

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

Utilização de técnicas de
virtualização de computadores
para a realização de trabalhos
laboratoriais de redes de
comunicações

Nuno Filipe Fernandes Dantas

Dissertação submetida no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major de Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Manuel Alberto Pereira Ricardo
Co-orientador: Eng. Gustavo João Alves Marques Carneiro

Junho de 2008

Resumo

A virtualização é uma tecnologia que está a mudar a forma como usamos os computadores. Desde o desktop até ao servidor mais avançado, todos os sistemas começam a tirar partido da virtualização de computadores para rentabilizar recursos e aumentar flexibilidade. De uma forma geral a virtualização permite uma utilização eficiente do hardware e alocação de recursos de forma flexível. O uso da virtualização aumenta a capacidade de criação de cenários de teste e permite também o isolamento de serviços.

Como tecnologia emergente, a virtualização deve ser estudada e testada para se encontrar a melhor forma de a aplicar ao ambiente pretendido, preferencialmente fazendo-o em ambiente real. No caso deste trabalho, o ambiente a estudar é o laboratório de redes da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este laboratório e os seus trabalhos práticos funcionam como um piloto, um caso de estudo. Caso de estudo esse que pode servir como referência a outros laboratórios semelhantes e a outras áreas do ensino.

A forma encontrada para estudar o uso da virtualização aplicada às aulas laboratoriais de redes e serviços de dados consistiu em implementar os trabalhos existentes, sem alterações, mas recorrendo a tecnologias de virtualização. Da implementação dos trabalhos práticos, com o auxílio de uma ferramenta de virtualização, foi obtido um conjunto de resultados. Esse conjunto de resultados serviu para caracterizar a forma como decorrem os trabalhos neste ambiente e validou o uso da virtualização de computadores na realização de trabalhos laboratoriais de redes de comunicações.

“The biggest cost isn’t power or servers, it’s lack of total utilization.”

Jeff Bezos

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objectivos	2
1.3	Plano de trabalho	2
1.4	Estrutura deste documento	3
2	Caracterização da virtualização	5
2.1	Conceitos	5
2.2	Tipos de virtualização	7
2.2.1	Total ou nativa	7
2.2.2	Paravirtualização	7
2.2.3	Ao nível do sistema operativo	7
2.2.4	Assistida por hardware	8
2.3	Casos de uso	8
2.4	Vantagens e desvantagens	10
2.5	Ferramentas de virtualização	12
2.5.1	XEN	12
2.5.2	Virtualbox	14
2.5.3	User Mode Linux	15
2.5.4	Linux Vserver	15
2.6	Outras ferramentas	15
3	Ferramenta e trabalhos a estudar	17
3.1	Ferramenta de virtualização	17
3.1.1	Critérios para comparação	17
3.1.2	Comparação	19
3.1.3	Seleção da solução	20
3.2	Trabalhos laboratoriais	22
3.2.1	Levantamento	22
3.2.2	Critérios de selecção dos trabalhos	22
3.2.3	Seleção dos casos de estudos	23
3.3	Parâmetros a medir	25
4	Implementação dos casos de estudo	27
4.1	Instalação da ferramenta de virtualização	27
4.2	TP1 - Trabalho prático de endereçamento IP	29
4.2.1	Descrição do trabalho inicial	29
4.2.2	Preparação do trabalho	30

4.2.3	Descrição da realização do trabalho	31
4.2.4	Resultados	32
4.3	TP4 - Projecto e instalação de um serviço de e-mail	34
4.3.1	Descrição do trabalho	34
4.3.2	Preparação do trabalho	35
4.3.3	Descrição da realização do trabalho	35
4.3.4	Resultados	36
4.4	TP5 - Plataformas de monitorização de redes	37
4.4.1	Descrição do trabalho	37
4.4.2	Preparação do trabalho	38
4.4.3	Descrição da realização do trabalho	38
4.4.4	Resultados	39
5	Análise Global	41
5.1	Medição dos parâmetros	41
5.2	Vantagens encontradas	43
5.3	Dificuldades encontradas	43
5.4	Condições para o uso da virtualização	44
5.5	Uso no ensino	44
6	Conclusões	45
6.1	Resultados	45
6.2	Trabalho futuro	45
A	Proposta de trabalho laboratorial	47
A.1	Objectivo	47
A.2	Descrição	47
	Referências	50

Lista de Acrónimos

API	Application programming interface
APT	Advanced Package Tool
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BGP	Border Gateway Protocol
BIND	Berkley Internet Name Daemon
CPU	Central Processing Unit
DMZ	Demilitarized Zone
DNS	Domain Name System
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
HVM	Hardware Virtual machine
IMAP	Internet Messange Access Protocol
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv6	Internet Protocol Version 6
LAN	Local Area Network
NAT	Network Address Translation
NTP	Network Time Protocol
OSPF	Open Shortest Path First
PAE	Physical Address Extension
POP3	Post Office Protocol v3
SAN	Storage area network
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SSH	Secure Shell
UPS	Uninterruptible power supply
VPN	Virtual Private Network
VPS	Virtual Private Server

Lista de Figuras

2.1	XEN em modo paravirtualizado	13
2.2	Interface de gestão do Virtualbox	14
4.1	Diagrama do trabalho prático de endereçamento IP	30
4.2	Diagrama do serviço de e-mail	34
4.3	Diagrama da plataforma de monitorização de rede	37
A.1	Diagrama do trabalho de interligação de sistemas	48

Lista de Tabelas

3.1	Comparação entre as tecnologias de virtualização	20
3.2	Comparação dos trabalhos	24
5.1	Comparação entre os resultados dos casos de estudo.	41

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

A virtualização é uma tecnologia que está a mudar a forma como usamos os computadores. Desde o *desktop* até ao servidor mais avançado, todos os sistemas começam a tirar partido da virtualização de computadores para rentabilizar recursos e aumentar flexibilidade. Já deixou de ser uma tecnologia em fase de teste para uma completa adopção pelo mercado. Desde as grandes empresas, passando pelos estabelecimentos de ensino até aos particulares, todos apostam na virtualização como forma de melhorar os seus resultados.

O meios académicos são aqueles que estão mais atentos ao desenvolvimento de novas tecnologias, como é o caso da virtualização, sendo muitas vezes fonte de inovação e pioneiros na aplicação. O aparecimento de novas tecnologias leva à procura de adaptar essas tecnologias a novos conteúdos de ensino, com maior incidência nas aulas práticas e laboratoriais. As aulas práticas de redes de dados são exemplo disso, se por um lado procuram nas novas tecnologias matéria para as próprias aulas, por outro lado aplicam essas tecnologias aos seus processos de ensino de forma melhorar o próprio processo e otimizar a complexa tarefa de gerir um laboratório deste tipo. Os trabalhos práticos de redes de dados requerem, normalmente, muito equipamento, desde computadores até encaminhadores de rede ou adaptadores de redes especiais para determinadas tecnologias. Todo este equipamento é necessário para implementar cenários de rede muito próximos das redes reais.

Estas duas vertentes que evoluem juntas desde a criação do um laboratório de redes de dados e serviços de comunicação. Com alguma frequência o aparecimento de novas matérias de estudo leva à realização de novos trabalhos práticos que, em muitos casos, leva à aplicação dessas matérias aos serviços e equipamentos do laboratório. Noutras situações, as inovações aplicadas à gestão e optimização do laboratório resultam em conhecimento que normalmente é transformado em trabalhos práticos.

Como tecnologia emergente, a virtualização deve ser estudada para se encontrar a melhor forma de a aplicar ao ensino das redes de dados. Como ambiente natural de adopção

de tecnologias emergentes, os laboratórios de ensino devem ser os primeiros a validar estas tecnologias e ponderar a sua utilização tanto no ensino como nos serviços de suporte. Visto que os trabalhos laboratoriais de redes de dados necessitam de muito equipamento, nomeadamente computadores, nem sempre é possível obter todo o equipamento necessário para a implementação de um cenário de rede alargado. O uso da virtualização de computadores pode diminuir essa necessidade e ser uma mais valia na realização destes trabalhos.

Uma forma de validar estas tecnologias é testá-la em ambiente real, aplicando as tecnologias de virtualização à realização de trabalhos práticos de redes de dados. A forma encontrada para estudar o uso da virtualização aplicada às aulas laboratoriais de redes e serviços de dados passa por implementar os trabalhos existentes mas recorrendo a tecnologias de virtualização, usando como referência o laboratório de redes e serviços de comunicação da FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) [1, 2] e os seus trabalhos práticos. A partir dos resultados obtidos será validado o seu possível uso.

1.2 Objectivos

O objectivo deste trabalho é estudar a possibilidade de aplicação das tecnologias de virtualização na realização de trabalhos laboratoriais nas áreas das redes de dados, analisando as tecnologias e testando-as em ambientes reais para verificar a sua aplicabilidade.

A base desse estudo será o laboratório de redes e serviços de comunicação da FEUP, assim como os trabalhos práticos realizados naquele laboratório. Procura-se identificar um conjunto de trabalhos laboratoriais passíveis de executar recorrendo à utilização de tecnologias de virtualização, assim como estudar as implicações do uso da virtualização nestes trabalhos. Como resultado pretende-se também encontrar as vantagens e desvantagens do uso da virtualização, o seu impacto na forma como são realizados os trabalhos laboratoriais e quais as alterações a efectuar no laboratório e nos trabalhos para o seu uso. Pretende-se identificar uma ferramenta de virtualização adequada às características do laboratório. Essa ferramenta deve permitir a realização de trabalhos já existentes e a criação de novos trabalhos. Adicionalmente pretende-se encontrar outras aplicações da virtualização, relacionadas com os laboratórios de redes de dados, que tragam mais valias para o próprio laboratório, para os alunos e para o ensino em geral.

1.3 Plano de trabalho

Todos os trabalhos práticos realizados actualmente no laboratório de redes da FEUP serão analisados, de forma a seleccionar um conjunto de três trabalhos para implementar recorrendo a tecnologias de virtualização. O plano de trabalho é o seguinte:

- **Efectuar um levantamento** de trabalhos a partir da base de trabalhos existente no laboratório de redes analisar aqueles que são, numa primeira abordagem, passíveis

de virtualizar. Para isto é necessário fazer o levantamento de todos os trabalhos e do equipamento necessário à sua realização. Entre todos os trabalhos deve ser feita uma escolha dos trabalhos a estudar e a implementar. Para isso, será necessário encontrar um conjunto de critérios de selecção dos trabalhos práticos.

- **Identificar** as tecnologias de virtualização indicadas para a realização de trabalhos práticos e seleccionar a mais adequada aos trabalhos realizados no laboratório de redes da FEUP. Devem ser estabelecidos critérios de escolha de forma a seleccionar a tecnologia ou ferramenta a utilizar.
- **Implementar** os trabalhos seleccionados recorrendo a tecnologias de virtualização. Obter resultados concretos e assim perceber as implicações da utilização das tecnologias na realização dos trabalhos laboratoriais.
- **Estudar os resultados** da implementação dos trabalhos, recorrendo à virtualização. A informação obtida será usada para avaliar estas tecnologias. Todos os resultados serão estudados de forma a chegar a conclusões concretas sobre o uso de técnicas de virtualização na realização de trabalhos práticos.
- **Propor novos trabalhos.** A partir do conhecimento adquirido nas tecnologias de virtualização, propor um trabalho, ou conjunto de trabalhos práticos que tirem partido da virtualização.

1.4 Estrutura deste documento

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: O capítulo 2 apresenta os conceitos sobre virtualização de computadores mais relevantes para o trabalho, assim como a descrição das várias técnicas disponíveis. O capítulo 3 é dedicado ao levantamento e escolha dos trabalhos práticos a estudar e da ferramenta de virtualização a ser usada para a implementação dos trabalhos práticos. A implementação laboratorial dos trabalhos escolhidos é descrita, trabalho a trabalho, no capítulo 4, sendo apresentados resultados para cada trabalho. O capítulo 5 é dedicado à análise global dos resultados da implementação destes trabalhos práticos e do uso da virtualização no ensino de redes de comunicações. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e trabalho futuro sobre o tema. No anexo A pode ser encontrada a proposta de um trabalho prático.

Capítulo 2

Caracterização da virtualização

No domínio da informática e da computação é definida virtualização como a forma de organizar os recursos de um computador em múltiplos ambientes de execução distintos. De uma forma geral a virtualização permite uma utilização eficiente do hardware e alocação de recursos de forma flexível. O uso da virtualização aumenta a capacidade de criação de cenários de teste e permite também o isolamento de serviços.

Para uma melhor compreensão deste trabalho é necessário possuir alguns conhecimentos nesta área. Para isso serão apresentados alguns conceitos e terminologia usada. Neste capítulo é feita uma abordagem às várias tecnologias de virtualização e em que áreas é normalmente aplicada e as suas vantagens e desvantagens. Por fim serão apresentadas algumas ferramentas de virtualização, ferramentas essas que serão estudadas posteriormente.

2.1 Conceitos

No domínio da virtualização existem alguns conceitos importantes para este trabalho, que no entanto não são muito divulgados e muitas vezes são mal aplicados. Seguidamente é apresentada a descrição de alguns conceitos, de forma a melhor compreender o trabalho realizado.

Host: É também apelidado de servidor de máquinas virtuais, refere-se ao sistema operativo principal que gere (todo) o *hardware* e controla as máquinas virtuais.

Guest: Chama-se *Guest* ou máquina virtual ao sistema operativo que corre tendo como base uma plataforma de virtualização.

Hypervisor: Camada de software que corre entre o hardware e os sistemas operativos virtuais. É o responsável pelo controlo da concorrência dos vários sistemas operativos ao mesmo hardware.

Ambiente Virtual: Um ambiente virtual é também conhecido como VPS (Virtual Private Server), é o ambiente em que são executados programas ao nível do utilizador.

Os ambientes virtuais são criados usando aplicações que implementam virtualização sobre o Sistema Operativo nativo.

Os ambientes virtuais comportam-se como se de um servidor autónomo se tratasse. São constituídos por um conjunto de hardware simulado por um determinado *Host*. Cada ambiente virtual tem o seu próprio super-utilizador (root ou Administrator), um conjunto de utilizadores e grupos, endereços IP, processos, ficheiros, aplicações, bibliotecas de sistema e ficheiros de configuração. O ambiente virtual é completamente acessível numa rede se assim o configurarmos. Comparativamente com outras soluções, estes ambientes apresentam um baixo isolamento, ou seja, grande parte do sistema virtual é partilhado pelos vários ambientes.

Emulação: Emulação, ou virtualização total com recompilação dinâmica, é o termo usado para o cenário onde uma máquina virtual simula completamente o hardware, permitindo que um Sistema Operativo não modificado seja capaz de usar um CPU distinto daquele para o qual foi originalmente compilado.

Máquina virtual: Uma máquina virtual, no âmbito da ciência dos computadores, é um pacote de programas capaz de criar um ambiente virtual entre a plataforma do computador, hardware e Sistema Operativo ou somente hardware e o utilizador final.

O significado original de máquina virtual, também por vezes chamada de máquina virtual de hardware, é o conjunto de ambientes de execução díspares e independentes, correndo cada um deles um determinado Sistema Operativo. Isto permite que aplicações escritas para um Sistema Operativo sejam utilizáveis em máquinas que correm Sistemas Operativos diferentes.

Servidor de máquinas virtuais: É um servidor, hardware, que corre uma aplicação de virtualização e permite executar mais que um Sistema Operativo simultaneamente. A aplicação de virtualização pode ser um *hypervisor* que corre em cima do hardware ou em cima de um Sistema Operativo.

Virtualização de servidores: A criação, manuseamento e gestão de máquinas virtuais com a finalidade de fornecer serviços de rede é designada por virtualização de servidores.

Overhead: Diferença de desempenho, no mesmo hardware, de um sistema virtualizado em relação ao mesmo hardware mas sem a camada de virtualização.

2.2 Tipos de virtualização

Existem diversas técnicas ou tipos de virtualização, oferecem funcionalidades semelhantes mas diferem no grau de abstracção e nos métodos de implementação. Seguidamente apresentam-se as tecnologias e os métodos de virtualização mais comuns.

2.2.1 Total ou nativa

Na virtualização total, também chamada de nativa, o host apenas simula parcialmente o hardware necessário e suficiente para permitir a um Sistema Operativo não modificado executar de forma isolada, mas o Sistema Operativo cliente tem que suportar o mesmo tipo de CPU.

Na virtualização total o servidor de máquinas virtuais emula hardware real, ou seja, a máquina guest vê o sistema de virtualização como sendo uma máquina física real. Esta abordagem, usado por muitos emuladores, permite correr praticamente qualquer Sistema Operativo, desde que esteja desenhado para aquela arquitectura.

2.2.2 Paravirtualização

A paravirtualização é uma tecnologia de virtualização que apresenta uma interface de software similar mas não idêntica à camada de hardware. Oferece uma API (Application Programming Interface) especial que necessita de modificações ao nível do Sistema Operativo Guest. Este método mantém a compatibilidade binária das aplicações. A esta camada de virtualização que controla o hardware e máquinas virtuais chama-se normalmente hypervisor.

A paravirtualização também permite correr sistemas operativos diferente num único servidor, mas necessita que esse Sistema Operativo seja portado para correr nesse ambiente.

2.2.3 Ao nível do sistema operativo

Método de virtualização que funciona ao nível do Sistema Operativo. Permite correr vários serviços de uma forma segura e isolada num único servidor físico. O kernel do Host é comum aos seus Guest's.

Os sistemas de virtualização ao nível do Sistema Operativo foram desenhados para fornecer os requisitos de isolamento e segurança suficientes para correr múltiplas aplicações ou cópias dentro do mesmo Sistema Operativo, no mesmo servidor. OpenVZ [3], Virtuozzo [4], Linux Vserver [5], Solaris Zones [6] e FreeBSD Jails [7] são exemplos disso.

Este tipo de virtualização não apresenta um overhead significativo, os programas correm num ambiente isolado mas partilham o mesmo Sistema Operativo.

2.2.4 Assistida por hardware

A virtualização assistida por hardware consiste em fornecer capacidades de máquinas virtuais directamente no hardware, ou seja, o hardware possui circuitos de controlo/acesso adicionais no processador e controlador de memória que aumentam seu desempenho permitindo a execução concorrential de múltiplos Sistemas Operativos. O hardware possui também funções que particionam a memória de um modo mais eficiente, assim como fornece ou emula múltiplos conjuntos de registos.

2.3 Casos de uso

A virtualização não é apenas uma tendência ou uma moda; é uma tecnologia que está a ser usada para um número crescente de casos/situações. Embora ainda exista a ideia que a virtualização é só para empresas ou grupos tecnologicamente evoluídos, tal não corresponde à verdade. São as empresas que se encontram em desenvolvimento, e que necessitam de rentabilizar o equipamento que possuem que apostam na virtualização em múltiplos sentidos, nomeadamente:

Consolidação de servidores: Área onde existe uma elevada penetração da virtualização.

Existem empresas que conseguem ter todos os seus serviços num ambiente virtual, apenas necessitando de um conjunto reduzido de hardware, com proveitos diversos (alojamento, consumo energético, etc).

Disaster Recovery: Uma das técnicas de *Disaster Recovery* é duplicar o centro de dados numa localização remota, embora esta duplicação seja muito dispendiosa. Recorrendo à virtualização consegue-se duplicação dos serviços numa localização remota sem se necessitar de duplicar a totalidade do hardware. Nestes casos o desempenho obtido, face à solução tradicional, não é o mesmo, mas pode ser o suficiente para manter um negócio em funcionamento. Para muitas empresas é impraticável, devido ao custo, a duplicação do centro de dados.

Hosting e Housing: Quando se pretende disponibilizar serviços na Internet e não existe uma infra-estrutura de comunicações com capacidade suficiente nem as condições para instalar um centro de dados recorre-se a serviços externos. Estes serviços podem ir desde a partilha de um servidor com outros clientes de um centro de dados, o chamado *Hosting*, até ao alojamento num centro de dados de um servidor dedicado, ao que se chama *Housing*. No primeiro caso existem limitações de desempenho, de flexibilidade de configuração e controlo. No segundo caso do, *Housing*, os custos de aquisição e manutenção são elevados. Recorrendo à virtualização muitas empresas já fornecem Servidores Privados Virtuais, que para o cliente são em tudo semelhantes

a um servidor próprio dedicado mas com uma fracção do custo inicial. Para o fornecedor do serviço é possível rentabilizar um servidor instalando diversas máquinas virtuais, algo semelhante ao Hosting mas aproveitando o investimento efectuado.

É de notar que estas soluções permitem o isolamento total entre máquinas virtuais. Normalmente os recursos partilhados, como a ligação à rede, são atribuídos de forma a não existir degradação de desempenho.

Desenvolvimento e testes: Uma área onde a virtualização veio provocar uma autêntica revolução é a área de desenvolvimento de serviços e testes. Criar um ambiente de desenvolvimento ou de teste está, nos dias de hoje, simplificado com recurso à virtualização. Não é necessário um novo computador para instalar um novo Sistema Operativo ou uma nova aplicação. No limite pode-se construir um centro de dados virtual usando apenas um servidor físico.

No ensino: Permite fornecer máquinas virtuais temporárias aos alunos para efectuar trabalhos de laboratório. Assim é possível reduzir o número de computadores e a equipa técnica de manutenção. Outro uso possível no ensino é aplicar as tecnologias de virtualização aos trabalhos práticos de forma a conseguir cenários de teste não possíveis com hardware. Em condições ideais cada aluno pode possuir um ou mais computadores virtuais para a realização dos seus trabalhos, desenvolvimento de aplicações ou armazenamento de dados.

Demonstração de software: Actualmente as empresas de software distribuem os seus produtos na forma de máquinas virtuais, previamente configuradas, para fazerem demonstrações de funcionamento e características dos seus produtos.

Appliances: Hoje em dia muitos appliances já são distribuídos na forma de máquina virtual. O sítio da *VMWare VMTM* [8] apresenta um lista com diversas aplicações neste formato.

No Desktop: Os computadores pessoais actuais têm capacidade de suportar dois, ou mais, Sistemas Operativos simultaneamente. Existem produtos específicos para computadores pessoais que permitem usar um Sistema Operativo virtualizado. As aplicações mais recentes até possibilitam integração dos ambientes de trabalho dos próprios Sistemas Operativos, como é o caso do *Parallels* [9] e do *VMWare Fusion* [10].

Estas duas aplicações, que funcionam em *Mac OS X* [11], são um bom exemplo da maturidade da virtualização pessoal. São normalmente usadas pelos utilizadores deste Sistema Operativo para continuarem a usar as aplicações do *Windows* [12] de uma forma integrada. Ambas recorrem à virtualização assistida por hardware, presente nos novos processadores, para obter um desempenho ao nível de utilizadores exigentes.

As aplicações de virtualização desenvolvidas para utilizadores de computadores de secretária apresentam, normalmente, interface de configuração gráficas. Estas interfaces permitem o fácil controlo de todas as máquinas virtuais a correr assim como a sua criação e configuração do hardware virtual.

2.4 Vantagens e desvantagens

Uma das principais vantagens da virtualização é a diminuição do número físico de computadores, obtido através da aglomeração de máquinas virtuais numa só máquina física. Retiram-se assim vantagens na aquisição e manutenção do hardware. O facto de reduzir o número de máquinas leva também a uma redução dos custos de alojamento, reduções significativas de consumo energético e climatização. Outra das consequências é a facilidade da administração dos serviços, o facto de podermos agregar mais serviços num só ponto facilita o trabalho do administrador nas suas tarefas de diárias, manutenção e actualização.

O uso da virtualização também reduz o tempo de instalação de novos sistemas, visto que não existe dependência de hardware específico, sendo possível efectuar instalações baseadas na cópia de outras máquinas ou em *templates*. É possível, recorrendo à virtualização, fornecer a múltiplos utilizadores a ilusão de possuírem um computador completo, uma máquina privada, isolada de outros utilizadores, e tudo numa única máquina física.

Outra vantagem encontrada é a diminuição do tempo de inicialização de uma máquina virtual, este pode ser muito menor que o correspondente da máquina física, já que existe uma camada de abstracção que simplifica a tarefa de inicialização do hardware.

Muitos produtos de virtualização suportam *snapshots*. Esta técnica permite guardar o estado de uma máquina e recuperá-lo posteriormente quando tal for necessário. Isto permite fazer *backups* de um forma simples com um tempo de recuperação de dados muito reduzido. Normalmente a uma máquina virtual está associado um conjunto de ficheiros, correspondentes aos discos da máquina. Uma simples cópia desses ficheiro permite criar backups das máquinas virtuais.

Mas não é só nos centros de dados que se encontram vantagens no uso da virtualização. Esta tecnologia permite a um utilizador usar dois, ou mais, sistemas operativos simultaneamente num computador, pode mesmo ser um computador portátil.

As desvantagens das técnicas da virtualização são óbvias, pois independentemente da solução adoptada existirá um *overhead* adicional. Este acréscimo poderá ser significativo, dependendo da aplicação, dos recursos necessários e do software de virtualização. Outra desvantagem verifica-se em sistemas não redundantes, a nível do hardware, uma vez que uma falha física resultará numa indisponibilidade de todos os serviços fornecidos pelas máquinas virtuais afectas ao servidor de máquinas virtuais.

A falha de um servidor que contém várias máquinas virtuais pode levar à falha das máquinas virtuais que este servidor suporta, existe forma de o evitar, criando serviços

redundantes. Estes serviços são eficazes mas dispendiosos. Se por um lado a virtualização facilita a gestão porque reduz o número de máquinas físicas a gerir, aumenta a complexidade do sistema global porque pode aumentar o número total de serviços a gerir.

2.5 Ferramentas de virtualização

Existem no mercado diversas ferramentas de virtualização. As ferramentas de virtualização diferem na tecnologia usada, funcionalidade e no tipo de utilização que pode variar desde o uso em centros de dados até ao uso em computadores pessoais.

Antes de partir para uma comparação entre todas as ferramentas disponíveis, temos que fazer uma selecção inicial, baseada na compatibilidade com os sistemas do laboratório e com o tipo de aplicações usadas. O sistema operativo usado normalmente no laboratório é o *GNU/Linux* [13], em hardware *x86*, normalmente as aplicações usadas são de licença livre, por uma questão de custo e flexibilidade. Assim as ferramentas que serão objecto de estudo e comparação serão aquelas que vão de encontro às características apresentadas, nomeadamente o XEN [14], Virtualbox [15], User Mode Linux [16] e Linux Vserver. Estas quatro ferramentas estão disponíveis para GNU/Linux e todas elas são de utilização livre.

2.5.1 XEN

O XEN é a solução de virtualização com a comunidade de desenvolvimento mais activa nos dias de hoje. É, neste momento, distribuído, integrado e desenvolvido pelos principais fornecedores de soluções informáticas e é um forte concorrente do VMware, um dos pioneiros no mundo da virtualização. O XEN é normalmente utilizado em centros de dados, mas as actuais distribuições de Linux já o incluem para realizar tarefas de virtualização pessoal. O tipo de virtualização utilizado pelo XEN, desde o desenvolvimento inicial, é a paravirtualização. Esta abordagem e forma como foi implementada permite ao XEN um elevado desempenho, com resultados muito próximos de uma máquina física. Sendo a paravirtualização o método de virtualização principal do XEN, não é o único. Esta ferramenta pode correr sistemas operativos sem modificação recorrendo à virtualização assistida por hardware. Para isso basta que máquina física possua as extensões de virtualização da Intel [17] ou da AMD [18].

Em ambos modos, paravirtualizado ou HVM (Hardware Virtual Machine), o isolamento entre máquinas virtuais é muito alto. Para se conseguir que um sistema operativo funcione em modo paravirtualizado, este tem que ser modificado para correr naquela arquitectura. Para isso, no caso do GNU/Linux, é necessário aplicar alterações ao kernel. Associado ao alto isolamento está a possibilidade de atribuir limites de hardware dedicados a cada máquina, como é o caso de partições de discos ou cartas de rede.

Na distribuição não comercial desta ferramenta não está incluída nenhuma interface gráfica de configuração; esta apresenta-se apenas como um hypervisor e as ferramentas básicas de gestão. Toda a gestão e configuração é feita recorrendo a ficheiros ou comandos de linha. Com estes comandos é possível controlar todos os recursos das máquinas virtuais, desde a atribuição de processadores virtuais até à migração entre máquinas físicas. Além destas apresenta mais as seguintes funcionalidades:

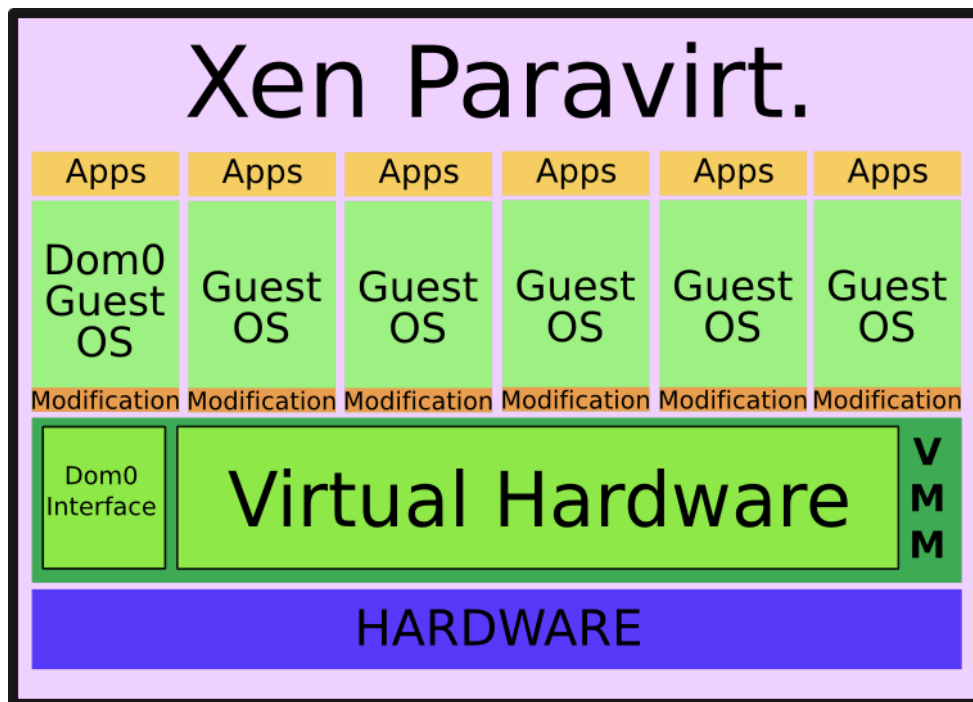


Figura 2.1: XEN em modo paravirtualizado

- Existência de ferramentas de gestão avançadas que permitem o total controlo de um servidor de máquinas virtuais, ou de vários simultaneamente. Estas ferramentas são um extensão da base do XEN e adicionam interfaces gráficas de configuração, automatizações e alocação dinâmica de recursos, assim como tolerância a falhas.
- Possibilidade de automatização de tarefas e gestão remota via uma API xmlrpc. Usando a API disponível é possível desenvolver ferramentas adequadas as necessidade de gestão para as máquinas que correm XEN, tendo um total controlo sobre o hypervisor.
- Live migration. Permite a passagem de uma máquina virtual, em funcionamento, de uma máquina física para outras, desde que partilhem o mesmo sistema de ficheiros.
- Definição de limites de uso de CPU, numero de processadores virtuais, limites de I/O e limites de débito nas interfaces de rede.
- Possibilita a suspensão de execução de uma máquina virtual com salvaguarda do estado de forma a ser recuperado posteriormente.
- Suporte PAE (Physical Address Extension), que permite a uma máquina de 32 bits endereçar mais de 4G de RAM.

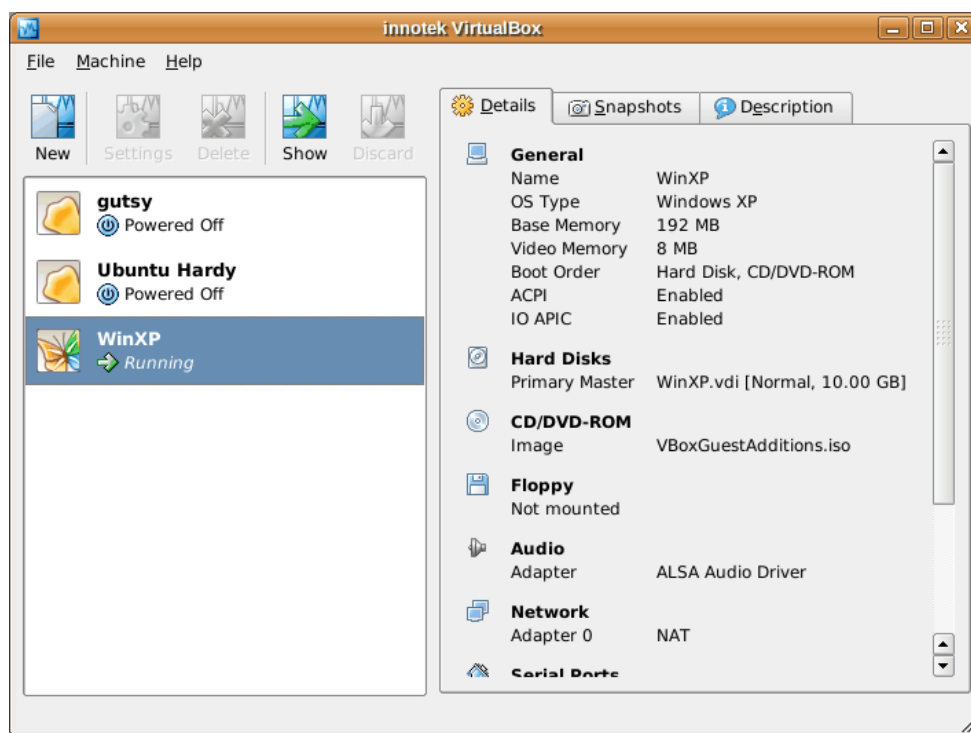


Figura 2.2: Interface de gestão do Virtualbox

2.5.2 Virtualbox

É uma solução recente, mas com um desenvolvimento muito activo e com grande número de utilizadores. Desenvolvida de forma a ter características semelhantes ao seu concorrente VMWare Workstation [19], está neste momento ao seu nível ou até a um nível superior. É uma ferramenta dirigida à virtualização pessoal, focada na simplicidade de configuração e utilização. A empresa que o desenvolveu, Inotek foi recentemente adquirida pela Sun Microsystems [20], que mantém o mesmo formato de desenvolvimento.

Está disponível para vários sistemas operativos e suporta vários sistemas guest devido à implementação de virtualização total. Recorre também à virtualização assistida por hardware para aumento do desempenho, nas máquinas que dispõem desta tecnologia. A junção da virtualização total à virtualização assistida oferece um grande isolamento entre as máquinas virtuais, mas sai penalizado desempenho quando comparado com soluções que recorrem à paravirtualização.

Toda a gestão e configuração é feita a partir da interface gráfica, o que impede a automatização de tarefas. A obrigatoriedade desta interface também exige mais recursos do sistema que contém a aplicação.

2.5.3 User Mode Linux

O UML (User Mode Linux) é um projecto de virtualização apenas para Linux que implementa paravirtualização. É um projecto que se encontra numa fase de baixa actividade de desenvolvimento, sendo substituído gradualmente por outras soluções com melhores características. Em UML ambos os sistemas Host e Guest têm obrigatoriamente que ser GNU/Linux e o kernel necessita de ser modificado. Por recorrer à paravirtualização apresenta um bom isolamento entre sistemas, razão suficiente para ter sido usado durante muito tempo como ferramenta de testes do desenvolvimento do próprio kernel Linux.

É muito flexível ao nível da configuração de rede, permitindo a criação de redes virtuais e apresenta grande isolamento também a este nível.

2.5.4 Linux Vserver

Tal como o UML este projecto do Linux Vserver está, neste momento, pouco activo. É uma solução que recorrer à implementação de containers, virtualização ao nível do Sistema Operativo, para GNU/Linux. Este tipo de virtualização utiliza um único kernel, comum ao host e Guest, o que faz com que não apresente overhead.

É uma solução que apresenta alto desempenho, pois os processos da máquina virtual correm como processos regulares do host, apenas marcados com o identificador do Linux Vserver a que pertencem, não existindo uma camada de virtualização entre o host e os processos do guest. Para ser possível a utilização do Linux Vserver é necessário aplicar patches apenas ao kernel do host.

O Linux Vserver apresenta um baixo isolamento entre máquinas virtuais, existindo partilha do sistema de ficheiros, memória e de outros recursos, não existindo também controlo de I/O das máquinas virtuais. A rede não é virtualizada, apenas isolada, o que não permite que as máquinas virtuais tenham firewalls internas ou routing interno.

Mesmo apresentando diversas limitações, o Linux Vserver continua a ser muito usado, nomeadamente no hosting de aplicações Web, devido ao seu elevado desempenho, facilidade de gestão e baixo consumo de recursos.

2.6 Outras ferramentas

Outros sistemas operativos também possuem capacidades de virtualização. O FreeBSD e o Solaris implementam um tipo de virtualização ao nível do sistema operativos: os chamados *containers*.

BSD jails O mecanismo de *jails* do FreeBSD é uma implementação de virtualização ao nível do sistema operativo que permite criar particionar um sistema baseado em FreeBSD em vários mini-sistemas independentes chamados jails.

Solaris zones De forma semelhante às jails do FreeBSD, as *zones* do Solaris permitem isolamento de aplicações, de forma segura, flexível, escalável e ligeira. Os serviços são virtualizados de forma a parecerem diferentes instâncias de Solaris.

Estão disponíveis outras ferramentas de virtualização para Linux, não serão estudadas pela justificação apresentada seguidamente:

KVM Kernel-based Virtual Machine [21] é uma ferramenta recente para GNU/Linux que tem como base do seu funcionamento a virtualização assistida por hardware. Esta ferramenta ainda está em desenvolvimento e, neste momento, apresenta um baixo desempenho.

VMWare não é um único produto, é uma empresa. Um empresa com diversos produtos para diversas finalidades. Podemos dividir os seus produtos em duas áreas, o centro de dados e a virtualização pessoal. A nível pessoal, a VMWare apresenta-se com o Workstation que é equivalente ao Virtualbox, de utilização gratuita mas com algumas restrições ao nível do licenciamento e sistemas operativos suportados. Ao nível do centro de Dados apresenta o VMWare ESX [22], desenvolvido para hardware muito seleccionado e com preços de aquisição muito elevados.

Capítulo 3

Ferramenta e trabalhos a estudar

Não sendo possível estudar todas as ferramentas de virtualização e todos os trabalhos práticos realizados no laboratório de redes, é necessário fazer uma selecção tanto das ferramentas como dos trabalhos. Para a escolha da ferramenta a usar será definido um conjunto de critérios, critérios estes adaptados ao tipo de trabalhos normalmente realizados no laboratório e às condições do mesmo. É apresentada uma comparação entre as várias ferramentas, usando os critérios como referência e é feita a escolha da ferramenta a usar na implementação dos trabalhos práticos.

No que diz respeito aos trabalhos práticos será efectuado um levantamento de todos os trabalhos práticos e também a definição de um conjunto de critérios de escolha dos trabalhos. Tal como na escolha da ferramenta de virtualização é a partir dos critérios que se identifica os trabalhos a implementar.

No final deste capítulo é também apresentado o conjunto de parâmetros a medir na implementação dos trabalhos práticos recorrendo à virtualização. São estes parâmetros que servirão para avaliar os resultados da implementação.

3.1 Ferramenta de virtualização

De entre as ferramentas apresentadas é necessário escolher aquela que será utilizada para implementar os trabalhos práticos. A escolha será realizada a partir das ferramentas identificadas anteriormente e que servem os propósitos do laboratório.

A forma encontrada para seleccionar a ferramenta é fazer uma comparação de acordo com um conjunto de critérios.

3.1.1 Critérios para comparação

Os critérios definidos para realizar a comparação entre as ferramentas de virtualização são os seguintes:

Tipo de virtualização Conforme o tipo de virtualização teremos um menor ou maior isolamento das máquinas virtuais. Algumas técnicas de virtualização obrigam a

alterações nas máquinas Guest, no caso de não ser possível alterar as máquinas guest, estas técnicas não podem ser usadas.

Finalidade Qual a finalidade da ferramenta de virtualização, se está desenhada para uso pessoal para hosting ou para centros de dados.

Desempenho Temos que ter em conta o overhead da camada de virtualização. Em alguns cenários, o decréscimo de desempenho pela utilização da virtualização pode invalidar o seu uso. Este critério pode assumir os valores de baixo, médio ou alto desempenho da ferramenta de virtualização.

Isolamento O isolamento entre máquinas virtuais é importante para muitos trabalhos práticos. As tecnologias de virtualização que apresentam baixo isolamento partilham grande parte do sistema virtual com o Host. Quanto maior o isolamento mais próximo de uma máquina física se apresenta a máquina virtual. Este critério pode assumir os valores de baixo, médio ou alto isolamento da ferramenta de virtualização

Suporte para múltiplos Sistemas Operativos O Sistema Operativo usado nos trabalhos é, normalmente, o GNU/Linux. Em alguns casos temos necessidade de correr outros sistemas tais como FreeBSD, Solaris ou Windows. Nesses caso temos que usar uma tecnologia de virtualização que o permita. Este critério pode assumir os valores de sim ou não.

Complexidade Se a utilização das tecnologias de virtualização aumentar significativamente a complexidade de um trabalho prático, esta deve ser posta em causa. Este critério pode assumir os valores de baixo, médio ou alto para a complexidade da ferramenta de virtualização.

Networking As capacidades de *networking* dos sistemas de virtualização são muito importantes. A solução deve permitir a criação de múltiplos cenários de rede, com diversas topologias. Este critério pode assumir os valores de sim ou não.

Clustrering Capacidade de gestão e configuração em grupo de máquinas físicas, assim como migração de sistemas virtuais entre máquinas físicas. Este critério pode assumir os valores de sim ou não.

Interface gráfica A existência de interfaces gráficas de configuração e gestão das máquinas virtuais facilitam a sua utilização. Por outro lado, pode criar dificuldade de automatização dos sistemas. Este critério pode assumir os valores de sim ou não.

Comunidade A comunidade de suporte e a documentação, assim como a a actividade do projecto. Apesar de pouco objectivo este é um critério importante, pois a uma comunidade de suporte alargada é sinónimo de um projecto activo. Este critério pode assumir os valores de baixo, médio ou alto para o nível de actividade comunidade de desenvolvimento da ferramenta de virtualização.

3.1.2 Comparação

As técnicas diferem em complexidade de implementação, leque de suporte de sistemas operativos, desempenho comparado como o servidor físico, e nível de acesso aos recursos partilhados. Por exemplo, a virtualização total oferece uma âmbito alargado de usos, mas um baixo desempenho. A paravirtualização oferece melhor desempenho, mas suporta menos sistemas operativos porque necessita de modificações do sistema operativo guest. A virtualização ao nível do Sistema Operativo é a que oferece melhor escalabilidade e desempenho quando comparada com outros métodos. Estes ambientes virtuais são normalmente mais simples de administrar, pois podem ser gerido a partir do sistema anfitrião. A falta de isolamento e a não virtualização da rede impede o seu uso neste trabalho.

Para além da tecnologia usada pela ferramenta de virtualização é necessário ter em conta o objectivo com que foi criada, ou seja, para que tipos de ambientes a ferramenta se destina. Uma ferramenta de virtualização pode ter como destino o uso em centro de dados, em computadores pessoais, em mainframes ou num outro ambiente qualquer. O tipo de virtualização e a finalidade das ferramentas de virtualização são dois dos critérios de selecção da ferramenta de virtualização. Para as ferramentas a estudar apresenta-se seguidamente a análise destes dois pontos.

O XEN recorre a duas técnicas de virtualização, a paravirtualização e a virtualização assistida por hardware, permitindo correr praticamente qualquer sistema operativo. O XEN apresenta um desempenho elevado no modo paravirtualizado. É possível ainda correr máquinas virtuais em modo HVM, mas com alguma degradação de desempenho. Esta ferramenta pode ser usada em diversos ambientes, mas normalmente é usada em centros de dados. O seu uso em computadores pessoais necessita, em alguns casos, de algumas ferramentas de suporte à configuração e gestão.

Quanto ao Virtualbox, também usa duas técnicas de virtualização, mas neste caso é virtualização total e a assistida por hardware. A conjugação destas duas técnicas permite correr diversos sistemas operativos sem necessidade de modificação dos mesmos. É uma ferramenta desenhada especialmente para uso em computadores pessoais, onde toda a configuração e gestão é realizada numa interface gráfica. A administração gráfica do Virtualbox, orientada a uso pessoal, permite uma fácil configuração e utilização, mas cria dificuldade de automatização de tarefas. A sua instalação também é simples e suporta diversos sistemas operativos guest.

O User Mode Linux usa uma forma de paravirtualização, mas apenas permite correr máquinas virtuais Linux. Esta ferramenta está particularmente desenvolvida para fazer desenvolvimento de software, nomeadamente o kernel Linux e em alguns casos para ser usada em centros de dados. O desempenho do UML é muito baixo, quando comparado com outras soluções.

O Linux Vserver usa virtualização ao nível do sistema operativo, é apenas um isolamento de um conjunto de recursos que pode ser visto como uma máquina virtual. Esta

técnica de virtualização torna-o adequado ao alojamento de serviços partilhado, o chamado hosting.

A tabela 3.1 apresenta uma comparação entre as ferramentas de virtualização usando todos os outros critérios definidos.

Tabela 3.1: Comparação entre as tecnologias de virtualização

	Vserver	UML	XEN	Virtualbox
Desempenho	Alto	Baixo	Alto	Médio
Isolamento	Baixo	Alto	Alto	Alto
Multiplos OS	Não	Não	Sim	Sim
Complexidade	Alta	Alta	Média	Baixa
Virtual Networking	Não	Sim	Sim	Sim
Clustering	Não	Não	Sim	Não
Interface gráfico	Não	Não	Sim	Sim
Comunidade	Média	Baixa	Alta	Alta

Algumas soluções, nomeadamente o Linux Vserver e User Mode Linux , estão com as suas comunidades de desenvolvimento pouco activas. São ferramentas que não têm sofrido actualizações nos últimos tempos, e que apresentam uma tendência para o abandono. A razão disso é o aparecimento de soluções mais funcionais e evoluídos como é o caso do XEN.

3.1.3 Selecção da solução

A solução seleccionada será a utilizada para implementar os trabalhos práticos a estudar e deve ir de encontro ao conjunto geral dos trabalhos práticos realizados no laboratório. O resultado deste estudo, selecção da ferramenta de virtualização, deverá identificar a ferramenta adequada à realização de trabalhos laboratoriais de redes de comunicações.

Analisando as características das ferramentas apresentadas encontramos algumas limitações. O isolamento e a capacidade de networking virtual são características importantes que não se podem dispensar na realização deste tipo de trabalhos laboratoriais. Nesses dois pontos o Linux Vserver não apresenta essas características, não sendo indicado para o fim pretendido.

O Virtualbox não é ideal para o ambiente que pretendemos. O facto de toda a administração ser gráfica exige um maior uso de recursos e aumenta a dificuldade na automatização de tarefas. Pode ser interessante em situações pontuais, como para ser usado por alunos nos seus computadores pessoais.

No caso do User Mode Linux encontramos limitações ao nível da comunidade de suporte. É uma ferramenta que está numa fase de abandono e não apresenta garantias de continuidade. Também apresenta degradação de desempenho considerável e apenas pode correr sistemas operativos GNU/Linux.

De entre as ferramentas analisadas aquela que não apresenta estas limitações é o XEN. De acordo como os critérios de selecção definidos esta é a melhor solução, aquela que se enquadra melhor com o tipo de trabalhos realizados nos laboratórios de redes de comunicação. Ao recorrer a dois métodos de virtualização consegue elevado desempenho em modo paravirtualizado e uma diversidade de sistemas operativos guest em modo HVM. O isolamento entre máquinas virtuais é elevado e possui controlo avançado sobre os dispositivos de rede, permitindo implementar cenários de rede complexos. A versão Open Source do XEN não dispõe de uma interface gráfica de configuração, mas esse facto não se apresenta como uma limitação, pois a configuração por ficheiros e os comandos de linha são suficientes para a realização dos trabalhos. Em caso de necessidade estão disponíveis junto da comunidade *Open Source*, várias interfaces gráficas para acrescentar ao XEN. Para além das características técnicas é a ferramenta com a comunidade de desenvolvimento e suporte mais activa.

O XEN é a solução escolhida como a ferramenta de virtualização a ser usada para a implementação dos trabalhos práticos.

3.2 Trabalhos laboratoriais

Com o objectivo de seleccionar três trabalhos do conjunto total de trabalhos realizados no laboratório foi feito um levantamento de todos os trabalhos. Da forma semelhante à escolha da tecnologia a utilizar também foi definido um conjunto de critérios para seleccionar os trabalhos.

3.2.1 Levantamento

Seguidamente apresentam-se os trabalhos práticos que são realizados, nas várias disciplinas, no laboratório de redes:

TP1 Endereçamento IP [23]

TP2 LANs Virtuais, Comutação e Encaminhamento [24]

TP3 Routing OSPF e BGP [25]

TP4 Projecto e instalação de um serviço de e-mail [26]

TP5 Plataformas de monitorização de redes [27]

TP6 Secure Wireless Home Network [28]

TP7 Análise de Tráfego IP [29]

TP8 Mobile IPv6 [30]

TP9 Configuração de redes IPv4 e IPv6 [31]

3.2.2 Critérios de selecção dos trabalhos

Os seguintes critérios ajudarão na escolha dos trabalhos práticos do laboratório de redes a serem implementados e testados de forma a verificar se existe alguma vantagem em recorrer à virtualização de computadores:

Hardware específico - Se o trabalho requer hardware específico que não pode ser emulado (router, switch, wireless). Nestes casos não se pode usar a virtualização, pelo menos na sua totalidade. O objectivo de alguns trabalhos é interagir com hardware real, nesses casos o hardware não deve ser virtualizado.

Alterações no kernel - Como o sistema de virtualização escolhido necessita de alterações no kernel do Sistema Operativo, pode impedir o seu uso em algumas situações. Nos casos em é necessário aplicar patches ao kernel durante a realização do trabalho, ou na preparação, não se pode usar a ferramenta de virtualização.

Serviços - Se for um trabalho de serviços de rede, em princípio, podemos recorrer à virtualização. Podemos separar os serviços por várias máquinas virtuais e assim aproximar o trabalho de um cenário real.

Consolidação - O trabalho é demasiado complexo e requer muitos componentes (computadores), alguns podem ser máquinas virtuais. Nestes casos a virtualização pode e deve ser aplicada de forma a reduzir o hardware necessário.

Desempenho - Se a degradação de desempenho pelo uso da virtualização é considerada significativa para o trabalho em causa. O uso de aplicações gráficas podem limitar o uso da virtualização, pois estas exigem maiores recursos de hardware das máquinas.

Alargamento do cenário - Se recorrer à virtualização pode alargar o cenário de trabalho, por exemplo ao adicionar um conjunto de clientes para um serviço.

3.2.3 Selecção dos casos de estudos

Recorrendo aos critérios de selecção foi feita a comparação dos vários trabalhos de forma a encontrar três casos de estudo. Há a necessidade de fazer uma análise preliminar dos trabalhos para ajudar na escolha. Esta análise, feita com base no guião dos trabalhos e nos critérios permite relacionar as necessidades dos trabalhos com as características da ferramenta disponível.

TP1 *Endereçamento IP*: A primeira parte é de planeamento, logo não requer nenhum tipo de hardware. A segunda é a implementação de um serviço *split DNS* (Domain Name System). O trabalho original usa duas máquinas para criar dois servidores DNS. Recorrendo à virtualização é possível usar dois ou mais servidores em apenas uma máquina física.

TP2 *LANs Virtuais, Comutação e Encaminhamento*: O objectivo deste trabalho é familiarizar os alunos com equipamentos reais, e como interligar um conjunto alargado de equipamento de rede real. Apesar de ser possível criar um trabalho semelhante, todo ele virtualizado, não teria o mesmo interesse de o fazer com equipamento real.

TP3 *Routing OSPF e BGP*: Um trabalho em que é utilizado muito equipamento real, tal como encaminhadores e comutadores de rede. Não é indicado para usar virtualização, pela quantidade de hardware específico e pela elevada complexidade; adicionar mais uma componente ao trabalho seria prejudicial para o mesmo.

TP4 *Projecto e instalação de um serviço de e-mail*: Este trabalho não pode ser virtualizado totalmente, pois depende de equipamento que não pode ser virtualizado. Uma solução possível para o uso da virtualização é consolidar o cliente de e-mail e o servidor interno numa só máquina.

- TP5** *Plataformas de monitorização de redes*: O objectivo é criar diversos serviços de rede e estudar ferramentas de monitorização desses serviços. Neste caso a virtualização faz todo o sentido, pois pode ajudar a criar um maior número de serviços.
- TP6** *Secure Wireless Home Network*: Numa primeira análise percebe-se que não é possível recorrer à virtualização, devido ao trabalho ser de redes sem fios.
- TP7** *Mobile IPv6*: As alterações no kernel, necessárias na preparação deste trabalho, são incompatíveis com a solução escolhida, no modo paravirtualizado. No modo HVM é necessário hardware que suporte este modo.
- TP8** *Análise de Tráfego IP*: É um trabalho de análise de tráfego de rede a partir de um ficheiro que contém uma captura. Não necessita de equipamento de rede ou de vários computadores.
- TP9** *Configuração de redes IPv4 e IPv6*: É possível virtualizar este trabalho. A tecnologia escolhida suporta todos os cenários apresentados, mas aumentaria demasiado a complexidade do trabalho ao nível das ligações de rede.

Depois de análise preliminar dos trabalhos, na tabela 3.2 pode-se ver uma comparação entre todos os trabalhos recorrendo aos critérios definidos:

Tabela 3.2: Comparação dos trabalhos

Trabalho:	TP1	TP2	TP3	TP4	RP5	TP6	TP7	TP8	TP9
Hardware	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	NA	Não
Kernel	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	NA	Não
Serviços	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	NA	Não
Consolidação	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	NA	Não
Desempenho	Não	NA	Não	Não	Não	Não	Não	NA	Não
Alargamento	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	NA	Não

Existem parâmetros que excluem imediatamente alguns trabalhos. No caso de existirem alterações a fazer ao kernel para a realização do trabalho, por exemplo. Identificamos essa particularidade no TP6 e TP7. Outro caso de exclusão é quando é necessário hardware específico, o que acontece no TP2, TP3 e TP6. O TP8 foi eliminado anteriormente por não ser necessário hardware para o realizar. No caso do TP9, que também foi eliminado anteriormente, identificou-se um aumento significativo da complexidade geral do trabalho ao recorrer a tecnologias de virtualização. Resta o TP1, TP4 e TP5 que são trabalhos laboratoriais de serviços de rede. Em todos eles existe a possibilidade de um alargamento do cenário a implementar assim como uma redução do hardware necessário. Estes trabalhos não apresentam outras limitações e são, com base nos dados recolhidos, os trabalhos a serem implementados e estudados:

1. TP1 - Trabalho prático de endereçamento IP
2. TP4 - Projecto e instalação de um serviço de e-mail
3. TP5 - Plataformas de monitorização de redes

3.3 Parâmetros a medir

Os parâmetros a medir para cada trabalho prático irão mostrar se é viável ou não o uso da virtualização.

Preparação adicional - A preparação inicial do trabalho, a ser realizada pelo técnico do laboratório, permitirá ao aluno executar o trabalho prático recorrendo a tecnologias de virtualização. Este parâmetro avalia o trabalho de preparação inicial, e pode assumir os valores baixo, médio ou elevado.

Realização do trabalho - Se o trabalho ser realiza de forma natural, semelhante ao trabalho sem virtualização, ou se existem diferenças significativas. Pode assumir os valores normal e diferente.

Tempo de preparação - Tempo e dificuldade de preparação do laboratório pelo técnico, estimado. Pode assumir os valores baixo, médio ou elevado.

Tempo de realização -Aumento ou diminuição do tempo para realização do trabalho pelo aluno. Pode assumir os valores inferior, igual ou superior.

Conhecimentos adicionais - Durante a realização do trabalho prático o aluno necessitará de conhecer comandos e conceitos adicionais, relacionados com as tecnologias de virtualização usadas. O nível de conhecimentos adicionais pode assumir os valores baixo, médio ou elevado.

Facilidades identificadas - Se foi identificada alguma vantagem na utilização de tecnologias de virtualização. Pode assumir os valores sim ou não.

Matéria implementada/estudada - Se o facto de recorrer à virtualização fez aumentar ou diminuir os pontos da matéria estudados. Pode assumir os valores inferior, igual ou superior.

Complexidade - Aumento ou diminuição da complexidade total do trabalho prático. Pode assumir os valores aumentou, igual ou diminuiu.

Limitações - Se foi identificada alguma limitação na realização do trabalho, recorrendo à virtualização. Pode assumir os valores sim e não.

Portabilidade - Possibilidade de executar o trabalho em casa ou no portátil do aluno. Pode assumir os valores sim e não.

Hardware necessário - Se existe redução de hardware utilizado. Pode assumir os valores reduz, igual ou aumenta.

Capítulo 4

Implementação dos casos de estudo

Do conjunto de trabalhos realizados no laboratório de redes foram seleccionados três que servirão de casos de estudo. Cada trabalho prático será implementado em ambiente semelhante ao de um laboratório real mas recorrendo à virtualização. O objectivo não é realizar o trabalho num ambiente completamente virtualizado, mas sim verificar a possibilidade de utilizar a virtualização de forma a melhorar a execução dos trabalhos práticos e identificar a possibilidade de rentabilizar os recursos disponíveis.

Para isso, e caso a caso, será apresentada uma descrição do trabalho prático, baseada no guião apresentado aos alunos. Essa descrição será usada para a preparação dos sistemas que permitirão realizar o trabalho, sendo este passo essencial para tomar as decisões relativas a que parte e de que forma se aplicará a virtualização.

Executada a preparação para o trabalho, é feita a realização do mesmo, neste novo ambiente, com o objectivo de recolher os resultados da utilização da virtualização. Os parâmetros a medir seleccionados anteriormente serão usados como referência para a análise dos trabalhos.

A descrição dos resultados que é apresentada para cada caso de estudo será a base para uma análise global sobre o uso de técnicas de virtualização de computadores para a realização de trabalhos laboratoriais de redes de comunicações.

4.1 Instalação da ferramenta de virtualização

O primeiro passo na implementação dos trabalhos é a preparação das máquinas, instalando e configurando a ferramenta de virtualização. Os passos seguintes descrevem o procedimento de instalação do XEN, numa máquina a correr Debian GNU/Linux, o sistema operativo usado no laboratório de redes da FEUP.

O primeiro passo é instalar o kernel específico com o XEN e todas as suas dependências, essa instalação é feita recorrendo ao APT(Advanced Package Tool):

```
apt-get install xen-linux-system-2.6.18-4-xen-686 libc6-xen bridge-utils
```

No final da instalação é necessário reiniciar a máquina para que carregue o novo Kernel.

A configuração mais comum da rede é em modo bridge, esse modo é activado no ficheiro `/etc/xen/xend-config.sxp` adicionando a seguinte linha:

```
(network-script network-bridge)
```

Para a criação automática de máquinas virtuais é necessário instalar o pacote `xen-tools`, que deve ser feito usando o APT.

```
apt-get install xen-tools
```

Alguns parâmetros da configuração desta ferramenta podem ser ajustados no ficheiro `/etc/xen-tools/xen-tools.conf`. As seguintes linhas são as mais comuns e as indicadas a estes trabalhos:

```
#
# Default kernel and ramdisk to use for the virtual servers
#
kernel = /boot/vmlinuz-2.6.18-4-xen-686
initrd = /boot/initrd.img-2.6.18-4-xen-686

dir = /home/xen
debootstrap = 1
size = 4Gb # Disk image size.
memory = 128Mb # Memory size
swap = 128Mb # Swap size
fs = ext3 # use the EXT3 filesystem for the disk image.
dist = etch # Default distribution to install.
image = sparse # Specify sparse vs. full disk images.
```

Criamos a directoria onde vão residir as imagens das máquinas virtuais:

```
mkdir /home/xen
mkdir /home/xen/domains
```

Os passos anteriores só são executados uma vez, na altura da configuração inicial do sistema. A partir daqui já é possível criar máquinas virtuais, executando o seguinte comando, com as opções adequadas a cada máquina:

```
xen-create-image -hostname=mailserver -ip=10.0.0.21 -netmask=255.255.255.0
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

Alguns minutos depois já é possível iniciar a máquina virtual recém criada:

```
xm create mailserver.cfg -c
```

Usando os comandos `xm list` e `xentop` pode-se verificar o estado geral das instâncias a correr. O resultado do comando `xm list` é o seguinte:

```
debian:# sudo xm list
Name                               ID Mem(MiB) VCPUs State   Time(s)
Domain-0                           0   874      1 r----- 657.9
mailserver                          3   128      1 -b----- 8.0
```

O comando de linha `xm` possui diversas opções, pode-se obter mais informação na ajuda do próprio comando:

```
xm help
```

Desta forma temos o sistema de virtualização preparado para a implementação dos vários trabalhos a estudar.

4.2 TP1 - Trabalho prático de endereçamento IP

Este trabalho é dividido em duas partes, sendo a primeira parte de planeamento que não será estudada nesta fase. Apenas a parte prática do trabalho será implementada e estudada; esta parte incide na configuração de um serviço de DNS.

4.2.1 Descrição do trabalho inicial

O objectivo deste trabalho é implementar um serviço de DNS completo, numa configuração "Split DNS". Esta configuração necessita de pelo menos dois servidores, um interno que resolve todos os endereços da rede local e também os visíveis do exterior, e um servidor externo apenas com os endereços visíveis exteriormente. Numa configuração ideal deve existir um servidor primário e secundário, nessa situação o número de servidores necessários para esta configuração sobe para quatro.

No caso de se realizar este trabalho, na sua forma mais completa, recorrendo a hardware dedicado para cada servidor DNS, são necessários quatro computadores. Aplicando técnicas de virtualização, o mesmo trabalho na forma mais completa, será implementado recorrendo apenas a um computador.

O guião do trabalho apresenta os seguintes passos, para a configuração de um serviço de DNS para a rede da empresa XPTO, com o domínio `xpto.pt`:

1. Identificar nos sistemas Unix disponíveis a localização dos programas associados e necessários para a instalação e configuração do daemon `named`;

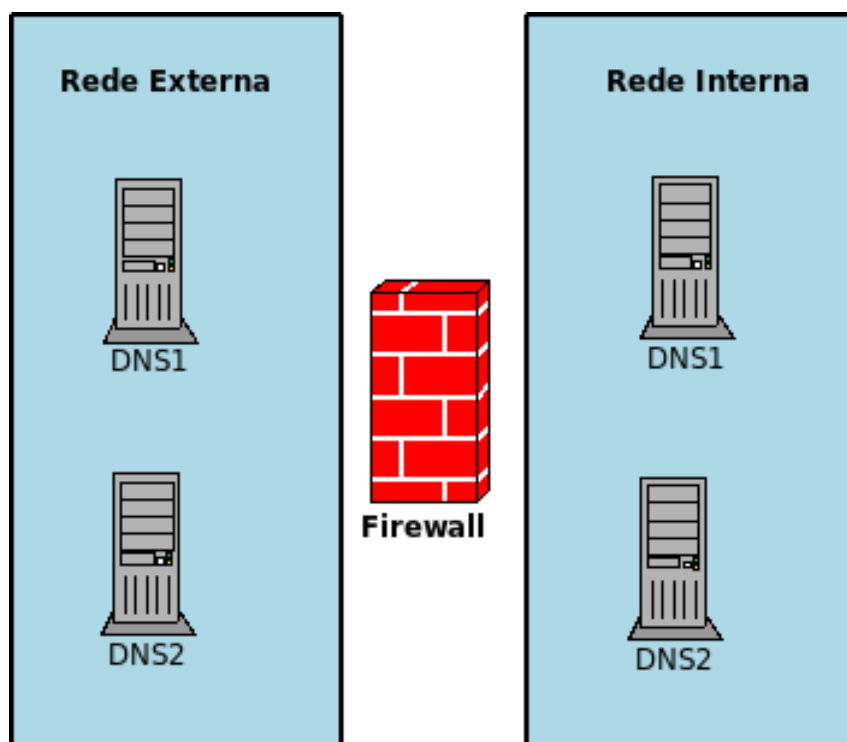


Figura 4.1: Diagrama do trabalho prático de endereçamento IP

2. Caso não exista, será necessário criar o directório `/var/named` e colocar lá todos os ficheiros de configuração e dados do named;
3. Configurar uma solução de split DNS com um servidor primário para o domínio `xpto.pt` na Intranet e o outro será o que estará disponível para a Internet com a informação dos serviços/servidores da DMZ. O servidor de DNS da Intranet deve ser configurado para encaminhar os pedidos para o servidor de DNS externo com conectividade à Internet;
4. Activação a geração de logs do BIND no(s) servidor(es). Todas as configurações devem ser testadas e devem ser apresentados os extractos dos logs como demonstração do bom funcionamento das configurações.

4.2.2 Preparação do trabalho

A preparação inicial para a realização deste trabalho resume-se à disponibilização de um computador configurado com quatro máquinas virtuais. O trabalho de preparação realizado pelo técnico do laboratório é apresentado seguidamente:

- Disponibilizar um computador, por grupo de trabalho, configurado com o XEN. Para isso deve instalar o sistema de virtualização na máquina;

- Instalar quatro máquinas virtuais Linux configuradas com um sistema básico;
- Configurar a rede nas máquinas virtuais, atribuindo endereços IP, e garantir a conectividade à rede do laboratório;
- Configurar os repositórios de software, para permitir a instalação de software pelos alunos;
- Disponibilizar dos dados de acesso e de rede das máquinas virtuais.

A forma de criar as máquinas virtuais para este trabalho é a seguinte, recorrendo às `xen-tools`:

```
xen-create-image -hostname=dns1x -ip=10.0.0.101 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

```
xen-create-image -hostname=dns2x -ip=10.0.0.102 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

```
xen-create-image -hostname=dns1 -ip=10.0.0.103 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

```
xen-create-image -hostname=dns2 -ip=10.0.0.104 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

Para iniciar uma máquina:

```
xm create dns1x.cfg -c
```

São não for possível a ligação à máquina usando SSH (Secure Shell), podemos aceder directamente à consola, correndo o seguinte comando:

```
xm console dns1x
```

Depois de ter acesso à consola da máquina, todas as configurações são efectuadas da mesma forma como se de uma máquina real se tratasse.

4.2.3 Descrição da realização do trabalho

Com as quatro máquinas criadas pelo técnico o aluno só tem que as iniciar e proceder à realização do trabalhos. Para iniciar as máquina virtuais deve correr os seguintes comandos de linha.

```
xm create dns1x.cfg -c
```

```
xm create dns2x.cfg -c
```

```
xm create dns1.cfg -c
```

```
xm create dns2.cfg -c
```

O comando de linha `xm list` mostra o estado das máquinas a correr no sistema de virtualização.

Neste ponto o aluno deve entrar nas máquinas usando uma ligação SSH, se por algum motivo perder a conectividade pode fazê-lo usando o seguinte comando:

```
xm console dns1x
```

A partir deste momento o aluno pode realizar o trabalho como habitualmente.

4.2.4 Resultados

Realização do trabalho: Depois de o aluno ter acesso às consolas das máquinas virtuais podem realizar o trabalho como se do trabalho tradicional, sem virtualização, se tratasse. O acesso à consola pode ser feito via o comando `xm console` do XEN ou via SSH. O primeiro método é aconselhado para quando não existe conectividade de rede.

Tempo de preparação: O facto de ser necessário instalar e configurar a ferramenta de virtualização não fez variar significativamente o tempo de preparação. O uso da ferramenta de virtualização reduziu o tempo de instalação das máquinas a disponibilizar, pois permite instalar e copiar sistemas completos de forma simples e em menos tempo que a instalação manual.

Tempo de Realização: O tempo de realização do trabalho pelo aluno é exactamente o mesmo.

Conhecimentos adicionais: Os conhecimentos adicionais necessários à realização deste trabalho pelo aluno são:

- Listar as máquinas virtuais existentes e o seu estado.
- Iniciar, parar e reiniciar máquinas virtuais.
- Aceder à consola da máquina virtual a partir da máquina Host.

Facilidades identificadas: Foi identificada uma ligeira simplificação do trabalho, associado à notória redução do número de máquinas físicas para realizar o trabalho, passando de quatro máquinas para apenas uma por grupo de trabalho. Não foram encontradas dificuldades na realização deste trabalho. O trabalho realiza-se de forma semelhante ao tradicional.

Matéria implementada/estudada: Não variou; como se dispõe de quatro máquinas é possível alargar o cenário para além do proposto no guião inicial.

Complexidade: Não variou. Para o aluno o trabalho é realizado da mesma forma.

Limitações: Não se encontraram limitações.

Portabilidade: As imagens das máquinas virtuais podem ser usada para guardar o estado do trabalho, permitindo a continuação do trabalho noutro ambiente, por exemplo em casa do aluno.

Hardware necessário: O hardware foi reduzido de quatro máquinas para uma. Essa máquina deve ter características de hardware que suportem a execução de quatro sistemas operativos simultaneamente.

4.3 TP4 - Projecto e instalação de um serviço de e-mail

O objectivo deste trabalho é compreender a infraestrutura de um serviço de e-mail, os diferentes elementos que a compõem bem como os diversos protocolos que a suportam: SMTP, POP3(S), IMAP(S) e DNS.

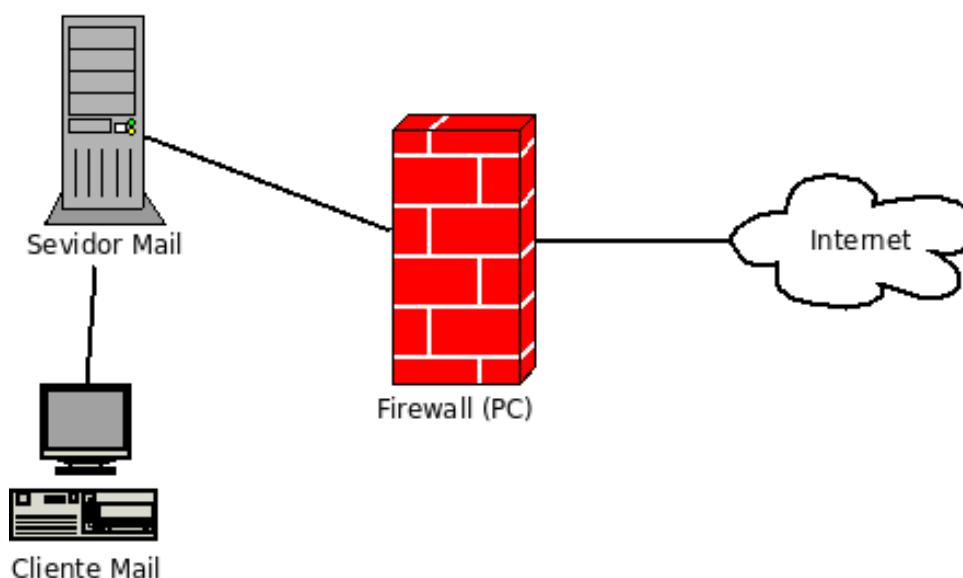


Figura 4.2: Diagrama do serviço de e-mail

4.3.1 Descrição do trabalho

Para realizar este trabalho laboratorial é necessário instalar e configurar uma infraestrutura de suporte a um serviço de e-mail que recorre a uma firewall com suporte de NAT.

O trabalho é constituído por três máquinas, um servidor de e-mail, um cliente de serviços e-mail e uma firewall. Apesar de existir uma componente de networking, a firewall, este pode ser considerado um trabalho de serviços. Numa primeira abordagem podemos começar por virtualizar o servidor e o cliente de e-mail, mas, como a tecnologia de virtualização escolhida suporta funcionalidades de rede avançadas podemos partir para a virtualização completa das máquinas a configurar.

Neste caso, a firewall, o servidor, o cliente, o switch e as interfaces são virtuais. Este trabalho pode ser usado como um exemplo do uso da virtualização em ambientes mais complexos, onde a camada de networking é também virtualizada. Todo o trabalho pode ser realizado utilizando apenas um computador.

4.3.2 Preparação do trabalho

Para a preparação inicial deste trabalho é necessário disponibilizar um computador, por grupo de trabalho, configurado com o XEN. Este computador será também o cliente de e-mail, logo deverá ter configurado o sistema gráfico assim como instaladas as aplicações de um cliente de e-mail.

Além disso devem ser instaladas duas máquinas virtuais GNU/Linux configuradas com um sistema básico e com a configuração de rede adequada ao cenário a implementar. Uma das máquinas virtuais, a firewall, deverá possuir duas interfaces de rede; uma correspondente à rede interna e outra à externa.

Para interligar os vários sistemas é necessário configurar um computador virtual onde será ligada a máquina cliente, o servidor e uma das interfaces da firewall. Tal como em todos os trabalhos realizados no laboratório os repositórios de software deve ser devidamente configurados em todas as máquinas. Devem também ser fornecidos aos alunos todos os dados de acesso e da configuração de rede das máquinas virtuais.

Tal como no caso anterior a forma de criar as máquinas virtuais para este trabalho é usando o comando `xen-create-image`:

```
xen-create-image -hostname=mailsrv -ip=10.0.0.111 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

Devem ser criadas, usando o mesmo método, as outras duas máquinas necessárias para a realização deste trabalho.

4.3.3 Descrição da realização do trabalho

Com as quatro máquinas criadas pelo técnico o aluno só tem que as iniciar e proceder à realização do trabalhos. Para iniciar as máquina virtuais deve correr os seguintes comandos de linha.

```
xm create mailsrv.cfg -c  
xm create client.cfg -c  
xm create fw.cfg -c
```

. Neste ponto o aluno deve entrar nas máquinas usando uma ligação SSH, se por algum motivo perder a conectividade pode fazê-lo usando o seguinte comando:

```
xm console mailsrv
```

A partir deste momento o aluno pode realizar o trabalho como habitualmente.

4.3.4 Resultados

Realização do trabalho: Depois de o aluno ter acesso às consolas das máquinas virtuais podem realizar o trabalho como se do trabalho tradicional, sem virtualização, se tratasse. O acesso à consola pode ser feito via o comando `xm console` do XEN ou via SSH. O primeiro método é aconselhado para quando não existe conectividade de rede, caso frequente durante a configuração da firewall.

Tempo de preparação: O tempo de preparação pode aumentar ligeiramente, devido à configuração de rede das várias máquinas virtuais e sua interligação. Este aumento de tempo é relativo e só se aplica às primeiras preparações do trabalho. Toda a configuração pode ser guardada para aplicar posteriormente, o que fará reduzir significativamente o tempo de preparação de trabalhos futuros.

Tempo de Realização: O tempo de realização do trabalho pelo aluno é exactamente o mesmo.

Conhecimentos adicionais: Os conhecimentos adicionais necessários à realização deste trabalho pelo aluno são:

- Listar as máquinas virtuais existentes e o seu estado;
- Listar a configuração da rede e interfaces atribuídas às máquinas virtuais;
- Iniciar, parar e reiniciar máquinas virtuais;
- Aceder à consola da máquina virtual a partir da máquina Host.

Facilidades identificadas: O trabalho decorre de forma semelhante a um trabalho que não usa virtualização, podendo ser encontrada uma ligeira simplificação.

Matéria implementada/estudada: Não existe variação neste ponto.

Complexidade: Não variou. Para o aluno o trabalho é realizado da mesma forma.

Limitações: Não se encontraram limitações.

Portabilidade: Possibilidade de portabilidade das máquinas virtuais configuradas, para trabalhar em casa ou para backup e continuação em aula posterior.

Hardware necessário: Existe uma redução efectiva do hardware utilizado.

4.4 TP5 - Plataformas de monitorização de redes

O objectivo deste trabalho é sensibilizar o aluno para as ferramentas de gestão de equipamentos e serviços de uma rede, em particular na componente de monitorização.

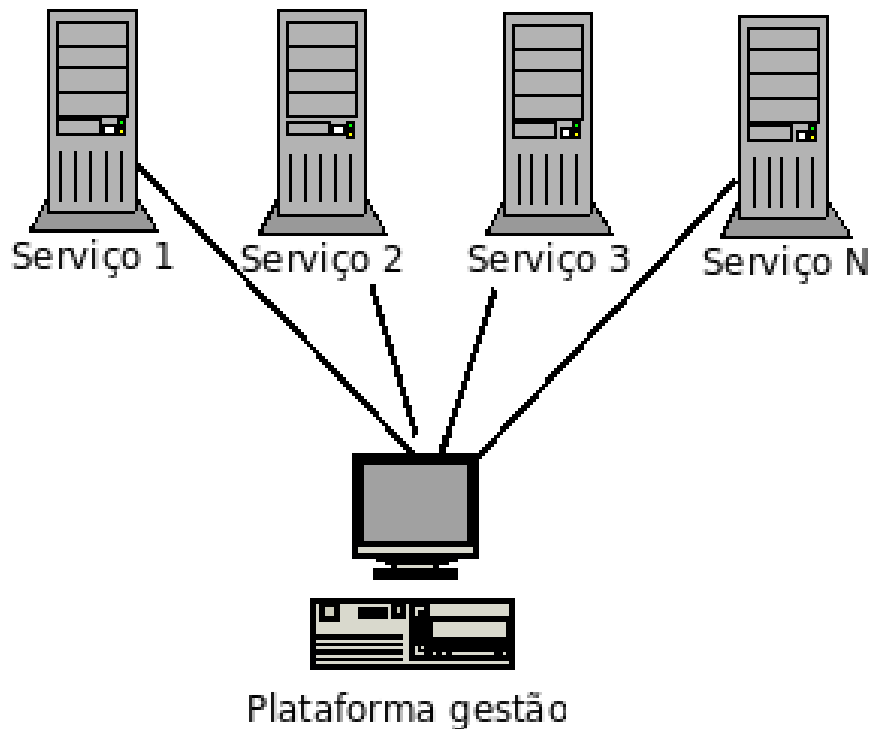


Figura 4.3: Diagrama da plataforma de monitorização de rede

4.4.1 Descrição do trabalho

Para a realização deste trabalho são sugeridas ao aluno algumas plataformas de gestão, de utilização livre (tal como o Nagios, o Zenoss e o Zabbix) para com uma delas fazer a gestão da rede do laboratório e em particular, com detalhe, dos servidores e serviços da bancada de trabalho.

Este trabalho, de serviços, é aquele que oferece mais flexibilidade ao uso da virtualização. Numa fase inicial deste trabalho é pedido ao aluno a instalar uma plataforma de monitorização de redes, o Nagios. Esta plataforma será usada para gerir diversos serviços de outras máquinas. Seguidamente é pedido ao aluno para instalar e configurar um conjunto de serviços normais para uma rede em produção: um servidor Web, um servidor ftp/sftp (por exemplo o Vsftp), um servidor ntp e um servidor "DNS cache".

Para se realizar este trabalho de uma forma mais próxima a um ambiente real seria conveniente usar um servidor para a plataforma de monitorização e um servidor por cada

serviço disponibilizado. Ora, isto pode ser difícil de conseguir num laboratório, pois o número de máquinas disponíveis por aluno é reduzido.

Uma forma de solucionar o problema é recorrer à virtualização e instalar cada serviço numa máquina virtual independente. A plataforma de monitorização pode também ser instalada numa máquina virtual.

O guião do trabalho sugere ao aluno que estude outras plataformas de monitorização de redes. É pedido apenas um estudo, mas, como temos disponibilidade de máquinas virtuais os alunos podem testar essas plataformas facilmente sem conflito com o trabalho inicial.

4.4.2 Preparação do trabalho

Para este trabalho podem ser necessárias várias máquinas virtuais, dependendo do número de serviços que o aluno decide implementar. O mínimo necessário é um máquina física com três máquinas virtuais, mas pode ser alargado a mais máquinas virtuais, nem que para isso seja necessário aumentar o número de máquinas físicas.

As máquinas virtuais disponibilizadas pelo técnico do laboratório deve ter instalado o Sistema Operativo, configurado com as ferramentas básicas de um sistemas GNU/Linux. Devem ser fornecidas com a ligação de rede a funcionar e com os repositórios de software configurados. Especialmente neste trabalho devem ser atribuídos aos trabalhos diversos endereços IP para novas máquinas virtuais assim como instruções claras de como criar, copiar e interligar novas máquinas virtuais.

Neste trabalho devem ser atribuídas, inicialmente, duas máquinas virtuais. Da mesma forma que nos casos anteriores são criadas recorrendo às xen-tools:

```
xen-create-image -hostname=nagios -ip=10.0.0.121 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

```
xen-create-image -hostname=server1 -ip=10.0.0.122 -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

O técnico deve reservar e disponibilizar um conjunto de endereços IP para o aluno usar.

4.4.3 Descrição da realização do trabalho

Com as duas máquinas criadas pelo técnico o aluno só tem que as iniciar e proceder à realização do trabalhos. Para iniciar as máquinas virtuais deve correr os seguintes comandos de linha.

```
xm create nagios.cfg -c  
xm create server1.cfg -c
```

Como nos casos anteriores pode aceder às máquinas via SSH ou como o seguinte comando:

```
xm console nagios
```

A partir deste momento o aluno pode realizar o trabalho como habitualmente. No caso de o aluno necessitar de mais máquinas virtuais pode ser o próprio a fazer a sua instalação. Tal como o técnico, pode fazer a instalação usando o comando `xen-create-image`.

```
xen-create-image -hostname=serverx -ip=10.0.0.12x -netmask=255.255.255.0  
-gateway=10.0.0.1 -passwd
```

4.4.4 Resultados

Foi neste caso de estudo onde se ganhou mais com o uso da virtualização. O número de máquinas disponíveis para monitorizar passou a ser muito superior. Abriu a possibilidade de ter todos os serviços em máquinas isoladas. Sendo o trabalho mais aberto, foi onde se notou mais a flexibilidade disponibilizada pela virtualização.

Realização do trabalho: Depois de o aluno ter acesso às consolas das máquinas virtuais podem realizar o trabalho como se do trabalho tradicional, sem virtualização, se tratasse. O acesso à consola pode ser feito via o comando `xm console` do XEN ou via SSH. O primeiro método é aconselhado para quando não existe conectividade de rede. No caso de o aluno necessitar de mais máquinas deve criá-las, tendo em conta os recursos disponíveis e a conectividade à rede.

Tempo de preparação: Não se identificou variação significativa no tempo de preparação deste trabalho. Existe de facto trabalho acrescido na instalação e configuração do XEN mas é compensado pela facilidade de disponibilização de novas máquinas virtuais.

Tempo de Realização: Não se verificou variação no tempo de realização.

Conhecimentos adicionais: Os conhecimentos adicionais identificados, necessários à realização deste trabalho são:

- Listar as máquinas virtuais existentes e o seu estado;
- Listar a configuração da rede e interfaces atribuídas às máquinas virtuais;
- Criar e instalar de raiz máquinas virtuais, usando ferramentas adequadas;
- Iniciar, parar e reiniciar máquinas virtuais;
- Aceder à consola da máquina virtual a partir da máquina Host;
- Guardar o estado das máquinas virtuais.

Facilidades identificadas: Identificou-se um aumento significativo do número de serviços a gerir e um aumento de flexibilidade na execução do trabalho.

Matéria implementada/estudada: O alargamento do cenário pode permitir os estudo de outros serviços.

Complexidade: Podemos considerar um ligeiro aumento da complexidade do trabalho uma vez que o aluno é responsável por criar máquinas virtuais, em caso de necessidade, e existe um aumento de serviços a instalar e configurar.

Limitações: Não se encontraram limitações.

Portabilidade: Possibilidade de portabilidade das máquinas virtuais configuradas, para trabalhar em casa ou para backup e continuação em aula posterior.

hardware necessário: Redução significativa do número de máquinas físicas para realizar o trabalho.

Capítulo 5

Análise Global

Foi possível implementar todos os trabalhos escolhidos para estudar recorrendo a tecnologias de virtualização. Partiu-se sempre do princípio que o trabalho inicial de preparação dos trabalhos e das máquinas com suporte de virtualização seria realizado pelo técnico da sala. Nos casos estudados não se encontraram diferenças significativas na realização dos trabalhos em relação a um trabalho realizado da forma tradicional.

5.1 Medição dos parâmetros

A tabela 5.1 apresenta uma comparação, parâmetro a parâmetro, dos resultados dos três casos de estudo.

Tabela 5.1: Comparação entre os resultados dos casos de estudo.

Parâmetro	TP1	TP2	TP3
Preparação adicional	Baixo	Baixo	Médio
Realização do trabalho	Normal	Normal	Normal
Tempo de preparação	Baixo	Baixo	Baixo
Tempo de realização	Igual	Igual	Igual
Conhecimentos adicionais	Baixo	Baixo	Médio
Facilidades identificadas	Sim	Sim	Sim
Matéria	Igual	Igual	Igual
Complexidade	Igual	Igual	Igual
Limitações	Não	Não	Não
Portabilidade	Sim	Não	Sim
Hardware necessário	reduz	reduz	reduz

Pode-se observar que em todos os trabalhos estudados se conseguiu uma diminuição do hardware utilizado, sendo possível, simultaneamente, alargar o cenário do trabalho prático. No caso do TP5, o trabalho de plataformas de monitorização de redes, a redução

de hardware depende do tipo de cenário implementado, sendo o mínimo para a realização do trabalho um único computador.

O uso da virtualização, nos três casos, não alterou a forma como se realizam os trabalhos, não aumentou a complexidade e não foram encontradas limitações na realização dos trabalhos laboratoriais. De uma forma geral o trabalho é realizado de forma normal.

5.2 Vantagens encontradas

Em todos os trabalhos conseguiu-se uma redução de hardware, libertando o hardware para outros trabalhos e permitindo a realização dos trabalhos em laboratórios com menos equipamento. Associado à redução de hardware está a capacidade de alargar o cenário do trabalho, permitindo realizar trabalhos com quantidades elevadas de computadores, virtuais neste caso, que não seria possível de outra forma.

Uma das vantagens do uso da virtualização, quando aplicada à consolidação de centro de dados é a redução de consumo energético e AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), num laboratório passa-se o mesmo. Se conjugarmos o planeamento dos trabalhos com as tecnologias de virtualização disponíveis podemos diminuir o tempo e o números de computadores ligados nos laboratórios. Além de se conseguir uma diminuição energética consegue uma melhoria da qualidade do ambiente da sala, reduzindo a temperatura(normalmente elevada) e o ruído ambiente.

A possibilidade de guardar o estado das máquinas virtuais permite obter um histórico do trabalho realizado, permitindo voltar a qualquer ponto da configuração ou até ao início do trabalho. Esta funcionalidade é muito útil em casos em que o servidor fica inutilizado por configurações erradas ou acidentais.

A capacidade de guardar o estado e configurações das máquinas virtuais pode também ser usada para transferir o trabalho para outro local, bastando para isso a cópia de alguns ficheiros. Desta forma o aluno pode recuperar o trabalho feito posteriormente ou até continuar o seu trabalho em casa.

5.3 Dificuldades encontradas

Identificou-se um claro aumento no trabalho de preparação pelo técnico de laboratório. Adicionalmente, o técnico, monitor e docente das aulas laboratoriais também têm que possuir alguns conhecimentos nas tecnologias e ferramentas usadas. O trabalho de preparação é apenas inicial, executado uma única vez pelo técnico. Uma vez implementado o sistema de virtualização apenas será necessário adequamento aos trabalhos. Esta configuração e a instalação de novas máquinas virtuais é assistida por ferramentas que tornam estas operações mais simples que a manipulação de máquinas físicas.

Existem limites de recursos das máquinas físicas, nomeadamente memória e espaço em disco, limitando o número e tipo de máquinas virtuais que podem ser alojadas dentro de uma máquina física. É sempre necessário ter em conta esses limites aquando da escolha do hardware a utilizar nos trabalhos. Em alguns casos aumenta a dificuldade de visão global do cenário montado. O facto de um computador não existir materialmente e de não existirem conexões físicas entre as máquinas pode levar a uma dificuldade de visualização global do cenário. Esse facto pode ser minimizado com a apresentação de um diagrama pormenorizado do cenário montado, e também com a experiência do aluno.

5.4 Condições para o uso da virtualização

Existem diversas tecnologias de virtualização que podem ser usadas nas mais diversas situações. As tecnologias devem ser estudadas de forma a encontrar a melhor solução para o problema que se quer resolver. Se bem escolhidas e aplicadas podem ser aplicadas sem custos adicionais e com retorno quase imediato.

O conjunto normal de máquinas que equipam os laboratórios de redes são suficientes para tirar partido destas tecnologias, logo, o equipamento existente não é uma limitação e não é necessário adquirir novos equipamentos para tirar partido das tecnologias de virtualização.

Os técnicos de laboratório devem dominar as tecnologias e preparar os trabalhos práticos de forma a não aumentar a complexidade dos trabalhos. Nos casos mais complexos os guiões dos trabalhos devem fornecer todos os dados necessários à realização dos trabalhos que recorrem a estas tecnologias.

5.5 Uso no ensino

Apesar da virtualização não ser uma tecnologia muito recente, ainda não é muito usada no ensino. Conhecendo as características e potencialidades da virtualização encontramos diversas aplicações destas tecnologias no ensino, nomeadamente no ensino das redes de dados.

Como nos casos estudados a virtualização pode ser aplicada aos trabalhos práticos de forma a alargar cenários e rentabilizar recursos. Como complemento dos trabalhos realizados presencialmente nos laboratórios é possível disponibilizar trabalhos pré-configurados, em formato de imagem de máquina virtual, para os alunos implementarem em casa ou nos seus computadores portáteis. A virtualização permite a disponibilização de máquinas virtuais pessoais para os alunos, a cada aluno pode ser fornecida uma ou mais máquinas virtuais para realizar trabalhos.

Além da aplicação na realização de trabalhos práticos, alguns conceitos teóricos das tecnologias de virtualização começam a ser estudados em cadeiras como Sistemas Operativos e Arquitectura de Computadores. A partir da experiência adquirida criou-se um guião para um trabalho prático que recorre à virtualização. Esse trabalho é apresentado no anexo [A](#).

Capítulo 6

Conclusões

6.1 Resultados

O trabalho realizado comprovou que é possível o uso de técnicas de virtualização de computadores para a realização de trabalhos laboratoriais de rede de comunicações. No conjunto de trabalhos laboratoriais estudados obteve-se vantagens directas no uso de técnicas de virtualização, sendo a redução de hardware utilizado a mais significativa. Identificou-se um aumento de trabalho na preparação inicial do laboratório, para ser possível realizar os trabalhos. Esse aumento de trabalho é pontual, depois de o sistema estar em funcionamento o trabalho de preparação tende a diminuir.

Nos mesmos trabalhos encontrou-se a possibilidade de alargamento de cenários de teste. Este alargamento possibilita uma aproximação dos trabalhos laboratoriais a cenários reais, difíceis de implementar recorrendo a equipamento real.

Identificou-se um aumento de trabalho na preparação inicial do laboratório, para ser possível realizar os trabalhos laboratoriais recorrendo a tecnologias de virtualização. Esse aumento de trabalho é pontual, depois de o sistema estar em funcionamento o trabalho de preparação tende a diminuir.

6.2 Trabalho futuro

Uma das limitações encontradas neste trabalho foi o uso das ferramentas de virtualização quando os trabalhos usam redes sem fio. Não existem, neste momento, ferramentas de virtualização que permitam a virtualização ou emulação de redes sem fio. No entanto o uso de uma máquina, servidor de máquinas virtuais, com um conjunto alargado de cartas de rede sem fio pode solucionar esse problema. A implementação de um servidor de máquinas virtuais com redes sem fio seria um trabalho futuro a realizar, com o objectivo de verificar se passível de utilizar em laboratórios de redes de comunicações.

Os trabalhos estudados e implementados não foram alterados para serem usados com a ferramenta de virtualização, forma apenas ajustados. A criação de novos trabalhos

laboratoriais pode contar com o uso da tecnologias de virtualização. Assim os novos trabalhos, ao incluírem a virtualização de raiz, podem beneficiar de todas as vantagens da virtualização ao mesmo tempo que se rentabilizam recursos.

Um projecto já bastante desenvolvido no laboratório de rede da FEUP é o laboratório remoto, que permite o acesso remoto pelos alunos aos equipamentos. O laboratório remoto pode beneficiar das tecnologias de virtualização. A realização de trabalho de estudo, e possível implementação, do uso da virtualização aplicada a laboratórios remotos pode trazer melhorias a este sistema.

Anexo A

Proposta de trabalho laboratorial

Um dos objectivos iniciais é a proposta de um novo trabalho/guião de redes ou serviços que aproveita as potencialidades da virtualização. Seguidamente é apresentada a proposta de um trabalho laboratorial para as aulas de redes de dados. É um trabalho de interligação de sistemas que necessita apenas de um computador e tem como base um serviço de virtualização.

A.1 Objectivo

Criar e configurar um conjunto de máquinas virtuais dentro de um sistema de virtualização, a correr XEN, de forma a simular duas redes locais. Essas redes locais serão interligadas usando a Internet.

A.2 Descrição

Pretende-se que sejam criadas duas redes locais e que estas sejam interligadas de forma segura. O trabalho será realizado em três passos:

1. Instalação das máquinas virtuais no sistema de virtualização.
2. Interligação das várias máquinas, quer nas redes locais, quer no segmento que simula a internet.
3. Interligação das várias máquinas de forma segura recorrendo a uma VPN (Virtual Private Network).

Para interligar as várias máquinas devem ser criadas várias redes virtuais, recorrendo a comutadores virtuais, dentro do sistema de virtualização.

O diagrama [A.1](#) representa o esquema base do trabalho a realizar, com as seguintes componentes:

- Duas redes locais;

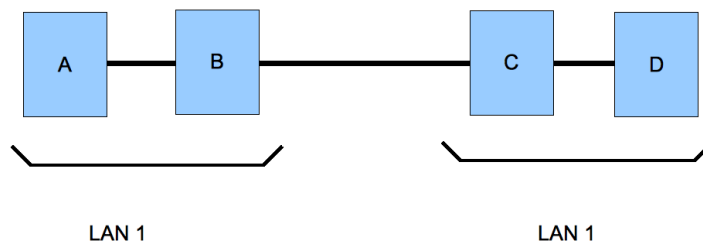


Figura A.1: Diagrama do trabalho de interligação de sistemas

- Duas máquinas por rede;
- As máquinas B e C possuem duas interfaces de rede;
- A ligação entre B e C representa a Internet.

Os seguintes passos correspondem a aulas práticas. Este trabalho é para ser realizado em três aulas.

Passo 1:

Instalar as várias máquinas virtuais, atribuir as interfaces de rede a cada máquina, configurando para isso os comutadores virtuais.

Passo 2:

Definir o plano de endereçamento da rede e configurar as interfaces de rede das máquinas de acordo com o plano definido.

Configurar o encaminhamento estático e verificar a conectividade entre todas as máquinas.

Passo 3:

Colocar as máquinas A e D em redes privadas e configurar B e C para fazer NAT. Finalmente, as máquinas B e C deve ser interligadas recorrendo a uma VPN. A ferramenta de VPN a usar deve ser o OpenVPN.

Referências

- [1] FEUP DEEC. Laboratório de Redes e Serviços de Comunicação, 2008. <http://netlab.fe.up.pt>.
- [2] FEUP. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. <http://fe.up.pt>.
- [3] OpenVZ Containers Virtualization Open Source Project. OpenVZ — , Maio 2008. <http://openvz.org/>.
- [4] Virtuozzo Parallels Virtuozzo Containers. Virtuozzo — , 2008. <http://www.parallels.com/en/products/virtuozzo/>.
- [5] Linux-VServer. Linux-VServer home page, 2008. <http://linux-vserver.org/>.
- [6] Sun Microsystems. Solaris Zones, 2008. <http://www.sun.com/bigadmin/content/zones/>.
- [7] FreeBSD. FreeBSD Handbook, 2008. <http://www.freebsd.org/doc/en/books/handbook/jails.html>.
- [8] VMware, Inc. VMWare Virtual Appliance Marketplace, 2008. <http://www.vmware.com/appliances/>.
- [9] Parallels. Parallels Home Page, 2008. <http://www.parallels.com/>.
- [10] VMware, Inc. VMWare Fusion, 2008. <http://www.vmware.com/products/fusion/>.
- [11] Apple, Inc. Apple Mac OS X, 2008. <http://www.apple.com/macosx/>.
- [12] Microsoft. Microsoft Windows, 2008. <http://www.microsoft.com/WINDOWS/>.
- [13] Linux.org. The Linux Home Page at Linux Online, 2008. <http://www.linux.org/>.
- [14] Citrix. The Xen hypervisor, the powerful open source industry standard for virtualization, 2008. <http://www.xen.org/>.
- [15] Sun Microsystems. Virtualbox Home Page, 2008. <http://www.virtualbox.com/>.
- [16] User Mode Linux. The User-mode Linux Kernel Home Page, 2008. <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>.
- [17] Intel. Intel Virtualization Technology, 2008. <http://www.intel.com/technology/virtualization/index.htm>.
- [18] AMD Advanced Micro Devices. Industry Leading Virtualization Platform Efficiency, 2008. <http://www.amd.com/virtualization>.

- [19] VMware, Inc. VMWare Workstation, 2008. <http://www.vmware.com/products/ws/>.
- [20] Sun Microsystems. Sun Microsystems, 2008. <http://www.sun.com/>.
- [21] KVM. Kernel Based Virtual Machine, 2008. <http://kvm.qumranet.com/kvmwiki>.
- [22] VMware, Inc. VMWare ESX, 2008. <http://www.vmware.com/products/vi/esx/>.
- [23] João Neves. Lans virtuais comutação e encaminhamento, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [24] João Neves. Trabalho prático de endereçamento ip, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [25] João Neves. Trabalho prático de routing ospf e bgp, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [26] João Neves. Projecto e instalação de um serviço de e-mail, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [27] João Neves. Plataformas de monitorização de redes, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [28] Jaime Sousa Dias. Secure wireless home network, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~jaime/0708/CMOV/lab6.htm>.
- [29] João Neves. Análise de trafego ip, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [30] Manuel Ricardo. Mobile ipv6, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://netlab.fe.up.pt>.
- [31] Manuel Ricardo. Redes ipv4 e ipv6, 2007. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~mricardo/cmov/labs/redesip/>.