**Tema 8 - Computação em Nuvem**

De acordo com o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA (NIST), Computação em nuvem é um modelo que permite acesso conveniente e sob demanda a uma rede para um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis (como redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente disponibilizados e liberados com mínimo esforço gerencial ou interação com o provedor de serviços. Diferente da utilização de softwares ou hardwares locais, opta-se por tecnologias hospedadas em servidores remotos. Embora alguns serviços possam ser gratuitos, é comum que a computação em nuvem opere sob modelos de assinatura paga. Simplificadamente, esse paradigma de infraestrutura possibilita o SaaS (Software como Serviço), oferecendo um vasto leque de serviços baseados na web. Esses serviços fornecem funcionalidades que anteriormente exigiam grandes investimentos em hardware e software, agora acessíveis através de um modelo de pagamento conforme o uso.

A nuvem é um sistema paralelo e distribuído que consiste em uma coleção de computadores virtualizados e interconectados, dinamicamente providos e apresentados como um ou mais recursos computacionais unificados. Esses recursos são gerenciados e disponibilizados conforme acordos de serviço, estabelecidos e negociados entre provedores e consumidores. Dentro da nuvem, os usuários interagem com computadores e aplicativos através da Internet, enviando comandos que são processados remotamente e retornando as informações ou processos solicitados.

A infraestrutura de nuvem, exibida na Figura 1, refere-se aos componentes de hardware e software necessários para apoiar os requisitos de computação de um modelo de computação em nuvem, sumarizados abaixo:

* **Hipervisor:** Programa de baixo nível ou firmware que atua como um Gerenciador de Máquina Virtual, compartilhando uma instância física dos recursos da nuvem entre vários clientes.
* **Software de Gerenciamento:** Auxilia na manutenção e configuração da infraestrutura.
* **Software de Implantação:** Facilita a implementação e integração de aplicativos na nuvem.
* **Rede:** Componente vital da infraestrutura de nuvem que possibilita a conexão dos serviços de nuvem pela internet, permitindo que o cliente customize rotas e protocolos de rede.
* **Servidor:** Facilita o compartilhamento de recursos computacionais e oferece outros serviços, como alocação e desalocação de recursos, monitoramento de recursos e provimento de segurança.
* **Armazenamento:** A nuvem mantém múltiplas cópias de armazenamento, permitindo extrair outro recurso caso um falhe.

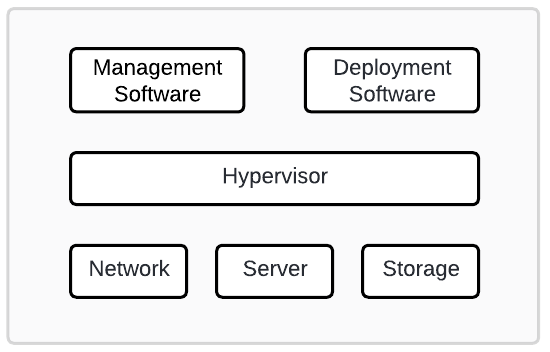


Figura 1: Componentes de infraestrutura em nuvem

A computação em nuvem utiliza enormes centros de dados com hardware de commodity para suportar a eficiência e escalabilidade. Além disso, um servidor central monitora o tráfego e demandas dos clientes, seguindo protocolos e usando middleware para comunicação em rede. Frequentemente, os servidores não usam toda a sua capacidade, permitindo a virtualização, que simula múltiplos servidores independentes num único físico. Esta técnica otimiza o uso de servidores, reduz a necessidade de mais hardware e é crucial na computação em nuvem para criar máquinas virtuais que emulam diferentes sistemas operacionais, maximizando a eficiência dos recursos, reduzindo custos com energia, largura de banda, hardware e software. Serviços como bancos de dados NoSQL e sistemas de arquivos distribuídos possibilitam o desenvolvimento de aplicações escaláveis que operam em múltiplos servidores e locais, garantindo disponibilidade e adaptabilidade ao crescimento do uso sem grandes investimentos em infraestrutura física.

Um exemplo prático da arquitetura de computação em nuvem é o serviço de e-mail, como o Gmail. Ao digitar um e-mail, o texto não fica armazenado localmente no disco rígido, mas sim nos servidores da nuvem do Google. Da mesma forma, imagens copiadas de websites e inseridas no e-mail não são salvas localmente; elas permanecem armazenadas nos servidores do Google.

Como dito anteriormente, a virtualização é um processo que separa os recursos lógicos dos recursos físicos subjacentes através de um hipervisor ou Monitor de Máquina Virtual (VMM). A virtualização é usada principalmente para três propósitos principais:

1. **Virtualização de Rede:** Método que consiste em combinar os recursos disponíveis em uma rede, dividindo a largura de banda disponível em canais, cada um independente dos outros e que pode ser atribuído em tempo real a um servidor ou dispositivo específico.
2. **Virtualização de Armazenamento:** Agrupamento do armazenamento físico de múltiplos dispositivos de armazenamento em rede em um único dispositivo de armazenamento, gerenciado a partir de um console central. Comum em redes de área de armazenamento (SANs).
3. **Virtualização de Servidores:** Processo que oculta os recursos do servidor, como processadores, RAM e sistema operacional, dos usuários do servidor. Seu objetivo é aumentar o compartilhamento de recursos e reduzir a carga e a complexidade computacional para os usuários. Existem três formas de classificar a virtualização de servidores:
   1. **Virtualização completa:** A virtualização completa usa um hypervisor para monitorar os recursos do servidor físico e mantém cada servidor virtual independente e desconhecido pelos outros servidores virtuais. Ele também transmite recursos do servidor físico para o servidor virtual correto à medida que executa aplicativos.
   2. **Paravirtualização:** Já a paravirtualização envolve toda a rede que trabalha em conjunto como uma unidade coesa, onde todos os sistemas operacionais nos servidores virtuais se conhecem. Portanto, o hypervisor não precisa usar tanta capacidade de processamento para gerenciar os sistemas operacionais.
   3. **Virtualização no nível do sistema operacional:** Também conhecida como virtualização baseada em contêineres, a virtualização no nível do sistema operacional é uma técnica em que o sistema operacional host permite a execução de vários sistemas operacionais convidados (guests) em sua própria instância do kernel. Esse tipo de virtualização, geralmente é utilizada em ambientes de desenvolvimento e implantação de aplicativos, onde é importante que eles sejam executados de forma isolada, mas sem a sobrecarga de máquinas virtuais completas.

O hipervisor é capaz de virtualizar o sistema operacional de uma plataforma, gerenciando vários sistemas operacionais como máquinas virtuais (VMs). Isso permite que múltiplos sistemas operacionais compartilhem o mesmo hardware físico eficientemente. O funcionamento do hipervisor segue o paradigma "trap and emulate". As instruções normais do sistema operacional convidado são executadas diretamente no processador em modo usuário. Quando ocorrem chamadas de sistema, o processador intercepta essas chamadas e redireciona para o hipervisor, que posteriormente retorna ao sistema operacional convidado. Da mesma forma, interrupções de hardware fazem o processador redirecionar para o hipervisor, que depois salta para o manipulador de interrupção apropriado do sistema operacional convidado. Além disso, as instruções privilegiadas executadas no sistema operacional convidado são interceptadas pelo hipervisor para emulação e, após a emulação, o hipervisor retorna ao sistema operacional convidado.

Além disso, o hipervisor também desempenha um papel crucial na gestão de contexto entre as máquinas virtuais. Quando ocorre uma interrupção de timer numa VM que está em execução, o hipervisor intervém, salva o estado da VM, determina qual será a próxima VM a executar e configura a interrupção de timer. Em seguida, ele restaura o estado da próxima VM e configura o contador de programas para o manipulador de interrupção de timer da próxima VM, ativando-a em seguida.

Na sua tese de 1973, "Princípios Arquitetônicos para Sistemas Computacionais Virtuais", Robert P. Goldberg classificou dois tipos de hipervisores:

1. **Hipervisores Tipo-1, nativos ou bare-metal:** Esses hipervisores operam diretamente no hardware do host, controlando o hardware e gerenciando sistemas operacionais convidados. Por essa razão, são frequentemente chamados de hipervisores bare-metal. Os primeiros hipervisores foram desenvolvidos pela IBM na década de 1960, sendo nativos, incluindo o software de teste SIMMON e o sistema operacional CP/CMS, precursor da família VM de sistemas operacionais de máquina virtual da IBM.
2. **Hipervisores Tipo-2 ou hospedados:** Esses hipervisores funcionam em cima de um sistema operacional convencional, como qualquer outro programa de computador. Um monitor de máquina virtual, como o VirtualBox, roda como um processo no host. Hipervisores Tipo-2 abstraem os sistemas operacionais convidados do sistema operacional do host, criando um sistema isolado com o qual o host pode interagir.

Entre as plataformas de virtualização mais renomadas estão a VMWare e a Xen. Outra plataforma significativa é a KVM (Kernel-based Virtual Machine), uma solução de código aberto que utiliza Linux como sistema operacional host para rodar múltiplas VMs de diferentes sistemas operacionais, como Windows e MAC. A KVM utiliza um modelo de dispositivo para virtualizar E/S e requer um QEMU (emulador de processador) modificado para suportar seu framework de virtualização de E/S. Por ser um módulo no nível do kernel, o KVM é considerado um hipervisor do Tipo 1.

O armazenamento em nuvem permite guardar dados em um provedor de serviço em vez de em sistemas locais, acessíveis via internet. Esta abordagem tem várias vantagens sobre o armazenamento de dados tradicional, permitindo acessar os dados de qualquer lugar com acesso à internet. Um sistema de armazenamento em nuvem básico requer apenas um servidor de dados conectado à internet. Os usuários copiam arquivos para o servidor pela internet, que armazena os dados. Quando necessário, os usuários podem recuperar ou manipular esses dados através de uma interface web. Sistemas de armazenamento em nuvem geralmente usam múltiplos servidores para garantir redundância e manutenção, assegurando acesso contínuo aos dados mesmo em caso de falhas de energia, pois os dados são armazenados em servidores com diferentes fontes de energia.

A computação em nuvem e as soluções de armazenamento tradicionais oferecem diferentes vantagens dependendo das necessidades do usuário. As opções de armazenamento tradicionais, que utilizam discos físicos locais, permitem aos usuários gerenciar, copiar e integrar dados diretamente nos dispositivos. Essas soluções são rápidas, pois não dependem da velocidade da internet, oferecem segurança configurada manualmente pelo usuário e permitem fácil recuperação e modificação de dados no local.

Por outro lado, o armazenamento em nuvem se divide em duas categorias principais: não gerenciado e gerenciado. O armazenamento em nuvem não gerenciado é pré-configurado, limitando a personalização pelo usuário, enquanto o armazenamento em nuvem gerenciado oferece espaço sob demanda, permitindo ao usuário particionar e formatar o disco como desejar. Os dispositivos de armazenamento de nuvem podem ser de bloco, oferecendo armazenamento bruto particionável, ou de arquivo, que mantém arquivos em um sistema organizado, como o Armazenamento Conectado à Rede (NAS).

A grande diferença entre o armazenamento em nuvem e o tradicional é que, no modelo de nuvem, os dados são armazenados em servidores remotos e acessíveis de qualquer lugar com internet, enquanto no armazenamento tradicional, os dados ficam no disco rígido local. Além disso, o armazenamento em nuvem é mais flexível, permitindo soluções personalizadas que podem ser ajustadas conforme as necessidades do usuário, o que é ideal para empresas que veem variações na demanda por armazenamento.

Exemplos de plataformas de armazenamento em nuvem incluem o Google Drive, ideal para acesso via diversos dispositivos; o Dropbox, popular para armazenamento de documentos e imagens; e o Apple iCloud, frequentemente usado por usuários Apple para sincronização online de informações pessoais. Essas plataformas exemplificam como a computação em nuvem pode oferecer escalabilidade, redução de custos e flexibilidade superior às soluções de armazenamento tradicionais, facilitando a colaboração e o acesso global a dados.

A segurança é uma preocupação crucial na computação em nuvem, especialmente com a possibilidade de provedores e governos acessarem dados não criptografados dos usuários. Para mitigar esses riscos, provedores de serviços de nuvem colaboram com o Trusted Computing Group (TCG), uma organização que desenvolve especificações para proteger hardware e melhorar a segurança de rede, incluindo dispositivos móveis e discos rígidos. Para proteger a privacidade, os controles administrativos e legais devem prevenir que o pessoal do serviço monitore dados em movimento. Aliado a isso, os dados devem permanecer criptografados nos servidores, impedindo acessos não autorizados, inclusive do provedor.

A arquitetura de nuvem descreve seu mecanismo de funcionamento, incluindo as dependências e componentes que operam nela. A tecnologia de nuvem, inteiramente dependente da Internet para seu funcionamento, pode ser dividida em quatro camadas com base no acesso do usuário, conforme a Figura 2:

1. **Camada 1 (Camada de Usuário/Cliente):** Esta é a camada mais baixa da arquitetura de nuvem, onde usuários ou clientes iniciam a conexão com a nuvem. O cliente pode ser qualquer dispositivo capaz de acessar uma aplicação web, desde clientes leves, que dependem de outros sistemas para funcionalidade completa, a clientes robustos, como computadores com capacidade de processamento adequada para trabalhar independentemente.
2. **Camada 2 (Camada de Rede):** Permite que os usuários se conectem à nuvem. Toda a infraestrutura de nuvem depende dessa conexão, que é tipicamente a Internet em nuvens públicas e pode ser uma rede local (LAN) em nuvens privadas. Essa camada é crucial para o acesso global às nuvens públicas e geralmente requer uma largura de banda mínima, que às vezes é definida pelos provedores de nuvem. Importante notar que os Acordos de Nível de Serviço (SLAs) geralmente não cobrem a qualidade da conexão de internet entre o usuário e a nuvem.
3. **Camada 3 (Camada de Gestão da Nuvem):** Consiste em softwares usados para gerenciar a nuvem, incluindo sistemas operacionais de nuvem e softwares de gestão que facilitam a interface entre o data center (recursos reais) e o usuário. Esta camada, que permite gerenciamento de recursos, otimização e governança interna da nuvem, é regida pelos SLAs, e qualquer falha no processamento ou na prestação de serviços pode resultar em violações de SLA.
4. **Camada 4 (Camada de Recursos de Hardware):** Contém os recursos de hardware reais, usualmente localizados em data centers tanto em nuvens públicas quanto privadas. Esta é a camada mais crítica em termos de governança dos SLAs, pois impacta diretamente a disponibilidade e a eficiência dos serviços oferecidos. Qualquer discrepância na provisão de recursos pode resultar em penalidades para o provedor de serviços. Data centers nesta camada geralmente possuem conexões de rede de alta velocidade e algoritmos eficientes para transferência de dados.

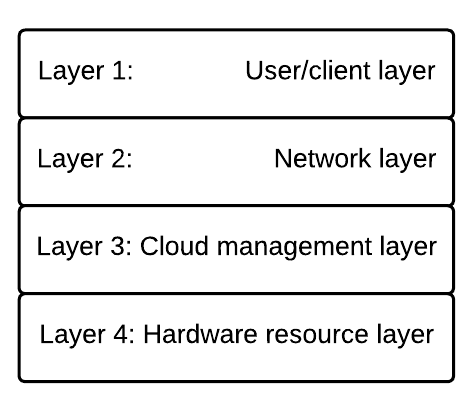


Figura 2: Arquitetura de nuvem em camadas

O modelo de serviços conceitual mais comumente referenciado na literatura sobre computação em nuvem é estruturado em três camadas principais:IaaS, PaaS e SaaS. Esse modelo estabelece um padrão arquitetônico essencial para soluções em computação em nuvem.

A Infraestrutura como Serviço (IaaS) é um modelo de serviço baseado no pagamento conforme o uso. Provedores como AWS, Microsoft Azure e Google Cloud oferecem recursos de infraestrutura, como armazenamento e virtualização, sob demanda através da nuvem. O usuário gerencia o sistema operacional, dados e aplicações, enquanto o provedor cuida da rede, servidores e armazenamento. Esse modelo elimina a necessidade de manter um datacenter próprio, pois o provedor faz isso pelo cliente, e o acesso à infraestrutura é feito via painel de controle ou API.

Com IaaS, empresas têm a flexibilidade de obter e ajustar recursos conforme necessário, sem manutenção ou custos fixos, tornando-a uma solução econômica. Ideal para criar e desativar ambientes de desenvolvimento e teste rapidamente, permite escalar infraestrutura apenas pelo tempo necessário e desativar quando não mais útil, pagando somente pelo uso.

Desvantagens incluem potenciais riscos de segurança, a realidade de sistemas com multilocação onde os recursos são compartilhados com outros clientes e a confiabilidade do serviço, que podem ser mitigados escolhendo um provedor confiável com boa reputação.

Já em uma Plataforma como Serviço (PaaS), o fornecedor gerencia tanto o hardware quanto o software em sua própria infraestrutura, oferecendo uma plataforma integrada acessível pela internet. Essencial para desenvolvedores, o PaaS simplifica o desenvolvimento, a execução e o gerenciamento de aplicações ao eliminar a necessidade de lidar com a infraestrutura e manutenção típicas desses processos. Os usuários se concentram no código e na gestão das aplicações, com a manutenção e as atualizações de software ficando a cargo do provedor. O ambiente de desenvolvimento e operação é entregue como um serviço, o que permite aos desenvolvedores construir e personalizar aplicações web com maior eficiência, utilizando componentes de software pré-existentes e minimizando a necessidade de codificação do zero. Plataformas como AWS Elastic Beanstalk, Heroku e Red Hat OpenShift exemplificam soluções PaaS disponíveis no mercado.

Finalmente, o Software como Serviço (SaaS), ou serviços de aplicações em nuvem, é o modelo mais abrangente de cloud computing. Ele entrega aplicações completas gerenciadas por um provedor e acessíveis através de um navegador web. Com SaaS, o provedor se encarrega das atualizações, correções de bugs e manutenção, dispensando instalações locais de software.

O acesso é simplificado, feito via painel de controle ou API, e o uso compartilhado do programa é facilitado. Se você usa serviços de email baseados na web, como Outlook ou Gmail, já está familiarizado com o SaaS. É uma solução eficiente para pequenas empresas, que muitas vezes não têm recursos para gerenciar software internamente, ou para aplicações que exigem pouco ajuste ou são usadas esporadicamente.

Apesar de economizar tempo e esforço com manutenção, é vital atentar para aspectos de controle, segurança e desempenho ao escolher um provedor de SaaS. Dropbox, Salesforce, Google Apps e Red Hat Insights são exemplos desse modelo de serviço.

Adicionalmente às camadas de infraestrutura, plataforma e software, existe o modelo de Contêineres como Serviço (CaaS). Este serviço facilita a implantação e gestão de aplicativos em contêineres, proporcionando um ambiente abstrato que melhora a eficiência no desenvolvimento e operacionalização de soluções na nuvem, realçando a escalabilidade e flexibilidade.

CaaS, funcionando como uma extensão do IaaS, centraliza o uso de contêineres em vez de máquinas virtuais. Isso permite que desenvolvedores e operadores de TI desenvolvam, executem e gerenciem aplicativos com a vantagem de não precisarem gerir a infraestrutura subjacente ou a plataforma de contêineres, tarefa que fica a cargo do provedor de serviços em nuvem. Assim, os clientes concentram-se apenas na escrita do código e no gerenciamento de seus dados e aplicações, enquanto o provedor assegura e mantém o ambiente necessário para a criação e operação dos contêineres.

Para aprofundar o entendimento sobre infraestrutura em nuvem, é importante explorar os diferentes tipos de computação em nuvem. Essas categorias esclarecem as funções distintas que a infraestrutura e os servidores desempenham na computação em nuvem. Enquanto os servidores gerenciam o processamento e o fornecimento de informações, a infraestrutura em nuvem abrange não apenas os servidores, mas toda a tecnologia envolvida no suporte e operação destes. Vamos detalhar os diferentes tipos de nuvem e como cada um se encaixa no contexto da computação em nuvem:

* **Nuvem Pública:** Este tipo de nuvem é mantido por uma organização que oferece serviços ao público geral. Aqui, a infraestrutura é acessível a qualquer usuário que saiba como localizar o serviço, geralmente sem exigências de autenticação ou restrições de acesso. As nuvens públicas são projetadas para oferecer soluções de TI descomplicadas, com o provedor de serviços assumindo todas as responsabilidades de instalação, gerenciamento, disponibilidade e manutenção. Essas nuvens são ideais para aplicativos padrão, mas podem não ser a melhor escolha para processos que exigem alta segurança ou estão sujeitos a regulamentações específicas. Exemplos incluem Gmail, Dropbox, Google Drive, Microsoft Azure. Ao acessar esses serviços, você compartilha recursos computacionais com muitos outros usuários simultaneamente, exemplificando o funcionamento de um servidor em nuvem pública.
* **Multinuvem:** A infraestrutura de uma multinuvem é partilhada por várias organizações com interesses ou necessidades comuns, como segurança e flexibilidade. Este modelo pode envolver o uso de múltiplos provedores para oferecer o mesmo tipo de serviço de nuvem, como armazenamento e compartilhamento de documentos usando, por exemplo, Google Drive e Dropbox simultaneamente.
* **Nuvem Privada:** A infraestrutura de uma nuvem privada é de propriedade ou alugada por uma única organização e operada exclusivamente por ela, podendo ser local ou remota. Este modelo permite políticas de acesso restrito, geralmente atrás do firewall da empresa, proporcionando benefícios da tecnologia em nuvem enquanto mantém controle rigoroso sobre os níveis de serviço e a segurança. As nuvens privadas são mais caras e complexas para estabelecer, mas oferecem controle detalhado sobre recursos e configurações. Exemplos incluem o OpenNebula e openstack.
* **Nuvem Híbrida:** Caracterizada pela combinação de pelo menos duas nuvens (pública, privada ou multinuvem) que mantêm suas características distintas, mas são interconectadas para permitir a portabilidade de informações e aplicações. Uma nuvem híbrida é ideal para gerenciar processos críticos e seguros, como transações de pagamento, bem como operações menos críticas, como processamento de folha de pagamento. Este tipo de nuvem enfrenta desafios de gerenciamento devido à complexidade de integrar serviços de diferentes origens como se fossem uma única solução.

Nesse contexto, os papeis na computação em nuvem é mostrado na Figura 3:

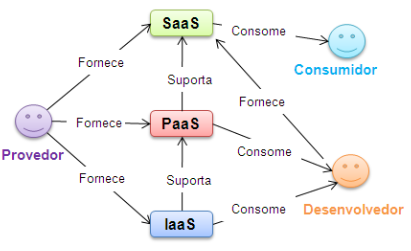


Figura 3: Papeis na nuvem.

Os consumidores de serviços acessam os recursos disponíveis por meio da nuvem, enquanto os provedores de serviços gerenciam a infraestrutura subjacente e os desenvolvedores de serviços são encarregados de criar e manter esses serviços. Os consumidores, sejam usuários finais ou organizações, utilizam os serviços que podem variar entre software, plataforma ou infraestrutura. Dependendo do tipo de serviço, diferentes interfaces de usuário e programação são disponibilizadas, incluindo interfaces específicas para funções administrativas como iniciar ou parar máquinas virtuais e controlar o armazenamento.

O usuário final, sem necessidade de conhecimento aprofundado sobre computação em nuvem, pode utilizar aplicações hospedadas neste ambiente. No caso de IaaS, o provedor mantém componentes essenciais como armazenamento, filas de mensagens, bases de dados e outros middlewares, além de hospedar o ambiente para as máquinas virtuais. O cliente usa o serviço como se estivesse acessando um disco rígido, uma base de dados ou uma máquina local, embora não tenha acesso à infraestrutura física de suporte.

Quando se trata de PaaS, o provedor gerencia a infraestrutura da nuvem para uma plataforma que normalmente é um framework para um tipo específico de aplicação, com o cliente tendo acesso restrito à infraestrutura subjacente. Para SaaS, o provedor não só instala e gerencia o software mas também pode ser o proprietário da infraestrutura na qual o software é executado, com o cliente tendo acesso apenas à aplicação.

A camada inferior da infraestrutura do provedor de serviços ilustra o firmware e o hardware que formam a base para todos os outros componentes na estrutura da nuvem. Acima disso está o kernel de software, que inclui o sistema operacional e o gerenciador da máquina virtual que sustenta a infraestrutura. As imagens virtuais controladas pelo gerenciador de máquinas virtuais incluem tanto as próprias imagens quanto os metadados necessários para gerenciá-las. A camada de gerenciamento é crucial para os provedores de serviços, exigindo mecanismos de medição para determinar o uso dos serviços e métodos de provisão para alocar recursos aos consumidores. O monitoramento é essencial para manter o controle sobre o status do sistema e dos recursos.

No nível mais alto do gerenciamento, encontram-se processos de cobrança baseados em métricas de uso e o planejamento que garante a adequação da oferta à demanda. A gestão de Acordo de Nível de Serviço (SLAs), que é um contrato formal entre um provedor de serviços e seu cliente que especifica o que os serviços serão fornecidos e os padrões de qualidade que o provedor deve atender, é de suma importância para monitorar a conformidade com os acordos, e relatórios devem ser gerados para análise pelos administradores. A segurança é implementada em todas as camadas das operações dos provedores de serviços, sendo também necessário aplicar vários níveis de segurança. A adoção de padrões abertos facilita as operações dentro do provedor e promove a interoperabilidade com outros provedores.

Os desenvolvedores de serviços, responsáveis por criar, publicar e monitorar serviços na nuvem, geralmente entregam aplicações via SaaS, embora também desenvolvam middlewares (IaaS) e plataformas (PaaS). O ambiente de desenvolvimento é diversificado, e quando um desenvolvedor está criando uma aplicação SaaS, ele escreve código para um ambiente hospedado na nuvem, com a publicação e implantação sendo realizada na infraestrutura do provedor. Após a publicação, análises contínuas permitem que os desenvolvedores monitorem o desempenho do serviço e façam ajustes conforme necessário.

Em resumo, a computação em nuvem representa uma evolução significativa na maneira como as organizações acessam e gerenciam recursos de TI. Utilizando infraestruturas em nuvem, as empresas podem aproveitar a virtualização e os modelos de serviços como IaaS, PaaS e SaaS para aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a escalabilidade e a disponibilidade dos seus serviços. Este modelo tecnológico não só facilita a gestão de grandes volumes de dados e a execução de aplicações em ambientes altamente distribuídos, como também oferece flexibilidade nos modelos de tarifação, permitindo uma abordagem mais adaptável ao consumo de recursos. Contudo, os desafios associados à segurança, privacidade e à dependência de terceiros ainda exigem atenção constante para garantir a confiança e a conformidade em um ambiente globalmente conectado. A computação em nuvem, portanto, não é apenas uma solução tecnológica avançada, mas um pilar estratégico para negócios que buscam inovação e competitividade no cenário digital contemporâneo.

**Referências**

[1] Q. Zhang, L. Cheng, and R. Boutaba. “Cloud computing: state-of-the-art and research challenges”. Journal of Internet Services and Applications, 1(1):7–18, May 2010.

<https://www.redhat.com/pt-br/topics/cloud-computing/iaas-vs-paas-vs-saas>

<https://cloud.google.com/learn/paas-vs-iaas-vs-saas?hl=pt-br>

<https://tradetechnology.com.br/blog/o-que-e-a-virtualizacao-de-servidores/#:~:text=A%20virtualiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20servidores%20%C3%A9,sistemas%20operacionais%20de%20forma%20independente>.

Pasta de livros:

computacao\_em\_nuvem\_1

artigo cloud computing - UNICAMP

slide\_ref\_tema8

Cloud-Computing