

ADRIANO JOSÉ AMADO CORREIA PINTO PIRES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VIRTUALIZAÇÃO DE POSTOS DE
TRABALHO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**



2016

ADRIANO JOSÉ AMADO CORREIA PINTO PIRES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VIRTUALIZAÇÃO DE POSTOS DE
TRABALHO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

Mestrado de Engenharia Informática

Trabalho efetuado sobre a orientação de:

Prof.^ª Dr.^ª Noélia Correia

Dr. Joel David Valente Guerreiro



2016

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VIRTUALIZAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser o(a) autor(a) deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

(Adriano José Amado Correia Pinto Pires)

Direitos de cópia ou Copyright

©Copyright: Adriano José Amando Correia Pinto Pires.

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Às minhas filhas, a Laura e a Rita, estrelas
maiores que brilham na minha vida.

“No final tudo ficará bem.

Se não está tudo bem, então é porque ainda não é o fim.”

– Autor desconhecido-

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar queria agradecer aos meus orientadores, a Prof.^a Dr.^a Noélia Correia e o Dr. Joel David Valente Guerreiro, pela ajuda prestada na implementação do projeto e na elaboração deste relatório.

Depois gostava de agradecer aos meus colegas de trabalho, a minha “segunda família”, por terem sido incansáveis no apoio que deram à concretização deste objetivo. Um grande obrigado a todos eles.

Quero agradecer aos meus pais, o José e a Maria, por todo o apoio que me deram e incentivo que me deram e sem os quais não teria sido possível concluir este mestrado. Às minhas filhas, Laura e Rita, por todo o carinho e apoio que me deram e por prescindirem do direito às brincadeiras, às histórias, e a toda a atenção que merecem, para que pudesse terminar este trabalho. Quero agradecer também à minha irmã Isabel, pelo apoio nos momentos mais complicados.

Por último queria deixar um agradecimento especial à Nataliya, por ter sido uma fonte de inspiração, de apoio e por me ensinar a respirar fundo, quando tudo parece impossível de ultrapassar.

RESUMO

As tecnologias de informação e comunicação representam uma parte fundamental do dia-a-dia das organizações, promovendo uma maior colaboração entre todos os intervenientes e maximizando a produtividade dos mesmos. A constante evolução das tecnologias de informação permitiu um aumento muito significativo da capacidade de processamento e armazenamento disponível dentro das organizações. No entanto, esse processamento nem sempre é utilizado de uma forma otimizada.

A utilização de tecnologias de virtualização permite, entre outros aspetos, a otimização da infraestrutura tecnológica existente numa organização, ao oferecer uma plataforma uniformizada onde são disponibilizados recursos de processamento, armazenamento, sistemas operativos, rede e aplicações. Esta tecnologia tornou-se rapidamente um padrão para a maioria das implementações de infraestruturas tecnológicas, nas diversas organizações, potenciando a consolidação de servidores e postos de trabalho, facilitando a sua gestão enquanto garante uma maior tolerância a falhas e melhora a segurança da infraestrutura.

Este trabalho pretende analisar os vários conceitos, modelos e tecnologias sobre virtualização, com o objetivo de estudar e implementar uma solução de virtualização e disponibilização de postos de trabalho(VDI), na Universidade do Algarve, de forma mais flexível, com menores custos operacionais e financeiros, e que garantam um nível de produtividade adequados às necessidades da Instituição.

O estudo efetuado incide sobre a implementação de uma solução de virtualização de postos de trabalho em contexto de salas de aula, mas pretende compreender os benefícios obtidos, para que possa servir de base para a generalização da solução para todas as Unidades Orgânicas e Serviços da Universidade do Algarve.

Palavras-chave: virtualização, conceitos, tecnologias de virtualização, VDI, virtualização de postos de trabalho, sala de aula.

ABSTRACT

Information and communications technology (ICT) plays a central role in a daily life of different institutions and organizations allowing a better collaboration among all participants, thus maximizing their productivity. A continuous development of information technology enabled a very significant increase in processing and storage ability available within the institutions. However, not always the processing is used optimally.

The use of virtualization technologies allows, among other things, the optimization of the existing technological infrastructure in organizations. This is achieved by introducing a standardized platform, which provides processing and storage resources, operating systems, network and applications. These technologies have quickly become a standard for most technological infrastructure implementations. In various organizations they have demonstrated enhancement of server consolidation and desktops virtualization, simplifying their management, while ensuring a greater tolerance to breakdowns and better infrastructure safety.

The present work aims to analyze several concepts, models and technologies on virtualization. Having as a purpose to find a solution for implementation of Virtual Desktop Infrastructure (VDI) at the University of Algarve, we focus on achieving a greater flexibility, lower costs and better financial and operational results. Thus, providing the level of productivity suitable to meet the university needs.

Although the current study focuses on the implementation of a solution for Virtual Desktop Infrastructure (VDI) in the classroom context, understanding the advantages achieved along the way is also important as this knowledge may serve a good foundation for creating a general solution for all Academic Units and Services of the University of Algarve.

Keywords: virtualization, concepts, virtualization technologies, Virtual Desktop Infrastructure (VDI), desktop virtualization, classroom.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Motivação	3
1.4 Estrutura do trabalho	4
2 CONTEXTUALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Terminologia utilizada.....	7
2.2 Virtualização	9
2.3 Técnicas de Virtualização	11
2.3.1 Virtualização total.....	14
2.3.2 Paravirtualização.....	15
2.3.3 Virtualização assistida por <i>hardware</i>	15
2.3.4 Virtualização da memória do sistema hospedeiro	16
2.3.5 Virtualização de dispositivos	17
2.4 Propriedades da virtualização	18
2.5 Modelo de virtualização	20
2.5.1 Virtualização do acesso (Access virtualization).....	21
2.5.2 Virtualização de aplicação (Application virtualization).....	21
2.5.3 Virtualização de processamento (<i>Processing virtualization</i>).....	22
2.5.4 Virtualização do armazenamento (<i>Storage virtualization</i>).....	23
2.5.5 Virtualização de rede (<i>Network virtualization</i>).....	24
2.6 Tipos de virtualização	24
2.7 Plataformas de virtualização	25
2.7.1 Xen	26

2.7.2	KVM	26
2.7.3	Hyper-V	26
2.7.4	VMware	27
2.8	Vantagens e desvantagens da virtualização	27
2.8.1	Vantagens	28
2.8.2	Desvantagens	29
3	VIRTUALIZAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO	31
3.1	Vantagens e desvantagens da virtualização de postos de trabalho	32
3.1.1	Vantagens	32
3.1.2	Desvantagens	33
3.2	Estado de arte.....	34
3.2.1	Componentes	34
3.2.2	Conectividade	34
3.2.3	Suporte a clientes	35
3.2.4	Tipos de Postos de Trabalho Virtuais.....	35
3.3	Escolha da solução de virtualização de postos de trabalho.....	36
3.4	Descrição da tecnologia Microsoft VDI.....	37
3.4.1	Monitor de máquinas virtuais	37
3.4.2	Tipo de posto virtual.....	37
3.4.3	Armazenamento	38
3.4.4	Acesso	40
3.4.5	Protocolo de Conectividade	40
4	ANÁLISE DE REQUISITOS DO PROJETO.....	43
4.1	Enquadramento e âmbito da Universidade do Algarve	43
4.2	Enquadramento da Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade.....	45
4.3	Identificação da situação nas salas de informática antes da implementação da VDI	45
4.4	Procedimentos de Manutenção antes da Virtualização dos Postos de Trabalho.....	46

4.5	Motivações dos utilizadores das salas de aula.....	46
5	PLANEAMENTO DO PROJETO.....	47
5.1	Tarefas.....	47
5.2	Diagrama	48
6	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	49
6.1	Identificação das funcionalidades a implementar	49
6.2	Levantamento de necessidades.....	50
6.3	Módulos constituintes da solução	51
6.4	Dimensionamento e aquisição dos recursos necessários	52
6.5	Rede e segurança.....	57
6.6	Gestão da infraestrutura	58
6.7	Instalação e configuração da Microsoft VDI	61
6.7.1	<i>Cluster</i> de virtualização.....	61
6.7.2	<i>Cluster</i> de armazenamento dos perfis dos utilizadores	63
6.7.3	Remote Desktop Services.....	64
6.7.4	Configuração dos hospedeiros de virtualização.....	69
6.8	Disponibilização de coleções de postos de trabalho virtuais	70
6.8.1	Criação da <i>master</i> VM	70
6.8.2	Criação da coleção de postos de trabalho.....	72
6.9	Disponibilização dos terminais em sala de aula	75
6.9.1	Configuração de terminal de referência.....	77
6.9.2	Instalação dos Terminais nas Salas de Aula.....	80
6.10	Esquema da solução	81
7	IMPACTO DA SOLUÇÃO IMPLEMENTADA.....	83
7.1	Testes de desempenho.....	83
7.2	Medição de consumos energéticos.....	88
7.3	Largura de banda ocupada pelos postos de trabalho	90

7.4	Usabilidade.....	92
7.5	Procedimentos de manutenção.....	92
7.6	Impacto financeiro e no meio ambiente.....	94
8	CONCLUSÕES.....	97
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	99
	APÊNDICES	103
	APÊNDICE 1 - Testes de performance com a aplicação Novabench	106
	APÊNDICE 2 - Tabela com o resumo dos testes de performance efetuados com a aplicação Novabench	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Camada de virtualização para uma arquitetura x86.	11
Figura 2.2 - Níveis de privilégios da arquitetura x86 sem virtualização. Adaptado de [8].....	12
Figura 2.3 - Virtualização x86 através de tradução binária. Adaptado [8].....	14
Figura 2.4 - Paravirtualização de um sistema x86. Adaptado de [8].....	15
Figura 2.5 - Virtualização assistida por hardware [8].....	16
Figura 2.6 - Virtualização de memória. Adaptado de [8].	17
Figura 2.7 - Modelo de Virtualização[12].....	20
Figura 2.8 - Virtualização de acessos[12].....	21
Figura 2.9 - Virtualização de processamento[12].....	22
Figura 2.10 - Virtualização de armazenamento utilizando a tecnologia Storage Spaces da Microsoft[13].....	24
Figura 2.11 - VMM nativo ou bare-metal.....	24
Figura 2.12 - VMM hospedado.....	25
Figura 2.13 - Arquitetura do Hyper-V[21].....	27
Figura 3.1 - Diferentes implementações do conceito de virtualização.....	31
Figura 3.2 - Tipos de postos de trabalho virtuais.	36
Figura 3.3 - Modelo de um implementação VDI do tipo Polled VM.	38
Figura 3.4 - Funcionamento da tecnologia CSV.	39
Figura 3.5 - Virtualização de GPU com o RemoteFX.....	42
Figura 5.1 - Diagrama de Gantt.	48
Figura 6.1 - Módulos constituintes da solução de virtualização de postos de trabalho.	52
Figura 6.2 - Vista do chassi de servidores, com identificação dos 4 servidores adquiridos.	56
Figura 6.3 - Espaço em disco da solução de VDI.....	57

Figura 6.4 - Largura de banda disponível entre o posto virtual e o terminal de acesso.	58
Figura 6.5 - Consola do Server Manager: Gestão da Microsoft VDI.....	59
Figura 6.6 - SCVMM: Gestão da infraestrutura de virtualização.	60
Figura 6.7 - SCDPM: Plano de retenção para os servidores RDS.....	60
Figura 6.8 – Propriedades do cluster: Nós de virtualização.	61
Figura 6.9- Cluster de virtualização com armazenamento partilhado.	61
Figura 6.10 - Propriedades de um nó do cluster: Configuração de rede.....	62
Figura 6.11- Propriedades do cluster: Volumes partilhados no cluster (CSV).....	63
Figura 6.12 - propriedades do cluster: Otimização dinâmica.	63
Figura 6.13 - Consola Server Manager.	64
Figura 6.14 - Propriedades do RDS: Alta-disponibilidade.....	65
Figura 6.15 - Propriedades do RDS: Configurações do serviço de <i>gateway</i>	65
Figura 6.16 - Propriedades do RDS: Licenciamento de sessões.....	66
Figura 6.17 - Propriedades do RDS: Acesso Web.....	67
Figura 6.18 - Propriedades do RDS: Certificados.....	67
Figura 6.19 - Propriedades do RDS: Unidade organizacional no diretório para criação de contas de domínio dos postos de trabalho virtuais.....	68
Figura 6.20 - Propriedades do RDS: Localização por omissão para salvaguarda das master VMs.	68
Figura 6.21 - Criação de uma máquina virtual, no SCVMM, baseada num <i>template</i>	70
Figura 6.22 - Clonagem de uma VM no SCVMM.....	71
Figura 6.23 - Tempo de clonagem de uma VM.....	71
Figura 6.24 - Master VM após instalação do software.	72
Figura 6.25 - Server Manager. Janela de gestão de coleções de postos de trabalho.	72

Figura 6.26 - Processo de criação de uma coleção: Definição do número de postos e grupos de acesso.....	73
Figura 6.27 - Processo de criação de uma coleção: Armazenamento e comportamento do posto virtual.	74
Figura 6.28 - Janela de gestão de uma coleção de postos de trabalho.....	74
Figura 6.29 - HP Device Manager.....	76
Figura 6.30 - Configuração de terminais: definições de rede.....	77
Figura 6.31 - Configuração dos terminais: Criação de uma ligação ao serviço RDS.	78
Figura 6.32 - Autenticação e atribuição de posto de trabalho virtual.....	78
Figura 6.33 - Configuração de terminais: definições de visualização.	79
Figura 6.34 - Sala de aula com os terminais instalados.	80
Figura 6.35 - Solução de virtualização de postos de trabalho.....	81
Figura 7.1 - Realização de testes de performance nas salas de aula.	84
Figura 7.2 - Teste de desempenho: Memória.	85
Figura 7.3 - Teste de desempenho: CPU (1).....	85
Figura 7.4 - Teste de desempenho: CPU (2).....	86
Figura 7.5 - Teste de desempenho: GPU.....	87
Figura 7.6 - Teste de desempenho: Disco.....	87
Figura 7.7 - Desempenho diário e mensal do cluster de virtualização.....	88
Figura 7.8 - Teste de consumo energético.	89
Figura 7.9 - Consumo energético de um hospedeiro de virtualização.....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 - Tarefas necessárias para a implementação do projeto.....	47
Tabela 6.1 - Módulos constituintes do projeto.....	51
Tabela 6.2 -Carga média por servidor com 2 processadores de 8 núcleos @ 2.90 GHz [30].....	53
Tabela 6.3 - Requisitos de hardware em função do número de utilizadores [30]...	53
Tabela 6.4 - Configuração de hardware virtual dos postos de trabalho	54
Tabela 6.5 - Requisitos para alojamento dos postos de trabalho virtuais.	54
Tabela 6.6 - Requisitos da infraestrutura de gestão.	55
Tabela 6.7 - Recursos necessários para o serviço de cópias de segurança.....	55
Tabela 6.8 - Lista de software necessário.	55
Tabela 6.9 - Configurações específicas dos hospedeiros de virtualização.	69
Tabela 7.1 - Comparação de hardware dos postos de trabalho físicos e virtuais. ...	83
Tabela 7.2 - Consumos energéticos medidos.....	89
Tabela 7.3 - Consumos energéticos dos hospedeiros de virtualização.	90
Tabela 7.4 - Testes de largura de banda.	91
Tabela 7.5 - Custos totais com e sem virtualização de postos de trabalho.....	95
Tabela 7.6 - Impacto ambiental com e sem virtualização.....	95

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

API - *Application Programming Interface*, termo em inglês que designa um conjunto de bibliotecas de código, utilizadas para conceber aplicações.

BIOS - *Basic Input/Output System*, termo em inglês para designar um tipo de sistema utilizado para inicializar componentes no arranque de um sistema computacional.

BYOD - *Bring Your Own Device*, termo em inglês que designa o ato de utilizar um dispositivo pessoal em contexto escolar ou profissional.

CPU - *Central Processing Unit*, termo em inglês para designar uma unidade de processamento central.

CSV - *Clustered Shared Volumes*, termo em inglês que designa uma tecnologia de partilha de volumes lógicos de disco.

DMZ - *Demilitarized Zone*, termo em inglês que designa uma rede que se encontra exposta na Internet.

DNS - *Domain Name System*, termo em inglês para designar um serviço de gestão de nomes de computadores.

DWM - *Desktop Windows Manager*, termo em inglês que designa um gestor de janelas em sistemas operativos Windows.

GPU - *Graphics Processing Unit*, termo que designa uma unidade de processamento gráfica. Placa gráfica.

HA - *High Availability*, termo em inglês para designar a alta disponibilidade de um sistema informático.

HTTPS - *Hypertext Transfer Protocol Secure*, termo em inglês para Protocolo de Transferência de Hipertexto Seguro, protocolo de transferência de informação na Internet de modo seguro.

IOPS - *Input/Output Operations Per Second*, termo em inglês que designa o número de operações de escrita ou leitura num disco.

KVM - *Kernel-Based Virtual Machine*, termo em inglês que designa um tipo de camada de virtualização, em ambientes Linux.

LUN - *Logic Unit Number*, termo em inglês que designa a identificação de uma unidade lógica de armazenamento.

MMU - *Memory Management Unit*, termo em inglês que designa um componente de um processador que realiza tradução de endereços de memória.

NLB - *Network Load Balancing*, termo em inglês que designa um serviço de balanceamento de carga num sistema informático.

NTFS – *New Technology File System*, termo em inglês que designa um sistema de ficheiros em ambientes Windows.

RAM – *Random Access Memory*, termo em inglês para designar um componente de um sistema computacional, onde são armazenados dados para rápida disponibilização.

RDCB – *Remote Desktop Connection Broker*, termo em inglês que designa um gestor de acessos a ambientes de trabalho remotos.

RDP – *Remote Desktop Protocol*, termo em inglês que designa um protocolo de ambientes remotos.

RDVH – *Remote Desktop Virtualization Host*, termo em inglês para designar um hospedeiro de virtualização de ambientes remotos.

RDWA – *Remote Desktop Web Access*, termo em inglês que designa um serviço de acesso por web a ambientes de trabalho remotos.

SAN – *Storage Area Network*, termo em inglês que designa uma rede de área de armazenamento.

SCVMM – *System Center Virtual Machine Manager*, termo em inglês que usualmente não é traduzido para português.

SO – Sistema Operativo.

RAID – *Redundant Array of Independent Disks*, termo em inglês que designa um conjunto redundante de discos, num sistema de armazenamento.

TLB - *Translation Lookaside Buffer*, termo em inglês que designa um componente de um processador, que agiliza a tradução de endereços de lineares em endereços físicos de memória.

UAlg – Universidade do Algarve

USB – *Universal Serial Bus*, termo do inglês que designa um protocolo que permite a ligação de periféricos aos computadores.

VDI – *Virtual Desktop Infrastructure*, termo em inglês que designa uma infraestrutura de postos de trabalho virtuais.

VLAN – *Virtual Local Area Network*, termo em inglês que designa uma rede de área local.

VM – *Virtual Machine*, termo em inglês que designa uma máquina virtual.

VMM – *Virtual Machine Monitor*, termo em inglês para designar um monitor de máquinas virtuais.

1 INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho é a implementação de um sistema de virtualização de postos de trabalho (VDI - *Virtual Desktop Infrastructure*) na Universidade do Algarve, que se insere nas atividades desenvolvidas pelo mestrando no âmbito do projeto “Reestruturação do *datacenter* e da rede estruturada de dados, e criação de condições académicas e *housing* da Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve”, em fase de implementação nos Serviços de Informática da Universidade do Algarve (UAlg).

Trata-se de um projeto financiado através de uma candidatura ao Sistema de Apoio à Modernização Administrativa do Programa Operacional do Algarve, que visa o melhoramento da infraestrutura tecnológica existente na UAlg, contribuindo assim para uma maior eficiência dos sistemas informáticos e uma maior desmaterialização das atividades de manutenção.

Nesta fase de implementação, o objetivo principal é a disponibilização de postos de trabalho virtuais, e respetivos terminais de acesso, que serão distribuídos por cinco salas de aula de informática na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da UAlg.

1.1 Enquadramento

Nos últimos anos, com o aumento das restrições a nível financeiro, tornou-se cada vez mais difícil a renovação do parque informático, que necessita de uma atualização constante para acompanhar as exigências crescentes dos sistemas operativos e das aplicações que suportam. Como consequência disso, rapidamente o parque informático fica desatualizado, criando constrangimentos aos utilizadores e impedindo-os de desenvolverem as suas atividades com a normalidade exigida a nível académico. Estes constrangimentos têm particular relevância no leccionamento em laboratórios de informática.

A disponibilização e manutenção de um posto de trabalho no modelo atual, em que a instância do sistema operativo está diretamente instalada sobre a máquina física, é um processo dispendioso e moroso, demasiado rígido na distribuição dos

recursos existentes e com custos energéticos e ambientais elevados, tornando-se pouco flexível para o conjunto de unidades curriculares de âmbito tecnológico com necessidades substancialmente distintas.

Para além do exposto, a manutenção dos postos atuais é mais complexa dada a localização dispersa dos mesmos e falhas de *hardware*, por vezes recorrentes em alguns equipamentos, fruto do desgaste dos componentes. Isto implica sempre elevadas perdas de produtividade assim como elevados custos de reparação.

Outro problema identificado é a complexidade da realização de cópias de segurança, em consequência da dispersão geográfica dos postos de trabalho e das condições da infraestrutura de rede existente em alguns locais.

A virtualização dos postos de trabalho é uma tecnologia que responde a estas necessidades, tornando a infraestrutura mais simples e eficiente.

Ao migrar todo o processamento para o centro de dados, aumenta-se o ciclo de vida dos postos de trabalho uma vez que os equipamentos servirão somente como terminais de acesso aos postos de trabalho virtuais, diminuindo-se os consumos energéticos associados ao substituir gradualmente os mesmos por terminais de baixo consumo (*thin clients*).

A disponibilização de um novo posto de trabalho, bem como a sua manutenção e salvaguarda, através de uma gestão centralizada será mais eficiente. O aprovisionamento de um novo posto trabalho virtual será realizado através da criação de uma nova máquina virtual, a partir de um *template* ou *master VM* (*Virtual Machine*), adequado ao perfil do utilizador. A mesma fica imediatamente disponível ao utilizador, a partir de qualquer terminal de acesso autorizado.

Este procedimento pode ser realizado num curto espaço de tempo, minimizando o tempo despendido pelos técnicos de informática e potenciando uma maior eficiência e produtividade.

Ao nível do apoio às aulas, este novo modelo irá permitir também ter vários perfis de instalação, com diferentes sistemas operativos e aplicações, podendo ser disponibilizados aos alunos, consoante as necessidades de cada uma das aulas, quer seja para a utilização de aplicações, configuração e teste de diferentes sistemas

operativos ou para o desenvolvimento de aplicações para as mais variadas arquiteturas [1].

Outra mais-valia deste projeto é a mobilidade do utilizador dado que permite o acesso ao posto virtual a partir de qualquer localização (interna ou externa à UAlg), e de diferentes equipamentos, com segurança uma vez que a informação residirá sempre no centro de dados da Universidade.

Este conceito de mobilidade abre caminho para a implementação de modelos de utilização de TI como o BYOD – *Bring Your Own Device*. O BYOD é um modelo cada vez mais popular nas escolas, onde a estratégia passa por permitir aos alunos a utilização dos seus próprios dispositivos para qualquer atividade relacionada com salas e laboratórios de informática. Com orçamentos cada vez mais apertados e o aumento do consumo em tecnologia, as potenciais reduções de custos tornam o BYOD uma solução cada vez mais atrativa [2], [3].

1.2 Objetivos

Este projeto tem como principal objetivo utilizar a tecnologia de virtualização para disponibilizar postos de trabalho, nos laboratórios de informática da FCT, de uma forma mais flexível, com menores custos operacionais e financeiros, e que garantam um nível de produtividade adequado às necessidades da Instituição.

Para além disso, pretende-se compreender os benefícios obtidos, no contexto dos laboratórios de informática, através da virtualização de postos de trabalho, para que possa servir de base para a generalização da solução para outras Unidades Orgânicas e Serviços.

1.3 Motivação

As motivações para o desenvolvimento do tema estão intrinsecamente relacionadas com a experiência profissional na área, bem como com as necessidades dos Serviços de Informática e da UAlg.

Em primeiro lugar, dotar as equipas técnicas de informática, que realizam a manutenção do parque informático, com soluções centralizadas de disponibilização, configuração e manutenção de postos de trabalho que lhes permitam a gestão eficaz dos mesmos, minimizando os tempos de resposta por forma a libertar os técnicos para outras tarefas, maximizando a sua produtividade.

Em segundo lugar, dotar a instituição de uma infraestrutura que, a médio e longo prazo, minimize os custos com a aquisição de postos de trabalho, os custos dos consumos energéticos e que permita a escalabilidade da infraestrutura, por forma a corresponder às reais necessidades dos utilizadores.

Por último, disponibilizar aos utilizadores postos de trabalho que estejam sempre acessíveis a partir de qualquer localização, de forma segura e a partir de diferentes dispositivos, conferindo-lhes uma maior mobilidade no decurso das suas atividades, fundamentais para grupos como alunos e docentes.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho encontra-se organizado e estruturado em 8 capítulos, que se apresentam a seguir:

- No capítulo 1 é feita uma introdução tema do projeto, objetivos a atingir e as motivações que levaram à sua proposta.
- No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica da área da virtualização, através da apresentação dos conceitos, a terminologia, modelos, tipos de virtualização. São também apresentados os benefícios que se podem obter ao adotar a virtualização e as vantagens e desvantagens da mesma;
- No capítulo 3 é apresentado o conceito de virtualização de postos de trabalho, as suas vantagens, estado de arte desta tecnologia e a escolha da tecnologia a utilizar;
- No capítulo 4 é feito o enquadramento da Universidade do Algarve e da Faculdade de Ciências e Tecnologia. São identificados os problemas encontrados nas salas de aula de informática e os procedimentos de manutenção;
- No capítulo 5 é apresentado o planeamento feito para o projeto.

- No capítulo 6 é apresentada a solução proposta, os módulos que a constituem, opções técnicas e configurações realizadas;
- No capítulo 7 são apresentados os testes de desempenho dos postos de trabalho sem virtualização e com virtualização, para aferir as vantagens que o segundo proporciona.
- No capítulo 8 são apresentadas as conclusões do trabalho, assim bem como recomendações para a melhoria do projeto.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo iremos abordar os conceitos teóricos relacionados com a virtualização, nomeadamente a terminologia utilizada, o que é a virtualização, as suas técnicas, propriedades, tecnologias e benefícios. Terminaremos este capítulo com um breve enquadramento do que é a virtualização de postos de trabalho, objeto de estudo deste trabalho.

2.1 Terminologia utilizada

Dada a evolução que esta área das Tecnologias de Informação e Comunicação sofreu nos últimos anos, surgiram, entretanto, um conjunto de termos relacionados com a temática, que parece pertinente esclarecer de a forma a promover um melhor entendimento do trabalho apresentado.

- Máquina Virtual (VM – *Virtual Machine*) – É uma camada de *software* que oferece um ambiente semelhante a uma máquina física, com o seu próprio sistema operativo, bibliotecas e aplicações [1]. No entanto, esta apresenta uma vantagem em relação à sua contraparte física, que é o facto de todo o *hardware* que lhe é apresentado ser virtual e homogéneo, o que facilita a gestão dos respetivos controladores. A máquina virtual também pode ser denominada de convidada (*guest*);
- Hospedeiro de Virtualização (*Virtual Host*) – Termo utilizado para designar o computador ou servidor onde decorre a virtualização. Este concilia o *hardware* e *software* necessário para a criação e gestão das máquinas virtuais e é peça mais importante numa solução de virtualização;
- Monitor de Máquinas Virtuais (VMM - *Virtual Machine Monitor*) – Termo dado à camada de *software* que hospeda as máquinas virtuais e que é responsável pela virtualização, gestão e controlo dos recursos físicos partilhados pelas máquinas virtuais, tais como processadores, memória, periféricos e discos[4];
- Servidor Virtual (*Virtual Server*) – Designação dada a uma VM que está a executar um sistema operativo servidor, tal como o Windows Server ou o Red Hat Enterprise Linux Server[4];

- Posto de Trabalho Virtual (*Virtual Desktop*) – Uma máquina virtual que está a executar um sistema operativo cliente, tal como o Windows 10 ou o Ubuntu Desktop. Normalmente, um posto de trabalho virtual é usado diretamente por um único utilizador, de forma concorrencial[4];
- Modelo de VM (*VM Template*) – Objeto que define todas as características necessárias para criar uma nova VM de forma automatizada. Tipicamente incluem um sistema operativo devidamente instalado e configurado, assim como um conjunto de aplicações por omissão;
- Dispositivo de Hardware Virtual (*Virtual Hardware Device*) – Um componente de software que se assemelha e comporta como um dispositivo de hardware físico, não havendo qualquer diferença para o sistema operativo e aplicações de uma máquina virtual. A máquina virtual é um conjunto de dispositivos de *hardware* virtual, que pode ser encontrado em servidores ou computadores físicos, tais como unidades de centrais de processamento (CPU – Central Processing Unit) virtuais, memória virtual, placas de rede virtuais e discos de armazenamento virtuais[4];
- Infraestrutura Virtual (*Virtual Infrastructure*) – Uma coleção de máquinas, redes e armazenamento virtual, para além de outros componentes, que são utilizados para implementar e executar aplicações, como alternativa a executar as mesmas diretamente numa infraestrutura física. Isto permite que os administradores de sistemas instalem sistemas operativos e aplicações sem necessitar de conhecer o *hardware* físico que suporta a solução[4];
- Infraestrutura de Postos de Trabalho Virtuais (VDI - *Virtual Desktop Infrastructure*) – Um conjunto de postos de trabalho virtuais que executam sobre uma infraestrutura virtual. Por forma a aproximar-se da performance de uma solução física, uma solução de VDI requer normalmente uma otimização não só da infraestrutura física, mas do sistema operativo da máquina virtual e das aplicações que são instaladas. O sistema de gestão de VDI, peça fundamental deste sistema, encarrega-se de aprovisionar máquinas virtuais a partir de *templates* e de validar e atribuir o acesso de um posto de trabalho virtual a um utilizador[4];
- Clonagem (*Clone*) – Termo que refere o processo de copia de uma máquina virtual ou de um *template*, dando origem a uma nova VM;

- VM Snapshot/Checkpoint – Captura do estado de uma VM, num determinado ponto no tempo, e que permite ao utilizador reverter a VM para um estado previamente capturado. A principal utilização desta funcionalidade é a de reverter alterações feitas na VM que não são mais pretendidas[4];
- Alta disponibilidade de uma VM (HA - *High Availability*) – Tecnologia que assegura que uma determinada máquina virtual é automaticamente disponibilizada, mesmo que o seu hospedeiro falhe. Alta-disponibilidade, de uma VM, requer a reinicialização automática da VM noutra hospedeiro[4];
- Migração de VM (*VM Migration*) – termo que se refere à movimentação de uma VM entre diferentes hospedeiros ou armazenamento. Se o processo decorrer enquanto a VM está a ser executada, então determina-se como *Live Migration*. Se a execução da máquina estiver parada determina-se como *Cold Migration*[4].

2.2 Virtualização

O conceito de virtualização não é novo. Os primeiros passos foram dados pela IBM, pioneira em tecnologias de virtualização, quando na década de 1960 apresentou o seu SO experimental, o M44/44X, a partir do qual foram desenvolvidos os sistemas OS/360 e OS/370[5][6]. O objetivo original da IBM era conseguir particionar os seus *mainframes* computacionais em várias instâncias lógicas, para depois serem executadas num único *mainframe* físico servindo como hospedeiro[7].

Na década de 1980, com o aparecimento de plataformas de *hardware* mais baratas como o PC, a virtualização perdeu relevância e o seu desenvolvimento e evolução estagnou. O interesse neste tipo de tecnologia só voltou a despertar na década de 1990, quando os administradores de sistemas começaram a deparar-se com o crescente problema da falta de espaço nos centros de dados e o aumento das necessidades energéticas, e a impossibilidade de encontrar os recursos financeiros necessários para continuar a aumentar a infraestrutura[5], [6].

Em 1998, a VMware, empresa especializada na área da virtualização, descobriu uma forma de virtualizar a plataforma x86. A solução foi uma combinação de tradução binária (*binary translation*) e execução direta no processador que permitiu

que vários sistemas operativos convidados pudessem ser executados em total isolamento[8].

O termo virtualização surge, portanto, como uma forma de identificar a separação entre o que são os recursos físicos e os recursos lógicos. Em 2005, Nanda e Chiueh definem a virtualização como *“uma tecnologia que combina ou divide os recursos de computação para apresentar um ou vários ambientes operacionais usando metodologias como hardware e software de particionamento ou agregação, simulação parcial ou completa da máquina, emulação, time-sharing e outros”*[9].

Por outro lado, Carrisimi (2008) afirma que *“virtualização é a técnica que permite particionar um único sistema computacional em vários outros denominados de máquinas virtuais. Cada máquina virtual oferece um ambiente completo muito similar a uma máquina física. Com isso, cada máquina virtual pode ter seu próprio sistema operacional, aplicativos e serviços de rede”*[1].

Em 2010, Sahoo, Mohapatra e Lath refere que *“O objetivo do ambiente de computação virtual é melhorar a utilização de recursos, fornecendo uma plataforma operacional integrada unificada para utilizadores e aplicativos baseados na agregação de recursos heterogêneos e autônomos.”*[7].

Através das várias definições acima mencionadas, é possível entender o conceito de virtualização como sendo uma tecnologia que permite abstrair as aplicações, e os seus componentes subjacentes, do *hardware* que as suportam, representando esses recursos de uma forma lógica, podendo essa representação ser bastante diferente da representação física.

A camada de abstração ou virtualização é chamada de monitor de máquinas virtuais (VMM) ou *hypervisor* e é responsável por esconder os recursos físicos do sistema computacional do sistema operativo (SO). Como os recursos são diretamente controlados pelo VMM e não pelo SO, torna-se então possível executar múltiplos e diferentes SO em paralelo, utilizando os mesmos recursos físico. Os recursos são, portanto, particionados em uma ou mais unidades, chamadas de máquinas virtuais (VM)[7].

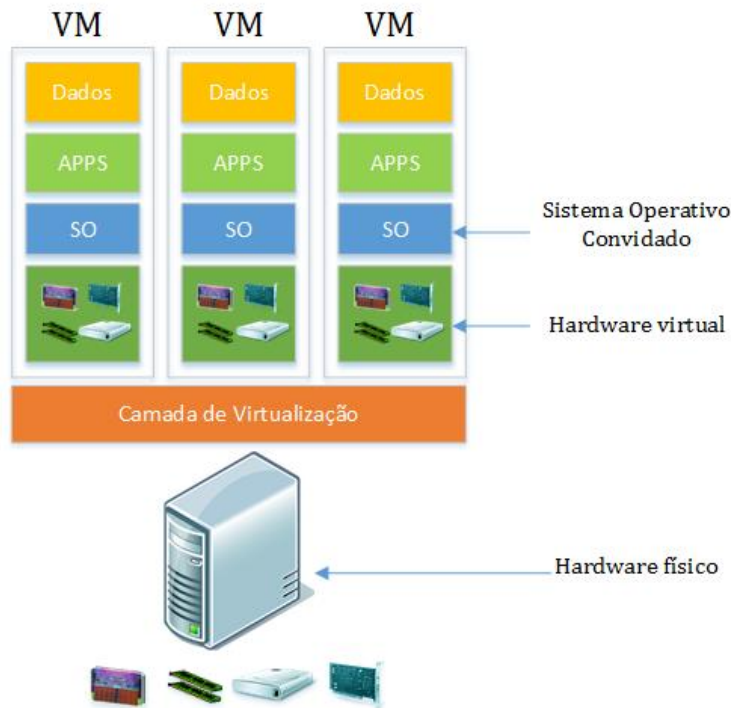


Figura 2.1 - Camada de virtualização para uma arquitetura x86.

Fica também claro que o objetivo da virtualização passa por permitir maiores níveis de performance, escalabilidade, fiabilidade/disponibilidade, flexibilidade ou para criar um ambiente de gestão e segurança unificado.

2.3 Técnicas de Virtualização

Os sistemas operativos, baseados na arquitetura x86, estão desenhados para serem executados diretamente sobre o *hardware*, assumindo que o *hardware* se encontra totalmente dedicado a esse mesmo sistema operativo.

Em 1974, Popek e Goldberg [1], definiram 3 propriedades fundamentais, que um sistema computacional, deverá possuir para assegurar um suporte eficiente à virtualização:

- **Equivalência** - Um programa em execução sob o VMM deve exibir um comportamento essencialmente idêntico ao que demonstra quando é executado diretamente numa máquina física equivalente,

- **Controle de recursos** - O VMM deve ter o controle total dos recursos virtualizados;
- **Eficiência** - Todas as instruções de máquina devem ser executadas sem a intervenção do VMM, desde que não comprometam o funcionamento do sistema.

De acordo com estas propriedades, que serão abordadas com maior pormenor na secção 2.4, as instruções foram classificadas de acordo com três grupos e dois teoremas. Carissimi (2008) resume-os da seguinte forma: “As instruções de máquina são divididas em: privilegiadas, que se executadas por um programa em modo usuário causam exceções (trap); sensíveis de controle, que permitem a alteração de recursos do sistema; e sensíveis comportamentais, cujo resultado ou comportamento dependem da configuração de recursos como, por exemplo, conteúdo de registradores internos ou modos de execução do processador. O primeiro teorema diz que um monitor de máquina virtual (VMM) pode ser implementado se as instruções sensíveis de controle e comportamentais forem um subconjunto das instruções privilegiadas. Isso se traduz no fato que qualquer instrução que possa afetar o funcionamento da VMM deve passar pelo seu controle. O segundo teorema diz respeito a possibilidade de uma VMM executar uma instância de si mesma.”[1].

Para melhor compreender toda esta problemática, iremos abordar a arquitetura x86. A arquitetura x86 oferece, para aceder ao *hardware* de um computador, 4 anéis(*rings*) com diferentes níveis de privilégios, como ilustra a Figura 2.2.



Figura 2.2 - Níveis de privilégios da arquitetura x86 sem virtualização. Adaptado de [8].

Nos sistemas operativos convencionais (Microsoft Windows e Linux) são usados apenas dois anéis. Geralmente as aplicações de utilizador são executadas no

anel 3, enquanto que o SO, porque precisa de ter acesso direto à memória do sistema e demais recursos, é executado no anel 0 de acesso. Assim sendo, para virtualizar a arquitetura x86 é necessário colocar a camada de virtualização entre o *hardware* e o SO, que espera ter um acesso direto ao *hardware*. Por outro lado, existem instruções x86 que não podem ser efetivamente virtualizadas, uma vez que se tratam de instruções não privilegiadas que são sensíveis, violando assim o teorema 1[1], [8], [9]. Apesar de tudo é possível implementar máquinas virtuais, para arquiteturas que não respeitem o teorema 1, sacrificando o desempenho das mesmas.

Estes desafios colocavam a virtualização da arquitetura x86 num patamar que parecia impossível de ser atingido. No entanto, estes desafios foram ultrapassados, quando, em 1998, a VMware desenvolveu uma técnica de tradução binária, que possibilitava que o VMM fosse executado no anel 0, enquanto movia o SO para um anel superior, atribuindo-lhe mais privilégios que as aplicações no anel 3, mas menores privilégios que o VMM no anel 0[8].

Esta técnica não é consensual entre todas as empresas do setor, uma vez que não existe acordo sobre padrões, de código aberto, que possam ser usados para definir e gerir a virtualização. Cada empresa desenvolve as suas técnicas de virtualização mediante a forma como aborda os desafios que ela representa.

Também os fabricantes de processadores desenvolveram extensões para a arquitetura x86 para suportarem virtualização. Enquanto que a AMD (*Advanced Micro Devices*) disponibiliza a tecnologia *AMD-Virtualization* (AMD-V), que se aplica aos seus processadores de 64 bits, a Intel possui as extensões conhecidas por *Intel Virtualization Technology* (IVT) que está disponível nas plataformas de 32 e 64 bits[1]. Como os processadores não possuem todas as funcionalidades para gerir as tarefas intensivas, relacionadas com virtualização, estas extensões permitem eliminar a sobrecarga gerada pelo trabalho repetitivo e ineficiente do *software*. Ao endereçar, todas as tarefas de tratamento de exceções(*traps*), emulação de virtualização, etc., às extensões do processador conseguem-se ganhos de performance relevantes nos servidores físicos que suportam a virtualização.

Seguidamente iremos abordar as técnicas de virtualização da arquitetura x86, assim bem como a virtualização da memória e dispositivos de entrada/saída do

sistema hospedeiro, também eles necessários para a disponibilização de uma plataforma de virtualização.

2.3.1 Virtualização total

Esta abordagem, representada na Figura 2.3, traduz o código do *kernel*, para substituir instruções não virtualizáveis, por novas sequências de instruções, que têm o efeito pretendido sobre o *hardware* virtual. Enquanto isso, o código de nível de utilizador é executado diretamente no processador, para uma virtualização de alto desempenho. O VMM fornece a cada máquina virtual todos os serviços do sistema físico, incluindo uma BIOS (*Basic Input/Output System*) virtual, dispositivos virtuais e gestão de memória virtualizado.

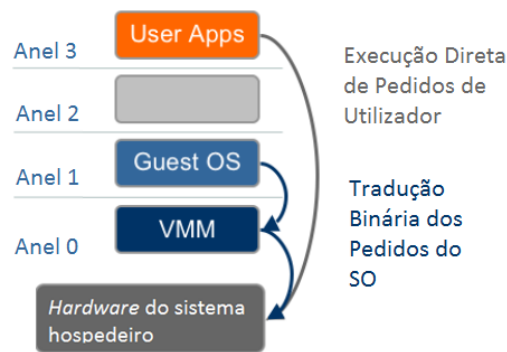


Figura 2.3 - Virtualização x86 através de tradução binária. Adaptado [8].

Esta combinação de tradução binária e execução direta fornece uma virtualização completa, na qual o sistema operativo convidado está completamente abstraído do hardware subjacente, através da camada de virtualização. O sistema operativo convidado não tem conhecimento que está sendo virtualizado e não requer nenhuma modificação. A virtualização completa é a única opção que não requer qualquer tipo de assistência, do *hardware* ou de um sistema operativo, para virtualizar as instruções sensíveis e privilegiadas. O VMM traduz todas as instruções, do sistema operativo convidado, em tempo real e armazena em cache os resultados, para uso futuro, enquanto as instruções de nível de utilizador são executadas, sem modificações, na velocidade nativa [1], [8].

Esta técnica de virtualização oferece o melhor isolamento e segurança para máquinas virtuais e simplifica a migração e portabilidade, uma vez que o mesmo sistema operativo convidado pode ser executado em modo virtualizado ou em *hardware* nativo, consequência de não serem necessárias quaisquer modificações do mesmo.

2.3.2 Paravirtualização

Paravirtualização implica a modificação do *kernel* do sistema operativo convidado, ao contrário da virtualização total, com o intuito de substituir as instruções não virtualizáveis por *hypercalls* que comunicam diretamente com a camada de virtualização (VMM). A vantagem desta técnica é o seu maior desempenho, uma vez que o VMM não é sobrecarregado com a tradução binária das instruções sensíveis. No entanto, sistemas operativos não modificáveis, como os sistemas Windows, não são compatíveis com esta técnica, tornando o grau de compatibilidade e de portabilidade da paravirtualização bastante baixo, e introduzindo problemas de suporte e manutenção em ambientes produtivos [8].

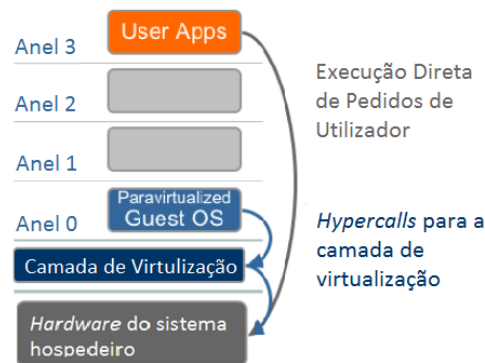


Figura 2.4 - Paravirtualização de um sistema x86. Adaptado de [8].

2.3.3 Virtualização assistida por *hardware*

Com o aparecimento das extensões AMD-V e IVT, que tratam as instruções privilegiadas com um novo modo de execução do CPU, foi possível colocar o VMM num novo nível de privilégios de acesso ao *hardware*, o chamado *root mode*, situado abaixo no anel 0, como mostra a Figura 2.5.

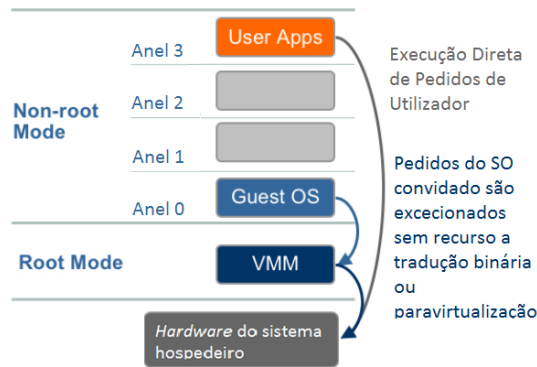


Figura 2.5 - Virtualização assistida por hardware [8].

Como podemos ver, as instruções privilegiadas e sensíveis são automaticamente excecionadas para o VMM, eliminando a necessidade de realizar qualquer tipo de tradução binária ou paravirtualização.

2.3.4 Virtualização da memória do sistema hospedeiro

A memória é o outro componente crítico na virtualização, uma vez que implica a partilha da memória do sistema físico e a sua alocação dinâmica a cada uma das máquinas virtuais.

O princípio da virtualização da memória das máquinas virtuais é muito semelhante ao conceito de memória virtual, inerente a qualquer sistema operativo moderno. Apesar das aplicações verem um espaço de endereçamento contínuo, isso não tem necessariamente uma correspondência direta com a memória física do sistema. O sistema operativo encarrega-se de manter um registo dos mapeamentos, dos números de páginas virtuais e dos números das páginas físicas correspondentes. Todos os CPUs x86 possuem uma unidade de gestão de memória (MMU – *Memory Management Unit*) e um *buffer* de tradução (TLB – *Translatio Lookaside Buffer*) para otimizar a performance da memória.

Para executar várias máquinas virtuais no mesmo sistema, é necessário implementar outro nível de virtualização de memória. O MMU tem de ser virtualizado para suportar os SOs convidados. O SO convidado continua a controlar o mapeamento dos endereços virtuais de memória, mas não acede diretamente à memória do sistema hóspede, sendo esta tarefa desempenhada pelo VMM.

O VMM usa *buffers* de tradução por *hardware* para mapear diretamente a memória virtual de cada SO convidado, evitando assim dois níveis de tradução em cada acesso e aumentando a performance de todo o sistema de virtualização, tal como está identificado pela seta vermelha na Figura 2.6[8].

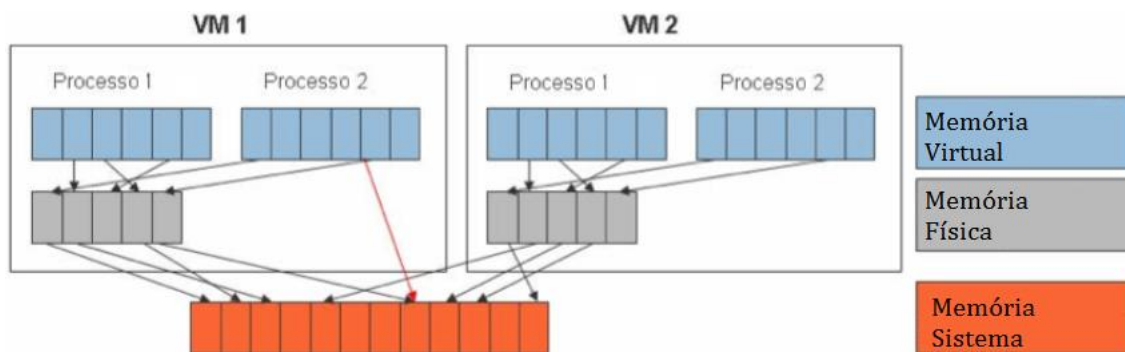


Figura 2.6 - Virtualização de memória. Adaptado de [8].

2.3.5 Virtualização de dispositivos

O último componente necessário para a disponibilização de uma plataforma de virtualização são os dispositivos, tais como placas gráficas e de rede, ou de entrada/saída como um rato, teclado ou dispositivo USB (*Universal Serial Bus*).

Virtualização e gestão de dispositivos baseados em software, em contraste com o acesso direto ao *hardware*, proporciona um conjunto extra de funcionalidades e simplificação da gestão, tal como a criação de placas de rede e *switches* virtuais, que permitem que as máquinas virtuais comuniquem entre si, sem que isso signifique o consumo da largura de banda da rede física[8].

Esta tarefa de virtualização de dispositivos é feita, mais uma vez, pelo VMM que se encarrega de virtualizar o *hardware* físico e apresentá-lo como um conjunto padrão de dispositivos virtuais. Estes dispositivos virtuais emulam *hardware* mais generalista e traduzem depois os pedidos da máquina virtual para o *hardware* físico do sistema[8]. O facto de os dispositivos virtuais serem sempre iguais, facilita bastante a gestão dos administradores de sistemas, no que diz respeito a controladores de dispositivos, e contribui para uma maior portabilidade das máquinas virtuais entre sistemas físicos diferentes.

2.4 Propriedades da virtualização

De acordo com Popek e Goldberg (1974), existem três propriedades fundamentais a serem satisfeitas por um VMM, que são a equivalência, o controlo de recursos e a eficiência, do qual derivam outras normalmente associadas a VMMs[1][10]. Monginho (2004) afirma que existem diferentes formas de abordar as propriedades de virtualização, pois muitos autores consideram propriedades distintas, de acordo com os aspetos mais importantes do sistema que realçam[11].

De seguida, estão descritas as diferentes propriedades que estão referenciadas na bibliografia encontrada, algumas já descritas na secção 2.3.

- **Compatibilidade de software** – todo o software escrito para uma determinada plataforma deve poder ser executado numa máquina virtual que virtualiza essa mesma plataforma;
- **Controle de recursos** - O VMM deve ter o controle total dos recursos virtualizados. Nenhum programa, em execução na máquina virtual, deve possuir acesso a recursos que não tenham sido explicitamente alocados a ele pelo VMM. Além disso, a qualquer instante o VMM pode recuperar recursos previamente alocados;
- **Encapsulamento** – Uma máquina virtual é basicamente um ficheiro ou conjunto de ficheiros que "encapsula" os recursos virtuais de hardware, o sistema operativo e as aplicações. A esta característica dá-se o nome de encapsulamento. Esta propriedade torna a máquina virtual extremamente fácil de gerir. A máquina pode assim ser facilmente copiada, movida entre sistemas hospedeiros ou transportada através de qualquer tipo de armazenamento portátil. Esta propriedade facilita também a implementação de sistemas mais ou menos complexos de recuperação de desastres ou soluções de cópias de segurança,
- **Equivalência** – Um programa em execução sob o VMM deve exibir um comportamento essencialmente idêntico ao que demonstra quando é executado diretamente numa máquina física equivalente. Para isso, o VMM deverá disponibilizar um ambiente de execução quase idêntico ao da máquina real. As exceções deverão cingir-se somente aos recursos

disponíveis (CPU, memória, disco, etc.) e aos dispositivos de entrada/saída, necessários à aplicação.;

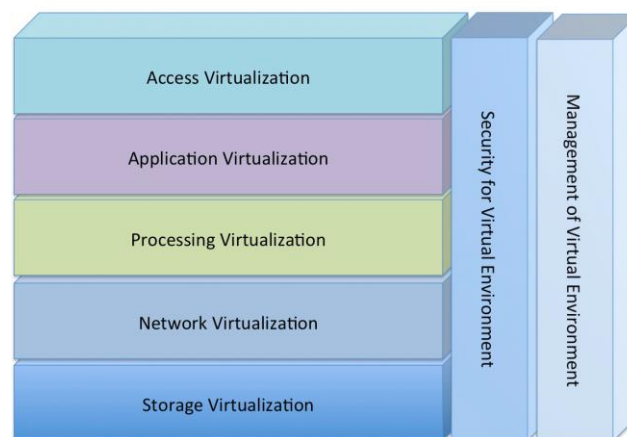
- **Eficiência** – Todas as instruções de máquina devem ser executadas sem a intervenção do VMM, desde que não comprometam o funcionamento do sistema. As instruções da máquina virtual que não possam ser executadas pelo *hardware* físico, neste caso o processador, devem ser interpretadas pelo VMM e traduzidas para instruções equivalentes no processador físico. Instruções simples, que não afetem outras máquinas virtuais ou aplicações, podem ser executadas diretamente no hardware;
- **Gestão** - Uma vez que cada máquina virtual é uma entidade independente das restantes, a administração de diversas máquinas virtuais, através do mesmo supervisor é simplificada e centralizada. O VMM deve ter mecanismos para gerir o uso dos recursos existentes entre as várias máquinas virtuais;
- **Inspeção** - O VMM tem acesso e controlo sobre todas as informações do estado interno da máquina virtual, tais como registos do processador, conteúdo de memória, eventos, etc.,
- **Interposição** – O VMM deverá ser capaz de acrescentar instruções em determinadas operações das máquinas virtuais, como por exemplo, quando se verifica a execução de instruções privilegiadas por parte da máquina virtual;
- **Isolamento** – Esta propriedade assegura que um software que está em execução numa máquina virtual não possa aceder, influenciar ou modificar outro software em execução no VMM ou noutra máquina virtual. Desta forma assegura-se que erros de software ou aplicações maliciosas fiquem contidas num ambiente controlado (máquina virtual), não afetando outras partes do sistema;
- **Particionamento** – Os recursos físicos são partilhados através de uma camada de virtualização, o VMM, permitindo a criação de máquinas virtuais com o seu respetivo *hardware* virtual sobre o *hardware* físico,
- **Recursividade** – Nem todos os VMMs possuem esta propriedade, na qual é possível executar um VMM dentro de uma máquina virtual, produzindo um

novo nível de máquinas virtuais. Neste caso, o hospedeiro físico é denominado de máquina de nível 0.

2.5 Modelo de virtualização

A virtualização é uma técnica que está a alterar de forma drástica o modo como utilizamos os desktops e os servidores. De um modo geral, a virtualização permite uma utilização mais eficiente ao nível do hardware, disponibilizando recursos de forma mais flexível[11].

No entanto, a virtualização não se reduz somente à utilização de máquinas virtuais. A utilização de máquinas virtuais é só uma parte da camada de virtualização de processamento, que compõe o modelo de virtualização apresentado por Kusnetzky (2011)[12].



Kusnetzky Group LLC ©2004-2014

Figura 2.7 - Modelo de Virtualização[12].

Como podemos ver na Figura 2.7, existem muitas camadas de tecnologia que podem virtualizar partes de um ambiente de computação. De seguida, iremos abordar cada uma dessas camadas.

2.5.1 Virtualização do acesso (Access virtualization)

A virtualização de acesso inclui a tecnologia de *hardware* e *software*, que permite que diferentes dispositivos acessem a qualquer aplicação, sem que ambos tenham que saber muito a respeito do outro.



Figura 2.8 - Virtualização de acessos[12].

Em algumas situações, é utilizado *hardware especial* em cada lado da ligação, para incrementar o desempenho ou permitir que vários utilizadores partilhem um só sistema, entre outros. As funções, tais como serviços de terminal e gestores de apresentação, são encontradas nesta camada[12]. O XenDesktop da empresa Citrix é um exemplo, de um produto que trabalha nesta camada de virtualização.

2.5.2 Virtualização de aplicação (Application virtualization)

A virtualização de aplicação inclui a tecnologia de *software* que permite que as aplicações sejam executadas em diferentes sistemas operativos ou plataformas de hardware. Isto quer dizer que o código da aplicação foi escrito recorrendo a uma *framework* de aplicações. Esta camada de tecnologia torna possível reiniciar uma aplicação em caso de falha, iniciar outra instância de aplicação se a mesma não consegue atingir os níveis de serviço estabelecido ou então disponibilizar uma solução de balanceamento de carga entre múltiplas instâncias, para atingir altos níveis de escalabilidade.

Isto também possibilita que múltiplas aplicações, anteriormente incompatíveis, ou várias versões de uma única aplicação sejam executadas simultaneamente no mesmo sistema físico[12].

2.5.3 Virtualização de processamento (*Processing virtualization*)

A virtualização de processamento inclui a tecnologia de *hardware* e *software* que oculta a configuração de hardware físico de serviços de sistema, sistemas operativos ou aplicações. Este tipo de tecnologia é implementado para atingir altos níveis de desempenho, escalabilidade, confiabilidade/disponibilidade, agilidade ou consolidação de múltiplos ambientes num único sistema.

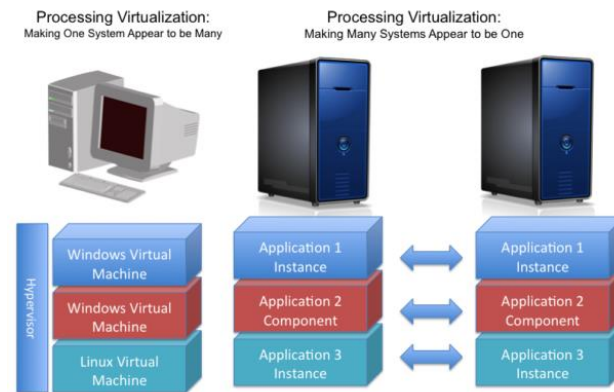


Figura 2.9 - Virtualização de processamento[12].

Esta camada de virtualização permite que sejam iniciadas múltiplas instâncias de aplicações, que balanceiam as cargas de trabalho (*workloads*) entre elas para obter escalabilidade, permitem encapsular *workloads* inteiras, de modo a que múltiplos *workloads* possam ser executados numa máquina física.

Esta camada de tecnologia de virtualização suporta computação *grid*, virtualização de postos de trabalho, virtualização de servidor e particionamento/virtualização de sistemas operativos, etc.[12].

2.5.4 Virtualização do armazenamento (*Storage virtualization*)

A gestão do armazenamento e dos dados é um processo cada vez mais difícil e demorado. A virtualização do armazenamento ajuda a resolver este problema, facilitando as tarefas de backup, arquivo e recuperação, por consumir menos tempo. Esta tecnologia agrega várias funções e oculta a complexidade real de uma rede de área de armazenamento (SAN - *Storage Attached Network*).

A virtualização do armazenamento pode ser implementada através da utilização de aplicações ou dispositivos dedicados a esta tarefa. Existem 3 razões importantes para implementar este tipo de virtualização:

- Melhoria da gestão do armazenamento em ambientes heterogêneos;
- Melhoria do tempo de disponibilidade do serviço de armazenamento;
- Melhor utilização do armazenamento disponível.

Este tipo de virtualização pode ser aplicado a qualquer nível de SAN e as técnicas de virtualização podem ser também aplicadas a diferentes funções do armazenamento tais como a parte física, grupos de RAID (*Redundant Array of Inexpensive Drives*), LUNs (*Logical Unit Numbers*), zonas de armazenamento, volumes lógicos, etc.

Alguns dos benefícios da virtualização do armazenamento incluem gestão automática, expansão da capacidade, tempos de manutenção menores e facilidade de atualizações.

Esta tecnologia possibilita também, que muitos sistemas físicos diferentes, partilhem um único recurso de armazenamento e que os sistemas acessem a diferentes tipos de armazenamento físico, apesar do sistema operativo desses sistemas achar que está a aceder somente a um tipo único de equipamento. Ao nível da administração de sistemas esta é uma vantagem muito grande, pois só é necessário configurar um tipo de armazenamento.

Na Figura 2.10 podemos ver um exemplo de virtualização de armazenamento, o Storage Spaces, da Microsoft, onde temos um conjunto variado de tecnologias de discos, que são agregados em grupos e depois virtualizados, sendo apresentados como volumes lógicos a sistemas físicos ou virtuais.

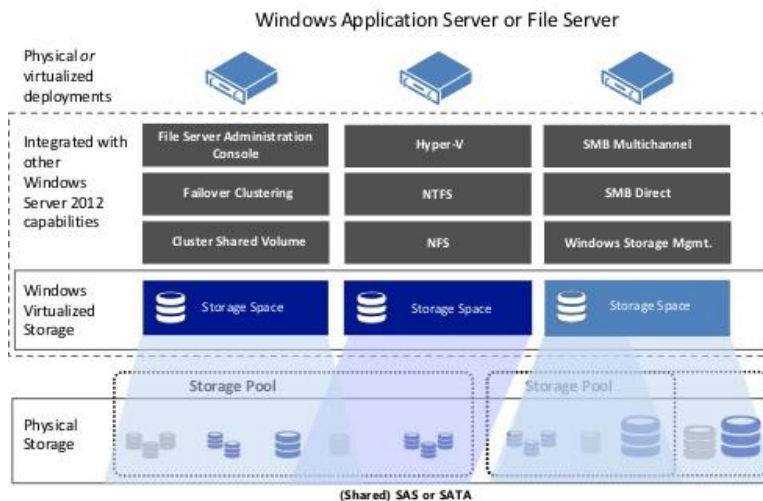


Figura 2.10 - Virtualização de armazenamento utilizando a tecnologia Storage Spaces da Microsoft[13].

2.5.5 Virtualização de rede (*Network virtualization*)

A virtualização de rede tem um conceito semelhante à da virtualização de processamento, uma vez que cria uma visão artificial da rede, que esconde a rede física de clientes e servidores, disponibilizando funcionalidades como roteamento, tradução de endereços de rede e isolamento de rede[12].

Esta tecnologia está desenhada para possibilitar uma otimização das taxas de transferência de dados, flexibilidade, escalabilidade, fiabilidade e segurança. Para além disso, automatiza várias tarefas administrativas, simplificando a gestão da rede[12], [14], [15].

2.6 Tipos de virtualização

Em 1974, Popek e Goldberg [1], no seu artigo “*Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*” classificaram o VMM em dois tipos:

- **VMMs nativos ou *bare-metal* (Tipo 1)**

- Estes VMMs correm diretamente sobre o *hardware* do hospedeiro, fornecendo um maior controlo, flexibilidade e desempenho, uma vez

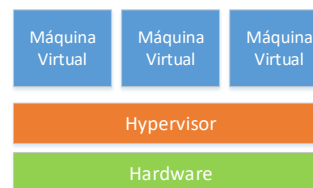


Figura 2.11 - VMM nativo ou *bare-metal*.

- que não se encontram limitados por um sistema operativo. Os controladores para aceder aos dispositivos físicos são fornecidos pelo próprio software de

virtualização, proporcionando um melhor controlo. Neste modelo, poderão existir problemas na portabilidade de plataformas, caso o VMM não suporte os periféricos da plataforma. Os primeiros VMMs desenvolvidos pela IBM, na década de 1960, eram VMMs nativos. Atualmente podemos dar como exemplo o Citrix XenServer, o Microsoft Hyper-V e o VMware ESX/ESXi[16], [17].

- **VMMs hospedados (Tipo 2)** - Neste tipo, o VMM é instalado diretamente sobre um sistema operativo, como se de uma aplicação se tratasse. As máquinas virtuais são executadas como se fossem processos no hospedeiro. Como exemplo, deste tipo de VMMs, temos o VirtualBox, VMware Workstation, QEMU ou Parallels Desktop[16], [17].

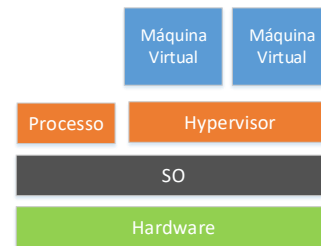


Figura 2.12 - VMM hospedado.

No entanto, convém frisar que a distinção entre estes dois tipos nem sempre é clara. O Linux Kernel-Based Virtual Machine(KVM), por exemplo, funciona como um módulo do *kernel* do sistema operativo hospedeiro, mas que converte o SO hospedeiro num VMM do tipo 1.

2.7 Plataformas de virtualização

Existem no mercado várias plataformas de monitores de máquinas virtuais, sendo que as mais conhecidas são o VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, o Xen e o KVM [1,], [3], [5]. Segundo a Gartner (2016), o Microsoft Hyper-V e o VMware destacam-se por serem líderes na categoria de virtualização de servidores [19].

Estas as plataformas oferecem funcionalidades que permitem gestão da carga, alta disponibilidade e tolerância a falhas, assim como mecanismos de recuperação após desastre. As plataformas citadas permitem também a migração, em funcionamento, de máquinas virtuais e dados entre servidores e unidades de armazenamento.

2.7.1 Xen

O Xen é um monitor de máquina virtual de código aberto, para arquiteturas x86, fruto de um projeto de investigação da Universidade de Cambridge, sendo distribuído sob os termos da GNU General Public license. Este VMM serve de base para outros produtos de virtualização, comerciais (XenServer da Citrix) e de código aberto, tendo sido pioneiro no conceito de paravirtualização. O Xen é também um VMM que é executado diretamente sobre o *hardware* [1], [16], [18].

2.7.2 KVM

O Kernel-based Virtual Machine (KVM) é um subsistema de virtualização do Linux, fazendo parte do *kernel* principal do Linux desde a versão 2.6.20, e suportado nativamente pelas várias distribuições. Uma vez que o *kernel* encarrega-se das tarefas relacionadas com a virtualização, isto torna KVM num monitor de máquinas virtuais bastante simples. KVM utiliza a virtualização assistida por hardware, o que melhora a performance e permite o suporte a SOs convidados não modificados. Atualmente, oferece suporte a várias versões do Windows, Linux e Unix [1], [16], [18].

2.7.3 Hyper-V

A Microsoft lançou recentemente uma atualização à sua plataforma de virtualização, com a versão R2 do seu sistema operativo, o Windows Server 2012.

O Hyper-V pode ser obtido como um produto autónomo chamado Hyper-V Server 2012 R2, ou como uma das funcionalidades do Microsoft Windows Server 2012 R2.

O isolamento das máquinas virtuais é feito em termos de partições, sendo esta a unidade lógica de isolamento ou partição-filha (*child partition*), no qual cada máquina virtual convidada é executada. Cada instância do VMM possui pelo menos uma partição pai (*parent partition*), onde é executado o sistema operativo servidor (Windows 2012 R2)[11], [12], [16], [18], [20].

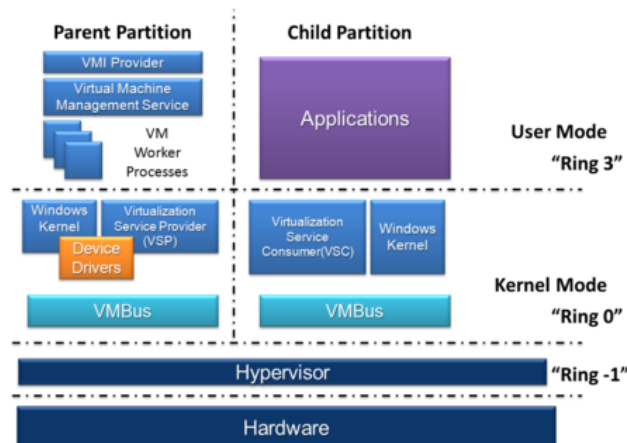


Figura 2.13 - Arquitetura do Hyper-V[21].

2.7.4 VMware

O VMware ESXi é a plataforma de virtualização da VMware e pode ser implementado através dos produtos VMware vSphere ou VMware Horizon, para oferecer uma gestão centralizada de servidores e postos de trabalho virtuais. O ESXi é um VMM que é instalado diretamente no servidor físico, não necessitando de outros sistemas operativos previamente instalados. Este VMM utiliza técnicas avançadas de virtualização do processador, memória e disco, para permitir uma maior densidade de VMs por processador físico[6], [12], [18], [22].

2.8 Vantagens e desvantagens da virtualização

A virtualização é uma tecnologia que possibilita uma maior eficiência e produtividade e que não são possíveis de realizar no mundo real, devido às limitações existentes. Seguidamente estão identificadas as principais vantagens e desvantagens apontadas às tecnologias de virtualização.

2.8.1 Vantagens

Em 2010, Sahoo, Mohapatra e Lath [7] indicam como principais vantagens da virtualização os seguintes pontos:

- **Flexibilidade** – A flexibilidade em virtualização pode ser dada de três formas. Primeiro ao permitir executar mais do que uma instância de sistema operativo num único servidor ou computador. Segundo ao permitir a movimentação de uma máquina virtual (VM) entre sistemas hospedeiros, sem quebra de serviço. Por último, a capacidade de alterar, as especificações, das máquinas virtuais enquanto estão em execução, tais como tamanho do disco, memória, etc.;
- **Disponibilidade** – Esta vantagem advém do facto de que, através da implementação de *clusters* de virtualização, uma máquina virtual pode continuar em execução mesmo que o nó hospedeiro precise de ser reiniciado ou parado. Isto pode ser feito migrando a máquina virtual temporariamente para outro nó e depois de volta quando o nó hospedeiro estiver novamente disponível;
- **Escalabilidade** – Se as necessidades computacionais aumentam ao longo do tempo, é extremamente fácil acrescentar outro nó físico com uma configuração básica de *cluster* e assim contribuir para a redistribuição das VMs em execução, aliviando os *workloads* dos nós existentes;
- **Utilização do hardware** – Como consequência de ser possível executar várias máquinas virtuais por sistema hospedeiro, temos um maior aproveitamento dos recursos do hospedeiro;
- **Segurança** – Através da separação dos serviços e das aplicações, por várias máquinas virtuais, se uma aplicação ou serviço for comprometida os outros restantes não são prejudicados;
- **Custo** – A consolidação de vários servidores num único, com melhor desempenho, proporciona reduções nos custos do equipamento, recursos humanos e licenciamento;
- **Adaptação instantânea às necessidades** - Alterações nos níveis de recursos necessários podem ser automaticamente despoletadas, através de

técnicas automáticas de realocação de recursos, para mover processadores virtuais de uma máquina virtual para outra;

- **Balanceamento de carga** – Como o estado de uma máquina virtual encontra-se encapsulado pelo VMM, é extremamente fácil mover uma VM para um hospedeiro com mais recursos computacionais disponíveis com o objetivo de melhorar a performance de todos os hospedeiros;
- **Aplicações legado (*legacy*)** – Em muitos centros de dados existem sempre aplicações mais antigas, que já não são compatíveis com o *hardware* mais moderno ou que só têm suporte em sistemas operativos mais antigos. Ao virtualizar e encapsular estas aplicações *legacy* e todo o ambiente necessário, é possível estender o tempo de vida útil da aplicação e facilitar a sua manutenção e *uptime*.

2.8.2 Desvantagens

A virtualização apresenta muitas vantagens, mas tem também algumas desvantagens. As desvantagens, segundo Sahoo, Mohapatra e Lath (2010), são as seguintes:

- **Decréscimo de performance** – Apesar dos esforços para minimizar o impacto da virtualização na performance das máquinas virtuais, para aproximar o seu desempenho ao de uma máquina física equivalente, ainda perdura uma diferença relevante entre um sistema virtual e outro físico;
- **Ponto único de falha** – Apesar da máquina virtual estar abstraída do *hardware*, ainda é dependente do mesmo para a sua execução. Caso não sejam implementados mecanismos de tolerância a falhas e alta disponibilidade, um problema de *hardware* no sistema hospedeiro pode levar a uma quebra de serviço em vários servidores virtuais que aí se encontrem;
- **Interface de gestão** – A interface de gestão está diretamente relacionada com a plataforma de virtualização que está a ser gerida. Isso pode trazer complicações se for necessário consolidar a gestão de várias plataformas num único ambiente.

3 VIRTUALIZAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO

No capítulo anterior foram descritos os conceitos principais sobre virtualização, as suas vantagens e desvantagens e foram apresentadas algumas das plataformas de virtualização existentes. Tal como foi falado anteriormente e como se pode constatar pela Figura 3.1, o conceito de virtualização pode-se aplicar a diferentes tipos de implementação, que vão desde a virtualização de servidores, armazenamento, aplicações, postos de trabalho ou infraestruturas de *cloud computing*.



Figura 3.1 - Diferentes implementações do conceito de virtualização

Neste capítulo iremos abordar uma das implementações que podem ser conseguidas através da virtualização, que é a dos postos de trabalho.

A virtualização de postos de trabalho (VDI – *Virtual Desktop Infrastructure*) obedece ao conceito de computação centralizada, onde os utilizadores acedem ao seu posto de trabalho virtual a partir de um terminal de acesso, que não possui capacidades de processamento e armazenamento (*thin client*). No entanto, a experiência de utilização proporcionada aos utilizadores é semelhante à de um computador pessoal. Esta arquitetura cliente-servidor, delega nos servidores todo o processamento e nos terminais a responsabilidade de encaminhar todos os *inputs* e *outputs* entre o utilizador e o servidor remoto. Para além de serem mais fáceis de manter, os *thin client* aumentam o ciclo de vida do posto de trabalho, uma vez que não possuem componentes mecânicos, têm consumos energéticos mais baixos e

permitem a centralização de toda a informação no centro de dados, proporcionando uma maior segurança dos mesmos [10][23].

A flexibilidade e a portabilidade inerentes ao uso da VDI facilitam, por exemplo, o desenvolvimento de produtos de *software* destinados a vários sistemas operacionais, sem ter a necessidade de uma plataforma física para desenvolver e testar cada um deles. Assim, podem-se definir ambientes experimentais sem comprometer o sistema operativo original da máquina. A capacidade de gravar o estado de uma máquina virtual, como se de uma fotografia do sistema se tratasse, de pausar a sua execução, ou de reverter a um estado anterior, torna a VDI uma ferramenta ótima em contexto de laboratório de informática, onde é necessário testar e simular vários cenários e configurações [1].

3.1 Vantagens e desvantagens da virtualização de postos de trabalho

Como qualquer outra tecnologia, a virtualização de postos de trabalho apresenta pontos fortes e pontos fracos, que devem ser conhecidos por quem decide implementar uma solução deste tipo.

3.1.1 Vantagens

- Cada utilizador tem seu próprio ambiente de trabalho;
- Cada ambiente pode ser personalizado com diferentes aplicações, sem afetar os demais utilizadores;
- O utilizador tem um controle maior sobre o seu sistema operativo, podendo instalar ou desinstalar aplicações quando necessário;
- Maior acessibilidade - acesso ao sistema a partir de qualquer lugar e com maior segurança;
- Maior eficiência - economia no espaço de armazenamento e custos gerais, tais como refrigeração ou manutenção;
- Cópias de segurança simplificadas - como o disco rígido passa a ser um ficheiro, a cópia de segurança pode ser feita através da sua cópia do ficheiro de uma pasta para outra;

- Maior aproveitamento dos recursos - com o VDI é possível fazer o balanceamento de cargas, ou seja, disponibilizar mais processamento, memória ou disco, quando necessário, fazendo com que não haja uma falta de aproveitamento de recursos.

3.1.2 Desvantagens

- Maior complexidade, uma vez que as implementações de *desktops* virtuais envolvem a utilização de uma grande quantidade de diferentes componentes, o que tende a tornar a resolução de problemas mais difícil do que seria num posto de trabalho físico;
- Investimento inicial elevado, consequência da complexidade de uma solução de VDI, já que é necessário adquirir todos os servidores, armazenamento, equipamentos de rede e terminais para implementar a solução, antes mesmo de conseguir disponibilizar o primeiro posto de trabalho virtual;
- Custos operacionais podem ser elevados em caso quebra de serviço. A implementação deve ser cuidadosamente planeada, de forma a incluir mecanismos de redundância, tais como *clusters* de hospedeiros de virtualização, balanceadores de carga, gestores de acessos redundantes e caminhos de rede redundantes até ao centro de dados, entre outros.
- Elevada dependência da infraestrutura de rede e da largura de banda disponível, uma vez que, como os postos de trabalho virtuais estão no centro de dados, é necessário um serviço de rede ininterrupto e com uma largura de banda razoável, para que não haja quebra do acesso ou uma experiência de utilização de qualidade inferior.
- Limitação no número de sistemas operativos suportados, na medida em que só recentemente a VMware lançou uma versão do Horizon. que suporta postos de trabalho virtuais com Linux instalado. Todos os outros produtos suportam só sistemas operativos Windows.

3.2 Estado de arte

Quando se fala de virtualização de postos de trabalho, existem no mercado várias soluções de virtualização de postos de trabalho, algumas assentes nas plataformas apresentadas em 2.7.

Segundo a Forrester (2105), das várias plataformas existentes no mercado e no que diz respeito a funcionalidades e a estratégia de evolução, o XenDesktop da Citrix é líder de mercado, com o Horizon da VMware em segundo lugar e a solução Microsoft VDI em terceiro[24]. Dadas as várias funcionalidades que estas soluções oferecem iremos analisar quatro categorias principais: componentes da solução, conectividade, suporte de clientes e tipos de postos de trabalho virtuais.

3.2.1 Componentes

No que diz respeito à virtualização de postos de trabalho, todas as soluções têm uma abordagem semelhante do ponto de vista da arquitetura. Todos fornecem o seu próprio VMM, sobre o qual os postos de trabalho virtuais são hospedados. As conexões às máquinas virtuais são geridas por um servidor que atua como um gestor de acessos (*connection broker*).

No entanto, enquanto que o Microsoft VDI e VMware Horizon foram desenvolvidos para funcionarem com o Hyper-V e com o VMware ESXi respetivamente, o XenDesktop da Citrix é mais flexível e para além de correr sobre o XenServer, pode também utilizar o Hyper-V e o ESXi como plataformas de virtualização[25]–[27].

3.2.2 Conectividade

No que diz respeito ao tipo de conexão aos postos de trabalho virtuais, todos produtos suportam o protocolo RDP (Remote Desktop Protocol) da Microsoft. Apesar de, o RDP se ter tornado praticamente um padrão universal, cada produto oferece alternativas que procuram melhorar o desempenho e a experiência de utilização dos postos de trabalho virtuais.

No caso do Microsoft VDI, a solução passou pelo desenvolvimento de uma nova tecnologia, o RemoteFX, que é utilizada em conjunto com o RDP. O RemoteFX permite uma maior compressão e otimização das ligações, entre o terminal físico e o posto de trabalho, assim como a virtualização de placas gráficas especiais (GPU – *Graphics Processing Unit*) e a sua disponibilização aos postos virtuais, oferecendo uma execução de aplicações com um desempenho superior, inclusive aplicações 3D e vídeo em HD[28], [29]. O XenDesktop oferece o protocolo HDX (*High Definition Experience*) e o Horizon utiliza o PCoIP (*PC over IP*). Ambos os protocolos estão desenhados para melhorar a experiência de utilização, não só em redes locais (LAN), mas também em redes mais lentas, conseguindo ter um desempenho melhor que o RDP com RemoteFX.

3.2.3 Suporte a clientes

No que diz respeito, a aplicações clientes para ligação ao *connection broker* e consequente acesso ao posto de trabalho virtual, todos os produtos dependem do dispositivo do utilizador final. Tanto a VMware como a Citrix disponibilizam aplicações clientes para ambientes Windows, MacOS X e Linux. A Microsoft fornece suporte a ambientes Windows e MacOS X, sendo que em Linux o acesso é feito por aplicações de código aberto como o FreeRDP [30].

Para ambientes móveis, a Microsoft disponibiliza o Microsoft Remote Desktop para Windows 10 Mobile, iOS e Android. Tanto a Citrix como VMware suportam clientes para ambientes iOS e Android[25], [27], [31].

3.2.4 Tipos de Postos de Trabalho Virtuais

Comparando os 3 produtos, podemos constatar que suportam tipos de postos de trabalho virtuais similares.

Assim sendo, Citrix, Microsoft e VMware possibilita a criação de coleções de postos de trabalho virtuais, nas quais o utilizador é encaminhado de forma aleatória para um posto de trabalho virtual pelo *connection broker*. As soluções de VDI, em análise, suportam também postos de trabalho virtuais dedicados, conhecidos como VMs pessoais. Neste caso, é atribuída sempre o mesmo posto de trabalho ao

utilizador final, permitindo um maior controlo sobre a configuração do mesmo e aplicações instaladas[32][33].

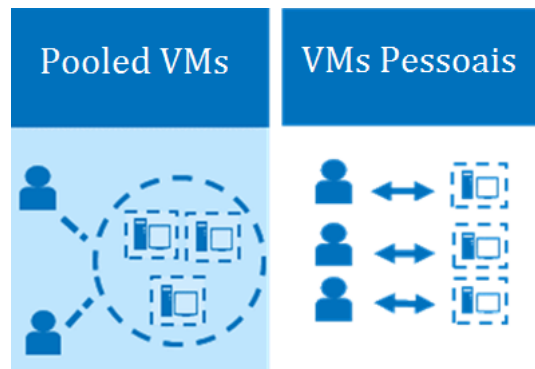


Figura 3.2 - Tipos de postos de trabalho virtuais.

A Citrix e a VMware para além destes tipos, suporta também postos de trabalho em modo desconectado (*offline mode*). Esta tecnologia permite a cópia da VM para um dispositivo físico, possibilitando que utilizadores com necessidades de mobilidade possam levar consigo o seu posto de trabalho virtual quando não tem conectividade à rede interna da sua organização[32].

3.3 Escolha da solução de virtualização de postos de trabalho

Para a implementação deste projeto irá ser utilizada a plataforma de virtualização Microsoft Virtual Desktop Infrastructure (Microsoft VDI).

A escolha desta tecnologia é fundamentada pelas diversas vantagens que apresenta para o caso específico da UAlg. Uma das vantagens é de ordem económica, uma vez que ao abrigo do acordo de licenciamento de *software*, celebrado entre a UAlg e a Microsoft, podemos adquirir a plataforma por valores substancialmente mais baixos que a concorrência. Por outro lado, esta plataforma traz vantagens ao nível da integração com os sistemas existentes e a implementar no futuro, assim como uma linguagem de *scripting* padrão, ao universo de produtos Microsoft, o Powershell. Esta linguagem permite a automação de várias tarefas administrativas[34]. Em termos de funcionalidades, disponibilizadas pela plataforma, a Microsoft VDI corresponde às necessidades específicas do projeto [35].

3.4 Descrição da tecnologia Microsoft VDI

A Microsoft VDI é composta por vários serviços, que implementam protocolos de acesso remoto (RDS - *Remote Desktop Services*), que trabalhando em conjunto com o Hyper-V, disponibilizam postos de trabalho virtuais em servidores, que podem ser acedidos através da rede usando um protocolo de visualização remota.

Seguidamente são descritas as tecnologias que serão utilizadas neste projeto.

3.4.1 Monitor de máquinas virtuais

O núcleo da infraestrutura de postos de trabalho virtuais da Microsoft é o Hyper-V (ponto 2.7.3), o monitor de máquinas virtuais (VMM) que permite a execução, de forma isolada, de várias instâncias de sistemas operativos e aplicações.

O VMM é uma camada de *software* que se encontra entre a parte física e a parte virtual, gerindo os recursos de hardware do sistema e distribuindo-os de forma eficiente entre as máquinas virtuais. O servidor físico onde o VMM é instalado é denominado *remote desktop virtualization host* (RDVH).

3.4.2 Tipo de posto virtual

No que diz respeito às máquinas virtuais em si, o tipo de implementação mais adequado às necessidades do projeto é o *pooled* VMs. Neste cenário, é criada uma máquina virtual mestre (*master VM*), com um sistema operativo e as respetivas aplicações, a partir do qual são depois criadas as máquinas virtuais, para servir de postos de trabalhos. Todos os utilizadores, ligados a uma sessão de VDI, assumem estar a usar uma máquina diferente, mas na realidade todos usam a mesma. O sistema cria um disco diferencial para cada utilizador, onde guarda todas as alterações que são produzidas pelo utilizador[3], [29], [33], [36].

Os dados dos utilizadores são redirecionados para um espaço partilhado na rede, assegurado por um servidor de partilha de ficheiros, a partir de onde serão feitas as cópias de segurança dos mesmos.

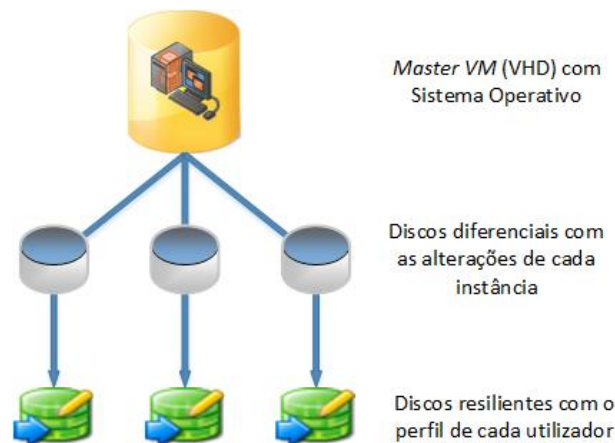


Figura 3.3 - Modelo de um implementação VDI do tipo Polled VM.

3.4.3 Armazenamento

Toda a informação, quer se trate de servidores, máquinas virtuais, dados de utilizadores ou cópias de segurança, reside numa rede de área de armazenamento (SAN), que não é mais do que um conjunto de discos (*arrays*), divididos em volumes e ligados de forma redundante aos servidores de Hyper-V, através de ligações em fibra ótica.

Para que a solução de virtualização seja tolerante a falhas, os RDVH estão agregados num *cluster* [18], [36], [37]. Uma vez que a tecnologia de SAN disponibiliza os volumes de disco aos servidores de alojamento, como se fossem locais, apesar de estarem numa área de rede remota, é necessário assegurar que todos os servidores têm acesso aos mesmos volumes.

Para atingir este objetivo é utilizado o mecanismo de partilha de volumes em *cluster* (CSV - *Cluster Shared Volumes*). Este mecanismo, permite que múltiplos nós (servidores) do *cluster* acedam simultaneamente, e com acesso de leitura e escrita, ao mesmo volume NTFS (*New Technology File System*). O CSV é composto por um nó coordenador e vários nós subordinados, sendo que o nó coordenador, controla os volumes partilhados.

Sempre que um nó subordinado realiza uma operação sobre o sistema de ficheiros partilhado (criação de ficheiros, movimentação, eliminação, etc), envia essa informação sob a forma de meta dados, usando o mecanismo do filtro CSV, por forma a manter atualizada a informação sobre o estado dos volumes, em todos os

nós. Todos os volumes, que são anexados ao *cluster* de Hyper-V, ficam disponíveis em todos os nós, como se de uma diretoria se tratasse (C:\ClusterStorage), o que facilita substancialmente a gestão de *clusters* com um grande número de volumes associado[37], [38]. Na Figura 3.4, está esquematizado o modo de funcionamento do CSV.

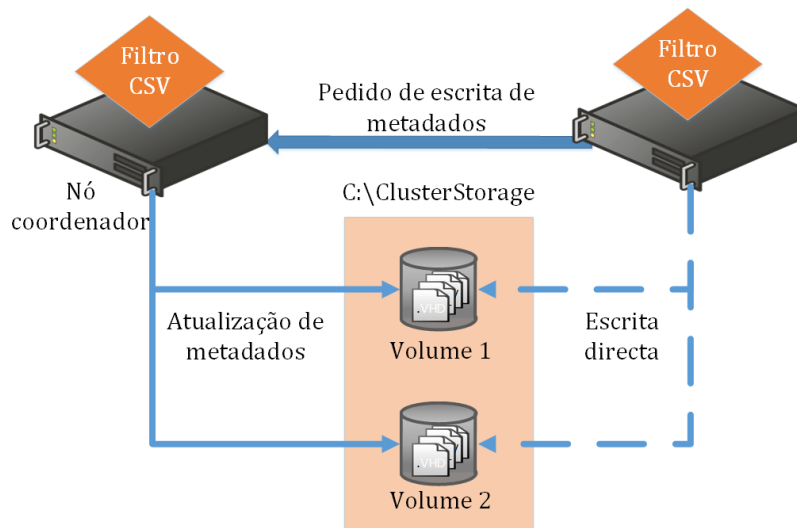


Figura 3.4 - Funcionamento da tecnologia CSV.

Em caso de falha de um dos nós, o acesso aos volumes mantém-se para os restantes nós, sem que seja necessário desmontar o volume do nó em falha para voltar a montar noutra nó disponível.

Os dados contidos nos vários volumes podem ser sujeitos a um processo de deduplicação, para reduzir o espaço em utilização pelo sistema. Esta tecnologia pesquisa setores de disco que contenham a mesma informação, mantendo somente um setor e substituindo todas as réplicas por ponteiros que apontam para o setor que foi mantido. Desta forma conseguem-se reduções substanciais (depende do tipo de dados) do espaço utilizado [37], [39], [40].

3.4.4 Acesso

O acesso às máquinas virtuais é feito através de um gestor de acessos, o *remote desktop connection broker* (RDCB). Este encarrega-se de gerir os acessos, mantendo um registo de todas as sessões ativas, incluindo o servidor onde cada VM acedida reside, o estado da sessão, a identificação da sessão e o utilizador associado à sessão. Esta informação permite ao RDCB determinar que máquinas virtuais estão disponíveis e redirecionar os utilizadores para as respetivas sessões ativas.

O controlo de acessos é conseguido através da validação dos grupos, a que um determinado utilizador pertence, na Active Directory (serviço de diretório).

O RDCB realiza também os pedidos do número de licenças disponíveis para estabelecer sessões de acesso. Esses pedidos são feitos a outro componente da infraestrutura, o *remote desktop licensing server*. Este servidor mantém o número de licenças disponíveis, adicionando ou subtraindo licenças à medida que são estabelecidas ou removidas sessões de acesso remoto aos postos de trabalho virtuais.

De forma a garantir o acesso dos utilizadores, às suas máquinas virtuais, a partir do exterior, poderá ser colocado numa rede de perímetro (DMZ), um serviço de *gateway*. Este serviço encapsula os pacotes RDP, que são bloqueados pela *firewall*, dentro de pacotes HTTPS, que depois encaminha para o RDCB, para que o mesmo processe o pedido de sessão.

3.4.5 Protocolo de Conectividade

A conexão de um utilizador, a uma máquina virtual, é assegurada diretamente através de um cliente de RDP ou através de uma página web, disponibilizada pelo serviço *remote desktop web access* (RDWA).

A tecnologia RemoteFX, incluída no protocolo RDP, disponibiliza à VDI capacidade 3D, *streaming* de vídeo e a capacidade para redirecionar dispositivos USB, ligados nos terminais de acesso, para as máquinas virtuais[28].

As principais funcionalidades do RemoteFX são:

- **Composição do lado do hospedeiro** – Esta funcionalidade permite que os gráficos sejam compostos (*renderizados*) no hospedeiro, em vez de ser no dispositivo cliente, e habilita mecanismos de compressão para todos os tipos de gráficos, de forma adaptativa, proporcionando uma experiência similar à de um computador físico;
- **Virtualização de GPU** – A tecnologia de virtualização de uma unidade de processamento gráfico (GPU) disponibiliza dispositivos de processamento gráfico às VMs. Através do controlador de dispositivos WDDM (*Windows Display Driver Model*), que é instalado nas VMs, as mesmas podem partilhar entre si um GPU instalado num servidor de Hyper-V;
- **Captura inteligente de ecrã** – Responsável por avaliar, entre cada *frame*, as alterações aos conteúdos do ecrã da VM e transmitir para codificação, somente a informação das áreas que sofreram alterações. Para além disso monitoriza a velocidade da ligação, para ajustar dinamicamente a qualidade da experiência de utilização do lado do cliente;
- **Codificação** – O codificador RemoteFX permite a utilização do CPU ou da GPU ou de outro *hardware* dedicado que exista, para a codificação e compressão dos dados do ecrã do posto de trabalho virtual, que são depois transferidos por RDP para os terminais clientes,
- **Descodificação** – O descodificador RemoteFX descodifica os dados de ecrã do posto de trabalho virtual, recebidos no terminal cliente, utilizando um CPU ou GPU;
- **Redireccionamento de dispositivos USB** – Permite o redireccionamento de diversos dispositivos, ligados num terminal cliente, para o hospedeiro de virtualização, para serem apresentados no posto de trabalho virtual. A vantagem desta tecnologia é a de não requerer a instalação de controladores extra no terminal cliente. Esta tecnologia consegue redireccionar desde dispositivos áudio, dispositivos de armazenamento, impressoras, digitalizadores e *smartphones*, entre outros.

Na figura seguinte, podemos observar como se processa a utilização das capacidades gráficas disponibilizadas pelo RemoteFX.

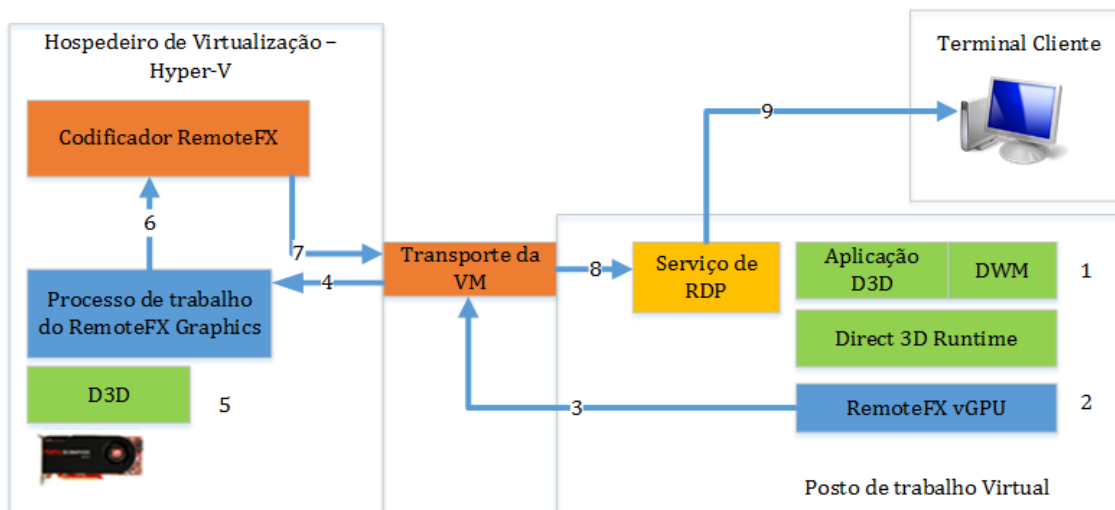


Figura 3.5 - Virtualização de GPU com o RemoteFX.

A utilização da GPU física começa quando uma aplicação 3D (1), composta pelo gestor de janelas (DWM – *Dynamic Window Manager*), faz uma chamada à API (*Application programming interface*) do DirectX (biblioteca de funções dedicadas ao processamento gráfico). O pedido é recebido pelo GPU virtual (2) e é encaminhado pelo mecanismo de transporte de informação entre a VM e hospedeiro (3), que por sua vez o entrega ao processo RemoteFX Graphics (4). Este processo é responsável por balancear os pedidos vindos das várias VM e fazer o agendamento do tempo de processamento de cada pedido no GPU. A camada Direct3D, por sua vez, realiza as operações de composição de imagem, que lhe são entregues pelo processo RemoteFX Graphics, utilizando o GPU físico (5). A informação processada é depois entregue ao codificador (6), para ser codificada e comprimida. O codificador envia essa informação, pela camada de transporte (7), que entrega ao serviço de RDP da VM (8) para ser transmitido ao terminal cliente (9), resultando na alteração do ecrã que o utilizador está a visualizar.

4 ANÁLISE DE REQUISITOS DO PROJETO

Neste capítulo iremos descrever a situação salas de informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), abordando o estado antes da implementação da solução de postos de trabalho virtuais, os procedimentos manutenção existentes e os problemas encontrados.

Será também feita a apresentação da Universidade do Algarve e da Faculdade de Ciências e Tecnologia, para que o leitor tenha uma melhor percepção da dimensão da instituição.

4.1 Enquadramento e âmbito da Universidade do Algarve

A Universidade do Algarve é uma instituição pública de ensino superior, situada no distrito de Faro, no sul de Portugal. Dividida por 5 campi (Penha, Gambelas, Saúde, Portimão e Ramalhete) a universidade, tal como existe neste momento, resultou da união das duas instituições previamente existentes: a Universidade do Algarve, criada pela Lei n.º 11/79 de 28 de março e o Instituto Politécnico de Faro, criado pelo decreto-lei n.º 513-T/79, de 26 de dezembro[41].

A Universidade do Algarve é, assim, uma instituição diferente das outras Universidades, dado coexistirem no seu seio Unidades Orgânicas de Ensino Superior Universitário e de Ensino Superior Politécnico.

Definida como pessoa coletiva de direito público, dotada de autonomia estatutária, científica, pedagógica, cultural, administrativa, financeira, patrimonial e disciplinar, a Universidade do Algarve tem por fins fundamentais, de acordo com os seus Estatutos:

- A formação humanística, cultural, artística, científica, técnica e profissional;
- A realização de investigação científica de alto nível e o desenvolvimento experimental, promovendo a difusão dos seus resultados e a valorização social e económica do conhecimento e da inovação organizacional;
- A colaboração com entidades públicas e privadas;
- A promoção da internacionalização das suas atividades;

- A criação de instrumentos de promoção, sustentabilidade e avaliação, interna e externa da qualidade e de prestação de contas, baseados em padrões reconhecidos e comparáveis no plano internacional.

Os órgãos da Universidade são compostos pelo Conselho Geral, o Reitor, o Conselho de Gestão, Senado Académico, Conselho Económico e Social, e o Provedor do Estudante.

A Universidade do Algarve é composta por escolas e faculdades, denominadas unidades orgânicas, consoante pertençam ao subsistema politécnico ou universitário.

As unidades orgânicas existentes são Escola Superior de Educação e Comunicação (ESEC), a Escola Superior de Gestão Hotelaria e Turismo (ESGHT), a Escola Superior de Saúde (ESS), o Instituto Superior de Engenharia (ISE), a Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FCHS), a Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) e a Faculdade de Economia (FE).

Estudam na Universidade do Algarve cerca de 10000 alunos, nacionais e estrangeiros, apoiados por cerca de 779 docentes.

Para além das unidades orgânicas, a Universidade do Algarve possui quatro serviços (Financeiros e Patrimoniais, Informática, Recursos Humanos e Técnicos), e dois gabinetes de apoio (Comunicação e Protocolo e de Avaliação e Qualidade), onde cerca de 350 funcionários asseguram diariamente o normal funcionamento da instituição.

No que concerne à investigação, a universidade possui cerca de 7 centros de investigação, 12 centros de estudo e desenvolvimento, 131 investigadores e bolsiros divididos por cerca e 165 projetos de investigação.

4.2 Enquadramento da Faculdade de Ciências e Tecnologia na Universidade

A Faculdade de Ciências e Tecnologia é a maior das unidades orgânicas que compõem a Universidade do Algarve, onde estudam 1737 alunos e trabalham cerca de 165 docentes e 50 funcionários. A FCT está dividida por 4 edifícios onde se situam órgãos administrativos, gabinetes, salas de aula e laboratórios.

São ministrados na FCT nove licenciaturas e vinte e dois mestrados, dos quais 4 são integrados e dez doutoramentos, que se dividem pelas diversas áreas tecnológicas da FCT.

4.3 Identificação da situação nas salas de informática antes da implementação da VDI

Das salas de aula existentes na FCT, sete são salas equipadas com computadores, para leccionamento de aulas no âmbito da informática. Este trabalho visou a remodelação tecnológica de 5 dessas salas de aula, devido à desatualização dos equipamentos existentes. As salas encontravam-se, até à data da remodelação, equipadas com computadores com mais de 15 anos e monitores CRT que para além de desatualizados, para os padrões atuais, ocupavam um grande espaço físico na sala.

Como os equipamentos operavam numa abordagem física, em que um sistema computacional só executava uma instância de sistema operativo, era necessário instalar um conjunto alargado de aplicações, que sobrecarregavam o posto de trabalho, prejudicando o já fraco desempenho do mesmo. As incompatibilidades entre aplicações que eram necessárias, tornava também a manutenção dos postos de trabalho num processo complexo.

A avaria de algum equipamento ou componente tinha como consequência a inutilização do posto de trabalho, durante um período alargado ou de forma definitiva, devido à dificuldade de aquisição de componentes.

4.4 Procedimentos de Manutenção antes da Virtualização dos Postos de Trabalho

A instalação das salas de informática era feita, regra geral, todos os anos antes do início do ano letivo, aproveitando as férias escolares.

Este procedimento implicava a instalação do sistema operativo e das aplicações necessárias ao funcionamento do próximo ano letivo, num processo moroso, que se repetia por cada um dos cerca de 40 computadores existentes. Dado o fraco desempenho das máquinas, este procedimento implicava a alocação dedicada de um técnico de informática durante cerca de uma semana.

Verificava-se também que, regularmente, era necessário proceder à instalação de aplicações adicionais, já em durante o período letivo, o que obrigava novamente a um processo repetitivo e moroso de instalação máquina a máquina. O tempo de manutenção nestes casos não conseguia corresponder à urgência do pedido.

Por outro lado, a gestão do parque informático era feita de forma desagregada, não havendo um mecanismo de distribuição de imagens de sistemas operativos, como acontecia noutras unidades orgânicas, nem de monitorização do estado das máquinas, seja ao nível das atualizações ou da proteção a ataques de vírus e *malware*.

4.5 Motivações dos utilizadores das salas de aula

A lentidão constante que os computadores mostravam, não só no arranque como também na execução de aplicações, tinha como consequência uma total frustração dos utilizadores, que só utilizavam os recursos existentes quando não dispunham de um computador pessoal.

5 PLANEAMENTO DO PROJETO

Para a implementação da virtualização de postos de trabalho, nos laboratórios de informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia, foi criado um plano de implementação que se apresenta a seguir.

5.1 Tarefas

Descrição da tarefa	Duração	Início	Conclusão
Início do projeto	0 dias	02/02/15	02/02/15
Identificação das necessidades e dimensionamento da solução	5 dias	02/02/15	09/02/15
Planeamento e configuração da infraestrutura de rede	5 dias	09/02/15	16/02/15
Planeamento e configuração da infraestrutura de armazenamento para alojar servidores virtuais, postos de trabalho e perfis dos utilizadores	2 dias	16/02/15	18/02/15
Instalação e configuração da plataforma de virtualização	11 dias	18/02/15	05/03/15
Instalação e configuração de 2 servidores para partilha de ficheiros, onde serão alojados os perfis dos utilizadores	2 dias	05/03/15	09/03/15
Instalação e configuração da plataforma de gestão centralizada da solução	12 dias	09/03/15	25/03/15
Configuração <i>cluster</i> no System Center Virtual Machine Manager 2012 R2	10 dias	09/03/15	23/03/15
Configuração dos novos servidores no System Center Configuration Manager 2012	2 dias	23/03/15	25/03/15
Configuração da solução de cópia de segurança	1 dia	25/03/15	26/03/15
Criação e otimização de uma imagem de instalação base para os terminais de acesso (<i>thin clients</i>), para implementação através do System Center Configuration Manager	5 dias	26/03/15	02/04/15
Criação e otimização das imagens de instalação base, para as salas de informática (master VM), de acordo com os requisitos identificados	15 dias	02/04/15	23/04/15
Implementação de um teste piloto nos Serviços de Informática	4 dias	23/04/15	29/04/15
Criação de todos postos de trabalho virtuais necessários para cada requisito de utilização	1 dia	29/04/15	30/04/15
Instalação dos terminais de acesso (<i>thin clients</i>) nas salas de informática da FCT	1 dia	30/04/15	01/05/15
Implementação das imagens para os terminais de acesso (<i>thin clients</i>) e respetiva configuração	1 dia	01/05/15	04/05/15
Entrada em produção	0 dias	04/05/15	04/05/15
Medição dos consumos energéticos em máquinas segundo o modelo atual de posto de trabalho e segundo o modelo baseado em virtualização; Medição do tempo necessário para disponibilizar um posto de trabalho no modelo tradicional e no modelo virtualizado	5 dias	04/05/15	11/05/15
Análise do desempenho das máquinas físicas anteriormente instaladas e dos postos de trabalho virtuais.	5 dias	04/05/15	11/05/15
Análise dos resultados obtidos	5 dias	11/05/15	18/05/15
Elaboração do relatório de final de projeto	20 dias	18/05/15	15/06/15
Fim do projeto	0 dias	15/06/15	15/06/15

Tabela 5.1 - Tarefas necessárias para a implementação do projeto.

5.2 Diagrama

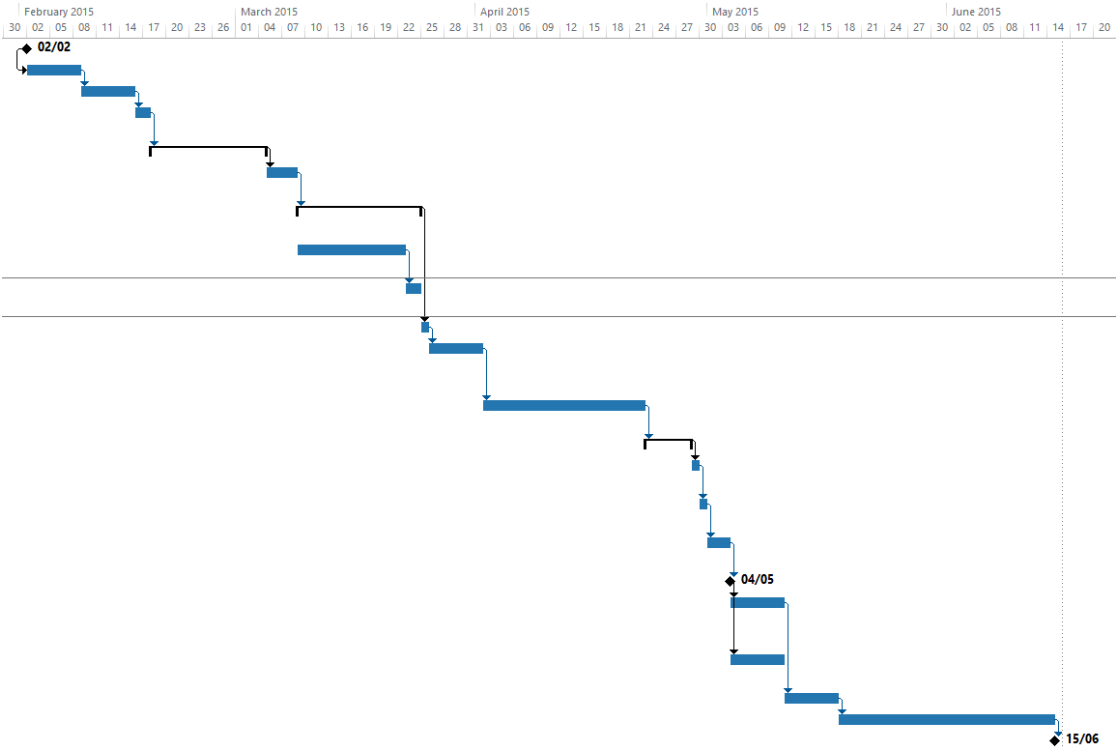


Figura 5.1 - Diagrama de Gantt.

6 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo serão abordados os aspetos relacionados com o planeamento e implementação da solução. São descritos todos os módulos que constituem a solução de virtualização, tecnologias utilizadas e a instalação e configuração dos vários componentes.

6.1 Identificação das funcionalidades a implementar

Após a constatação da realidade existentes nas salas de aula de informática, foi identificado um conjunto de funcionalidades, que a solução de virtualização de postos de trabalhos deverá fornecer, por forma a resolver as dificuldades inerentes ao sistema atual:

- A criação de postos de trabalho virtuais baseados em *templates*;
- A atualização automática das VM, a partir da atualização do respetivo *template*;
- A gestão centralizada de todos os servidores (físicos e virtuais) e postos de trabalho virtualizados, que compõem a infraestrutura;
- Mecanismos de redundância e tolerância a falhas que permitam a alta disponibilidade do serviço;
- Mecanismos de salvaguarda e cópia de segurança, que permitam a rápida reposição dos sistemas que suportam a solução de virtualização e dos respetivos postos de trabalho;
- Acesso ao posto de trabalho a partir de qualquer localização, interna ou externa, com total segurança;
- Acesso ao posto de trabalho a partir de diversos equipamentos, especialmente *tablets*, para permitir uma maior acessibilidade à informação do utilizador;
- Permitir a ligação de dispositivos externos, como por exemplo dispositivos USB, ao posto de trabalho virtual a partir dos terminais de acesso.

6.2 Levantamento de necessidades

Uma vez que um dos objetivos deste projeto é melhorar as condições de trabalho de alunos e docentes, em contexto de aula, uma das condições necessárias é conhecer o tipo de *software* que terá de ser instalado. Assim sendo, foi solicitada à direção da faculdade a lista de software necessário para o ano letivo.

A lista fornecida foi posteriormente dividida em quatro sublistas, uma por cada departamento, e que darão origem a 4 coleções de 70 postos de trabalho virtuais. Dividindo as aplicações por 4 coleções de máquinas, conseguimos disponibilizar postos de trabalho virtuais mais pequenos, com melhor performance e mais fáceis de manter.

Obviamente que esta escolha tem impacto no armazenamento necessário, mas não têm qualquer impacto nos recursos de processamento, memória ou rede, uma vez que no limite só podem estar 70 postos de trabalho virtuais a serem utilizados, uma vez que esse é o número de terminais a disponibilizar.

6.3 Módulos constituintes da solução

Após a identificação dos objetivos a atingir com este projeto, enumerados na secção 6.1, foram identificados também os módulos necessários à sua implementação, e que se encontram sintetizados na tabela seguinte.

Nome do Módulo Constituinte	Descrição
Infraestrutura de virtualização	Este módulo é constituído pelos servidores e respetivo VMM (plataforma de virtualização), que irão hospedar as máquinas virtuais.
Gestor de acessos aos postos de trabalho virtuais (VDI)	Este módulo é constituído pelos servidores e <i>software</i> encarregues que gerir as ligações aos postos de trabalho. O <i>software</i> de controlo deverá autenticar o utilizador no diretório da Instituição e determinar quais os recursos que está autorizado a aceder, em termos de máquinas virtuais.
<i>Gateway</i> para acesso remoto aos VDIs	Habilita utilizadores devidamente autorizados a aceder aos postos de trabalho virtuais, a partir de uma localização externa à instituição.
Serviço de cópias de segurança	O serviço de cópias de segurança deverá permitir a salvaguarda dos servidores que suportam os restantes módulos, bem como das máquinas virtuais e dos dados mais relevantes existentes nas mesmas.
Plataforma de gestão centralizada da solução	Aplicações ou conjunto de aplicações que permitam gerir toda a solução de virtualização de postos de trabalho, nas várias vertentes. A plataforma de gestão deverá permitir também a monitorização e automatização de tarefas através de <i>scripting</i> .
Clientes de ligação aos VDIs	Aplicação, ou conjunto de aplicações, que deverão ser instaladas nos equipamentos terminais, por forma a estabelecer a ligação ao posto de trabalho virtual através do gestor de acessos.

Tabela 6.1 - Módulos constituintes do projeto.

Na figura seguinte estão ilustrados os vários módulos constituintes, para melhor compreensão da interação entre os mesmos.

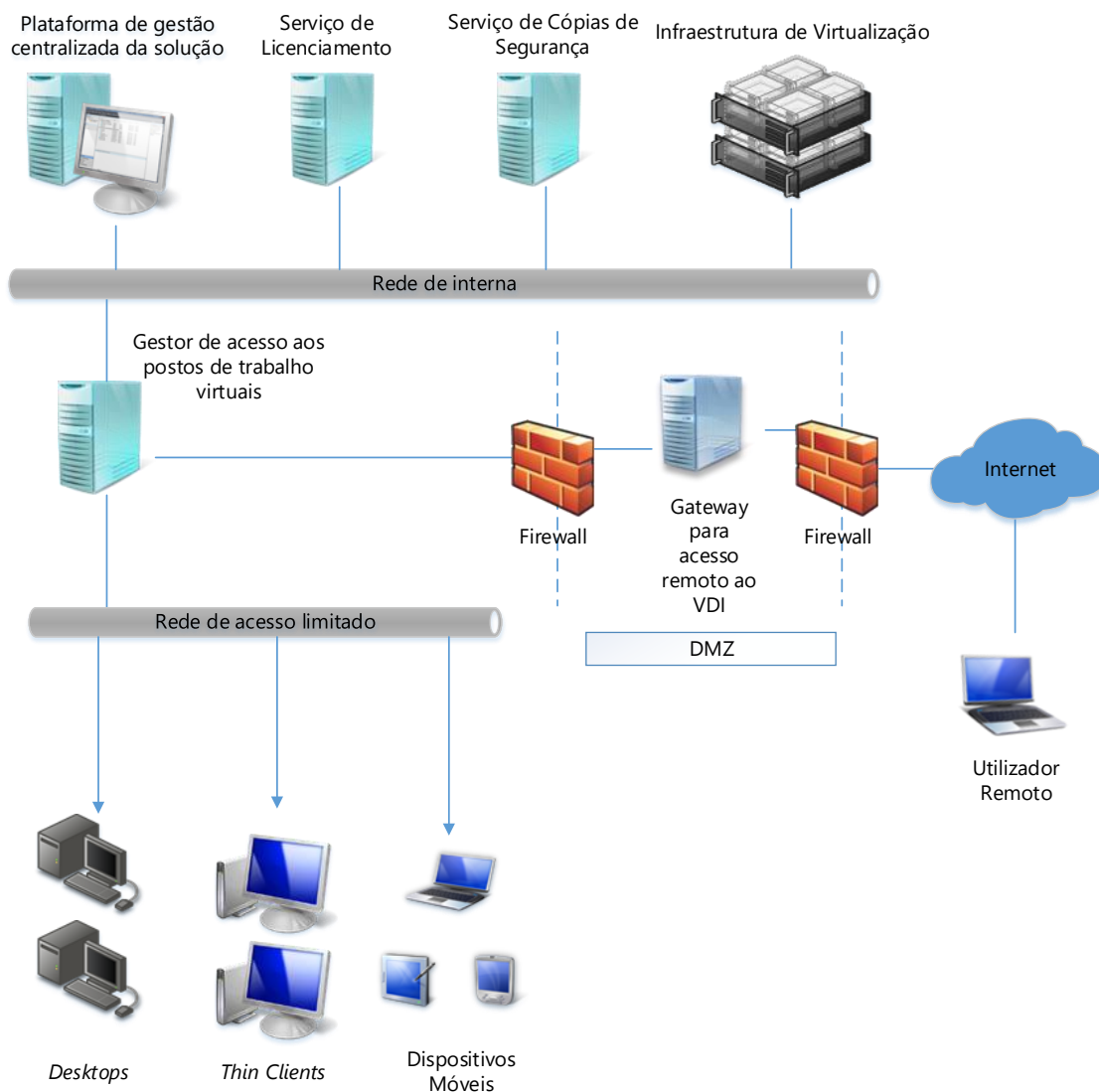


Figura 6.1 - Módulos constituintes da solução de virtualização de postos de trabalho.

6.4 Dimensionamento e aquisição dos recursos necessários

Num dimensionamento desta natureza, o número de utilizadores máximo que a solução deve suportar, em simultâneo, é o ponto de partida para determinar quais os recursos a alocar para a infraestrutura. No caso específico deste projeto, considerou-se um número máximo de 70 utilizadores, uma vez que esse era o número de terminais de acesso que as salas podiam comportar.

Depois, é importante perceber que tipo de aplicações serão utilizadas. Aplicações graficamente mais exigentes têm maiores necessidades ao nível do processamento, memória e largura de banda.

Por último, temos que definir o tipo de postos virtuais que queremos implementar. Para as salas de informática, o cenário mais indicado é ter um conjunto de VMs, que partilham uma única imagem de instalação (*pooled VM*), e que são acedidas de forma aleatória pelos alunos[33].

Para dimensionar os recursos necessários, foram utilizados os valores retirados da documentação fornecida pelo fabricante da solução Microsoft VDI, solução escolhida para este projeto (ponto 3.3), que simula a implementação de um solução de virtualização de postos de trabalho para 2000 utilizadores[29], [36]. As tabelas seguintes sumarizam as conclusões da simulação.

Densidade de VMs	10 VM/núcleo para uma carga máxima de 80% do processador e com um vCPU atribuído por utilizador
Memória	1 GB de RAM para cada VM com Windows 8, a 32 bits, com Office 2013
IOPS	10 IOPS/VM
Tráfego de rede	~400 Kbps

Tabela 6.2 -Carga média por servidor com 2 processadores de 8 núcleos @ 2.90 GHz [30].

N.º de Utilizadores	N.º de Processadores	Memória	Armazenamento	Carga	Tráfego de Rede
150	2	192 GB	1 TB	1,500 IOPS	60 Mbps
600	8	768 GB	3 TB	6,000 IOPS	240 Mbps
1,200	16	1.5 TB	5 TB	12,000 IOPS	480 Mbps
2,100	28	3 TB	10 TB	21,000 IOPS	1 Gbps

Tabela 6.3 - Requisitos de hardware em função do número de utilizadores [30].

Para este projeto optou-se por uma abordagem mais conservadora, atribuindo 3 GB de memória por cada VM. Também ao nível da densidade de VM, por cada núcleo do processador, considerou-se uma carga de 50% por processador, o que corresponde um total de 6 VMs por núcleo. Estas considerações resultam do objetivo de tornar a solução mais tolerante a falhas. Assim, se um dos servidores de alojamento de VMs deixar de funcionar o outro terá capacidade para assumir a totalidade das VMs disponíveis. Em termos de armazenamento, reservou-se em média de 50 GB de espaço em disco para cada uma das VM master e 10 GB para os discos diferenciais de cada uma das VM atribuídas.

N.º de Processadores	Memória	Disco <i>master VM</i>	Discos <i>VMS</i>
4	3 GB	50GB	10GB

Tabela 6.4 - Configuração de hardware virtual dos postos de trabalho

Uma vez que os perfis dos utilizadores, e respetivos dados, não irão residir nos postos de trabalho virtuais, é necessário disponibilizar um espaço de armazenamento na rede para esse efeito.

Na tabela seguinte, podemos observar os requisitos necessários para a infraestrutura de virtualização, para 70 postos de trabalho virtuais:

Núcleos de processador	N.º de VMs = 70 VMs/Núcleo = 6 Total de núcleos necessário = $70/6 = 11,66 = 12$	
Memória	N.º de VMs = 70 Memória/VM = 3 GB Total de memória necessária = 210 GB	
Armazenamento	N.º de VMs = 70 N.º de Coleções = 4 Master VM = 50 GB VM = 10 GB	Master VM = 4*50GB = 200GB Discos Diferenciais = (70*10GB) *4 = 2800GB Dados e perfil do utilizador = 2 GB * 1737 alunos = 3474 GB Total de armazenamento = 200+2800+3474 = 6474GB
IOPS	N.º de VMs = 70 IOPS/VM = 50 Total de IOPS = 3500	
Largura de banda	N.º de VMs = 70 Largura de banda/VM = 400 Kbps Largura de banda total = 400 Kbps * 70 = 28 Mbps	
Terminais <i>thin client</i>	70 Terminais, com saídas de vídeo, saídas para rato e teclado, portas USB e de rede ethernet. 70 Monitores + 70 Teclados + 70 Ratos óticos	

Tabela 6.5 - Requisitos para alojamento dos postos de trabalho virtuais.

Para suportar a infraestrutura de gestão da solução temos os seguintes requisitos:

Módulo	N.º de servidores	Nº de núcleos	Memória	Armazenamento
Gateway para acesso remoto aos VDIs	2	8	12 GB	120 GB
Gestor de acessos aos postos de trabalho virtuais (VDI)	2	8	16 GB	120 GB
Base de Dados	1	4	10 GB	180 GB
Licenciamento de VDI	2	4	8 GB	120 GB
Gestão de VMs	1	8	16 GB	240 GB
Valores totais	9	32	62 GB	780 GB

Tabela 6.6 - Requisitos da infraestrutura de gestão.

Para a realização da cópia de segurança de toda a infraestrutura de gestão, serão agendados vários tipos de cópias. Serão feitas cópias de segurança semanais, sendo as guardadas no máximo de 3 meses de cópias, para a rápida recuperação do sistema.

Para o caso das bases de dados de configuração, o ideal serão cópias totais semanais com cópias incrementais diárias. A tabela seguinte mostra os recursos necessários para as cópias e segurança.

Módulo	N.º de servidores	Nº de núcleos	Memória	Armazenamento
Serviço de Cópias de Segurança	1	4	8 GB	80 GB para o sistema operativo e aplicações 2048 GB para as cópias de segurança
Valores totais	1	4	8 GB	2828 GB

Tabela 6.7 - Recursos necessários para o serviço de cópias de segurança.

Na tabela seguinte estão os requisitos de software necessários:

Descrição	Quantidade
Windows Server 2012 R2	13
Microsoft SQL Server 2012	2

Tabela 6.8 - Lista de software necessário.

Para a utilização de todas as funcionalidades disponibilizadas pelo RemoteFX (ponto 3.4.5), nomeadamente a nível gráfico e de desempenho, o ideal seria dispor de uma placa gráfica dedicada por servidor.

Da realização de um concurso público, para aquisição de bens e serviços, resultou a aquisição de quatro servidores, disco para armazenamento e terminais de acesso para serem instalados nas salas de aula. Não foi possível a aquisição de placas gráficas dedicadas, como sugerido, por questões orçamentais.

- **Servidores:**

- 4 Servidores IBM x240, cada um com 2 processadores Intel(R) Xeon(R) E5-2660 a 2.20GHz. Cada processador possui 10 núcleos e tecnologia *hyperthreading*, o que significa que cada servidor disponibiliza 40 núcleos lógicos.
- 128GB de RAM.
- 2 interfaces de ligação a SAN a 8Gbps
- 2 placas de rede a 10Gbps

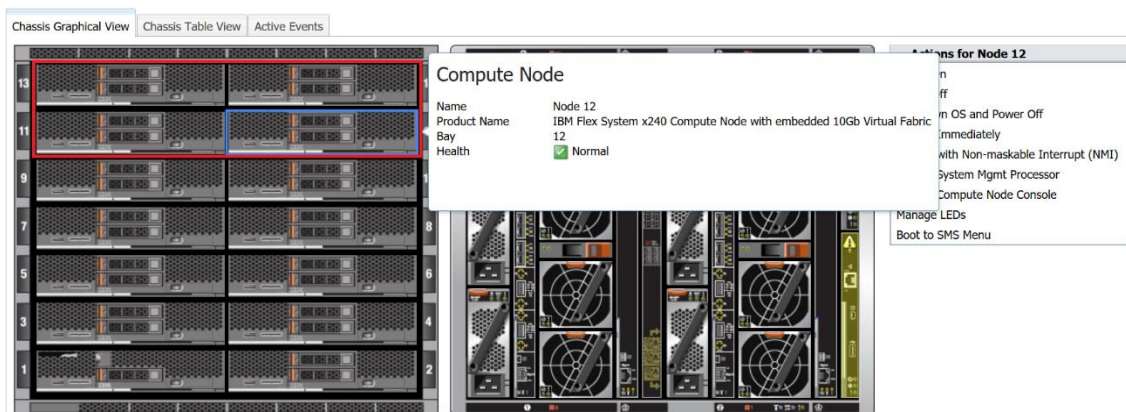


Figura 6.2 - Vista do chassi de servidores, com identificação dos 4 servidores adquiridos.

- Espaço de armazenamento:
 - 2 discos SSD de 400GB, que disponibilizam cerca de 30000 IOPS.
 - 24 discos SAS de 300GB a 15000 rpm.

SSD_SAS15K		Online	6.08 TiB
mdisk25	✓ Online	1.91 TiB	RAID 5
mdisk24	✓ Online	1.91 TiB	RAID 5
mdisk26	✓ Online	372.11 GiB	RAID 1
mdisk27	✓ Online	1.91 TiB	RAID 5

Figura 6.3 - Espaço em disco da solução de VDI

- 70 terminais HP T510CE, em conjunto com monitor de 21 polegadas, rato e teclado. As características principais do terminal são as seguintes [42]:
 - Processador: VIA Eden X2 U4200 (1 GHz, 2 núcleos);
 - Memória de sistema: 2 GB DDR3 1066 MHz
 - Memória Flash: 1GB
 - Gráficos: VIA Chromotion HD 2.0
 - Suporte para Monitores: 2 saídas DVI
 - Rede: 10/100/1000 Mbps
 - Portas e conectores: 6x USB 2.0; 1x série; 1x paralela; 2x PS/2; 1x RJ45
 - Dimensões: 5.84 x 21.5 x 21.9 cm
 - Consumo máximo: 65W

6.5 Rede e segurança

Antes de implementar a solução de VDI, foram criadas as condições de rede necessárias ao bom funcionamento do sistema.

Em termos de ligações físicas e largura de banda, a ligação dos servidores, que alojam a infraestrutura, é feita ao comutador de rede central através da agregação de duas ligações de fibra ótica, com uma largura de banda total de 40Gbps. As ligações entre o comutador de rede principal e o comutador de rede, que distribui o serviço aos terminais de acesso, são a 10Gbps. Todos os pontos de rede, nas salas de aula têm uma largura de banda de disponível de 1Gbps.

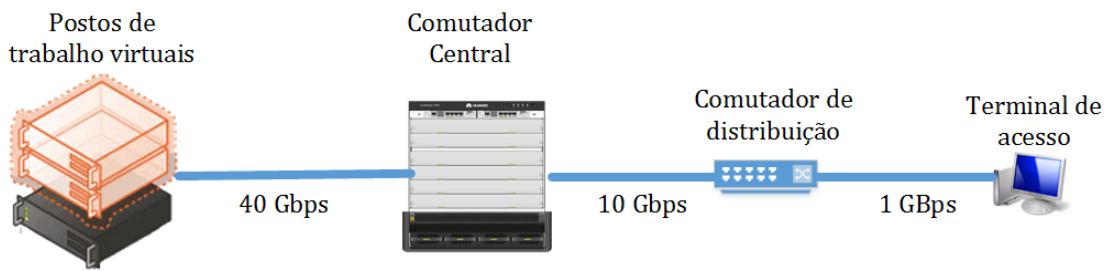


Figura 6.4 - Largura de banda disponível entre o posto virtual e o terminal de acesso.

Foram também criadas redes virtuais privadas (VLAN - *Virtual Private Networks*), por forma a individualizar o tipo de tráfego e os acessos aos recursos disponíveis. Assim sendo, os terminais de acesso estão dentro de uma VLAN restrita, que só terá acesso aos postos de trabalho virtuais, através da porta de RDP. Todos os recursos, que possam ser disponibilizados a um determinado utilizador, só estão disponíveis depois de iniciar sessão na VDI. Também o tráfego, gerado pela migração de uma máquina virtual entre dois servidores, estará individualizado numa VLAN por forma a acelerar o processo. O mesmo será feito para o sistema de cópias de segurança.

6.6 Gestão da infraestrutura

A VDI é gerida por uma solução de *software* Microsoft, denominada Server Manager. Esta consola de gestão permite realizar todas as tarefas necessárias à instalação dos serviços RDS, criação de coleções de postos de trabalho, definição dos seus parâmetros de operação e controlo de acessos [15].

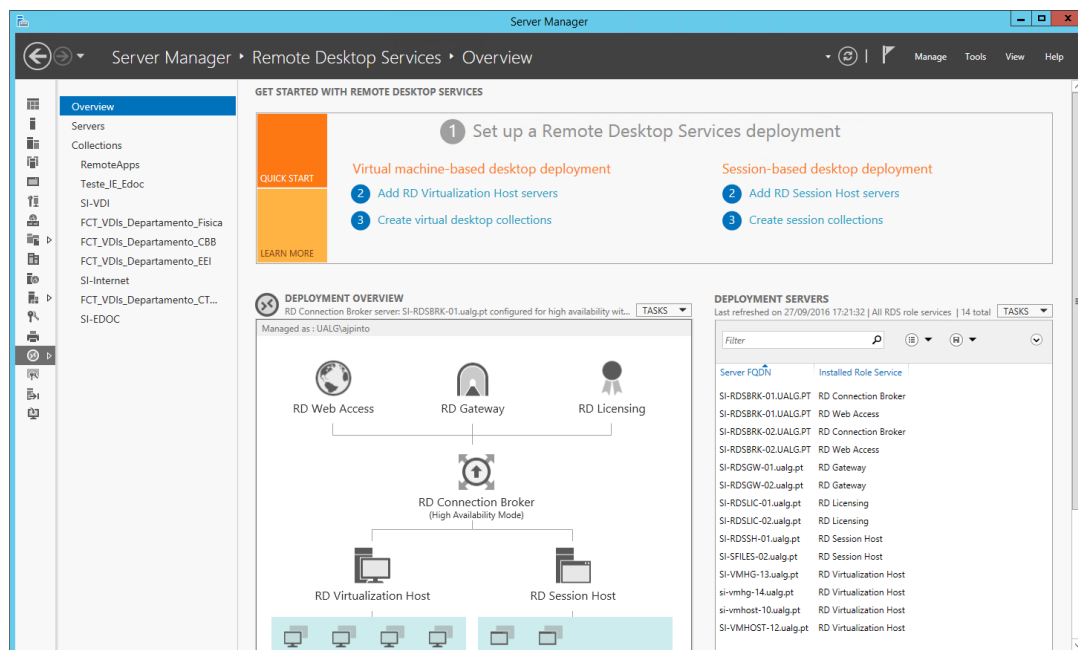


Figura 6.5 - Consola do Server Manager: Gestão da Microsoft VDI.

A gestão da infraestrutura de virtualização, que corresponde a todos os hospedeiros físicos, *cluster*, redes virtuais e armazenamento, é gerida pelo System Center Virtual Machine Manager (SCVMM). Esta ferramenta permite, para além da gestão da infraestrutura, a criação, movimentação e clonagem de máquinas virtuais. Implementa também mecanismos de otimização dos *clusters*, movendo dinamicamente as máquinas virtuais, entre os nós dos *clusters*, para assegurar a melhor performance possível de todo o sistema.

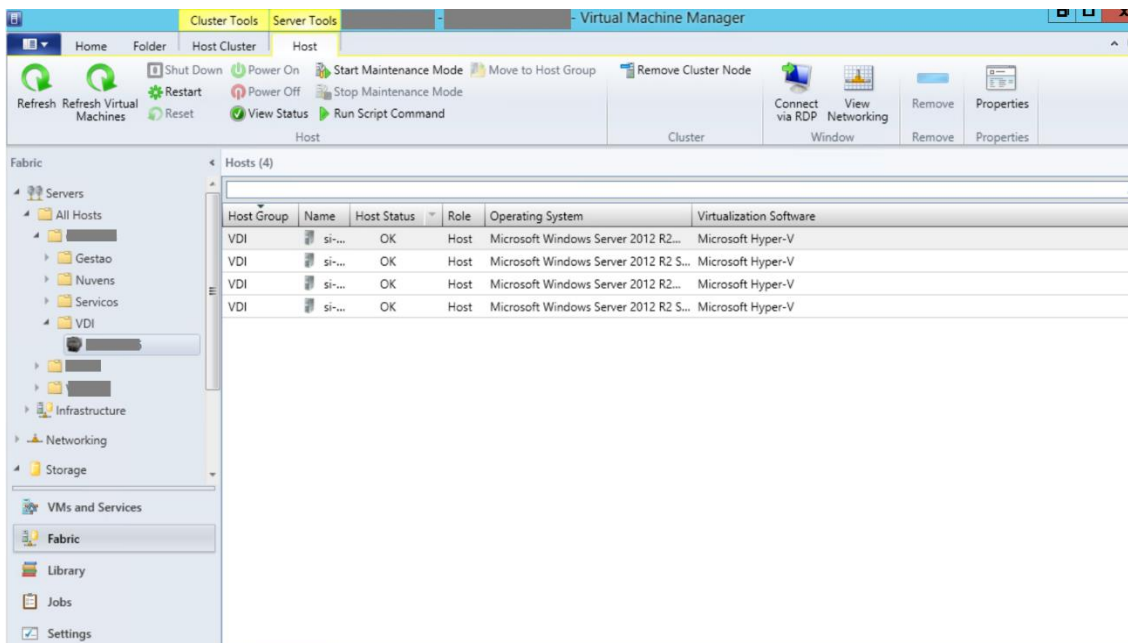


Figura 6.6 - SCVMM: Gestão da infraestrutura de virtualização.

Para gerir as cópias de segurança, a ferramenta utilizada é o System Center Data Protection Manager (SCDPM). Esta ferramenta permite agendar planos diários, semanais e mensais de cópias de segurança de VMs completas ou de ficheiros dentro das máquinas protegidas.

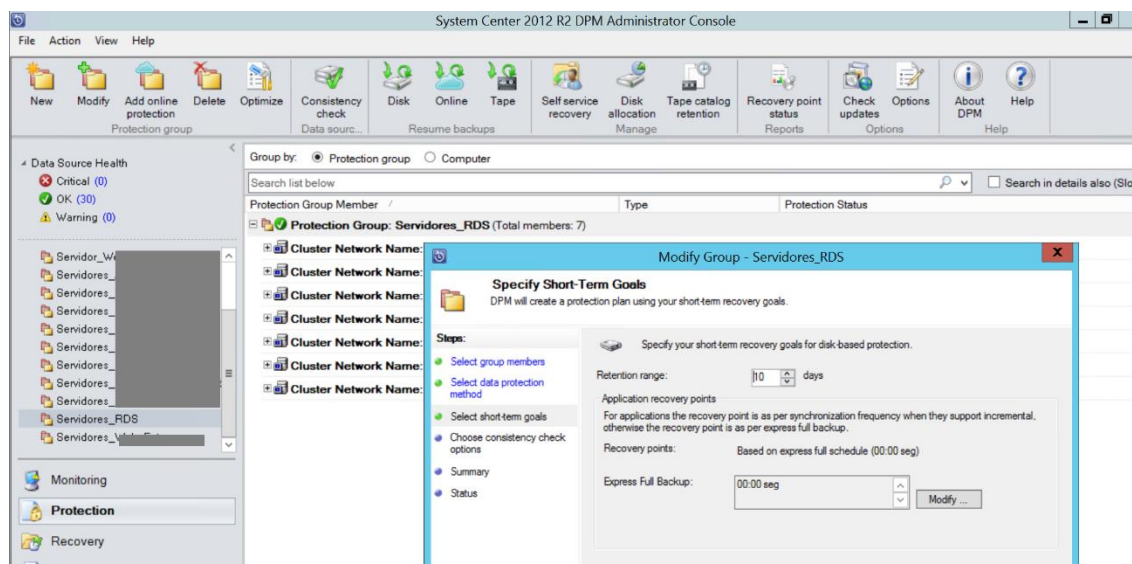


Figura 6.7 - SCDPM: Plano de retenção para os servidores RDS.

6.7 Instalação e configuração da Microsoft VDI

6.7.1 Cluster de virtualização

Após a instalação do sistema operativo Windows Server 2012 R2, foi instalado o Hyper-V em cada dos hospedeiros de virtualização. Com a instalação do Hyper-V, a instalação do Windows Server é transformada numa VM que é executada sobre o Hyper-V. Esta VM denomina-se *parent* e serve para disponibilizar as ferramentas de gestão da plataforma de virtualização, tal como explicado na secção 2.7.3.

Através do SCVMM foi criado um *cluster* de quatro nós (Figura 6.8), ao qual foram adicionados os volumes lógicos para alojar as VMs das quatro coleções a criar. Na Figura 6.9, podemos ver o funcionamento do *cluster* criado (para simplificação da figura só foram considerados 2 nós).

Host Group	Name	Role	Host Status	Operating System	Virtualization Software
VDI	si-...	Host	OK	Microsoft Windows Server 2012 R2...	Microsoft Hyper-V
VDI	si-...	Host	OK	Microsoft Windows Server 2012 R2 S...	Microsoft Hyper-V
VDI	si-...	Host	OK	Microsoft Windows Server 2012 R2...	Microsoft Hyper-V
VDI	si-...	Host	OK	Microsoft Windows Server 2012 R2 S...	Microsoft Hyper-V

Figura 6.8 – Propriedades do cluster: Nós de virtualização.

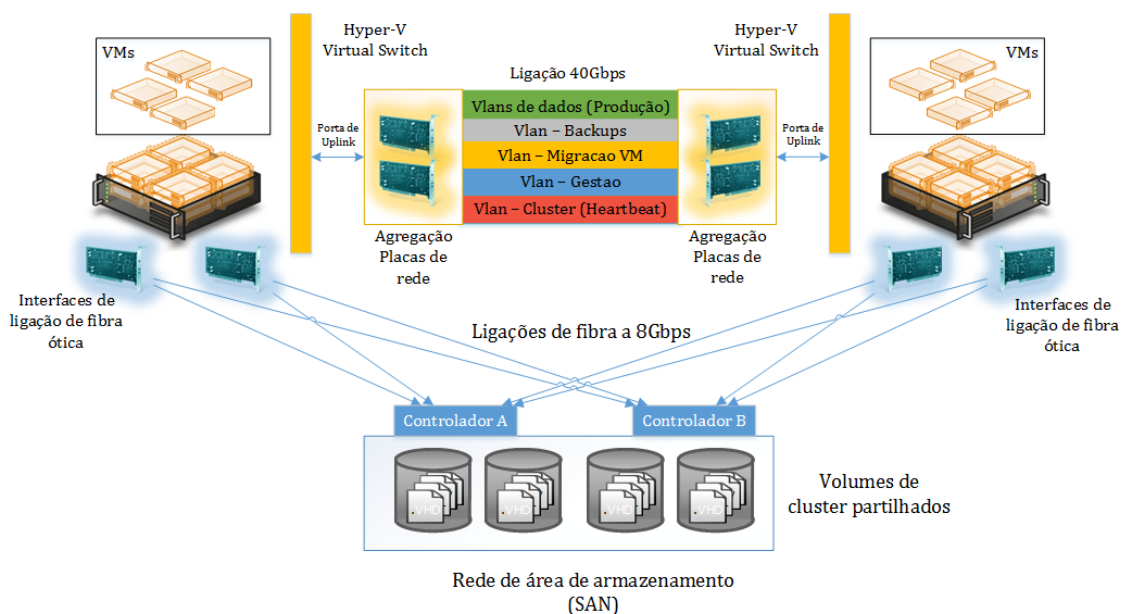


Figura 6.9- Cluster de virtualização com armazenamento partilhado.

Depois de instalado o Hyper-V num nó, é criado um comutador virtual, que irá ligar-se a uma agregação de duas placas de rede físicas, que se encarregam do tráfego de rede que chega e sai do nó. A agregação das placas em modo ativo-ativo, proporciona redundância em caso de falha de uma delas. As VMs são depois ligadas de forma lógica ao comutador virtual, para poderem comunicar entre si ou para fora do nó.

Para maior segurança e desempenho, para além das redes virtuais privadas (VLAN) utilizadas pelas VMs, foram também criadas redes para individualizar o tráfego de *cluster* (*heartbeats*), de gestão dos nós, de migração entre nós das VMs e de cópias de segurança (Figura 6.10).

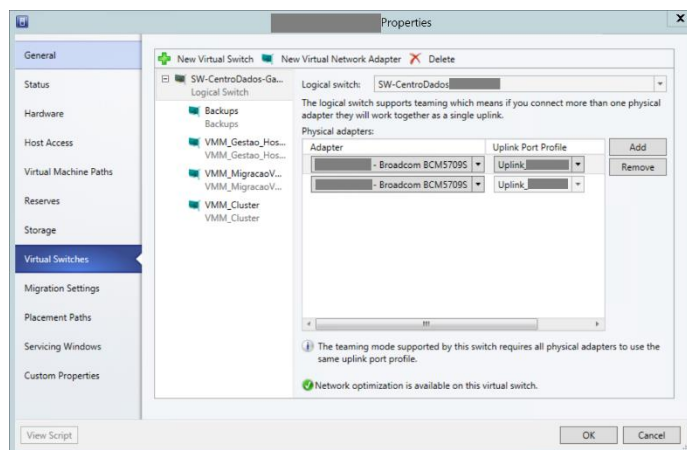


Figura 6.10 - Propriedades de um nó do cluster: Configuração de rede.

Na Figura 6.9, podemos ver também a configuração de ligação ao armazenamento partilhado do cluster. As ligações são feitas por dois interfaces físicos de fibra ótica, alocados a cada nó, com ligações redundantes, aos dois controladores da SAN. Desta forma pretende-se dar a maior resiliência possível ao sistema de armazenamento. No espaço designado para a Microsoft VDI, foram criados quatro volumes partilhados, um para cada coleção a ser criada.

CSV Path	Capacity	Classification	Free Space	Total Space	Cluster Resource
C:\ClusterStorage\Volume7		SSD+SAS+SATA	427,46 GB	1 023,87 GB	Cluster Disk 8
C:\ClusterStorage\Volume10		SSD+SAS+SATA	413,06 GB	1 023,87 GB	Cluster Disk 11
C:\ClusterStorage\Volume8		SSD+SAS+SATA	453,67 GB	1 023,87 GB	Cluster Disk 9
C:\ClusterStorage\Volume9		SSD+SAS+SATA	541,84 GB	1 023,87 GB	Cluster Disk 10

Figura 6.11- Propriedades do cluster: Volumes partilhados no cluster (CSV).

Para finalizar a configuração do *cluster*, foram configurados os mecanismos de otimização dinâmica. Este mecanismo analisa os recursos disponíveis em termos de CPU, memória e operações de leitura/escrita em disco, e mediante os limites configurados determina se é necessária a realocação das VMs pelos nós do *cluster*. Os limites configurados para o cluster de VDI são os da figura seguinte.

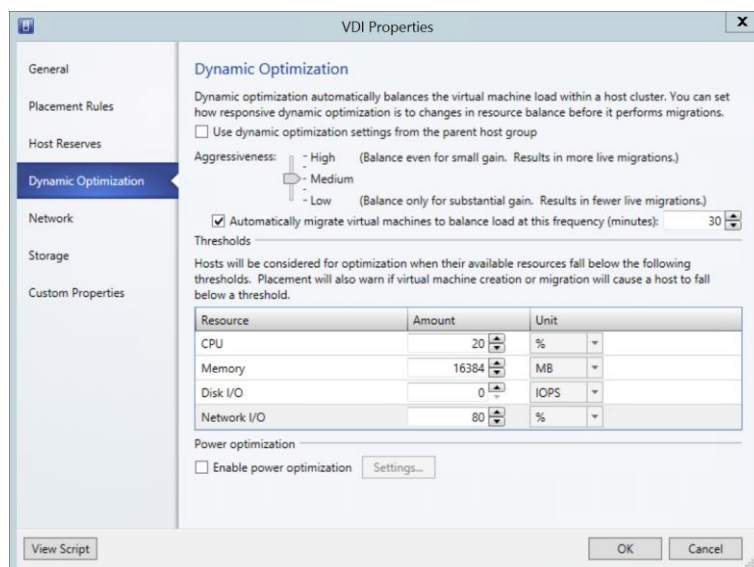


Figura 6.12 - propriedades do cluster: Otimização dinâmica.

6.7.2 Cluster de armazenamento dos perfis dos utilizadores

Para além do *cluster* de virtualização, foi instalado também um *cluster* de partilha de ficheiros em rede, com alta disponibilidade para posterior alojamento dos discos de perfil dos utilizadores. Este serviço, denominado Scale-Out File Server (SOFS) é constituído por dois servidores físicos mais antigos, que já existiam, ligados de forma redundante à área de rede de armazenamento (SAN).

6.7.3 Remote Desktop Services

Aproveitando as capacidades de virtualização existentes na instituição, foram criadas sete máquinas virtuais, baseadas num *template* com o Windows Server 2012 R2, previamente instalado. As máquinas criadas serviram para a instalação dos serviços da Microsoft VDI, os Remote Desktop Services (RDS).

Foram criadas duas VMs para a instalação do serviço de gestão e controlo de acessos, o *remote desktop connection broker* (RDCB), duas para alojar o serviço de licenciamento, duas para servirem de *gateway* com o exterior. Por último foi instalado numa VM o serviço de base de dados Microsoft SQL Server. Este servidor irá manter o registo de todas as sessões de VDI. A instalação de cada um dos serviços é iniciada como mostra a figura seguinte.

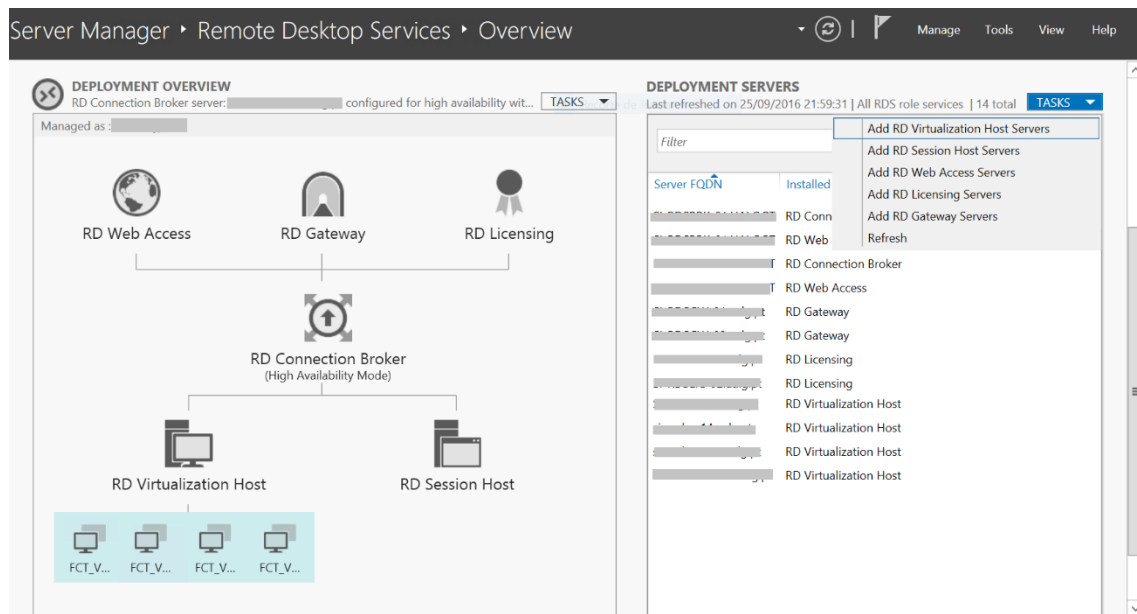


Figura 6.13 - Consola Server Manager.

Na figura, podemos ver a consola de gestão da infraestruturas de VDI já com os serviços todos devidamente instalados. Também podemos verificar, pela consola de gestão, que existe redundância de todos os serviços.

Depois de instalados os vários serviços são necessárias algumas parametrizações adicionais. Para isso é necessário editar as configurações da implementação de VDI (*Deployment Properties*) na consola do Server Manager.

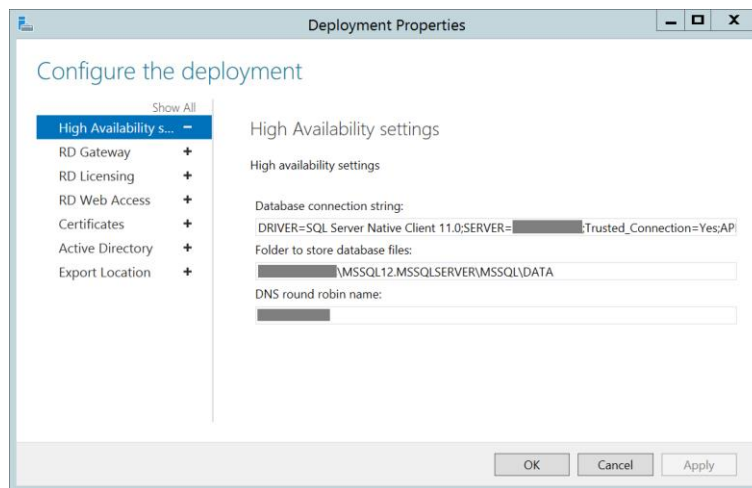


Figura 6.14 - Propriedades do RDS: Alta-disponibilidade.

No primeiro separador, ilustrado na Figura 6.14, podemos ver as configurações de alta-disponibilidade do RDCB, onde é indicado o nome pelo qual o sistema responde e que é utilizado pelos terminais para validarem a sessão num posto de trabalho virtual. Foi necessário criar, no serviço de resolução de nomes de domínio (DNS - *Domain Name System*) da universidade, dois registos de DNS em tipo *round robin*, para balanceamento dos pedidos de acesso entre os dois servidores que atuam como RDCBs. Em relação ao serviço de *gateway* (Figura 6.15), para acesso a partir do exterior, as configurações foram colocadas em modo automático, sendo que o serviço responde pelo mesmo endereço que o RDCB. O DNS externo encarrega-se de resolver o endereço para os servidores do serviço de *gateway*.

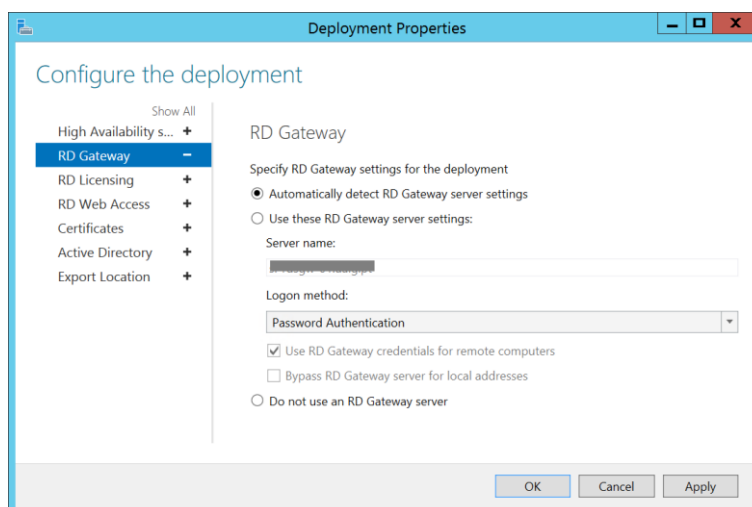


Figura 6.15 - Propriedades do RDS: Configurações do serviço de *gateway*.

No que diz respeito ao licenciamento das sessões (Figura 6.16), uma vez que esta implementação só está disponível inicialmente para as salas de aula da FCT, o mesmo é feito por dispositivo, estando todos os terminais devidamente licenciados.

Se a solução de virtualização for alargada, a outras salas ou novos meios de acesso, nomeadamente computadores pessoais de docentes e alunos, então o tipo de validação da licença tem que ser alterado, para validar utilizadores e não dispositivos, uma vez que um utilizador pode aceder de vários equipamentos e com isso consumir licenças desnecessariamente.

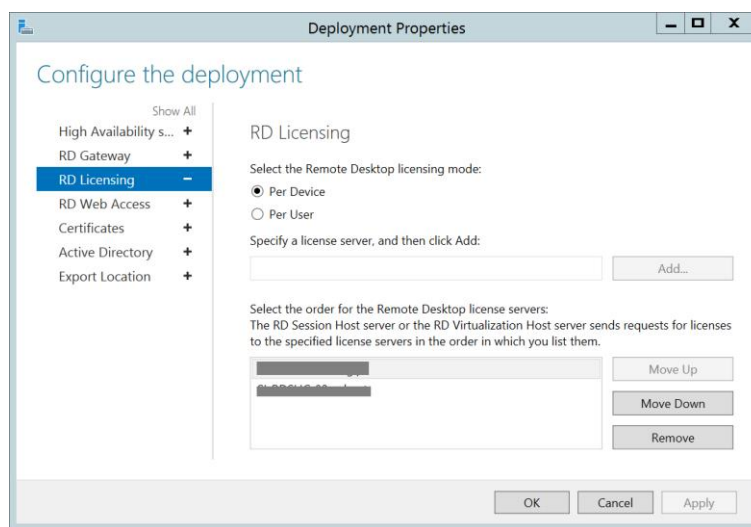


Figura 6.16 - Propriedades do RDS: Licenciamento de sessões.

No separador seguinte (Figura 6.17), estão indicados os servidores que possuem o serviço de acesso através de portal web instalado. Este portal permite que um utilizador, com as devidas permissões e de qualquer lugar, aceda a uma página web onde estão todos os recursos, em termos de postos de trabalho, que pode utilizar, bastando um duplo-clique para entrar no posto virtual.

Este serviço é essencial, pois é através dele que os clientes de acesso remoto, disponibilizados para os sistemas operativos iOS, MacOS, Android e Linux, retiram a informação sobre os recursos que o utilizador tem acesso. Como é necessário para o Linux, é essencial para a configuração de acesso dos terminais, que usam este sistema operativo.

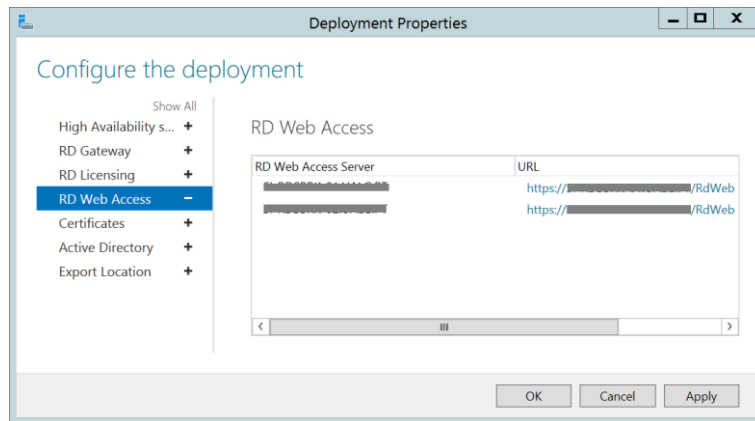


Figura 6.17 - Propriedades do RDS: Acesso Web.

Uma vez que a segurança é um dos aspetos mais importantes, na implementação de qualquer sistema informático, todos os serviços do RDS utilizam um certificado SSL para proteger a informação sensível, que circula entre os vários servidores da solução.

Na Figura 6.18, podemos constatar que todos os serviços possuem um certificado válido instalado. A instalação é feita selecionando cada um dos serviços, e indicando um certificado válido. O sistema encarrega-se posteriormente de o instalar em todos os servidores que têm esse serviço ativado.

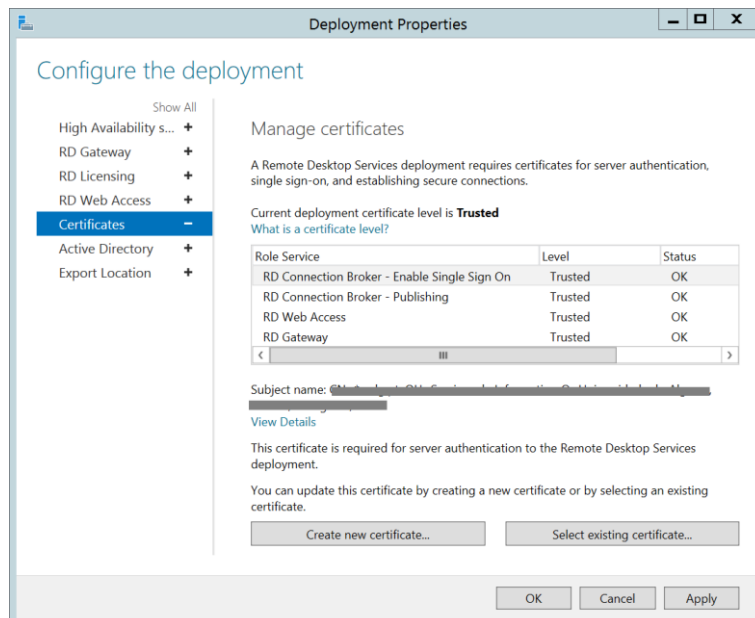


Figura 6.18 - Propriedades do RDS: Certificados.

Por último, é necessário indicar a unidade organizacional, dentro do serviço de diretório (*Active Directory*), onde as contas de domínio dos postos de trabalho virtual deverão, por omissão, ser criadas e o local onde as *master VM*, de cada coleção, deverão ser guardadas para serem utilizadas sempre que for necessário criar ou recriar um posto de trabalho.

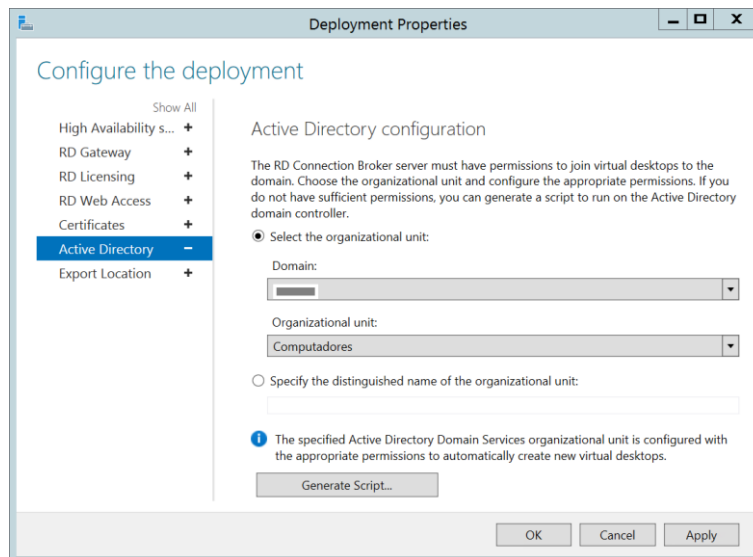


Figura 6.19 - Propriedades do RDS: Unidade organizacional no diretório para criação de contas de domínio dos postos de trabalho virtuais.

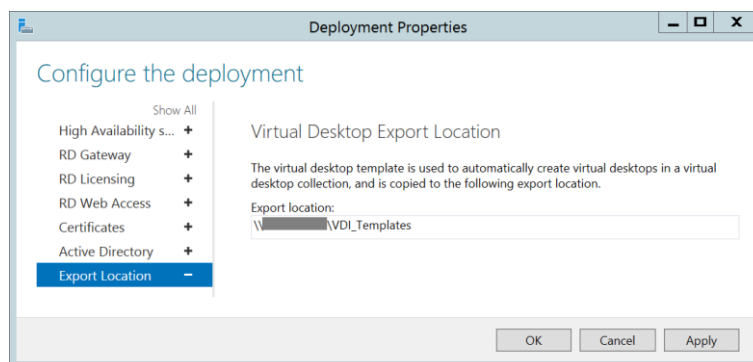


Figura 6.20 - Propriedades do RDS: Localização por omissão para salvaguarda das master VMs.

Finaliza-se assim todas as configurações necessárias para o funcionamento correto dos serviços de ambientes de trabalho remotos (RDS). Na secção seguinte, iremos abordar os aspetos técnicos relacionados com o desempenho.

6.7.4 Configuração dos hospedeiros de virtualização

Nas máquinas físicas, que funcionam como hospedeiros dos postos de trabalho virtuais, foram feitas algumas configurações que determinam a forma como é realizada a ligação entre terminais físicos e postos de trabalho virtuais. Estas configurações são muito relevantes pois determinam aspetos relacionados com a compressão da informação, resoluções máximas permitidas, número de cores, ativação do RemoteFX e modo de funcionamento.

Para definir estes parâmetros, é necessário aceder à consola das políticas locais de cada servidor (*Local Group Policies*), e configurar cada um dos itens da tabela seguinte.

Configuração	Parâmetro	Valor
Acesso	Allow users to connect remotely by using Remote Desktop Services	Enabled
Desempenho	Configure RemoteFX	Enabled
	Configure RemoteFX adaptative Graphics	Let the system choose experience for network conditions
	Configure image quality for RemoteFX Adaptative Graphics	LossLess
	Optimize visual experience when using RemoteFX	Highest Quality
	Limit maximum color depth	32bits
	Configure compression for RemoteFX data	Balance memory and network bandwidth
Dispositivos Amovíveis	Allow RDP redirection of other supported RemoteFX USB devices from this computer	Enabled

Tabela 6.9 - Configurações específicas dos hospedeiros de virtualização.

Estes parâmetros não podem ser considerados como padrões, porque dependem das condições físicas do local onde é feita a implementação, e deverão ser ajustados consoante a performance dos postos de trabalho virtuais.

6.8 Disponibilização de coleções de postos de trabalho virtuais

Neste ponto, iremos abordar todos os procedimentos necessários para a criação e disponibilização das coleções de postos de trabalho virtuais, que serão utilizadas nas salas de aula, desde a criação das VMs *master* até à disponibilização dos postos.

6.8.1 Criação da *master* VM

Em primeiro lugar, utilizando a ferramenta de gestão da infraestrutura de virtualização da universidade, o System Center Virtual Machine Manager (SCVMM), foi criada uma máquina virtual, com as características de *hardware* presentes na Tabela 6.4.

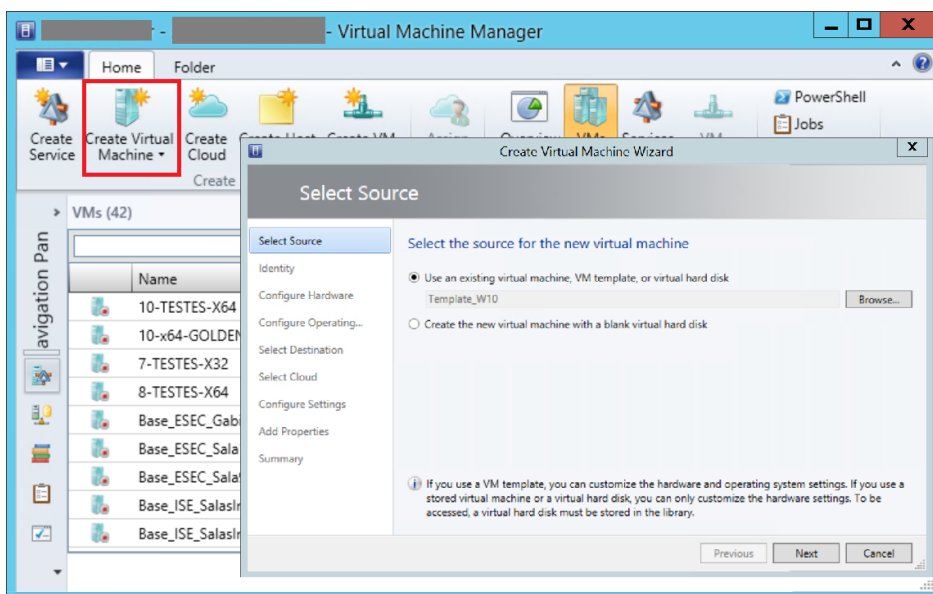


Figura 6.21 - Criação de uma máquina virtual, no SCVMM, baseada num *template*.

Como estamos a trabalhar em ambientes virtualizados, a VM foi criada a partir de um *template* que traz já instalado o Windows 10 Enterprise, otimizado para funcionar como posto virtual (Figura 6.21). Esta otimização elimina serviços que não são necessários, desabilita elementos gráficos como animações e transparências, desinstala aplicações que não são necessárias e coloca o modo de funcionamento da energia em alto desempenho[43].

A máquina virtual é depois clonada, dando origem a mais 3 máquinas virtuais, uma vez que ficou definido que cada departamento da FCT teria a sua própria coleção. Cada VM clonada é uma máquina individualizada, mas com todas as características de *hardware* (Figura 6.22) da máquina inicial.

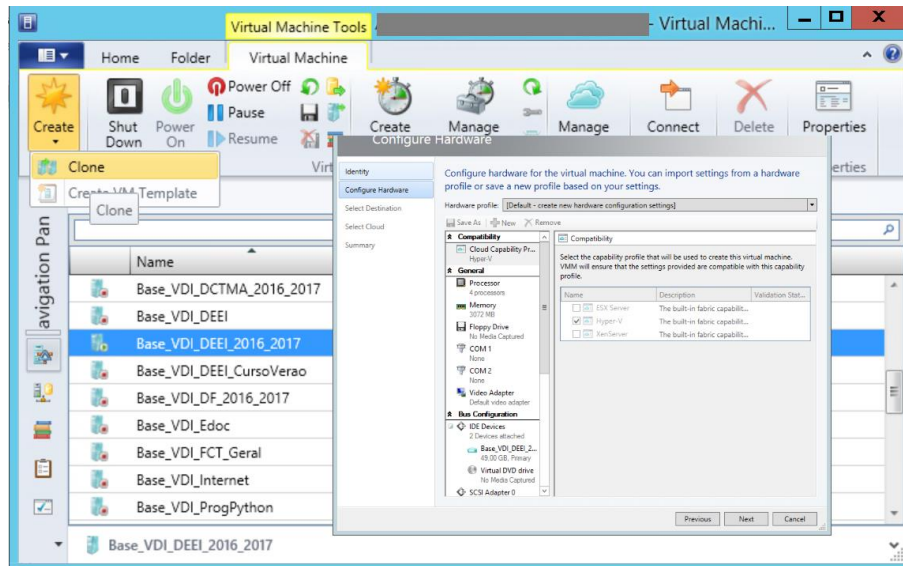


Figura 6.22 - Clonagem de uma VM no SCVMM.

Este processo de clonagem é bastante rápido, demorando cerca de 8 minutos por máquina, como se pode ver na figura seguinte.

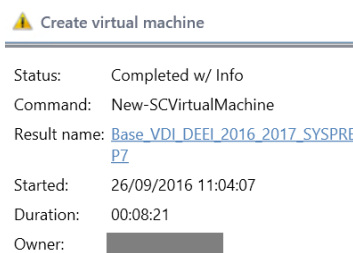


Figura 6.23 - Tempo de clonagem de uma VM.

Depois das *master* VMs criadas, procede-se à instalação do *software* necessário para cada uma das coleções. Finalizada a tarefa são feitos teste de execução das aplicações, para validar que todas executam de forma esperada. Na Figura 6.24 podemos observar uma *master VM*, já com todo o *software* instalado.

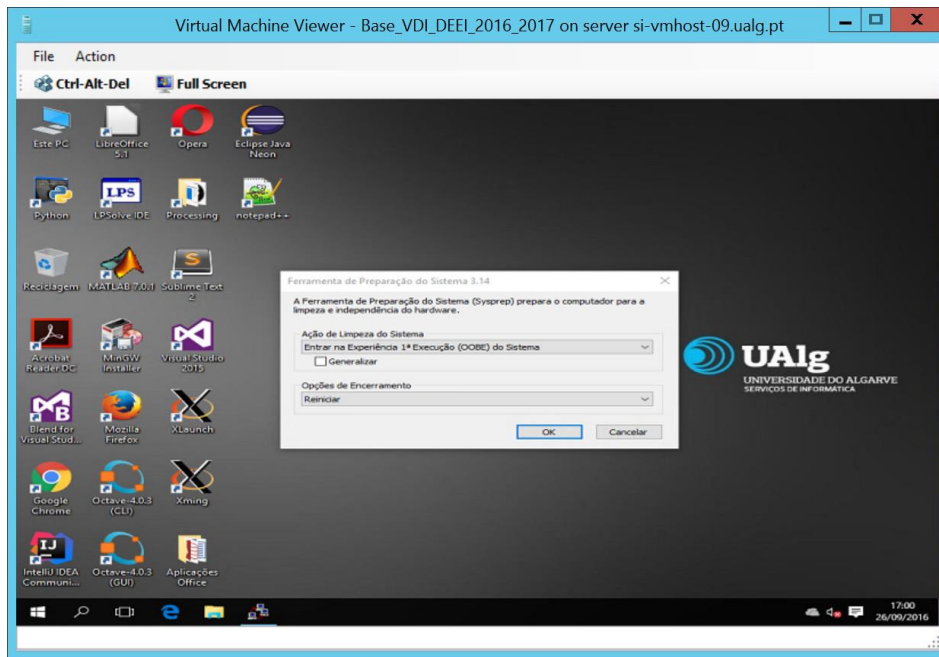


Figura 6.24 - Master VM após instalação do software.

6.8.2 Criação da coleção de postos de trabalho

Segue-se então o processo de criação da coleção propriamente dito. Para isso usa-se a consola de gestão do Microsoft VDI, o Server Manager, como mostra a figura seguinte.

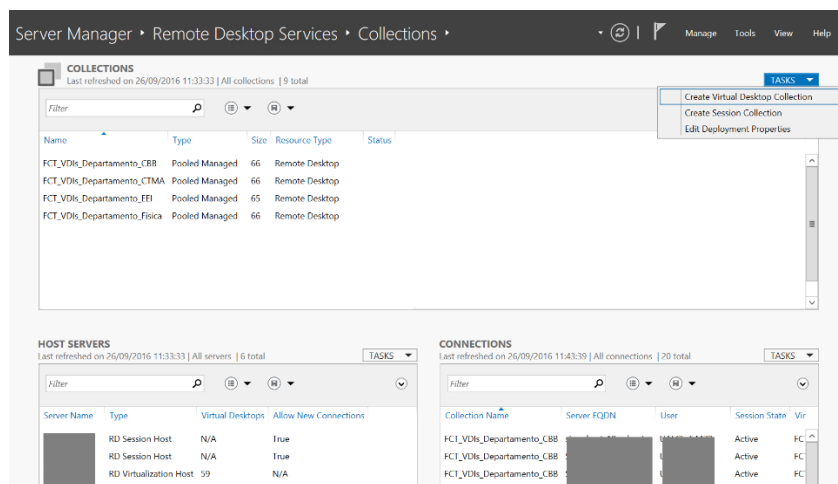


Figura 6.25 - Server Manager. Janela de gestão de coleções de postos de trabalho.

Após a indicação do nome da coleção, é preciso escolher o tipo de coleção a criar e a *master VM*, a utilizar como template. Para o caso das salas de aula, o tipo escolhido é “*Pooled virtual desktop collection*” e na lista de *templates* escolher a

master VM apropriada. Segue-se depois a escolha do fuso horário e da unidade organizacional do diretório, onde as contas de computador dos postos virtuais, devem ser criadas. Se nada for selecionado, o sistema usa os valores por omissão, configurados na secção 6.7.3.

No passo seguinte, são definidos os grupos de utilizadores que terão acesso aos postos virtuais, o número de postos a criar e o prefixo/sufixo a usar para identificar as VM criadas.

User Groups:
E:\Users\domain users
Add...
Remove

Virtual desktops to be created in the collection:
70

Specify characters that should be added to the beginning or end of the name of each virtual desktop.

Prefix: Dep-EEI- Suffix: 0

Preview: Dep-EEI-0...

Figura 6.26 - Processo de criação de uma coleção: Definição do número de postos e grupos de acesso.

Após a indicação dos grupos de acesso (todos alunos e docentes do departamento) e número de postos virtuais da coleção, é necessário indicar em que hospedeiros de virtualização devem ser distribuídos. Apesar de ser importante a existência de balanceamento na criação das máquinas virtuais, o próprio *cluster* de virtualização tem mecanismos de otimização dinâmica de recursos, depois de estarem em funcionamento, que movem as VMs entre os nós existentes. Deste modo, o desempenho dos nós nunca fica comprometido, e conseqüentemente de todos os postos de trabalho virtuais em execução.

Nos passos seguintes, é indicada a diretoria onde as máquinas virtuais e os discos dos perfis de utilizadores vão ser criados. No caso, deste projeto os postos de trabalho virtuais são criados num CSV, enquanto que os discos com os perfis dos utilizadores são guardados num servidor de partilha de ficheiros de alta-disponibilidade.

Na área assinalada a azul, da Figura 6.27, define-se o comportamento do posto de trabalho, após o utilizador terminar a sua sessão. Se a opção não estiver selecionada, a informação contida no disco diferencial da máquina virtual não é

destruída, e todas as alterações que forem feitas durante as sessões de utilização irão manter-se.

No caso de a opção ser selecionada, a máquina virtual volta ao estado inicial e na próxima sessão de utilização, será como se a máquina virtual estivesse a ser utilizada pela primeira vez. Esta foi a opção utilizada na FCT, para assegurar que os postos de trabalho estão sempre otimizados e livres de *malware*.

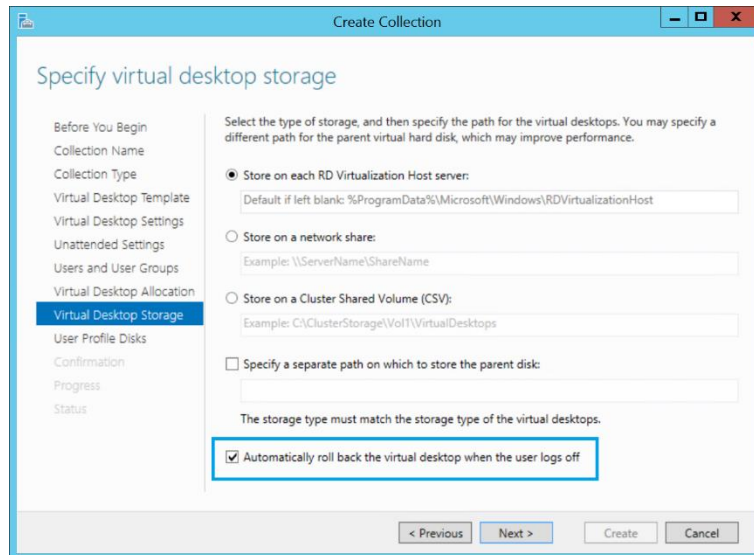


Figura 6.27 - Processo de criação de uma coleção: Armazenamento e comportamento do posto virtual.

Depois de confirmar todos os parâmetros da coleção, é dado início ao processo de criação dos postos virtuais.

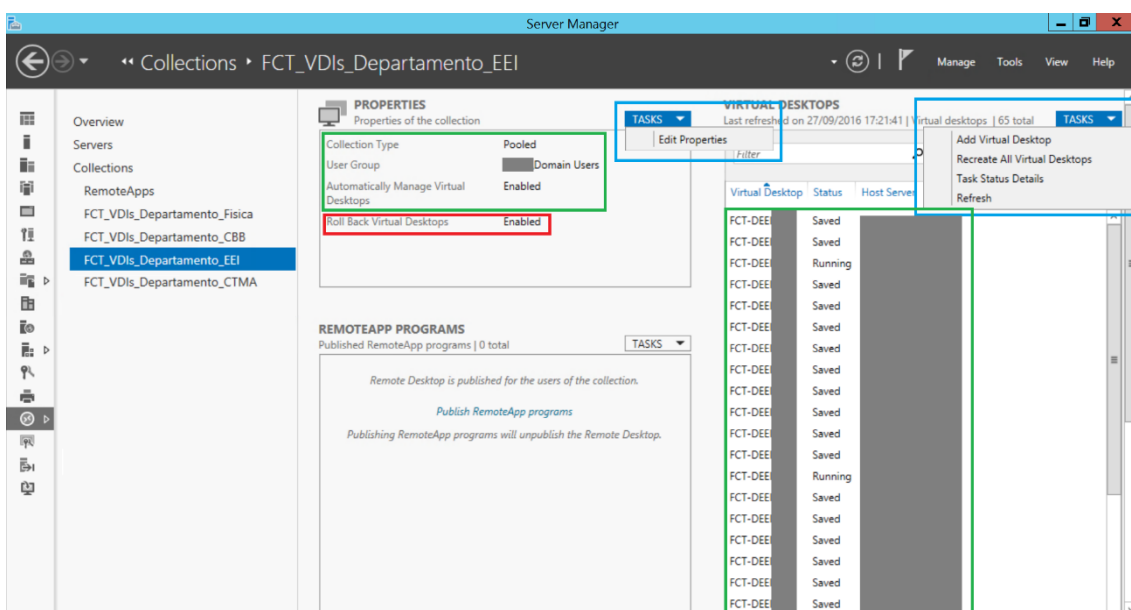


Figura 6.28 - Janela de gestão de uma coleção de postos de trabalho.

Uma vez criada a coleção, podemos gerir a coleção selecionando-a da lista de coleções, como mostrado na Figura 6.28. Nas áreas assinaladas a verde podemos ver a informação relativa ao tipo de coleção e grupos que têm acesso à mesma, assim como a lista de todas os postos de trabalho que pertencem à coleção.

As áreas assinaladas a azul ilustram as ações que podemos realizar sobre a coleção. Assim sendo, podemos editar a coleção e alterar alguns dos parâmetros que foram indicados no processo de criação, descrito anteriormente, ou então podemos adicionar/eliminar postos de trabalho da coleção ou no caso de ser necessário fazer uma alteração às VM, recriar toda a coleção indicando uma nova versão da *master VM*, que contemple as modificações desejadas.

No caso das coleções criadas para a FCT, foram ainda feitas configurações adicionais. Nomeadamente, definição do tempo para terminar a sessão do utilizador, caso o mesmo não forneça qualquer *input* à máquina virtual. Estas parametrizações são feitas na opção "*Edit properties*", assinalada a azul na Figura 6.28, e depois no separador "*General*", selecionando a opção "*Enable save delay (in minutes)*" e indicando o tempo até ser terminada a sessão.

Quando uma sessão é terminada, o posto de trabalho virtual é colocado pelo Hyper-V, em modo de pausa, para libertar os recursos consumidos e para estar pronto para ser atribuído a um novo utilizador. Na lista de postos de trabalho, assinalada a verde na Figura 6.28, podemos ver o estado em que se encontra cada posto de trabalho.

6.9 Disponibilização dos terminais em sala de aula

Os terminais adquiridos, os t510CE da HP [44], vêm pré-instalados com a versão Windows CE, um sistema operativo que utilizado em *hardware* com menores recursos, e não com o HP ThinPro, que traz suporte para RemoteFX. Como se verificou, pelos testes iniciais, o Windows CE não possuía as características necessárias à implementação do projeto. Para além de não oferecer uma interface de seleção para os postos de trabalho virtuais, obrigando à configuração manual de um atalho para todas as coleções criadas, só suportava o protocolo RDP na sua versão 6 e não oferecia suporte a RemoteFX.

Foi necessário, portanto, proceder à substituição do sistema operativo de todos os terminais adquiridos. Para isso foi utilizada uma ferramenta de gestão centralizada de dispositivos terminais, disponibilizada pela HP, denominada HP Device Manager.

Basicamente, o HP Device Manager permite capturar a instalação de um sistema operativo de um terminal, com todas as aplicações e configurações e distribuir essa instalação por todos os outros terminais. Para além disso, permite também reconfigurar ao longo do tempo, em lote ou não, os terminais existentes, seja para alterar definições de proteção de ecrã, palavra-passe administrativa, definições de rede, nome do terminal, clonar configurações de um terminal, etc. Possibilita ainda ligar, desligar ou reiniciar qualquer terminal gerido.

Esta ferramenta não estava prevista no desenho original do sistema, mas revelou-se de extrema utilidade.

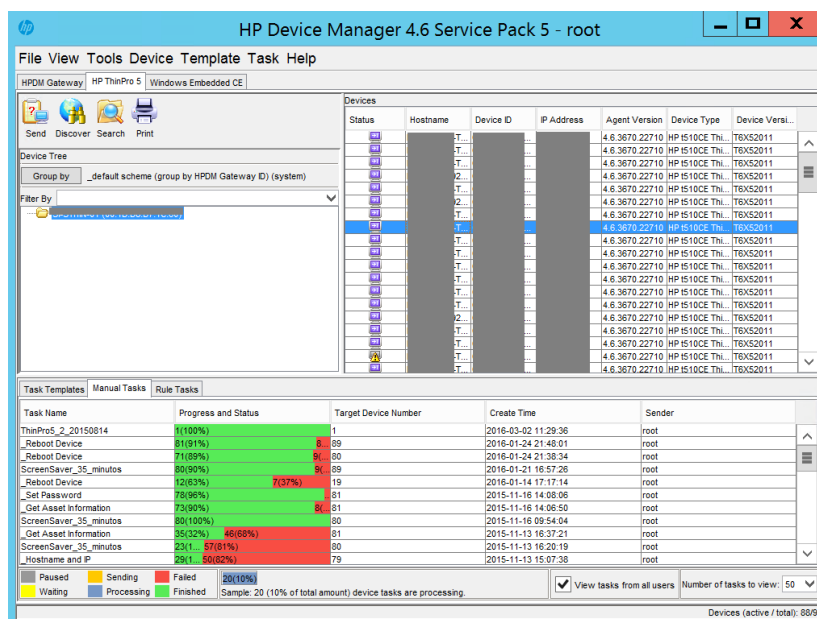


Figura 6.29 - HP Device Manager.

Assim sendo, e depois de testar as potencialidades do HP Device Manager, procedeu-se à instalação do sistema operativo HP ThinPro num terminal, em laboratório, e realizaram-se as devidas configurações, para que o mesmo pudesse aceder ao serviço de RDS previamente configurado.

6.9.1 Configuração de terminal de referência

As configurações dos terminais foram as mais genéricas possíveis, por forma a agilizar a sua rápida substituição em caso de avaria ou outra necessidade que surja. Realizaram-se configurações em três áreas muito específicas: rede; ligação ao serviço RDS e definições de visualização.

No que diz respeito à rede, o terminal de referência, foi configurado para se ligar à rede através protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), não foi, portanto, configurado qualquer endereço de IP estático. Todos os pontos de rede das salas foram configurados numa rede virtual privada, especifica para este propósito, que tem associada um serviço de DHCP redundante, que atribui automaticamente endereços de IP a todos os terminais instalados, como mostra a figura seguinte.

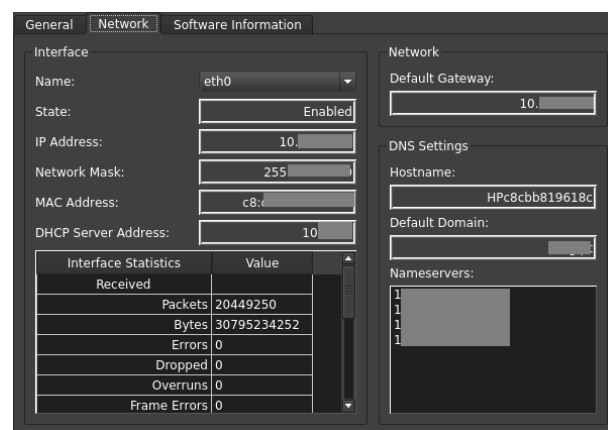


Figura 6.30 - Configuração de terminais: definições de rede.

Seguidamente foi criada uma ligação do tipo RDP, na aplicação gestora de ligações, para conectar o terminal ao serviço de postos de trabalho remoto (RDS).

Os parâmetros indicados abrangem o endereço do serviço de gestão de acessos (RDCB), o domínio de validação das credenciais de acesso, o endereço web do portal de acesso web (RDWA - *Remote Desktop Web Access*) e os dispositivos que devem ser redirecionados do terminal para o hospedeiro de virtualização a fim de serem disponibilizados no posto de trabalho virtual.

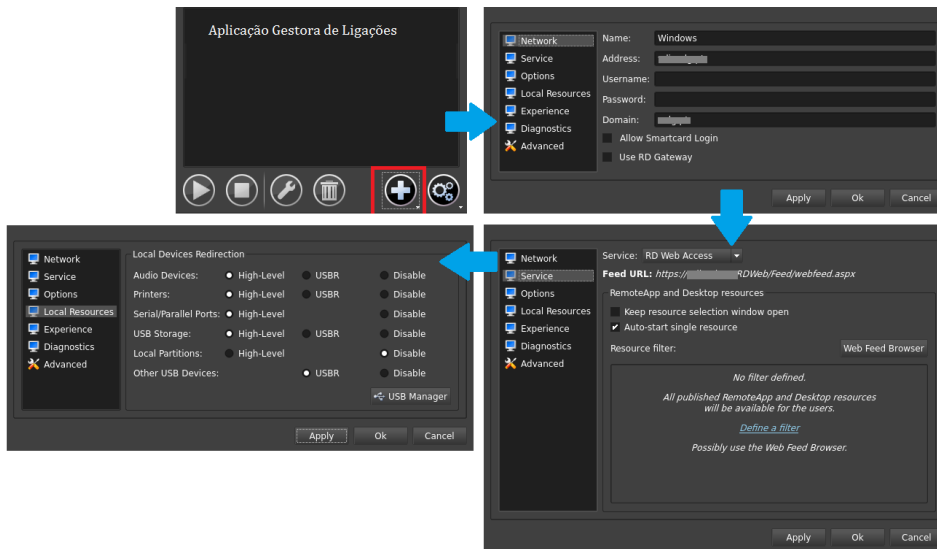


Figura 6.31 - Configuração dos terminais: Criação de uma ligação ao serviço RDS.

Depois de criada a ligação, um duplo-clique sobre a mesma, na aplicação gestora de ligações, despoleta um pedido de credenciais (nome de conta de domínio e respetiva palavra-passe), que por sua vez dá início a um processo de validação de autorização e de recursos disponíveis do utilizador, pelo RDCB. Depois de feitas todas as validações, é mostrada a janela de recursos. Um duplo-clique sobre o ícone de uma coleção, dá início ao processo de atribuição de uma máquina virtual, num hospedeiro de virtualização e o redireccionamento da visualização da sessão para o terminal do utilizador.

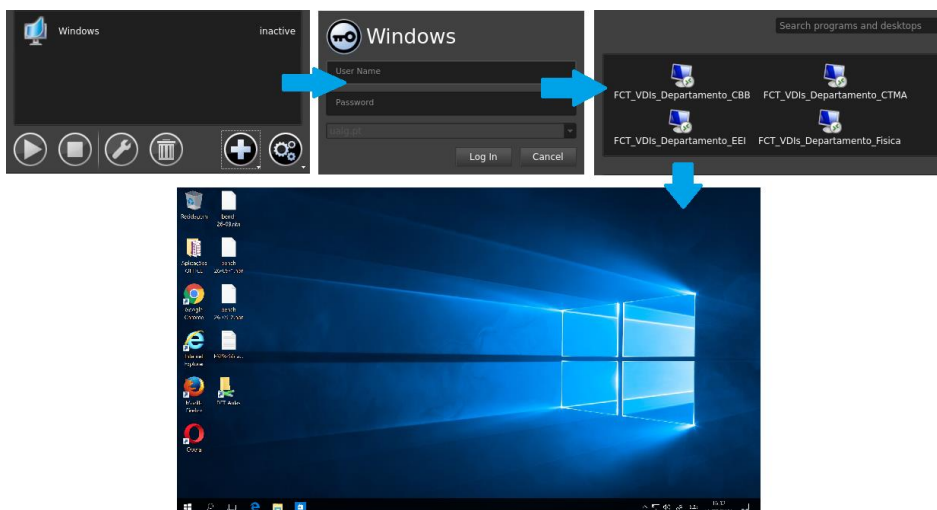


Figura 6.32 - Autenticação e atribuição de posto de trabalho virtual.

No caso das definições de visualização, foram feitos vários testes, em laboratório, para determinar a resolução de monitor ideal, que garantisse a melhor performance possível. Como os servidores, que servem como hospedeiros de virtualização não possuem placas gráficas dedicadas, que tirem partido de todas as funcionalidades do RemoteFX, verificou-se alguma perda de performance quando se utilizavam resoluções de monitor elevadas. Maior resolução implica mais processamento nos CPUs do hospedeiro para compor a imagem do ambiente de trabalho a ser transmita para o terminal. As definições de monitor aplicadas estão na figura seguinte:

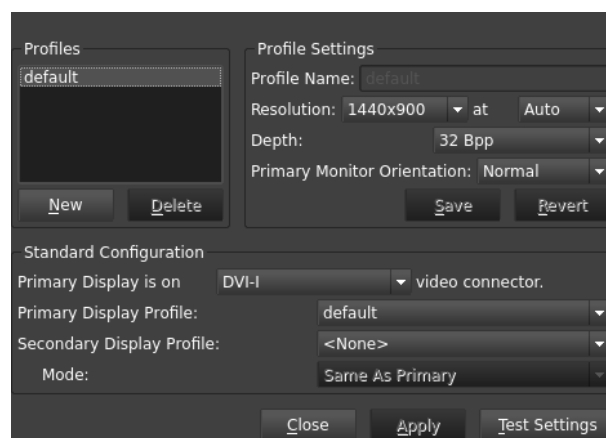


Figura 6.33 - Configuração de terminais: definições de visualização.

Terminado o processo de configuração do terminal de referência, foi realizada a captura de toda a instalação (sistema operativo e configurações), através do HP Device Manager.

6.9.2 Instalação dos Terminais nas Salas de Aula

A instalação dos terminais nas salas de aula, foi efetuada em período de férias escolares. Para garantir a segurança dos terminais, cada um ficou preso à mesa onde foi colocado, através de um cabo em aço como mostra a figura seguinte.



Figura 6.34 - Sala de aula com os terminais instalados.

Depois de ligados, utilizou-se o HP Device Manager para distribuir a imagem do terminal de referência previamente capturado. Após a conclusão do processo, a solução de postos de trabalho virtual ficou disponível.

6.10 Esquema da solução

Na figura seguinte, está representada a solução de virtualização de postos de trabalho implementada.

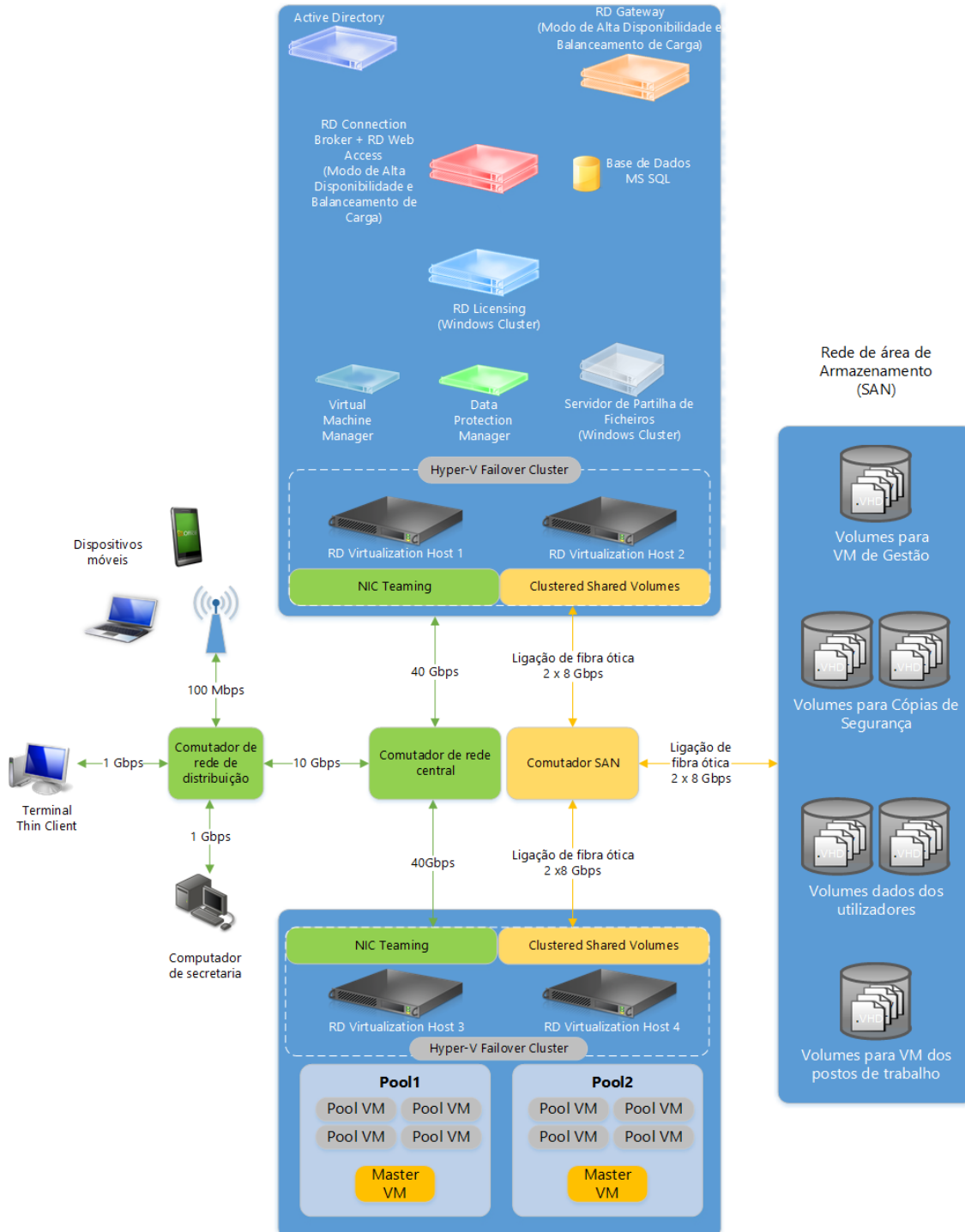


Figura 6.35 - Solução de virtualização de postos de trabalho.

7 IMPACTO DA SOLUÇÃO IMPLEMENTADA

Para podermos aferir as vantagens de uma infraestrutura de virtualização de postos de trabalho, em relação a uma abordagem mais tradicional sem virtualização, foram realizados vários testes e medições à solução implementada.

Os testes e medições, procuram demonstrar se existem ganhos de desempenho, diminuição dos consumos energéticos e agilização dos procedimentos de manutenção das salas de informática.

Através das medições realizadas ao consumo energético pretende-se também perceber o impacto económico que a solução poderá ter a médio-longo prazo.

7.1 Testes de desempenho

Para aferir o desempenho da solução, foram feitos testes às capacidades dos postos de trabalho virtuais e dos antigos computadores utilizados nas salas de aula da FCT. Uma vez que os computadores, que foram substituídos pelos postos virtuais, eram muito antigos, foram também feitos testes num computador mais recente (HP Spectre 360) e num posto de trabalho virtual equivalente (SI-VDI). Pretende-se assim fazer uma comparação, mais fidedigna, com os padrões mais atuais de *hardware*. As características destas máquinas estão descritas na tabela seguinte:

<i>Hardware</i>	Postos de trabalho físicos	Postos de trabalho virtuais	HP Spectre 360	SI-VDI
CPU	Pentium 4 @ 3.0 MHz	Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz (4 núcleos)	Intel Core i55300U 2.30GHz @ 2301 MHz (4 núcleos)	Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz (4 núcleos)
Memória	2,5GB	3GB	8GB	8GB
Placa Gráfica	Intel(R) 82865G	Microsoft Hyper-V Video	Intel(R) HD Graphics 5500	Microsoft Hyper-V Video
Disco	75GB	50GB	250GB	250GB

Tabela 7.1 - Comparação de hardware dos postos de trabalho físicos e virtuais.

Os testes de desempenho foram realizados com ajuda da aplicação *Novabench* [45]. Esta aplicação, gratuita para descarregamento, efetua testes ao CPU, GPU, memória e disco. Os testes, que a aplicação executa, são os seguintes:

- **CPU**
 - Velocidade de cálculo aritmético com números de ponto flutuante;
 - Velocidade de cálculo aritmético com números inteiros;
 - *Hashing* MD5.
- **GPU** - Gráficos 3D com utilização de uma cena 3D;
- **Memória** - Testa a velocidade de leitura e escrita em memória;
- **Disco** - Testa a velocidade de escrita no disco.

A aplicação permite o carregamento dos resultados, para uma base de dados online, para comparação com mais de 1 milhão de outros testes já submetidos.

Após a execução da aplicação em todos os computadores, foram recolhidos os dados de cada teste, que foram posteriormente compilados numa tabela de Excel para análise. Os relatórios de teste, a cada um dos postos de trabalho, e a tabela com a sumarização dos resultados encontram-se no apêndice 1 e no apêndice 2, respetivamente.



Figura 7.1 - Realização de testes de performance nas salas de aula.

Nos gráficos que se seguem, estão os resultados dos vários testes efetuados.

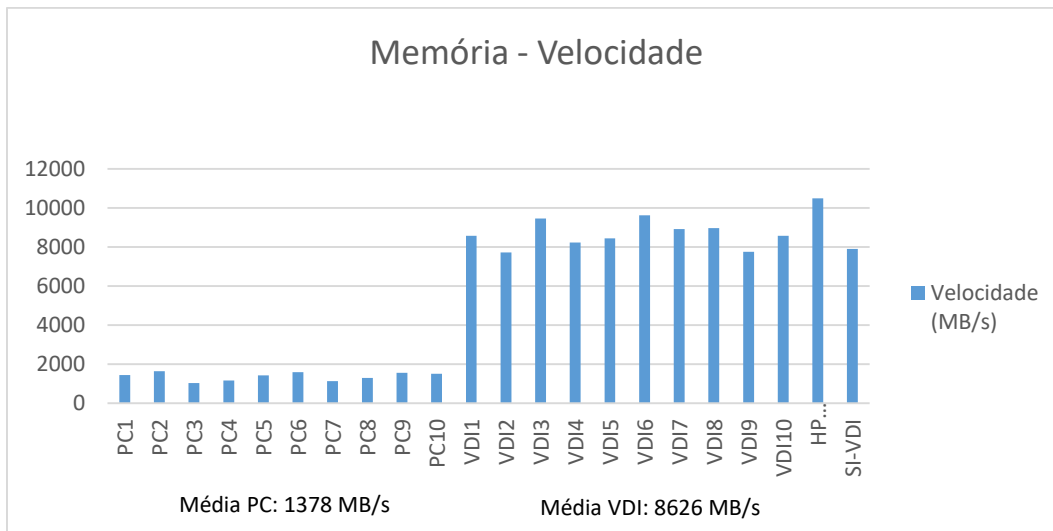


Figura 7.2 - Teste de desempenho: Memória.

Como podemos ver em termos de velocidade de acesso à memória, os postos de trabalho virtuais são claramente superiores às máquinas físicas existentes. Com uma média de acesso na ordem dos 8626 MB/s, quase 6 vezes superiores aos valores dos postos de trabalho físicos. Estes valores não são muito diferentes do computador HP, ficando 20% abaixo do valor conseguido pelo HP.

No que diz respeito a processamento, com exceção dos postos de trabalho mais antigos, todos os restantes possuem 4 núcleos (apesar de terem velocidades diferentes).

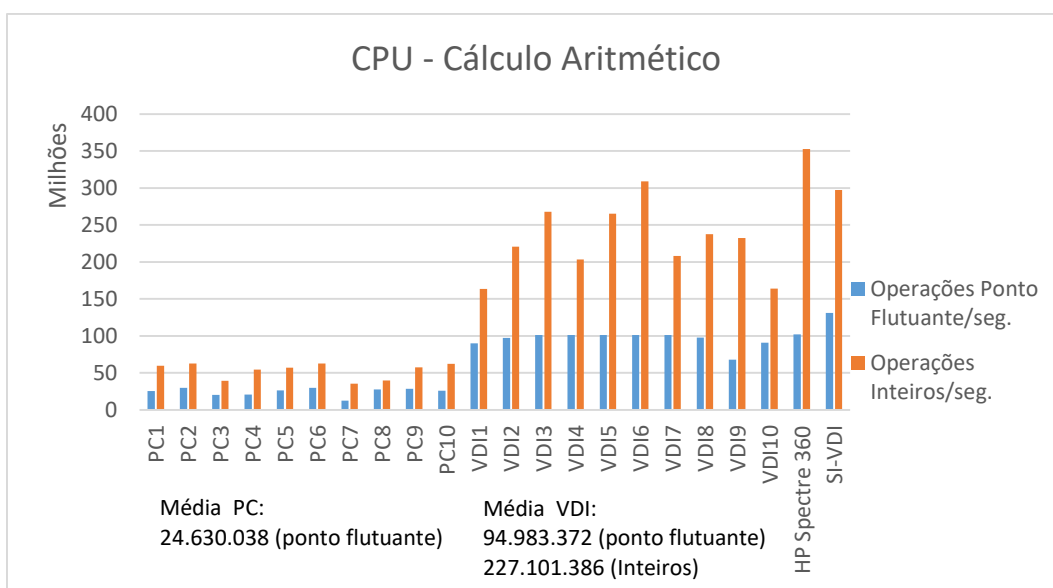


Figura 7.3 - Teste de desempenho: CPU (1).

O HP Spectre 360 é o vencedor no cálculo aritmético com números inteiros, conseguindo quase mais 50 mil operações de cálculos por segundo que o melhor resultado realizado por um posto de trabalho virtual. Já no cálculo com números de vírgula flutuante, os postos de trabalho virtuais conseguem-se equipar ao HP, sendo ultrapassado inclusive, de forma relevante, pela máquina SI-VDI. O desempenho dos computadores mais antigos fica muito abaixo dos postos de trabalho virtuais, com valores médios que representam entre 25 a 30% dos valores médios atingidos pelos virtuais.

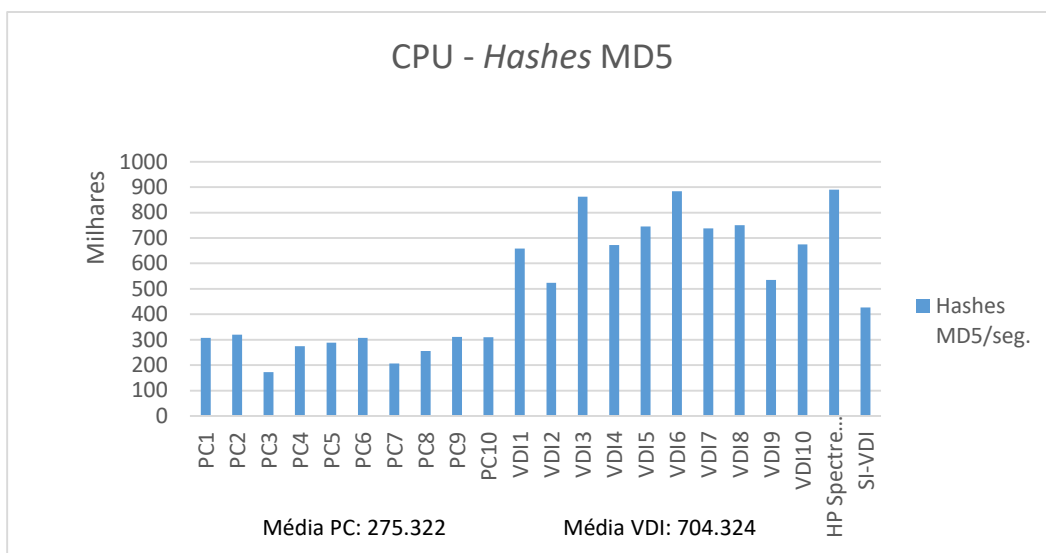


Figura 7.4 - Teste de desempenho: CPU (2).

Nos testes de CPU, com geração de chaves *hash* MD5, o desempenho das máquinas virtuais equipara-se ao do HP. Os computadores mais antigos pautam o seu desempenho por um valor médio, sendo este inferior a metade da média dos postos de trabalho virtuais.

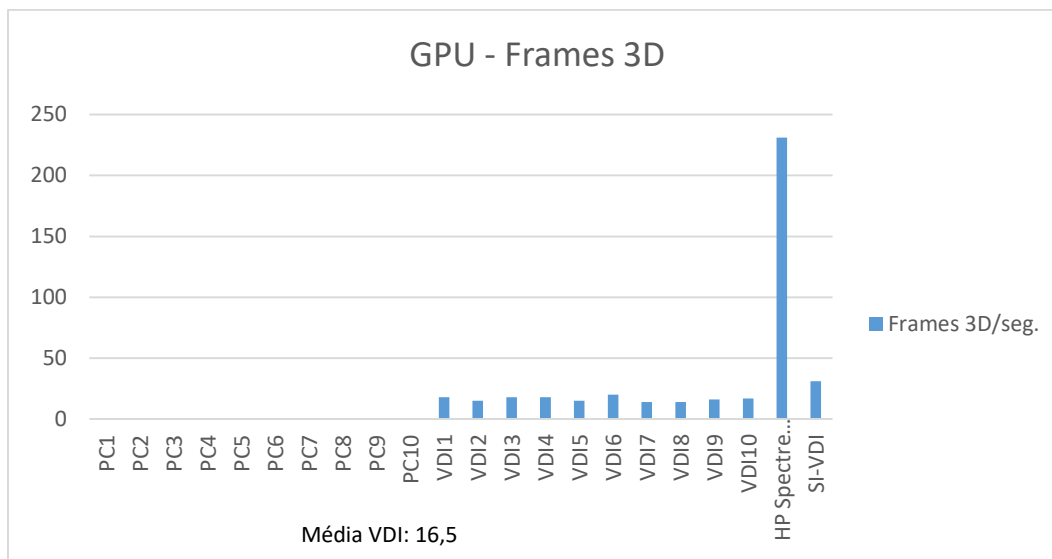


Figura 7.5 - Teste de desempenho: GPU.

Nos testes de GPU, a placa gráfica integrada dos computadores físicos, não possuía capacidades 3D, pelo que não foi possível executar os testes e não foram considerados para esta análise. Pelo gráfico pode-se constatar que em termos de processamento de *frames* 3D, os postos de trabalho virtuais não vão além das 31 *frames* /segundo, ficando muito aquém das 231 conseguidas pela GPU do HP.

Claramente se percebe que os postos de trabalho virtuais, sem a instalação de uma GPU nos hospedeiros que possa tratar deste tipo de processamento, dificilmente conseguirão executar aplicações 3D exigentes.

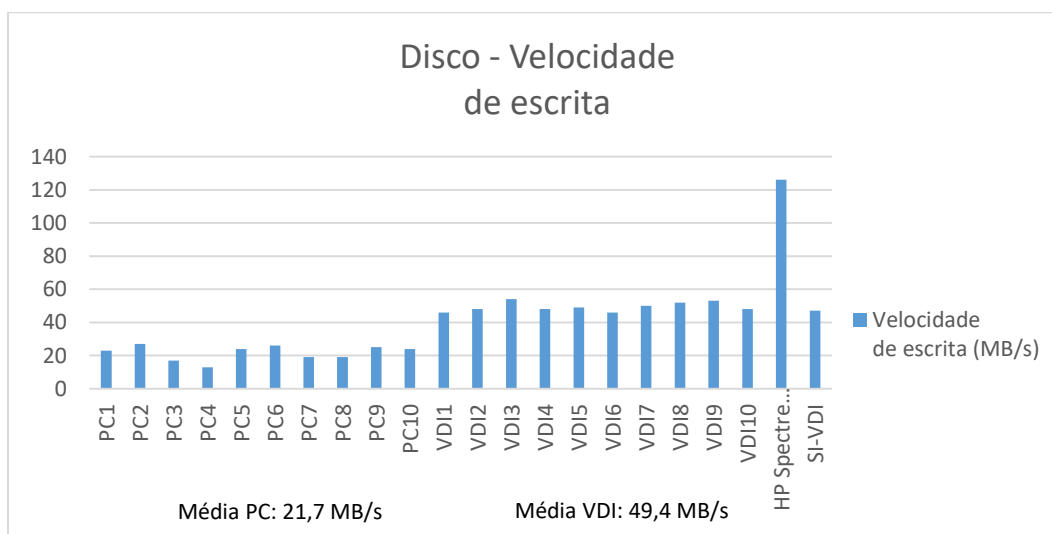


Figura 7.6 - Teste de desempenho: Disco.

No que diz respeito à velocidade de escrita o HP é claramente superior, resultado do *solid state disk*(SSD) que tem instalado, atingindo velocidades de escrita de 126MB/s, enquanto que os postos virtuais atingem valores médios na ordem dos 49,4GB/s. Os postos de trabalho físicos mais antigos não vão além dos 21,7MB/s de média, consequência de possuírem discos antigos a 7200 rotações por minuto, com baixa performance.

No que diz respeito aos hospedeiros de virtualização, os gráficos de performance diária e mensal, retirados do SCVMM e ilustrados na Figura 7.7, mostram que os recursos adquiridos são suficientes e ainda têm margem, para que o sistema seja alargado a outras salas.

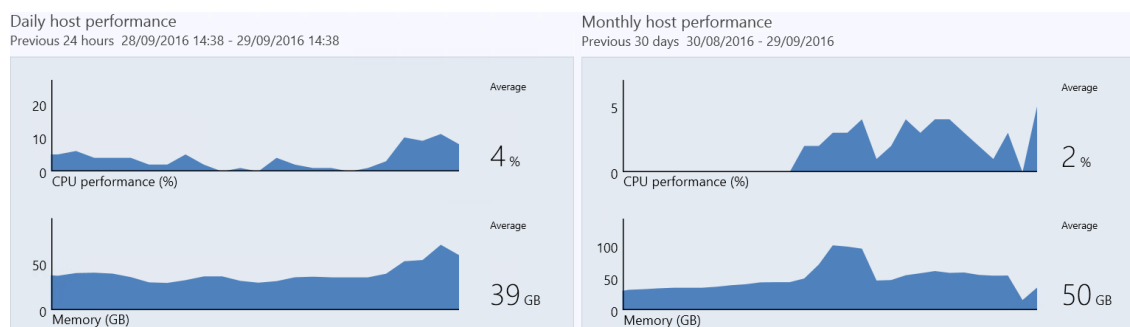


Figura 7.7 - Desempenho diário e mensal do cluster de virtualização.

7.2 Medição de consumos energéticos

Para realizar os testes de consumo, foi utilizado um medidor de consumo energético (referência *Silvercrest Z30412*), que se instala na tomada de energia. O cabo de alimentação do computador ou terminal, é depois ligado ao medidor energético, como se pode ver pela Figura 7.8.

Foram analisados dois tipos de equipamento: um terminal e um computador de secretária. O terminal possui uma fonte de alimentação de 65W, enquanto que o computador de secretaria possui uma fonte de 450W. As medições foram feitas enquanto ambos reproduziam continuamente a mesma lista de filmes, a partir do site Youtube, com uma resolução de 720p.

Uma vez que não é possível extrair os dados do medidor, foi necessário recorrer à fotografia para registar os resultados. Nas figuras seguintes, da esquerda

para direita, temos os consumos acumulados (kWh), do terminal e do computador de secretária respetivamente.



Figura 7.8 - Teste de consumo energético.

Equipamento	Tempo de Medição (minutos)	Consumo	Consumo por hora
Terminal	201	0,05 kWh	0,015 kWh
Computador de secretária	318	0,85 kWh	0,16 kWh

Tabela 7.2 - Consumos energéticos medidos.

Como podemos constatar o consumo energético de um computador de secretária é cerca de 10 vezes superior ao do terminal, o que pode representar ganhos de eficiência energética substanciais.

No entanto, como a solução de virtualização de postos de trabalho, é suportada por uma infraestrutura de terminais, mas também por uma infraestrutura de servidores, também foi analisado o consumo energético dos servidores, e que é apresentado na Tabela 7.3. O consumo, neste caso instantâneo, foi retirado da plataforma de gestão centralizada de servidores, como ilustrado na Figura 7.9.

Details for Node 11 () - IBM Flex System x240 Compute Node with embedded 10Gb Virtual Fabric

Events	General	Hardware	Firmware	Power	Environmentals	IO Connectivity	SOL Status	Boot Sequence	LEDs	Boot Mode
Power state				On						
Power in use				83W						
Minimum allocated power				181W						
Maximum allocated power				307W						

Figura 7.9 - Consumo energético de um hospedeiro de virtualização.

Equipamento	Consumo instantâneo	Consumo por hora
Servidor 1	83W	0,083 kWh
Servidor 2	85W	0,085 kWh
Servidor 3	85W	0,085 kWh
Servidor 4	79W	0,079 kWh

Tabela 7.3 - Consumos energéticos dos hospedeiros de virtualização.

7.3 Largura de banda ocupada pelos postos de trabalho

Um dos fatores mais importantes numa implementação de postos de trabalho virtuais é a largura de banda consumida. Importa perceber qual o consumo e se a rede de dados existente pode ou não suportar a solução.

Uma vez que o tráfego de rede, entre o posto de trabalho virtual e um terminal, resume-se às alterações que são produzidas na apresentação do ambiente de trabalho remoto e que são enviadas para o terminal, para determinar a largura de banda foi executado um filme a partir do site Youtube com várias resoluções, uma vez que o mesmo obriga à composição sistemática de novas *frames* de visualização.

Os valores apresentados a seguir foram retirados do *software* de gestão de rede da Universidade do Algarve.

Tamanho do vídeo	Qualidade	Largura de banda	Duração do teste (min)	Desempenho observado
Ecrã completo	720p	40,55 Mbps	16:25:05	Baixo número de <i>frames</i> . Desempenho não aceitável.
640x360	720p	39,87 Mbps	16:35:56	Desempenho razoável, com maior taxa de <i>frames</i> transmitidos para o terminal.
Ecrã completo	1080p	38,45 Mbps	16:39:58	Baixo número de <i>frames</i> . desempenho não aceitável.
640x360	1080p	38,16 Mbps	16:41:21	Desempenho razoável, mas com uma taxa de <i>frames</i> inferior ao teste a 720p.
409x239	480p	42,28 Mbps	16:49:49	Desempenho bom.

Tabela 7.4 - Testes de largura de banda.

Da análise dos resultados podemos observar que a qualidade da visualização é grandemente afetada, para tamanhos maiores da janela de vídeo ou para níveis de qualidade mais elevados.

No entanto, um aspeto interessante que se pode observar é que a largura de banda não varia como esperado. Seria expectável que com o aumento do tamanho da janela ou da qualidade do vídeo, maior quantidade de dados iria ser transmitido para o terminal, mas o que se verifica é que com um tamanho da janela ou com uma qualidade maior, a largura de banda diminui.

Uma das razões para este comportamento, pode estar do lado do hospedeiro de virtualização que não consegue processar todas as *frames* necessárias, e como tal o número de *frames* transmitidas para o terminal é menor, pelo que a largura de banda consumida também será menor. A outra razão poderá estar do lado do terminal, que possui uma capacidade de processamento gráfico reduzida e na versão do protocolo RDP que implementa (versão 7.1).

A última versão deste protocolo, traz mecanismos mais eficientes na composição e transmissão de *frames*, que beneficiam a experiência de utilização. Isso pode ser observado, quando o mesmo posto de trabalho virtual é acedido de um computador com capacidade de processamento superior e que implementa a versão 8.0 do protocolo RDP.

A largura de banda, medida nos testes realizados, também se situa bastante acima das estimativas presentes na Tabela 6.5 do ponto 6.4.

7.4 Usabilidade

No que diz respeito à usabilidade dos postos de trabalho remoto, verifica-se um bom nível de resposta do mesmo, aos *inputs* que são fornecidos através dos dispositivos de entrada do terminal (rato, teclado, dispositivos de armazenamento USB). A execução das aplicações também é fluída, com um desempenho muito bom.

7.5 Procedimentos de manutenção

Como referido anteriormente, na secção 4.4, os procedimentos de manutenção, onde se inclui a instalação do sistema operativo e das aplicações necessárias, foram identificados como morosos e que motivam uma menor produtividade dos técnicos de informática que dão suporte às salas.

Convém, portanto, perceber se a alteração de procedimentos, motivada pela virtualização, trouxe melhoria da produtividade.

No acompanhamento que foi feito, ao processo tradicional de instalação utilizado pela equipa de suporte dos Serviços de Informática, contactou-se o seguinte:

- Duração da instalação de um posto (sistema operativo mais aplicações): 14 horas;
- Testes e captura da imagem de instalação para um disco externo: 7 horas;
- Distribuição da imagem de instalação capturada, para as cinco salas de aula, com 4 discos externos: 35 horas;

No total, este procedimento consome aproximadamente 56 horas de trabalho, a um técnico dos serviços de informática, em dedicação exclusiva.

No caso do procedimento, após a virtualização, a duração das tarefas é a seguinte:

- Criação de uma VM de referência, baseado num *template* já com sistema operativo: 10 minutos.

- Clonagem da VM de referência para contabilizar quatro VMs, uma por departamento: 8 minutos por VM, 24 minutos no total.
- Instalação das aplicações necessárias: 14 horas;
- Teste das aplicações: 5 horas.
- Criação das quatro coleções com 70 postos virtuais cada: 1 hora e 30 minutos por coleção, 6 horas no total.

Neste caso, o tempo total aproximado para a conclusão da tarefa é de 25 horas e 35 minutos, cerca de menos 30 horas de trabalho. Se considerarmos, que durante as 6 horas necessárias para a criação de todas as coleções, o técnico de informática pode estar a desempenhar outras tarefas, então a diferença entre procedimentos equivale a uma semana de trabalho.

No caso de ser necessário, instalar mais aplicações, durante o ano letivo, o procedimento envolve a execução do programa de instalação em cada um dos postos de trabalho existentes na aula. Para além de repetitivo, este procedimento não permite, ao técnico que o executa, a realização de tarefas paralelas. O tempo total varia consoante o tempo de necessário para a instalação, e que é condicionado também pelo desempenho do posto.

No caso do processo após a virtualização, esta tarefa implica o tempo de instalar a aplicação na VM de referência, e o tempo necessário para que todos postos de trabalho da coleção sejam recriados. Esta tarefa de recriação, tem a vantagem de poder ser agendada para um período noturno, não necessitando de intervenção do técnico, nem causando perturbações ao normal funcionamento das aulas.

7.6 Impacto financeiro e no meio ambiente

Para o estudo do impacto da solução, num período de 5 anos, foi considerado o seguinte:

- **Postos de trabalho não-virtualizados**
 - O valor de aquisição de 650€, por posto de trabalho físico, com processador Intel i5 a 2,67GHz e 4 núcleos, 4GB de memória de sistema e 500GB de disco rígido. Teclado, rato e monitor estão incluídos;
 - Um ciclo de renovação de 4 anos do parque informático de postos de trabalho físicos, considerando o mesmo valor aquisitivo por posto.
- **Postos de trabalho virtualizados**
 - O valor de aquisição de 320€, por terminal. Teclado, rato e monitor estão incluídos;
 - Valor de aquisição de 7200€, por cada servidor equipado com 2 processadores, de 10 núcleos cada, a 2.2 GHz, 128GB de memória de sistema;
 - O valor de aquisição de 21800€, para uma gaveta com 2 discos SSD de 400GB e 24 discos SAS de 300GB.
- **Consumos energéticos**
 - O consumo médio de 0,015 kWh por terminal, de 0,083 kWh por servidor e de 0,16 kWh por posto de trabalho físico;
 - A utilização dos postos de trabalho, físicos e virtuais, durante um período médio diário de 7 horas, em 22 dias por mês, o que perfaz 1848 horas de utilização anual;
 - O consumo energético dos servidores durante 24 horas;
 - O valor de 0,1634€ (valor para o mercado doméstico) por kWh consumido;

Com os valores acima mencionados foi elaborada a seguinte tabela:

Impacto Financeiro	70 postos de trabalho não virtualizados	70 postos de trabalho virtualizados
Investimento inicial	45500	73000
Investimento a 4 anos (€)	45500	0
Consumo anual (kWh)	20697,6	4043,95
Valor do consumo anual (€)	3381,99	660,78
Valor do consumo em 5 anos (€)	16909,94	3303,91
Custos totais	111291,93	76964,69

Tabela 7.5 - Custos totais com e sem virtualização de postos de trabalho.

Como se pode verificar, num plano de investimento a 5 anos, o valor investido numa infraestrutura de virtualização de 70 postos de trabalho é cerca de 30% inferior ao de uma infraestrutura com computadores físicos. Se aos valores calculados forem acrescentados os custos de manutenção de cada infraestrutura, então a diferença ainda é maior.

No que diz respeito ao meio ambiente, a solução virtualizada tem um impacto 5 vezes inferior à solução não virtualizada, significando uma redução de 39 toneladas em emissões de CO2 por ano, como mostra a seguinte tabela (cálculo efetuados recorrendo a um simulador [46]).

Impacto no meio ambiente	70 postos de trabalho não virtualizados	70 postos de trabalho virtualizados
Consumo anual (kWh)	20697,6	4043,95
Emissões de CO2 (kg CO2/ano)	9723	1900
Emissões de CO2 (kg CO2/ 5 ano)	48615	9500

Tabela 7.6 - Impacto ambiental com e sem virtualização.

8 CONCLUSÕES

Este projeto tinha como principal objetivo utilizar a tecnologia de virtualização para disponibilizar postos de trabalho, nos laboratórios de informática da FCT, de uma forma mais flexível, com menores custos operacionais e financeiros, e garantindo um nível de produtividade adequado às necessidades da Instituição.

Pretendia-se também perceber se esta tecnologia é uma opção viável para alargar não só a outras salas, mas também a gabinetes de trabalho da Universidade do Algarve.

No que diz respeito ao objetivo principal, pelos resultados da utilização do sistema nos últimos meses, penso que o mesmo foi atingido. Ganhou-se um desempenho superior na capacidade de processamento e uma grande flexibilidade na gestão e manutenção das salas. Desde o período de entrada em produção, já foram feitos inúmeros pedidos de disponibilização de novas coleções, que foram atendidos em tempo recorde, para cursos e outras ações de formação pontuais. A possibilidade de alocar recursos de forma dinâmica aos postos de trabalho, permitiu a racionalização correta dos recursos e um desempenho sempre constante.

Estes factos tiveram um impacto positivo, na melhoria da produtividade das equipas de suporte, diminuindo grandemente o número de horas necessárias à manutenção das salas.

Dos testes realizados e da análise feita, também podemos afirmar que esta infraestrutura consegue dar resposta às necessidades de utilização das salas de aula, e muito certamente às necessidades em gabinetes de trabalho.

Se considerarmos o impacto financeiro e de pegada ecológica, também podemos concluir que traz várias vantagens. Apesar do custo inicial ser maior, esse valor é compensado com o investimento de renovação, que é necessário fazer a 4 anos. Com o menor consumo da solução virtualizada, poupa-se também nos custos de operação e mais importante que isso, no ambiente.

Isto quer dizer que, em relação ao objetivo secundário, podemos afirmar que a solução poderá ser alargada a um maior número de postos de trabalho. A poupança a nível energético, de um parque de postos de trabalho completamente virtualizado

(cerca de 1050 postos de trabalho) poderá ser muito relevante tanto a nível financeiro como ecológico.

No entanto, recomenda-se a aquisição de placas gráficas para os hospedeiros de virtualização e de terminais com maior capacidade de processamento e que consigam tirar partido da versão 8.0 do protocolo RDP, por forma a dar uma experiência de utilização satisfatória em cenários mais exigentes de utilização.

A nível pessoal, a implementação deste projeto e a elaboração deste relatório permitiu uma aquisição de conhecimentos significativa sobre as tecnologias de virtualização, o que originou o aparecimento de novos serviços baseados em virtualização, dentro da Universidade do Algarve, como por exemplo a plataforma de *cloud computing*, disponibilizada a equipas de investigação e grupos de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Carissimi, "Virtualização: da teoria a soluções," *26º Simpósio Bras. Redes Comput. e Sist. Distrib.*, pp. 173–207, 2008.
- [2] Microsoft Corporation, "Bring Your Own Device Scenarios: A Deployment Guide for Education," *Windows 8.1 Deployment Guidance for Education Environments*, 2014. [Online]. Available: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/dn645510.aspx>. [Accessed: 20-Dec-2014].
- [3] Microsoft Corporation, "Virtual Desktop Infrastructure: A Deployment Guide for Education," *Windows 8.1 Deployment Guidance for Education Environments*, 2014. [Online]. Available: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/dn645483.aspx>. [Accessed: 20-Dec-2014].
- [4] J. A. Davies, "Virtualization terms you should know," 2008. [Online]. Available: <https://www.globalknowledge.com/us-en/content/articles/virtualization-terms-you-should-know/>. [Accessed: 18-Sep-2016].
- [5] M. a. P. Laureano and C. a. Maziero, "Virtualização: Conceitos e Aplicações em Segurança," *An. do 26o Simpósio Bras. Segurança da Informação-SBSEG*, vol. 2, pp. 34–40, 2008.
- [6] N. Yaqub, "Comparison of Virtualization Performance: VMWare and KVM," University of Oslo, 2012.
- [7] J. Sahoo, S. Mohapatra, and R. Lath, "Virtualization: A survey on concepts, taxonomy and associated security issues," *2nd Int. Conf. Comput. Netw. Technol. ICCNT 2010*, pp. 222–226, 2010.
- [8] VMware, "Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist," *Memory*, p. 17, 2007.
- [9] S. Nanda and T. Chiueh, "A Survey on Virtualization Technologies," *RPE Rep.*, vol. 179, no. Vm, pp. 1–42, 2005.
- [10] G. J. Popek and R. P. Goldberg, "Formal requirements for virtualizable third generation architectures," *Commun. ACM*, vol. 17, no. 7, pp. 412–421, Jul. 1974.
- [11] M. A. B. Monginho, "Estudo do impacto da virtualização de hardware num nó de uma organização distribuída: o estudo de caso da Administração Regional de Saúde do Alentejo," Instituto Politécnico de Setúbal Escola, 2012.
- [12] D. Kusnetzky, *Virtualization: A Manager's Guide*. O'Reilly, 2011.
- [13] L. Y. Seng, "Storage Options in Windows Server 2012," 2012. .
- [14] N. Benmessaoud, C. J. Williams, U. M. Mudigonda, and M. Tulloch, *Microsoft System Center - Network Virtualization and Cloud Computing*, 1st ed. Redmond, Washington: Microsoft Press, 2014.
- [15] M. Tulloch, S. Perriman, and System Center Team, *Introducing Microsoft System Center 2012 R2*. Redmond, Washington: Microsoft Press, 2013.
- [16] A. Almeida, "Virtualização," Universidade do Porto, 2011.
- [17] VMware, "Virtualization overview," *White Pap.* [http://www. vmware. com/pdf/virtualization. pdf](http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf), pp. 1–11, 2006.
- [18] G. A. da Silva, "Impacto da virtualização nos sistemas de informação das instituições financeiras," Universidade de Évora, 2013.
- [19] T. J. Bittman, G. J. Weiss, M. a. Margevicius, and P. Dawson, "Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure," *Gartner Research*, 2016. [Online]. Available:

- <http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1B2IRYF&ct=120626&st=sg>. [Accessed: 20-Sep-2016].
- [20] Microsoft Corporation, "Hyper-V Overview," 2012. [Online]. Available: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831531.aspx>. [Accessed: 12-Oct-2014].
- [21] "Hyper-V," *Wikipedia the free encyclopedia*, 2016. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hyper-V>.
- [22] R. Buyya, J. Broberg, and A. Goscinski, *Cloud Computing: Principles and Paradigms (Google eBook)*. John Wiley & Sons, 2010.
- [23] S. Agrawal, R. Biswas, and A. Nath, "Virtual desktop infrastructure in higher education institution: Energy efficiency as an application of green computing," *Proc. - 2014 4th Int. Conf. Commun. Syst. Netw. Technol. CSNT 2014*, pp. 601–605, 2014.
- [24] D. K. Johnson, "The Forrester Wave™: Server-Hosted Virtual Desktops (VDI), Q3 2015 The Seven Providers That Matter Most And How They Stack Up Key takeaways," 2015.
- [25] Citrix, "Introducing XenDesktop." .
- [26] Microsoft Corporation, "Remote Desktop Services Overview," *Server Roles and Technologies in Windows Server 2012 R2 and Windows Server 2012*, 2012. [Online]. Available: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831447.aspx>. [Accessed: 23-Nov-2015].
- [27] VMware, "VMware Horizon 7 Datasheet." .
- [28] Microsoft Corporation, "Microsoft RemoteFX," 2011. [Online]. Available: [https://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817578\(v=WS.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/ff817578(v=WS.10).aspx). [Accessed: 20-Dec-2014].
- [29] Microsoft Corporation, "Capacity planning for a Microsoft Virtual Desktop Infrastructure pooled 2 , 000-seat virtual machine collection in Windows Server 2012," 2013.
- [30] "FreeRDP: A Remote Desktop Protocol Implementation." [Online]. Available: <http://www.freerdp.com/>. [Accessed: 20-Sep-2016].
- [31] Microsoft, "Connect Users to VDI Sessions," 2014. [Online]. Available: [https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn645519\(v=ws.11\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn645519(v=ws.11).aspx).
- [32] Brien Posey, "VDI comparison: Citrix XenDesktop vs. VMware View." [Online]. Available: <http://searchvirtualdesktop.techtarget.com/tip/VDI-comparison-Citrix-XenDesktop-vs-VMware-View>. [Accessed: 24-Sep-2016].
- [33] Microsoft Corporation, "Choose a VDI Deployment Scenario," *Virtual Desktop Infrastructure: A Deployment Guide for Education*, 2014. [Online]. Available: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn645525.aspx>. [Accessed: 20-Dec-2014].
- [34] Microsoft Corporation, "Scripting with Windows PowerShell," 2014. [Online]. Available: <https://technet.microsoft.com/library/bb978526.aspx>. [Accessed: 20-Jan-2015].
- [35] C. Advantages and W. Server, "Why Hyper-V ? Competitive Advantages of Windows Server 2012 R2 Hyper-V over VMware vSphere 5.5," 2013.
- [36] Microsoft Corporation, "Windows Server 2012 2 , 500-user pooled VDI deployment guide," 2013.
- [37] M. Tulloch, *Introducing Windows Server 2012 R2*, vol. 1. Redmond, Washington: Microsoft Press, 2013.

- [38] Microsoft Corporation, "Use Cluster Shared Volumes in a Failover Cluster," *Server Roles and Technologies in Windows Server 2012 R2 and Windows Server 2012*, 2012. [Online]. Available: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj612868.aspx>. [Accessed: 07-Dec-2014].
- [39] M. Wollnik, "Deploying Data Deduplication for VDI storage in Windows Server 2012 R2," 2013. [Online]. Available: <http://blogs.technet.com/b/filecab/archive/2013/07/31/deploying-data-deduplication-for-vdi-storage-in-windows-server-2012-r2.aspx>. [Accessed: 20-Oct-2014].
- [40] M. Wollnik, "Extending Data Deduplication to new workloads in Windows Server 2012 R2," 2013. [Online]. Available: <http://blogs.technet.com/b/filecab/archive/2013/07/31/extending-data-deduplication-to-new-workloads-in-windows-server-2012-r2.aspx>. [Accessed: 20-Jan-2015].
- [41] Gabinete de Comunicação, "Sobre a UAlg | Universidade do Algarve," 2013. [Online]. Available: <http://www.ualg.pt/pt/content/sobre-ualg>. [Accessed: 25-Sep-2016].
- [42] Hp, "HP t510 Flexible Thin Client | HP® Official Site."
- [43] Microsoft Corporation, "Windows 8 Virtual Desktop Infrastructure image client tuning guide," 2013.
- [44] Hewlett-Packard Development Company, "HP ThinPro 5.2 - Administrator Guide." 2015.
- [45] Novawave Inc., "Novabench - About." [Online]. Available: <https://novabench.com/about.php>. [Accessed: 20-Sep-2016].
- [46] "Ecocasa - Emissões de CO2." [Online]. Available: <http://www.ecocasa.pt/simuladores/Emissoes/emissoes.php#placeToGo>. [Accessed: 29-Sep-2016].

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Testes de performance com a aplicação Novabench

APÊNDICE 1 - Testes de performance com a aplicação Novabench

The image displays six screenshots of the Novabench application, arranged in a 3x2 grid. Each screenshot shows the results of a performance test on a different PC, with a unique score and detailed hardware specifications.

- PC1 (Score: 178):** 27/09/2016 12:28:51. System RAM (72), CPU (99), Hardware (7).
- PC2 (Score: 188):** 27/09/2016 12:29:43. System RAM (73), CPU (107), Hardware (8).
- PC3 (Score: 142):** 27/09/2016 12:30:34. System RAM (70), CPU (66), Hardware (6).
- PC4 (Score: 163):** 27/09/2016 12:31:25. System RAM (72), CPU (86), Hardware (5).
- PC5 (Score: 177):** 27/09/2016 12:32:05. System RAM (73), CPU (97), Hardware (7).
- PC6 (Score: 187):** 27/09/2016 12:32:52. System RAM (73), CPU (106), Hardware (8).

Each screenshot includes a 'Compare These Results Online' button and 'Save'/'Close' options. The hardware details for all tests include: Microsoft Windows 7 Enterprise, Intel Pentium 4 3.00GHz @ 2992 MHz, Intel(R) 82865G Graphics Controller, and Primary Partition Capacity: 74 GB.

NovaBench Score: 136

27/09/2016 12:33:43
 Microsoft Windows 7 Enterprise
 Intel Pentium 4 3.00GHz @ 2992 MHz
 Graphics Card: Intel(R) 82865G Graphics Controller

2528 MB System RAM (Score: 71)
 - RAM Speed: 1131 MB/s

CPU Tests (Score: 58)
 - Floating Point Operations/Second: 12567956
 - Integer Operations/Second: 35530650
 - MD5 Hashes Generated/Second: 206644

Graphics Tests (Score: 0)
 - 3D Frames Per Second: 0

Hardware Tests (Score: 7)
 - Primary Partition Capacity: 74 GB
 - Drive Write Speed: 19 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 162

27/09/2016 12:35:16
 Microsoft Windows 7 Enterprise
 Intel Pentium 4 3.00GHz @ 2992 MHz
 Graphics Card: Intel(R) 82865G Graphics Controller

2552 MB System RAM (Score: 72)
 - RAM Speed: 1294 MB/s

CPU Tests (Score: 83)
 - Floating Point Operations/Second: 27730362
 - Integer Operations/Second: 39593580
 - MD5 Hashes Generated/Second: 255450

Graphics Tests (Score: 0)
 - 3D Frames Per Second: 0

Hardware Tests (Score: 7)
 - Primary Partition Capacity: 74 GB
 - Drive Write Speed: 19 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 182

27/09/2016 12:35:43
 Microsoft Windows 7 Enterprise
 Intel Pentium 4 3.00GHz @ 2992 MHz
 Graphics Card: Intel(R) 82865G Graphics Controller

2552 MB System RAM (Score: 73)
 - RAM Speed: 1548 MB/s

CPU Tests (Score: 102)
 - Floating Point Operations/Second: 28238754
 - Integer Operations/Second: 57472622
 - MD5 Hashes Generated/Second: 311448

Graphics Tests (Score: 0)
 - 3D Frames Per Second: 0

Hardware Tests (Score: 7)
 - Primary Partition Capacity: 74 GB
 - Drive Write Speed: 25 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 181

27/09/2016 12:36:52
 Microsoft Windows 7 Enterprise
 Intel Pentium 4 3.00GHz @ 2992 MHz
 Graphics Card: Intel(R) 82865G Graphics Controller

2528 MB System RAM (Score: 73)
 - RAM Speed: 1512 MB/s

CPU Tests (Score: 101)
 - Floating Point Operations/Second: 25815850
 - Integer Operations/Second: 62235142
 - MD5 Hashes Generated/Second: 309312

Graphics Tests (Score: 0)
 - 3D Frames Per Second: 0

Hardware Tests (Score: 7)
 - Primary Partition Capacity: 74 GB
 - Drive Write Speed: 24 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 404

27/09/2016 13:30:28
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 120)
 - RAM Speed: 8571 MB/s

CPU Tests (Score: 272)
 - Floating Point Operations/Second: 89918256
 - Integer Operations/Second: 163667796
 - MD5 Hashes Generated/Second: 657958

Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 18

Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 46 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 413

27/09/2016 13:28:51
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon X7560 2.27GHz @ 2262 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 115)
 - RAM Speed: 7726 MB/s

CPU Tests (Score: 286)
 - Floating Point Operations/Second: 97111004
 - Integer Operations/Second: 220523856
 - MD5 Hashes Generated/Second: 524363

Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 15

Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 48 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 502

27/09/2016 13:27:04
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 124)
 - RAM Speed: 9455 MB/s

CPU Tests (Score: 365)
 - Floating Point Operations/Second: 101262112
 - Integer Operations/Second: 26725148
 - MD5 Hashes Generated/Second: 862462

Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 18

Hardware Tests (Score: 9)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 54 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 436

27/09/2016 13:26:02
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 118)
 - RAM Speed: 8235 MB/s

CPU Tests (Score: 306)
 - Floating Point Operations/Second: 101365112
 - Integer Operations/Second: 203473468
 - MD5 Hashes Generated/Second: 671814

Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 18

Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 48 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 477

27/09/2016 13:24:30
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon X7560 2.27GHz @ 2262 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 119)
 - RAM Speed: 8446 MB/s

CPU Tests (Score: 346)
 - Floating Point Operations/Second: 101124352
 - Integer Operations/Second: 265215916
 - MD5 Hashes Generated/Second: 745201

Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 15

Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 49 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 524

27/09/2016 13:22:51
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 125)
 - RAM Speed: 9626 MB/s

CPU Tests (Score: 386)
 - Floating Point Operations/Second: 101300180
 - Integer Operations/Second: 308840592
 - MD5 Hashes Generated/Second: 883334

Graphics Tests (Score: 5)
 - 3D Frames Per Second: 20

Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 46 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 451

27/09/2016 13:22:04
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52660 v2 2.20GHz @ 2200 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 121)
 - RAM Speed: 8915 MB/s

CPU Tests (Score: 318)
 - Floating Point Operations/Second: 101292968
 - Integer Operations/Second: 208095396
 - MD5 Hashes Generated/Second: 738080

Graphics Tests (Score: 3)
 - 3D Frames Per Second: 14

Hardware Tests (Score: 9)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 50 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

NovaBench Score: 464

27/09/2016 13:20:27
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V

3072 MB System RAM (Score: 122)
 - RAM Speed: 8964 MB/s

CPU Tests (Score: 330)
 - Floating Point Operations/Second: 97544944
 - Integer Operations/Second: 237366048
 - MD5 Hashes Generated/Second: 750001

Graphics Tests (Score: 3)
 - 3D Frames Per Second: 14

Hardware Tests (Score: 9)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 52 MB/s

See graphs, comparisons and more on NovaBench.com:
[Compare These Results Online](#)

Save Close

The image displays four screenshots of the NovaBench benchmark results, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows a different system's performance metrics, including overall score, system RAM, CPU tests, graphics tests, and hardware tests. Each result includes a 'Compare These Results Online' button and 'Save'/'Close' options.

Top Left: NovaBench Score: 389
 27/09/2016 13:18:25
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52660 v2 2.20GHz @ 2200 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V
3072 MB System RAM (Score: 116)
 -RAM Speed: 7749 MB/s
CPU Tests (Score: 260)
 - Floating Point Operations/Second: 68013544
 - Integer Operations/Second: 232134056
 - MD5 Hashes Generated/Second: 535263
Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 16
Hardware Tests (Score: 9)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 53 MB/s

Top Right: NovaBench Score: 407
 27/09/2016 13:16:11
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Xeon E52697 v2 2.70GHz @ 2700 MHz
 Graphics Card: VÁdeo do Microsoft Hyper-V
3072 MB System RAM (Score: 120)
 -RAM Speed: 8573 MB/s
CPU Tests (Score: 275)
 - Floating Point Operations/Second: 90901252
 - Integer Operations/Second: 163971592
 - MD5 Hashes Generated/Second: 674770
Graphics Tests (Score: 4)
 - 3D Frames Per Second: 17
Hardware Tests (Score: 8)
 - Primary Partition Capacity: 49 GB
 - Drive Write Speed: 48 MB/s

Bottom Left: NovaBench Score: 693
 29/09/2016 00:24:21
 Microsoft Windows 10 Enterprise
 Intel Core i55300U 2.30GHz @ 2301 MHz
 Graphics Card: Intel(R) HD Graphics 5500
8074 MB System RAM (Score: 187)
 -RAM Speed: 10491 MB/s
CPU Tests (Score: 405)
 - Floating Point Operations/Second: 101903424
 - Integer Operations/Second: 352485584
 - MD5 Hashes Generated/Second: 889394
Graphics Tests (Score: 72)
 - 3D Frames Per Second: 231
Hardware Tests (Score: 29)
 - Primary Partition Capacity: 222 GB
 - Drive Write Speed: 126 MB/s

Bottom Right: NovaBench Score: 528
 29/09/2016 00:31:16
 Microsoft Windows 10 Education
 Intel Xeon X7560 2.27GHz @ 2567 MHz
 Graphics Card: Microsoft Hyper-V Video
8192 MB System RAM (Score: 175)
 -RAM Speed: 7902 MB/s
CPU Tests (Score: 326)
 - Floating Point Operations/Second: 131053000
 - Integer Operations/Second: 297417184
 - MD5 Hashes Generated/Second: 426421
Graphics Tests (Score: 8)
 - 3D Frames Per Second: 31
Hardware Tests (Score: 19)
 - Primary Partition Capacity: 250 GB
 - Drive Write Speed: 47 MB/s

APÊNDICE 2

Tabela com o resumo dos testes de performance efetuados com a aplicação Novaben

APÊNDICE 2 - Tabela com o resumo dos testes de performance efetuados com a aplicação Novabench

Computadores	Memória		CPU				GPU		Disco		Total
	Velocidade (MB/s)	Pontos Memória	Operações Ponto Flutuante/seg.	Operações Inteiros/seg.	Hashes MD5/seg.	Pontos CPU	Frames 3D/seg.	Pontos GPU	Velocidade de escrita (MB/s)	Pontos Disco	
PC1	1449	72	25255596	59715860	307242	99	0	0	23	7	178
PC2	1643	73	29789548	62799400	319615	107	0	0	27	8	188
PC3	1024	70	20251720	39190668	172461	66	0	0	17	6	142
PC4	1168	72	20753574	54423710	274440	86	0	0	13	5	163
PC5	1423	73	26359506	57044050	288903	97	0	0	24	7	177
PC6	1583	73	29537520	62782036	307707	106	0	0	26	8	187
PC7	1131	71	12567956	35530650	206644	58	0	0	19	7	136
PC8	1294	72	27730362	39593580	255450	83	0	0	19	7	162
PC9	1548	73	28238754	57472622	311448	102	0	0	25	7	182
PC10	1512	73	25815850	62235142	309312	101	0	0	24	7	181
VDI1	8571	120	89918256	163667796	657958	272	18	4	46	8	404
VDI2	7726	115	97111004	220523856	524363	286	15	4	48	8	413
VDI3	9455	124	101262112	267725148	862462	365	18	4	54	9	502
VDI4	8235	118	101365112	203473468	671814	306	18	4	48	8	436
VDI5	8446	119	101124352	265215916	745201	346	15	4	49	8	477
VDI6	9626	125	101300180	308840592	883334	386	20	5	46	8	524
VDI7	8915	121	101292968	208095396	738080	318	14	3	50	9	451
VDI8	8964	122	97544944	237366048	750001	330	14	3	52	9	464
VDI9	7749	116	68013544	232134056	535263	260	16	4	53	9	389
VDI10	8573	120	90901252	163971592	674770	275	17	4	48	8	407
HP Spectre 360	10491	187	101903424	352485584	889394	405	231	72	126	29	693
SI-VDI	7902	175	131053000	297417184	426421	326	31	8	47	19	528

