.

Nesta fase devem ser consideradas as atividades:

- Analisar e avaliar as soluções disponíveis no mercado de acordo com as necessidades identificadas para a organização (hardware; software; fornecedores de serviços);
- Analisar e avaliar soluções de monitorização de eficiência e consumos energéticos disponíveis no mercado;
- Definir políticas organizacionais de sustentabilidade ambiental;
- Definir estratégias de substituição, reutilização, descarte e reciclagem de componentes da infraestrutura.

Implementação

Nesta fase, o processo já terá atingido uma maturidade considerável, pelo que a intervenção será centrada na vertente tecnológica e dos processos organizacionais afetados. A arquitetura da infraestrutura será revista, implementadas as soluções de *Green Computing*, nomeadamente no que toca à virtualização e implementadas as soluções de medida e monitorização da infraestrutura. Nesta fase deverá também ser considerada a necessidade de formação dos recursos humanos envolvidos com a utilização da infraestrutura de TI intervencionada, de forma a que a falta de conhecimento não resulte em entraves ao sucesso do projeto. De modo a diminuir o risco poderá ser considerada a realização de um projeto piloto.

São consideradas as seguintes atividades:

- Rever a arquitetura da infraestrutura;
- Implementar soluções de virtualização;
- Definir ações de formação para os recursos humanos de forma a melhorar a utilização dos recursos de TI;
- Aplicar métricas e medidas de eficiência.

Análise e Monitorização

Utilizando as métricas e a periodicidade de análise definidas, esta fase deverá ser executada de forma continuada. Estas métricas devem permitir a monitorização da infraestrutura quanto à sua eficiência energética e ambiental. A monitorização permite, além do acompanhamento dos investimentos e do desenvolvimento do projeto, uma comparação da atual infraestrutura com a anterior. Esta comparação serve como indicador de sucesso da solução implementada e do desenvolvimento do projeto.

A monitorização vem também proporcionar à organização um autoconhecimento relativamente à sua infraestrutura de TI. Um exemplo poderá passar pela monitorização de consumos energéticos de forma regular. Este controlo pode permitir identificar desvios aos consumos típicos, indicando algum possível problema ao nível do funcionamento da infraestrutura. O controlo regular permite, assim, uma eventual identificação precoce de problemas, minimizando o seu impacto na organização (Celebic & Breu, 2015). Além da identificação de problemas, o controlo regular abre ainda a porta para a identificação de determinados padrões de consumo, possibilitando eventuais melhorias em termos do perfil energético ou mesmo dos processos da organização (Celebic & Breu, 2015). Este autoconhecimento da organização serve ainda como motivação interna para todos os colaboradores envolvidos (Melville, 2010; Schmidt et al., 2010).

A garantia de uma avaliação contínua do estado atual, a análise e avaliação das alterações implementadas ao nível das TI vem possibilitar um conhecimento efetivo dos efeitos resultantes das estratégias de sustentabilidade da organização, à medida que vão sendo implementadas. Fica assim facilitada a deteção de áreas de atuação e mais valias consequentes das estratégias adotadas, servindo como base ao planeamento futuro da estratégia de sustentabilidade a implementar pela organização (Celebic & Breu, 2015; Kipp et al., 2012; Melville, 2010; Schmidt et al., 2010).

Inclui as seguintes atividades:

- Recolher dados para monitorização;
- Analisar o desempenho e eficiência na utilização energética;
- Comparar valores com período anterior à implementação;
- Comparar valores em intervalos de tempo regulares.

7 Discussão – O caso da Força Aérea Portuguesa

No âmbito da colaboração entre a UM com a FAP, foi proposto o estudo de aplicação dos domínios do *Green Computing*. Partindo do trabalho desenvolvido nesta dissertação, e através da colaboração com a FAP, foi possível realizar diversas atividades das fases de análise da envolvente e preparação da intervenção e Identificação e caracterização da infraestrutura de TI da implementação organizacional de *Green Computing*. Importa, assim, perceber a aplicabilidade do processo desenvolvido para a realidade da FAP, tendo em conta a redução do impacto ambiental pretendida pela organização.

Sendo a FAP uma organização militar de defesa nacional, tal conduz à importância do desenvolvimento de projetos na área dos sistemas de informação para aplicação ao contexto civil e militar, ou seja, a consideração do duplo-uso. Assim, neste capítulo, será também abordada a temática dos SI de duplo-uso de forma a possibilitar a compreensão do conceito e sua relevância no desenvolvimento atual de projetos de Tecnologias e Sistemas de Informação.

7.1 Aplicação do processo de implementação organizacional de Green Computing na FAP

Partindo dos dados obtidos através de entrevista com elementos da FAP, foi possível iniciar o processo de implementação organizacional de *Green Computing*. Seguindo o processo apresentado no capítulo anterior, foram identificadas quatro atividades que deverão servir de suporte teórico para consolidação do projeto. O sucesso desta fase é essencial dado que constitui uma base de sustentação de todo o projeto.

- Analisar o estado da arte e as melhores práticas relativamente a iniciativas de uso ambientalmente sustentável das TI

Nesta dissertação foi apresentada a definição dos principais conceitos e estado da arte relativamente ao uso ambientalmente sustentável de TI. Fruto da análise foi possível inferir a pertinência de uma solução baseada na virtualização para aplicação na FAP. Uma infraestrutura de virtual desktop terá vantagens em termos da utilização eficiente dos recursos e da sustentabilidade ambiental da organização. Por outro lado, a própria infraestrutura tornar-se-ia mais ecológica através da utilização de dispositivos mais simples e, portanto, com menos matérias-primas nocivas para o ambiente nos componentes que os constituem.

- Identificar potenciais vantagens da implementação de Green Computing na organização

Os benefícios da implementação de *Green Computing* para a FAP são variados, podendo desde logo ser referido o aumento da eficiência na utilização dos recursos e consequente diminuição dos consumos energéticos. Em termos de hardware, uma infraestrutura de *virtual desktop* será uma solução a adotar dado que toma partido de dispositivos mais simples, tanto em termos de processamento como de armazenamento, refletindo-se não só em ganhos em termos ambientais, mas também financeiros. A maior simplicidade destes dispositivos reflete-se também num preço reduzido comparativamente aos computadores tradicionais de secretária, além de serem caracterizados por uma pegada ecológica também inferior.

No que toca à sua administração e manutenção, espera-se que esta seja facilitada pelas características de administração centralizada que apresenta uma infraestrutura de infraestrutura de *virtual desktop*. Esta centralização confere características de flexibilidade superiores, conferindo desde logo uma vantagem para a organização. Além de estes benefícios mais diretos, a organização ganha também um poder e capacidade de escalabilidade muito superior com a implementação de uma infraestrutura de *virtual desktop*. Noutro contexto, a organização poderia também beneficiar da eliminação da necessidade de local fixo para suporte, por exemplo, dos computadores de secretária. A FAP poderá, assim, obter vantagens em termos da organização e utilização do seu espaço operacional.

Apesar dos benefícios de um projeto focado na sustentabilidade ambiental poderem ser muitas vezes difíceis de quantificar, é importante considerar alguns valores que suportem a decisão pela implementação de estratégias de sustentabilidade das TI. Partindo dos dados fornecidos pela FAP relativamente ao consumo energético dos seus dispositivos (310,5 kw por cada posto de trabalho durante um ano), e considerando o preço da eletricidade de 0,235kw/h, obtemos uma fatura energética anual de 72,96€ por posto de trabalho em cada ano. A FAP dispõe de cerca de 400 postos de trabalho, ou seja, uma fatura anual de 29.184€. Agrawal *et al.* (2014) propuseram uma poupança com a utilização de dispositivos *thin-client* entre os 65% e os 85% relativamente à utilização dos tradicionais computadores de secretária (Agrawal et al., 2014). Considerando a poupança mínima de 65%, isto significa uma redução da fatura energética na ordem dos 18.969€ por cada ano. Este é um pequeno exemplo dos vários ganhos que poderão ser obtidos pela implementação de estratégias de *Green Computing* na organização.

- Analisar e potenciar uma cultura e consciência organizacional pró sustentabilidade ambiental

Avaliando a cultura organizacional existente na FAP, esta apresenta algumas particularidades relativamente a outras organizações. Apesar de evidenciar uma cultura hierárquica, a cultura de clã é uma presença forte na organização, o que se apresenta como facilitador da implementação de estratégias de sustentabilidade ambiental. A FAP encontra-se já com uma consciência ambiental bastante desenvolvida, o que se verifica pelo envolvimento com a UM e pela proposta deste trabalho. A FAP denota uma efetiva consciência ambiental desde logo pelo envolvimento de um elemento ligado da gestão de topo como impulsionador da realização deste projeto. Tal revela a forma como a organização olha para as questões de sustentabilidade ambiental, nomeadamente na utilização da sua infraestrutura de TI.

- Definir equipas envolvidas diretamente em diferentes áreas do projeto

Não foi possível proceder ao desenvolvimento operacional desta atividade. No entanto, foi desde logo identificado o envolvimento de dois elementos em níveis distintos da estrutura organizacional. Um elemento ligado à gestão de topo e um elemento da direção da Repartição de TI, direção de comunicações e sistemas de informação. Neste ponto seria importante o envolvimento de elementos responsáveis pela administração de sistemas.

Após realização da fase inicial do processo, em que é planeada a intervenção a efetuar, segue-se a fase de inventário e caracterização da infraestrutura de TI e definição de métricas. Esta fase é focada no estudo do estado atual da FAP, de forma a identificar os alvos da intervenção.

- Inventário de componentes da infraestrutura

A infraestrutura de TI da FAP tem 400 postos de trabalho. Estes postos formados por computadores tradicionais e monitor. Além disso, a infraestrutura da FAP dispõe de três servidores que são o alvo da intervenção em termos de virtualização.

- Inventário de aplicações informáticas

Em relação às aplicações informáticas, foram identificadas nos postos de trabalho que se encontram na Tabela 14:

Tabela 14 Lista das aplicações informáticas utilizadas na FAP

Aplicações informáticas	
MS Office; LibreOffice	Cliente de impressão Microfocus iPrint
Flash; AdobeReader	Cliente de correio Microfocus GroupWise
InternetExplorer; Firefox	Cliente de Instant Messaging,
Cliente Oracle	Cliente de autenticação em diretório Microfocus/Novell
Aplicação de gestão de postos de Trabalho	Symantec Antivirus

Além destas, existem ainda aplicações informática de cariz militar que têm de ser avaliadas posteriormente de forma individualizada, uma vez que representam uma área de particular sensibilidade na atividade da FAP. É importante o levantamento das aplicações informáticas utilizadas numa fase precoce do processo, de modo a serem avaliados os requisitos de compatibilidade antes de ser definida a solução final.

- Inventário de recurso humanos

Os recursos humanos envolvidos com a intervenção serão todos aqueles responsáveis pela gestão, manutenção e utilização da infraestrutura de TI da FAP. Tendo sido identificados 400 postos de trabalho como alvo da intervenção, consideram-se então 400 utilizadores. No que toca à gestão e manutenção são quatro os responsáveis: três na administração de sistemas e redes e um no apoio ao utilizador. Existem ainda três perfis de permissões distintos: administrador geral da rede; administrador local e utilizador. Esta fase é importante para perceber se existirão benefícios em termos da redução da necessidade de pessoal responsável pela gestão e manutenção do sistema, e também para o levantamento das necessidades em termos de formação. Os responsáveis pela manutenção terão necessidades diferentes dos restantes utilizadores. Também os diferentes perfis de permissões terão de receber formação adequada às suas responsabilidades, pelo que é essencial perceber estas diferenças.

- Definir métricas, por exemplo, para avaliar a eficiência energética e ambiental da infraestrutura

A definição de métricas não foi realizada, no entanto importa ressaltar a importância da sua definição, de forma a permitir a monitorização e a comparação com o estado atual. Interessa assim, definir como efetuar medidas na nova infraestrutura, devendo salvaguardar a existência de métricas que permitam a comparação com a infraestrutura atual, de modo a perceber as vantagens provenientes da intervenção.

A execução desta fase inicial permitiu verificar que a FAP é uma organização onde uma solução baseada em *Green Computing* pode alcançar resultados importantes no que toca à sua sustentabilidade ambiental, nomeadamente na utilização das TI. Fatores como a consciência ambiental presente na organização, bem como a sua própria cultura podem potenciar o sucesso na implementação de estratégias de sustentabilidade ambiental no uso dos recursos de TI. Por outro lado, a existência de cerca de 400 postos de trabalho que seriam afetados pela implementação potencia o ganho não só em termos energéticos, mas também em termos financeiros da adoção de soluções baseadas em *Green Computing*. A opção pela implementação de uma solução de *Green Computing*, nomeadamente através da *desktop virtualization*, permitiria tornar a própria infraestrutura mais ecológica. A infraestrutura de TI da FAP tornar-se-ia mais ecológica através da utilização de dispositivos mais simples como os *thin-client* ou computadores de baixo custo. Estes, por necessitarem de uma capacidade de processamento, memória e armazenamento inferior, quando comparados com os tradicionais computadores de secretária, têm logo no momento da sua produção um menor impacto ambiental. Utilizando menos matérias-primas prejudiciais ao meio ambiente, a infraestrutura de TI seria mais ambientalmente sustentável, mesmo sem considerar a redução de custos na sua utilização. Além da potencial vantagem relativamente aos gastos energéticos, também poderia registar vantagens em termos da sua gestão que, sendo executada de uma forma centralizada obteria ganhos em termos da sua flexibilidade. Também o facto de ser uma organização com polos distribuídos pelas mais diversas localizações geográficas, poderia registar vantagens com a centralização da sua gestão e administração.

7.2 Projetos de Sistemas de Informação de duplo-uso

Muitas das tecnologias usadas atualmente por todos os quadrantes da sociedade têm origem em desenvolvimentos elaborados para fins militares. O GPS é dos exemplos mais conhecidos de tecnologias desenvolvidas inicialmente com propósitos de defesa nacional, que fazem atualmente parte do quotidiano da sociedade civil (DiEsposti & Johansen, 2000). Estas inovações que, pela transferência de tecnologia, se aplicam tanto em contexto militar como civil, são tipicamente designadas de tecnologias de duplo-uso (DiEsposti & Johansen, 2000; Lu, Long, Nourani, & Huang, 2016; Molas-Gallart, 1997; Pustovit & Williams, 2010). A terminologia duplo-uso pode também definir inovações pelo seu uso benéfico ou nefasto para a sociedade. O conceito de Duplo-uso não é uma

característica da tecnologia, mas sim do contexto social em que é desenvolvida (Pustovit & Williams, 2010). Neste trabalho adotamos a primeira definição de duplo-uso.

Em indústrias como a das Tecnologias da Informação e Comunicação, o uso militar foi durante vários anos a principal força impulsionadora do seu desenvolvimento. O economista Benoit estimou que cerca de 40% das inovações tecnológicas desenvolvidas no contexto militar, contribuíram para a melhoria económica da população (Benoit, 1978). Outros autores evidenciaram a existência de uma correlação entre investimentos na área militar e o crescimento económico desses países (Alptekin & Levine, 2012; Yilgör, Karagöl, & Saygili, 2014). No entanto, atualmente, verifica-se uma situação contrária, ou seja, a da aplicação de soluções desenvolvidas para uso da sociedade civil no contexto militar. Assim, o paradigma do desenvolvimento de tecnologia para fins militares tem evoluído no sentido de uma maior abertura na partilha de conhecimentos entre as instituições. Se no passado a tendência era de uma inovação fechada nas instituições militares, hoje esta abordagem tem vindo a perder força. O uso frequente de inovações geradas na sociedade civil, a portabilidade e rápida disseminação da informação e a globalização da economia levam a que políticas que restrinjam a participação e partilha de inovações de e com fins militares seja contra produtiva (Stowsky, 2004). Segundo Eriksson, a própria natureza das Tecnologias da Informação e Comunicação é de duplo-uso (Eriksson, 1999).

Atualmente reflete-se uma situação contrária, ou seja, a da aplicação de soluções desenvolvidas para uso da sociedade civil no contexto militar.

Durante a pesquisa foi possível constatar a ausência no que toca a trabalhos relativos a SI de duplo-uso. No entanto, foi também possível perceber que os desafios do duplo-uso de tecnologia prendem-se em grande parte com as diferenças nos requisitos para o uso civil ou militar (DiEsposti & Johansen, 2000; Winkler, Tuchs, Hughes, & Barclay, 2008). Um exemplo dessas diferenças pode ser encontrado na utilização do sistema de GPS. O uso militar desta tecnologia tem requisitos de precisão superiores ao do uso civil e, como tal, apresenta diferenças na sua forma de utilização. O sinal utilizado para fins militares é diferente do captado pela sociedade civil (DiEsposti & Johansen, 2000).

A FAP, sendo um organismo de defesa militar, apresenta determinados requisitos que poderão não ser verificados para organizações fora deste contexto. Uma organização no contexto militar não pode correr o risco de ver os seus dados potencialmente expostos e dependentes de terceiros e, como tal, obriga a manter dentro da organização e sob o seu próprio domínio e controlo, tanto a administração e gestão do armazenamento de dados bem como de todo o restante SI. Esta é uma diferença

importante entre o desenvolvimento de um projeto para o contexto militar e civil. Um projeto para fins militares estará, desde logo, menos aberto à aplicação de soluções administradas por fornecedores externos à organização. Isto poderá acarretar consequências em termos da complexidade e do próprio custo do projeto de TI. Por outro lado, a colaboração entre organizações militares e a sociedade civil permite impulsionar a investigação e desenvolvimento em termos de projetos de SI, criando espaço de confluência a conhecimentos gerados a partir de diferentes contextos. Desta forma possibilita conciliar esforços para ultrapassar os obstáculos presentes em cada um dos contextos.

8 Conclusões

As questões de sustentabilidade ambiental são uma preocupação global e constitui um dos grandes desafios da sociedade atual. As organizações têm um papel preponderante no combate às alterações climáticas e promoção da sustentabilidade ambiental. As TI são atualmente parte integrante de qualquer organização, pelo que o seu próprio impacto ambiental começa também a ser objeto de intervenção relativamente às questões de ecologia e sustentabilidade. Uma gestão organizacional focada na sustentabilidade tende a gerar não só o impacto ambiental que se pretende, mas tem também o potencial para gerar vantagens competitivas para a organização.

Os SI assumem um papel de preponderância no que toca à eficiência ambiental das organizações. Os SI têm sido uma força transformadora nas organizações, possibilitando a redução de custos, intervindo na criação de novos produtos e serviços ou na gestão operacional. A implementação de iniciativas de TI ou SI *Green* têm o potencial de gerar benefícios estratégicos para as organizações pela redução do consumo energético e aumento da eficiência na utilização dos recursos. Para isso, existe uma necessidade nas organizações de consciencialização em questões de sustentabilidade ambiental, para que facilite assumir o risco e o investimento na implementação de soluções de TI e SI *Green*, além de contribuir para as mudanças comportamentais necessárias. A virtualização veio impulsionar significativamente as possibilidades no que toca à utilização eficiente dos recursos de hardware e como tal tornar mais energeticamente eficiente a sua utilização. No entanto, o desenvolvimento de SI com foco em soluções de virtualização para as organizações é uma área que denota alguma imaturidade em termos de literatura.

A área dos SI tem desenvolvido esforços na área da sustentabilidade ambiental e das *Green IT*. Não obstante, identificou-se a falta de estudos sobre a implementação de soluções. Os trabalhos efetuados em SI para a sustentabilidade focam-se principalmente nos aspetos sociais e organizacionais do problema. Existe falta de trabalhos focados na solução propriamente dita, de modo a que as organizações possam efetivar a implementação de TI e SI ambientalmente sustentáveis.

O desenvolvimento de soluções de Tecnologias e Sistemas de Informação de duplo-uso vai de encontro ao que é a própria natureza global das mesmas. No entanto, os desenvolvimentos de TI e SI de duplo-uso não se encontram devidamente documentadas na literatura. Interessa, portanto, desenvolver soluções com este foco, de modo a delinear e compreender as diferenças nos requisitos e estratégias de desenvolvimento a seguir, para aplicação em contexto militar ou civil.

A revisão de literatura efetuada permitiu alicerçar os domínios do *Green Computing*, servindo como base para desenvolvimento de um processo de implementação organizacional de *Green Computing*. Este trabalho teve como vetores a perspetiva da eficiência energética, ambiental e financeira, além do duplo-uso, de forma a que a sua utilidade possa transpor a barreira de aplicação estrita a fins militares ou civis. A falta de informação relativamente à forma de como proceder na implementação de estratégias de sustentabilidade, funciona muitas vezes como entrave à sua adoção. Como tal, verifica-se a necessidade de canalizar recursos e esforços para o desenvolvimento de projetos de Tecnologias e Sistemas de Informação nesta área, de modo a que esteja disponível mais informação que potencie a implementação de estratégias de sustentabilidade no uso das TI pelas organizações. Como trabalho futuro propõe-se a aplicação deste processo, de forma completa ou parcial a diferentes realidades organizacionais, de modo a contribuir para a sua validação e desenvolvimento. Urge a necessidade em promover iniciativas de mudança organizacional focadas na sustentabilidade ambiental no uso das TI, servindo a virtualização como um meio de grande potencial neste domínio. Por outro lado, o desenvolvimento de projetos de Tecnologias e Sistemas de Informação de duplo-uso vão de encontro à natureza ubíqua das TI, sendo um importante contributo o alinhamento de esforços e conhecimentos provenientes de ambos os contextos, civil e militar, de forma a potenciar o seu desenvolvimento.

Referências bibliográficas

- Abbett, L., Coldham, A., & Whisnant, R. (2010). *Organizational culture and the success of corporate sustainability initiatives. Master Project*. Retrieved from <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/69230>
- Agrawal, S., Biswas, R., & Nath, A. (2014). Virtual desktop infrastructure in higher education institution: Energy efficiency as an application of green computing. In *Proceedings - 2014 4th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2014* (pp. 601–605). <http://doi.org/10.1109/CSNT.2014.250>
- Alptekin, A., & Levine, P. (2012). Military expenditure and economic growth: A meta-analysis. *European Journal of Political Economy*, 28(4), 636–650. <http://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2012.07.002>
- Bachour, N., & Chasteen, L. (2010). Optimizing the value of green IT projects within organizations. In *2010 IEEE Green Technologies* (pp. 1–10). IEEE. <http://doi.org/10.1109/GREEN.2010.5453804>
- Bazargan, F., Yeun, C. Y., & Zemerly, M. J. (2012). State-of-the-Art of Virtualization , its Security Threats and Deployment Models. *International Journal for Information Security Research*, 2(December), 335–343. <http://doi.org/10.20533/ijisr.2042.4639.2013.0039>
- Beloglazov, A., Abawajy, J. H., & Buyya, R. (2012). Energy-aware Resource Allocation Heuristics For Efficient Management Of Data Centers For Cloud Computing. *Elsevier Future Generation Computer Systems*, 28(5), 755–768. <http://doi.org/10.1016/j.future.2011.04.017>
- Benoit, E. (1978). Growth and Defense in Developing Countries. *Economic Development and Cultural Change*, 26(2), 271–280. <http://doi.org/10.1086/451015>
- Berl, A., Gelenbe, E., Girolamo, M. Di, & Giuliani, G. (2010). Energy-efficient cloud computing. *The Computer*, 53(7), 1045–1051.
- Bianzino, A., Chaudet, C., & Rossi, D. (2010). A Survey of Green Networking Research. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14(1), 3–20. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9739/5451756/05677351.pdf>
- Bose, R., & Luo, X. (2011). Integrative framework for assessing firms' potential to undertake Green IT initiatives via virtualization - A theoretical perspective. *Journal of Strategic Information Systems*, 20(1), 38–54. <http://doi.org/10.1016/j.jsis.2011.01.003>
- Brock, W., & Taylor, M. (2004). Economic growth and the environment: a review of theory and

- empirics. *Handbook of Economic Growth*, 1(October), 1749–1821. [http://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01028-2](http://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01028-2)
- Brocke, J., Watson, R., Dwyer, C., Elliot, S., & Melville, N. (2012). Green Information Systems: Directives for the IS Discipline. In *ICIS 2012 Proceedings*. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/icis2012/proceedings/Panels/1/>
- Butler, T. (2011). Towards a Practice-Oriented Green IS Framework. *ECIS*, (2011), 1–13. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1101&context=ecis2011>
- Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2005). *Diagnosing and changing organizational culture: Based on the competing values framework*. John Wiley & Sons.
- Campbell, W. M., Moore, P., & Sharma, M. (2014a). Cultural transformation to support the adoption of green it. In *Proceedings - 2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, IEEE WAINA 2014* (pp. 554–559). IEEE. <http://doi.org/10.1109/WAINA.2014.91>
- Campbell, W. M., Moore, P., & Sharma, M. (2014b). Cultural Transformation to Support the Adoption of Green IT. In *2014 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops* (pp. 554–559). IEEE. <http://doi.org/10.1109/WAINA.2014.91>
- Campbell, W. M., Ratcliffe, M., & Moore, P. (2013a). An exploration of the impact of organizational culture on the adoption of green IT. In *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, GreenCom-iThings-CPSCOM 2013* (pp. 126–133). IEEE. <http://doi.org/10.1109/GreenCom-iThings-CPSCOM.2013.44>
- Campbell, W. M., Ratcliffe, M., & Moore, P. (2013b). An Exploration of the Impact of Organizational Culture on the Adoption of Green IT. In *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing* (pp. 126–133). IEEE. <http://doi.org/10.1109/GreenCom-iThings-CPSCOM.2013.44>
- Celebic, B., & Breu, R. (2015). Using Green KPIs for Large IT Infrastructures' Energy and Cost Optimization. In *Proceedings - 2015 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, FiCloud 2015 and 2015 International Conference on Open and Big Data, OBD 2015* (pp. 645–650). IEEE. <http://doi.org/10.1109/FiCloud.2015.86>
- Chilamkurti, N., Zeadally, S., & Mentiplay, F. (2009). Green networking for major components of information communication technology systems. *EURASIP Journal on Wireless Communications*

- and Networking*, 2009(1), 1–7. <http://doi.org/10.1155/2009/656785>
- Chou, D. C., & Chou, A. Y. (2012). Awareness of Green IT and its value model. *Computer Standards and Interfaces*, 34(5), 447–451. <http://doi.org/10.1016/j.csi.2012.03.001>
- Citrix. (2017). Understanding Desktop Virtualization: What is it and how can it Help Your Business. Retrieved October 10, 2017, from <https://www.citrix.com/articles/understanding-desktop-virtualization.html>
- CO2 emissions caused by information technology in 2007. (2016). Retrieved January 20, 2017, from <https://www.statista.com/statistics/267371/co2-emissions-generated-by-information-technology-2007/>
- Corbett, J. (2013). Using information systems to improve energy efficiency: Do smart meters make a difference? *Information Systems Frontiers*, 15(5), 747–760. <http://doi.org/10.1007/s10796-013-9414-0>
- Davis, E. (2007). *Green Benefits Put Thin-Client Computing Back On The Desktop Hardware Agenda. Energy*. Retrieved from [http://www.vxl.co.uk/fckeditor/editor/filemanager/connectors/aspx/fckeditor/userfiles/file/VXL Green Benefits -Thin Clients.pdf](http://www.vxl.co.uk/fckeditor/editor/filemanager/connectors/aspx/fckeditor/userfiles/file/VXL%20Green%20Benefits%20Thin%20Clients.pdf)
- Dick, G. N., & Burns, M. (2011). Green IT in Small Business : An Exploratory Study. In *S AIS 2011 Proceedings* (p. 20). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/sais2011/20>
- DiEsposti, R., & Johansen, J. (2000). Dual-use personal NavCom service. Policy considerations for a combined military and civil service. *Aerospace Conference Proceedings*, 1, 69–80. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/879375/>
- Dutta, S., & Gupta, A. (2016). Green computing: A greener approach towards IT. In *Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2016 3rd International Conference on IEEE* (pp. 50–53). Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7724226/>
- Elliot, S., & Binney, D. (2008). Environmentally Sustainable ICT: Developing Corporate Capabilities and Industry-relevant IS Research Agenda. In *PACIS 2008 Proceedings. Paper 209* (pp. 1–12). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1239&context=pacis2008>
- Eriksson, E. (1999). Viewpoint: Information warfare: Hype or reality? *The Nonproliferation Review*, 6(3), 57–64.
- Faucheux, S., & Nicolai, I. (2011). IT for green and green IT: A proposed typology of eco-innovation. *Ecological Economics*, 70(11), 2020–2027. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.019>
- Flamholtz, E. G. (1999). Measuring Human Resource Costs: Concept and Methods. In *Human*

- Resource Accounting* (pp. 55–78). Boston, MA: Springer US. http://doi.org/10.1007/978-1-4615-6399-0_4
- Flammer, C. (2013). Corporate social responsibility and shareholder reaction: The environmental awareness of investors. *Academy of Management Journal*, *56*(3), 758–781. <http://doi.org/10.5465/amj.2011.0744>
- Fuzi, M. F. M., Hamid, R. S., & Ahmad, M. A. (2014). Virtual desktop environment on Cloud computing platform. In *Proceedings - 2014 5th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium, ICSGRC 2014* (pp. 80–84). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICSGRC.2014.6908700>
- Gartner. (2007). Gartner Press Release - ICT industry emissions. Retrieved January 20, 2017, from <http://www.gartner.com/newsroom/id/503867>
- Gartner. (2008). Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies. Retrieved January 20, 2017, from <http://www.gartner.com/newsroom/id/739613>
- Gattiker, T., & Carter, C. (2010). Understanding project champions' ability to gain intra-organizational commitment for environmental projects. *Journal of Operations Management*, *28*(1), 72–85. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696309000588>
- Gholami, R., Sulaiman, A. B., Ramayah, T., & Molla, A. (2013). Senior managers' perception on green information systems (IS) adoption and environmental performance: Results from a field survey. *Information & Management*, *50*(7), 431–438. <http://doi.org/10.1016/j.im.2013.01.004>
- Gingnell, L., Franke, U., Lagerström, R., Ericsson, E., & Lilliesköld, J. (2014). Quantifying Success Factors for IT Projects-An Expert-Based Bayesian Model. *Information Systems Management*, *31*(1), 21–36. <http://doi.org/10.1080/10580530.2014.854033>
- Gräuler, M., Freundlieb, M., Ortwerth, K., & Teuteberg, F. (2013). Understanding the beliefs, actions and outcomes of sustainability reporting: An experimental approach. *Information Systems Frontiers*, *15*(5), 779–797. <http://doi.org/10.1007/s10796-013-9418-9>
- Hertel, M., & Wiesent, J. (2013). Investments in information systems: A contribution towards sustainability. *Information Systems Frontiers*, *15*(5), 815–829. <http://doi.org/10.1007/s10796-013-9417-x>
- Hui, L. Y., Seok, K. H., & Ki, K. B. (2015). Desktop Computer Virtualization for Improvement Security, Power Consumption and Cost by SBC (Server Based Computer). *International Journal of Security and Its Applications*, *9*(5), 141–152.
- Iacobelli, L., Olson, R., & Merhout, J. (2010). Green/Sustainable IT/IS: Concepts and Cases. In *AMCIS 2010 Proceedings*. 104.

- Ibrahim, A. A. Z. A., Kliazovich, D., Bouvry, P., & Oleksiak, A. (2017). Using virtual desktop infrastructure to improve power efficiency in grinfy system. In *Proceedings of the International Conference on Cloud Computing Technology and Science, CloudCom* (pp. 85–89). IEEE. <http://doi.org/10.1109/CloudCom.2016.0028>
- Ijab, M. T., Molla, A., & Cooper, V. (2012). Green Information Systems (Green IS) Practice in Organisation: Tracing its Emergence and Recurrent Use. In *Proceedings of the Eighteenth Americas Conference on Information Systems, Seattle, Washington, USA* (pp. 1–12). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/amcis2012/proceedings/GreenIS/6/>
- Jenkin, T. A., McShane, L., & Webster, J. (2011). Green information technologies and systems: Employees' perceptions of organizational practices. *Business & Society*, *50*(2), 266–314.
- Joumaa, C., & Kadry, S. (2011). Green IT: Case studies. *Energy Procedia*, *16*, 1052–1058. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.168>
- Kim, Y. S., & Ko, M. (2010). Identifying Green IT Leaders with Financial and Environmental Performance Indicators. In *AMCIS 2010 Proceedings* (p. 54). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/amcis2010/54>
- Kipp, A., Jiang, T., Fugini, M., & Salomie, I. (2012). Layered Green Performance Indicators. *Future Generation Computer Systems*, *28*(2), 478–489. <http://doi.org/10.1016/j.future.2011.05.005>
- Ko, M., Clark, J., & Ko, D. (2011). Investigating the impact of “green” information technology innovators on firm performance. *Journal of Information Technology Management*, *22*(2), 1–12.
- Kochut, A. (2009). Power and performance modeling of virtualized desktop systems. In *Proceedings - IEEE Computer Society's Annual International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunications Systems, MASCOTS* (pp. 29–38). IEEE. <http://doi.org/10.1109/MASCOT.2009.5366785>
- Lam, M. (2010). *Lower Total Cost of Ownership of one-net by using thin-client deskop deployment and virtualization-based server technology*. Naval Postgraduate School Monterey CA. Retrieved from <http://calhoun.nps.edu/handle/10945/5197>
- Le Thanh Man, C., & Kayashima, M. (2011). Virtual machine placement algorithm for virtualized desktop infrastructure. In *CCIS2011 - Proceedings: 2011 IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems* (pp. 333–337). IEEE. <http://doi.org/10.1109/CCIS.2011.6045085>
- Lei, C., & Ngai, E. (2013). Green IT adoption : an academic review of literature. In *PACIS 2013 Proceedings* (p. 95). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/pacis2013/95>

- Leishman, C., Orr, A., & Pellegrini-Masini, G. (2012). The Impact of Carbon Emission Reducing Design Features on Office Occupiers' Choice of Premises. *Urban Studies*, 49(11), 2419–2437. <http://doi.org/10.1177/0042098011427189>
- Li, Q., & Zhou, M. (2011). The survey and future evolution of green computing. In *Proceedings of the 2011 IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications* (pp. 230–233). <http://doi.org/10.1109/GreenCom.2011.47>
- Liao, X., Xiong, X., Jin, H., & Hu, L. (2008). LVD : A Lightweight Virtual Desktop Management Architecture. *Systems and Virtualization Management. Standards and New Technologies*, 18, 25–36. http://doi.org/10.1007/978-3-540-88708-9_3
- Loeser, F. (2013). Green IT and Green IS: Definition of Constructs and Overview of Current Practices. In *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems* (pp. 1–13). <http://doi.org/10.13140/2.1.3065.6962>
- Lu, W., Long, Q., Nourani, M., & Huang, F. (2016). Evaluating the efficiency of dual-use technology development programs from the R & D and socio-economic perspectives. *Omega*, 62, 82–92. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2015.08.011>
- Lunardi, G. L., Salles, A. C., Paula, A., & Alves, F. (2015). Green IT : an Empirical Study regarding Organizational Actions and Impacts on Environmental Performance. In *CONF-IRM 2015 Proceedings* (p. 35). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/confirm2015/35>
- Maga, D., Hiebel, M., & Knerrmann, C. (2013). Comparison of two ICT solutions: desktop PC versus thin client computing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(4), 861–871. <http://doi.org/10.1007/s11367-012-0499-3>
- Mattern, F., Staake, T., & Weiss, M. (2010). ICT for green – How Computers Can Help Us to Conserve Energy. *1st International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking - E-Energy Proceeding*, 1. <http://doi.org/10.1145/1791314.1791316>
- Melville, N. (2010). Information systems innovation for environmental sustainability. *MIS Quarterly*, 34(1), 1–21. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2017449>
- Mieritz, L., & Kirwin, B. (2005). Defining Gartner Total Cost of Ownership. *Gartner Research*, 1–11.
- Miller, K., & Pegah, M. (2007). Virtualization , Virtually at the Desktop. In *Proceedings of the 35th annual ACM SIGUCCS fall conference*. (pp. 255–260). New York, New York, USA: ACM Press. <http://doi.org/10.1145/1294046.1294107>
- Mingay, S. (2007). *Green IT: The New Industry Shock Wave*. *Gartner RAS Research Note G*. Retrieved from <https://www.gartner.com/doc/559709/green-it-new-industry-shock>

- Molas-Gallart, J. (1997). Which way to go? Defence technology and the diversity of “dual-use” technology transfer. *Research Policy*, 26(3), 367–385. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00023-1](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00023-1)
- Molla, A. (2009). Organizational Motivations for Green IT : Exploring Green IT Matrix and Motivation Models. In *PACIS 2009 Proceedings* (pp. 1–14). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=pacis2009>
- Molla, A. (2013). Identifying IT sustainability performance drivers: Instrument development and validation. *Information Systems Frontiers*, 15(5), 705–723. <http://doi.org/10.1007/s10796-013-9415-z>
- Molla, A., Abareshi, A., & Cooper, V. (2014). Green IT beliefs and pro-environmental IT practices among IT professionals. *Information Technology and People*, 27(2), 129–154. <http://doi.org/10.1108/ITP-10-2012-0109>
- Murugesan, S. (2008). Harnessing Green IT : Principles and Practices. *IT Professional*, 10(1), 24–34. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2462692>
- Nakazawa, M., Koizumi, D., & Hirasawa, S. (2012). The influence of QoS on e-learning Environment under Virtual Desktop Infrastructure. In *Communications, Computers and Applications (MIC-CCA), 2012 Mosharaka International Conference on* (pp. 174–178). IEEE.
- Nanda, S., & Chiueh, T. (2005). *A Survey on Virtualization Technologies. RPE Report* (Vol. 179). Retrieved from http://www.computing.dcu.ie/~ray/teaching/CA485/notes/survey_virtualization_technologies.pdf
- O'Flynn, A., & Executive, G. (2010). Green IT: The global benchmark. *White Paper, Fujitsu*.
- Olson, E. G. (2008). Creating an enterprise-level “green” strategy. *Journal of Business Strategy*, 29(2), 22–30.
- Phillips, J., & Phillips, P. (2009). Measuring return on investment in HR. *Strategic HR Review*, 8(6), 12–19. <http://doi.org/10.1108/14754390910990946>
- Pogarcic, I., Krnjak, D., & Ozanic, D. (2012). Business benefits from the virtualization of an ICT infrastructure. *International Journal of Engineering Business Management*, 4(1), 42. <http://doi.org/10.5772/51603>
- PORDATA. (2016). Preços da electricidade para utilizadores domésticos. Retrieved February 20, 2017, from <http://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- Post, J. E., & Altma, B. W. (1994). Managing the Environmental Change Process: Barriers and

- Opportunities. *Journal of Organizational Change Management*, 14(4), 64–81. <http://doi.org/10.1108/09534819410061388>
- Pustovit, S. V., & Williams, E. D. (2010). Philosophical aspects of dual use technologies. *Science and Engineering Ethics*, 16(1), 17–31. <http://doi.org/10.1007/s11948-008-9086-1>
- Sahoo, J., Mohapatra, S., & Lath, R. (2010). Virtualization : A Survey On Concepts , Taxonomy And Associated Security Issues. In *2010 Second International Conference on Computer and Network Technology* (pp. 222–226). <http://doi.org/10.1109/ICCNT.2010.49>
- Sarkar, P., & Young, L. (2009). Managerial attitudes towards Green IT: An explorative study of policy drivers. In *PACIS 2009 Proceedings* (p. 95). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/pacis2009/95>
- Sarkis, J., Koo, C., & Watson, R. T. R. T. (2013). Green information systems and technologies - This generation and beyond: Introduction to the special issue. *Information Systems Frontiers*, 15(5), 695–704. <http://doi.org/10.1007/s10796-013-9454-5>
- Schein, E. H. (2010). *Organizational Culture and Leadership*. John Wiley & Sons, Inc.
- Schmidt, N.-H. N.-H., Ereik, K., Kolbe, L. M., & Zarnekow, R. (2010). Predictors of Green IT Adoption: Implications from an Empirical Investigation. In *AMCIS 2010 Proceedings* (p. 367). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/amcis2010/367>
- Schrettle, S., Hinz, A., Scherrer, M., & Friedli, T. (2014). Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 147, 73–84. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.02.030>
- Seidel, S., Recker, J., & Pimmer, C. (2014). IT-enabled Sustainability Transformation – the Case of SAP IT-enabled Sustainability Transformation – the Case of SAP. *Communications of the Association for Information Systems*, 35(1), 1–17. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/cais/vol35/iss1/1>
- Seidel, S., Recker, J., & Vom Brocke, J. (2013). Sensemaking and Sustainable Practicing: Functional Affordances of Information Systems in Green Transformations. *MIS Quarterly*, 37(4), 1275–1299.
- Soomro, T. R., & Sarwar, M. (2012). Green Computing : From Current to Future Trends. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 6(3), 326–329. Retrieved from <http://www.waset.org/publications/6384>
- Souppaya, M., Scarfone, K., & Hoffman, P. (2011). Guide to Security for Full Virtualization Technologies. *Nist Special Publication - 800-125*, 35. <http://doi.org/10.6028/NIST.SP.800->

- Stowsky, J. (2004). Secrets to shield or share? New dilemmas for military R&D policy in the digital age. *Research Policy*, 33(2), 257–269. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2003.07.002>
- Uddin, M., & Rahman, A. A. (2011). Virtualization Implementation Model for Cost Effective & Efficient Data Centers. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(1), 69–74. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1206.0988>
- Uddin, M., & Rahman, A. A. (2012, August 1). Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Pergamon. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.014>
- Uebius, U., & Alas, R. (2009). Organizational Culture Types as Predictors of Corporate Social Responsibility. *Engineering Economics*, 61(1), 90–99. Retrieved from <http://erem.ktu.lt/index.php/EE/article/view/11597>
- Vaishnavi, V., & Kuechler, W. (2015). *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*. CRC Press.
- Varajão, J. & Trigo, A. (2016). Evaluation of IS project success in InfSysMakers : an exploratory case study. In *Thirty Seventh International Conference on Informations Systems* (pp. 1–10). Retrieved from <https://aisel.aisnet.org/icis2016/ManagingIS/Presentations/6>
- Varajão, J. (2003). *Função de Sistemas de Informação: Contributos para a melhoria do sucesso da adopção de tecnologias de informação e desenvolvimento de sistemas de informação nas organizações*. Universidade do Minho.
- VMware. (2017). Horizon 7 | Virtual Desktop Infrastructure. Retrieved October 10, 2017, from <https://www.vmware.com/products/horizon.html>
- Vykoukal, J., Wolf, M., & Beck, R. (2009). Does Green IT Matter? Analysis of the Relationship between Green IT and Grid Technology from a Resource-Based View Perspective. In *PACIS 2009 Proceedings* (p. 51). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=pacis2009>
- Winkler, M., Tuchs, K. D., Hughes, K., & Barclay, G. (2008). Theoretical and practical aspects of military wireless sensor networks. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 2, 37–45. Retrieved from <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATA-0001-0025>
- Yilgör, M., Karagöl, E. T., & Saygili, Ç. A. (2014). Panel Causality Analysis Between Defence Expenditure and Economic Growth in Developed Countries. *Defence and Peace Economics*,

25(2), 193–203. <http://doi.org/10.1080/10242694.2012.724879>

Zhu, Q. ., Sarkis, J. ., & Lai, K.-H. . (2012). Green supply chain management innovation diffusion and its relationship to organizational improvement: An ecological modernization perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1), 168–185. <http://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2011.09.012>