

# A Divisão de Mercado e as Peculiaridades das Arquiteturas ARM e x86

Lucas dos Santos Pinheiro, Sérgio Assunção Monteiro

Centro Universitário UniCarioca (UNICARIOCA) – Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
R. Venceslau, 192 - Méier, Rio de Janeiro - RJ, 20735-160

contato.lucasst@gmail.com, smonteiro@unicarioca.edu.br

**Abstract.** *This work aims to carry out a comparative analysis between ARM and x86 processor architectures, highlighting their differences in terms of performance, energy efficiency and applications in different scenarios. Through this comprehensive comparative analysis, this work seeks to provide a deeper understanding of the ARM and x86 architectures, their fundamental differences, and implications in the modern computing landscape.*

**Resumo.** *Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre as arquiteturas de processadores ARM e x86, destacando suas diferenças em termos de desempenho, eficiência energética e aplicações em diversos cenários. Por meio desta análise comparativa abrangente, este trabalho busca proporcionar uma compreensão mais profunda das arquiteturas ARM e x86, suas diferenças fundamentais e implicações no cenário da computação moderna.*

## 1. Introdução

A arquitetura de computadores define a organização dos componentes de um sistema, influenciando sua qualidade, desempenho e aplicação. Ela compreende o conjunto de componentes e atributos que os programadores devem entender para desenvolver softwares com sucesso. Isso inclui desde as instruções até a microarquitetura do hardware. A evolução da informática tem sido marcada por diversos parâmetros, como tipo de CPU, capacidade de memória e disco rígido, entre outros. O termo "arquitetura" também pode se referir ao desenho da CPU, às técnicas de paralelismo, a diferentes tipos de computação e até mesmo à descrição dos requisitos ou implementação de partes do computador, como memória e periféricos.

É importante entender sobre as arquiteturas CISC (Complex Instruction Set Computing) e RISC (Reduced Instruction Set Computing) estas são duas abordagens diferentes para o design de conjuntos de instruções em arquiteturas de processadores, e que influenciam diretamente nos diferenciais das arquiteturas x86/x64 e ARM.

No paradigma CISC, as instruções são projetadas para serem complexas e abrangentes, realizando múltiplas operações em uma única instrução. As arquiteturas CISC tendem a ter um grande conjunto de instruções, algumas das quais podem ser raramente utilizadas. Exemplos de arquiteturas CISC incluem x86 e x64.

No paradigma RISC, as instruções são projetadas para serem simples e executadas em um único ciclo de clock. As arquiteturas RISC têm um conjunto de instruções menor e mais simples, priorizando a execução eficiente e rápida de instruções comuns. Exemplos de arquiteturas RISC incluem a arquitetura ARM.

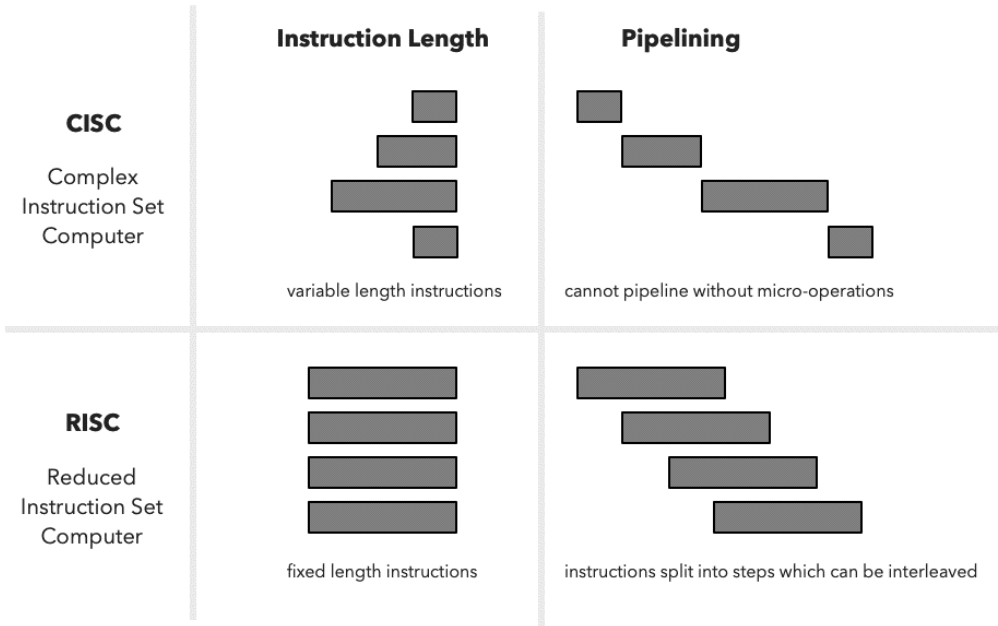


Figura 1. Demonstrando funcionamento de CISC e RISC.

Através da análise comparativa dessas arquiteturas, é possível identificar as vantagens e desvantagens de cada arquitetura em contextos específicos, como computação pessoal, dispositivos móveis, servidores e sistemas embarcados. Além de fornecer insights valiosos para desenvolvedores, fabricantes de hardware e consumidores sobre qual arquitetura seria mais adequada para suas necessidades específicas, considerando fatores como poder de processamento, consumo de energia e compatibilidade de software.

## 2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo, adentraremos na Fundamentação Teórica, explorando detalhadamente as arquiteturas ARM e x86. Discutiremos suas histórias, desenvolvimentos e características principais, além de analisar as diferenças de design, incluindo conjuntos de instruções, complexidade e consumo de energia, entre outras facetas essenciais. Explicação detalhada das arquiteturas ARM e x86.

### 2.1. Arquitetura x86

A arquitetura x86 é uma das arquiteturas de processadores mais antigas e amplamente utilizadas na história da computação. Ela foi introduzida pela Intel em 1978 com o processador 8086, daí o nome "x86". Originalmente, a arquitetura x86 processava dados de 16 bits. No entanto, sua grande popularidade veio quando a Intel lançou o processador 80386 em 1985, o primeiro chip da família x86 a suportar instruções de 32 bits. A partir desse ponto, a arquitetura x86 tornou-se o padrão da indústria para processadores de PCs compatíveis com IBM.

"O padrão x86 é a arquitetura dominante no mercado de computadores pessoais e servidores há décadas, com uma ampla base de software e ferramentas de desenvolvimento disponíveis." (Smith, 2019)

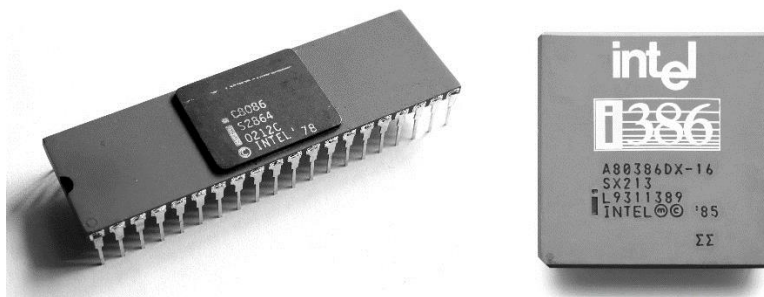


Figura 2. Primeiro processador x86 de 16 bits a esquerda (Intel 8086) e primeiro processador x86 de 32 bits a direita (Intel 80386).

### Evolução da Arquitetura x86:

- **16 bits para 32 bits:** O salto de 16 bits para 32 bits com o processador 80386 permitiu que os computadores baseados em x86 executem sistemas operacionais mais avançados e manipulassem quantidades maiores de memória.
- **Extensões de 64 bits (x86-64):** Para lidar com as crescentes demandas por poder de processamento e memória, a AMD introduziu a extensão de 64 bits da arquitetura x86, chamada de AMD64 ou x86-64, em 2003. Isso permitiu que os processadores x86 executem programas de 64 bits, oferecendo uma capacidade muito maior de endereçamento de memória e suporte a instruções de 64 bits.

"O conjunto de instruções x86-64 amplia a capacidade de endereçamento de memória e oferece suporte para mais registros, melhorando significativamente o desempenho e a eficiência do sistema." (Johnson, 2020)

### Principais Características da Arquitetura x86:

- **CISC (Complex Instruction Set Computer):** A arquitetura x86 é baseada em um conjunto de instruções complexas, o que significa que oferece um grande número de instruções diferentes, incluindo algumas instruções complexas que realizam múltiplas operações em uma única instrução.
- **Compatibilidade:** Uma das grandes vantagens da arquitetura x86 é sua ampla compatibilidade com uma vasta gama de software desenvolvido ao longo dos anos para sistemas baseados em x86. Isso inclui sistemas operacionais, aplicativos e jogos.
- **História e Maturidade:** A arquitetura x86 é uma das mais antigas e amplamente utilizadas na história da computação. Desde o seu lançamento em 1978 com o processador 8086, ela passou por várias iterações e continua a ser uma escolha popular para uma variedade de dispositivos.

### 2.2. Arquitetura x64

A arquitetura x64 é uma extensão da arquitetura x86 que permite a execução de programas de 64 bits. Ela foi introduzida pela AMD em 1999 com o processador Opteron e posteriormente adotada pela Intel. A principal diferença em relação à arquitetura x86 é a capacidade de processar dados e endereçar memória em unidades de 64 bits.



Figura 3. Primeiro processador a introduzir a extensão x86-x64.

### Principais Características da Arquitetura x64:

- **64 bits:** A arquitetura x64 permite que os processadores manipulem dados em unidades de 64 bits, oferecendo uma capacidade muito maior de endereçamento de memória e suporte a instruções de 64 bits.
- **Compatibilidade Retroativa:** Uma característica importante da arquitetura x64 é sua capacidade de executar software desenvolvido para arquiteturas x86, o que

é conhecido como compatibilidade retroativa. Isso significa que sistemas baseados em x64 podem executar aplicativos de 32 bits e sistemas operacionais de 32 bits sem problemas.

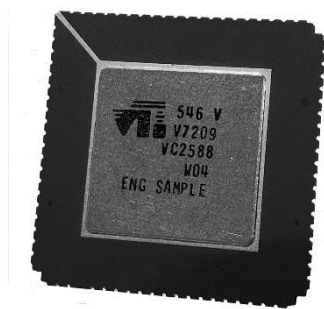
- **Eficiência:** Embora a arquitetura x64 tenha uma maior capacidade de processamento de dados devido aos seus registradores de 64 bits e suporte a instruções de 64 bits, ela também é projetada para oferecer eficiência energética e desempenho aprimorado em comparação com versões anteriores.

Em resumo, enquanto a arquitetura x86 é uma das mais antigas e amplamente utilizadas na história da computação, a arquitetura x64 representa uma extensão significativa, permitindo que os processadores manipulem dados em unidades de 64 bits e ofereçam suporte a instruções de 64 bits, mantendo ao mesmo tempo compatibilidade retroativa com o vasto ecossistema de software desenvolvido para arquiteturas x86.

### 2.3. Arquitetura ARM

A arquitetura ARM, originalmente desenvolvida pela Acorn Computers em 1985, foi projetada para ser eficiente em termos de energia e adequada para dispositivos embarcados, como microcontroladores e dispositivos móveis. Desde então, a ARM Holdings, que adquiriu os direitos da arquitetura, tem continuado a desenvolvê-la e licenciá-la para uma ampla gama de fabricantes de chips.

"ARM é a arquitetura dominante no mercado de dispositivos móveis e tem crescido rapidamente em servidores e outros dispositivos, devido à sua eficiência energética e flexibilidade." (Lee, 2021)



**Figura 4. Primeiro processador ARM.**

A evolução da arquitetura ARM incluiu melhorias significativas em termos de desempenho, eficiência energética e suporte a instruções. Diferentes versões e implementações foram lançadas ao longo do tempo, adaptadas para atender às demandas específicas de dispositivos móveis, IoT (Internet das Coisas), servidores e computadores pessoais.

## Características Principais da Arquitetura ARM:

- **Eficiência Energética:** Uma das características distintivas da arquitetura ARM é sua eficiência energética. Os processadores ARM são projetados para operar com baixo consumo de energia, o que os torna ideais para dispositivos móveis e outros dispositivos alimentados por bateria.
- **Arquitetura RISC:** A arquitetura ARM é baseada no conceito de conjunto de instruções de computador de conjunto reduzido (RISC), que se concentra em um conjunto menor de instruções altamente otimizadas para execução rápida e eficiente.
- **Flexibilidade e Escalabilidade:** A arquitetura ARM é altamente flexível e escalável, o que significa que pode ser adaptada para atender a uma variedade de requisitos de desempenho e aplicativos. Desde microcontroladores simples até processadores de servidores de alto desempenho, a arquitetura ARM é encontrada em uma ampla gama de dispositivos.
- **Suporte a Multicore:** Muitos processadores ARM oferecem suporte a arquiteturas multicore, o que permite a execução de múltiplos núcleos de processamento em um único chip. Isso melhora significativamente o desempenho em tarefas paralelas e multitarefa.
- **Ampla Adoção:** A arquitetura ARM é amplamente adotada em dispositivos móveis, como smartphones e tablets, devido à sua eficiência energética e desempenho adequado. Além disso, a recente migração para processadores ARM em computadores pessoais, como os da Apple com chips M1 e M2, mostra sua crescente relevância em outros segmentos do mercado.

A evolução da arquitetura ARM incluiu melhorias significativas em termos de desempenho, eficiência energética e suporte a instruções. Diferentes versões e implementações foram lançadas ao longo do tempo, adaptadas para atender às demandas específicas de dispositivos móveis, IoT (Internet das Coisas), servidores e computadores pessoais.

## 3. Comparação de Desempenho

Vamos comparar as arquiteturas x86, x64 e ARM em relação ao desempenho, considerando velocidade de clock, IPC, throughput, e também é necessário entender os possíveis cenários de uso como os de dispositivos móveis, servidores e computação embarcada.

### 3.1. Comparação de Desempenho por Métricas

#### Velocidade de Clock:

- **x86/x64:** Tradicionalmente, processadores x86/x64 tendem a ter velocidades de clock mais altas em comparação com processadores ARM em sistemas semelhantes. Por exemplo, os processadores Intel Core i9-12900K podem atingir velocidades de clock de até 5.2 GHz.
- **ARM:** Os processadores ARM costumam ter velocidades de clock mais baixas em comparação com x86/x64, como o Apple M1 que opera em torno de 3.2 GHz. No entanto, isso não reflete necessariamente uma menor eficiência em termos de desempenho devido às diferenças arquiteturais.

#### IPC (Instructions Per Cycle):

- **x86/x64:** Historicamente, os processadores x86/x64 tinham IPC mais baixo devido à complexidade das instruções. No entanto, com o avanço tecnológico, os últimos processadores Intel e AMD têm mostrado melhoria significativa no IPC.
- **ARM:** A arquitetura ARM, baseada em uma abordagem RISC (Reduced Instruction Set Computing), tende a ter IPC mais alto em comparação com x86/x64. O Apple M1, por exemplo, possui um IPC muito competitivo, mesmo com suas velocidades de clock relativamente mais baixas.

#### Throughput:

- **x86/x64:** O throughput em sistemas x86/x64 pode ser alto devido à sua capacidade de lidar com instruções complexas e carga de trabalho diversificada. O AMD Ryzen 9 5950X, por exemplo, é um dos processadores de desktop mais rápidos, oferecendo excelente throughput.
- **ARM:** Embora os processadores ARM possam ter velocidades de clock e IPC mais baixos, sua eficiência energética e capacidade de processar tarefas paralelas podem resultar em um throughput efetivo, especialmente em cenários de dispositivos móveis e computação.

### 3.1. Cenários de Uso

#### Dispositivos Móveis:

- **x86/x64:** Embora existam poucos dispositivos móveis baseados em x86/x64 devido à sua alta demanda de energia, eles podem oferecer um bom desempenho em termos de capacidade de processamento bruto. Por exemplo, o Microsoft Surface Pro X usa uma versão customizada do ARM, o SQ2, que visa fornecer maior desempenho.
- **ARM:** Os processadores ARM dominam o mercado de dispositivos móveis devido à sua eficiência energética, baixo calor gerado e desempenho adequado para tarefas típicas de dispositivos móveis. O Apple A15 Bionic, por exemplo, oferece desempenho de CPU 50% mais rápido que o concorrente mais próximo.

### **Servidores:**

- **x86/x64:** Tradicionalmente, os servidores x86/x64 têm sido a escolha dominante devido à sua capacidade de lidar com cargas de trabalho intensivas e escalabilidade. O Intel Xeon Scalable e o AMD EPYC são populares nesse segmento.
- **ARM:** Os processadores ARM estão começando a ganhar terreno em servidores, especialmente em cenários de data centers devido à sua eficiência energética e capacidade de processamento paralelo. O AWS Graviton 2, por exemplo, demonstrou ser competitivo em muitos cenários de carga de trabalho.

### **Computadores Domésticos:**

- **x86/x64:** Tradicionalmente, os computadores domésticos têm sido baseados em arquiteturas x86/x64 devido à sua ampla compatibilidade com software e jogos disponíveis no mercado. Eles oferecem desempenho robusto para uma variedade de tarefas, desde navegação na web até edição de mídia e jogos. Processadores como o Intel Core i7 e o AMD Ryzen 7 são populares entre os entusiastas de PC.
- **ARM:** Recentemente, tem havido um interesse crescente em trazer arquiteturas ARM para computadores domésticos, especialmente com o lançamento de dispositivos como laptops e desktops baseados em ARM. O Apple M1 e o Qualcomm Snapdragon 8cx são exemplos dessa tendência.

### **Computação Embarcada:**

- **x86/x64:** Embora menos comuns em sistemas embarcados devido à sua demanda de energia e espaço, os processadores x86/x64 podem ser encontrados em sistemas embarcados que exigem alto desempenho. O Intel Atom é um exemplo de processador x86 usado em alguns sistemas embarcados.
- **ARM:** Os processadores ARM são amplamente utilizados em sistemas embarcados devido à sua eficiência energética, baixo custo e capacidade de processamento adequada para muitas aplicações embarcadas. O Raspberry Pi, por exemplo, é um popular computador de placa única (SBC) baseado em ARM.

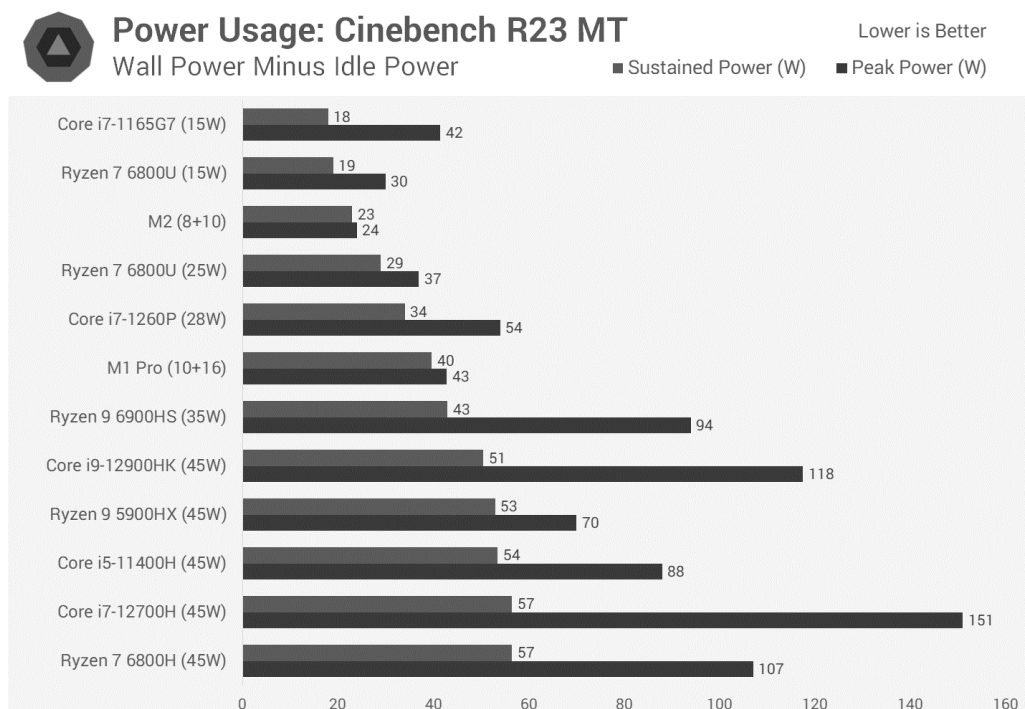
Em resumo, a escolha entre arquiteturas x86, x64 e ARM em termos de desempenho depende dos requisitos específicos de cada cenário de uso, incluindo considerações sobre eficiência energética, capacidade de processamento, custo e escalabilidade. Cada arquitetura tem suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha ideal dependerá das necessidades específicas de cada aplicação.



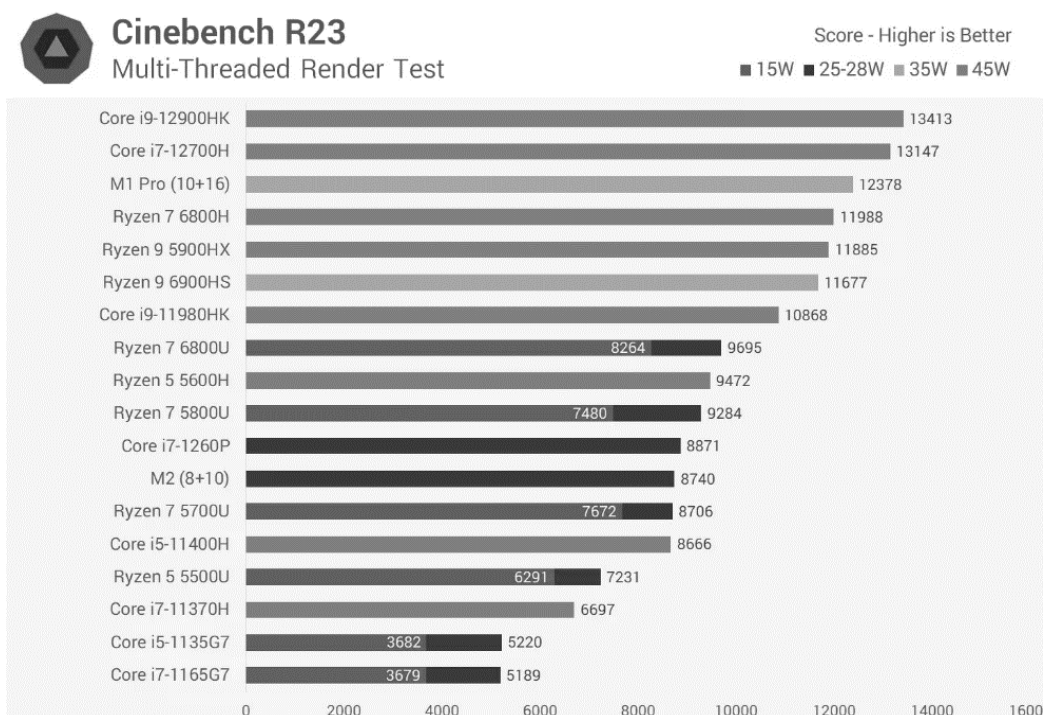
#### 4. Consumo de Energia e Eficiência

O consumo de energia e eficiência são aspectos fundamentais a serem considerados na escolha de uma arquitetura de processador para uma determinada aplicação. No contexto das arquiteturas x86/x64 e ARM, a questão do consumo de energia e eficiência ganha destaque devido às diferentes abordagens e características dessas arquiteturas.

De acordo com Patterson & Hennessy (2020), "o consumo de energia é um dos principais desafios enfrentados pelos projetistas de arquitetura de computadores, e a escolha da arquitetura pode influenciar significativamente a eficiência energética de um sistema" (Patterson & Hennessy, 2020, Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface).



**Figura 5. Comparação do gasto por Watt do processador M2 e M1 Pro (modelos ARM) em relação a outros modelos x86, no programa Cinebench R23.**



**Figura 6. Comparação do desempenho do processador M2 e M1 Pro (modelos ARM) em relação a outros modelos x86, no programa Cinebench R23.**

Enquanto as arquiteturas x86/x64 têm uma longa história de desempenho robusto, as arquiteturas ARM são conhecidas por sua eficiência energética, especialmente em dispositivos móveis e sistemas embarcados. Segundo Asanovic et al. (2016), "os processadores ARM são projetados com uma arquitetura RISC que é mais eficiente em termos de energia em comparação com as arquiteturas CISC, como x86" (Asanovic et al., 2016, "The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: User-Level ISA").

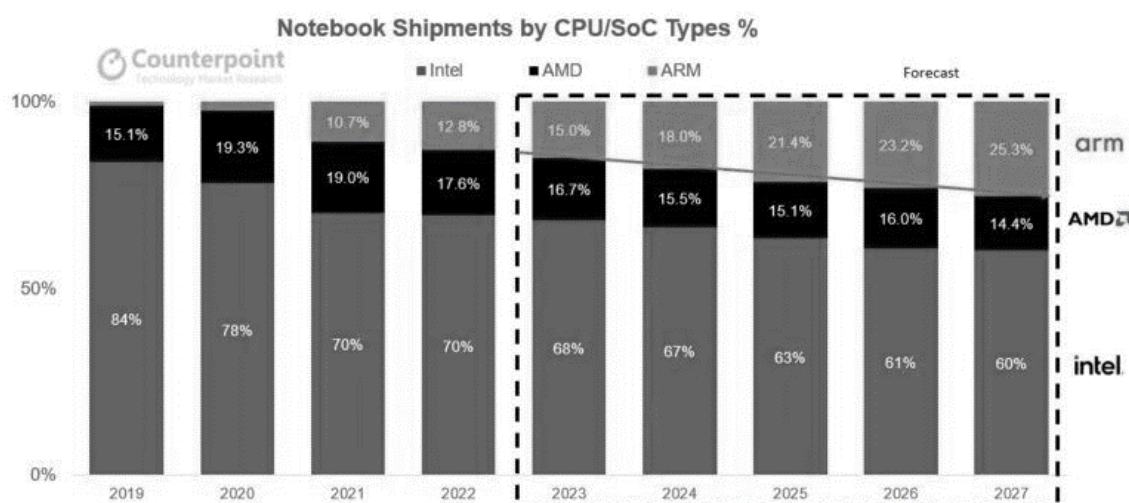
O maior consumo energético dos processadores x86/x64 ocorre devido à complexidade das instruções e ao design mais robusto dos processadores x86/x64, que requerem mais energia para operar, já os processadores ARM, conhecidos por seu baixo consumo de energia, especialmente em dispositivos móveis e sistemas embarcados, conseguem ter esse destaque devido à arquitetura RISC (Reduced Instruction Set Computing) dos processadores ARM, que se concentra em um conjunto mais simples e eficiente de instruções, resultando em menor consumo de energia.

Para dispositivos móveis essa eficiência energética imposta pela arquitetura ARM se traduz em uma vida útil da bateria mais longa em dispositivos móveis, menor dissipação de calor e maior autonomia em sistemas embarcados, nos cenários de servidores e desktops, a eficiência energética pode ser um fator menos preponderante, mas ainda assim relevante, especialmente em data centers. Embora os processadores x86/x64 tenham histórico de melhor desempenho bruto, os processadores ARM estão começando a ganhar espaço devido à sua eficiência energética, o que pode resultar em custos operacionais mais baixos a longo prazo.

Ao analisar as arquiteturas x86/x64 e ARM em termos de consumo de energia e eficiência, fica claro que cada arquitetura possui suas próprias vantagens e desvantagens. Enquanto as arquiteturas x86/x64 oferecem desempenho robusto, especialmente em cenários de servidores e desktops, os processadores ARM se destacam pela eficiência energética, sendo mais adequados para dispositivos móveis e sistemas embarcados. A escolha entre essas arquiteturas deve considerar as necessidades específicas da aplicação, equilibrando desempenho, consumo de energia e eficiência operacional.

## 5. Mercado e Aplicações

A aplicação das arquiteturas x86/x64 e ARM ao longo da história e no cenário atual é ampla e abrangente, abrangendo uma variedade de dispositivos e cenários de uso.

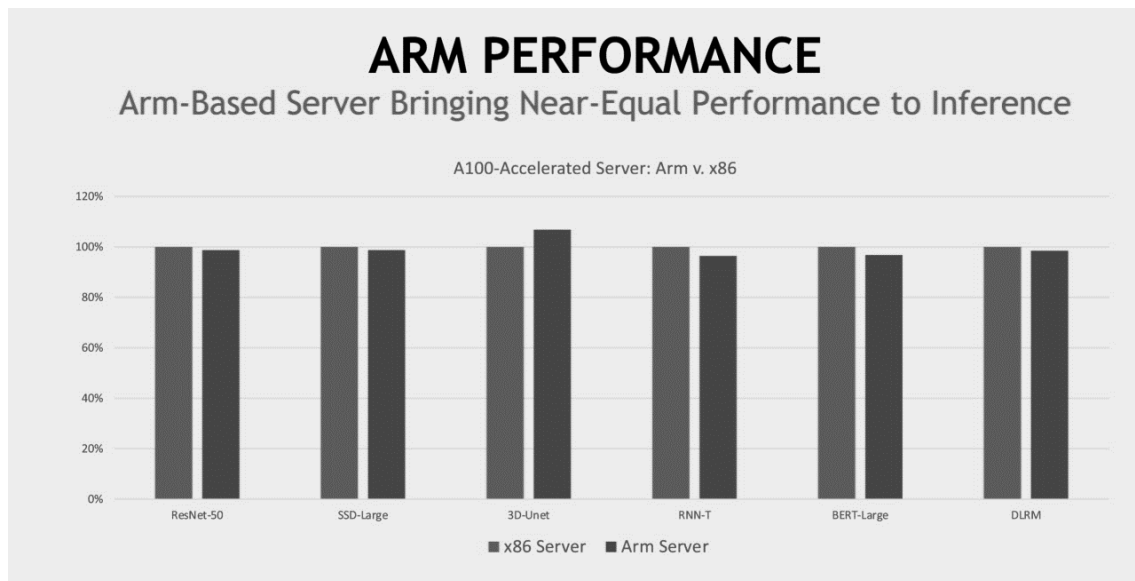


**Figura 7. Demonstrativo de market share dos processadores em notebook e a perspectiva futura.**

Os dispositivos móveis, como smartphones e tablets, são dominados pela arquitetura ARM. Exemplos incluem smartphones iPhone da Apple (com chips Apple Silicon baseados em ARM) e dispositivos Android (com processadores Qualcomm Snapdragon ou chips Samsung Exynos). Segundo Hennessy & Patterson (2020), "a arquitetura ARM é dominante em dispositivos móveis devido à sua eficiência energética e flexibilidade, permitindo maior duração de bateria e desempenho otimizado para tarefas específicas" (Hennessy & Patterson, 2020, "Computer Architecture: A Quantitative Approach").

As arquiteturas x86 dominam o mercado de servidores e data centers, oferecendo uma ampla gama de opções de hardware e suporte robusto para virtualização e cargas de trabalho empresariais. Segundo Barroso & Hölzle (2019), "os processadores x86 são amplamente adotados em data centers devido ao seu desempenho robusto e capacidade

de suportar uma variedade de cargas de trabalho empresariais" (Barroso & Hölzle, 2019, "The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines"). Embora menos comuns, os servidores ARM estão ganhando terreno em data centers devido à sua eficiência energética e capacidade de processamento paralelo. Exemplos incluem servidores baseados em ARM da Amazon Web Services (AWS) com chips Graviton da AWS.



**Figura 8. Comparativo de performance entre ARM e X86 na área de servidores.**

As arquiteturas ARM são amplamente utilizadas em sistemas embarcados e dispositivos IoT devido à sua eficiência energética e flexibilidade. Segundo Yiu (2016), "a arquitetura ARM é a escolha predominante para sistemas embarcados e dispositivos IoT devido à sua eficiência energética e capacidade de processamento eficiente para tarefas específicas" (Yiu, 2016, "The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors"). Embora menos comuns em sistemas embarcados devido ao maior consumo de energia, ainda existem algumas aplicações para processadores x86 em dispositivos IoT que exigem alto desempenho, como gateways industriais e sistemas de controle de automação.

Os computadores pessoais baseados em ARM estão se tornando mais comuns, especialmente com o lançamento de laptops e desktops com chips Apple Silicon M1 pela Apple. Esses dispositivos oferecem eficiência energética e desempenho competitivo em comparação com os tradicionais computadores pessoais baseados em x86. Segundo Smith (2020), "os chips Apple Silicon M1 demonstram um desempenho impressionante e eficiência energética em comparação com os processadores x86 tradicionais, estabelecendo um novo padrão para computadores pessoais baseados em ARM" (Smith, 2020, "Apple's M1 chip: A turning point for the Mac").

Ao analisar as arquiteturas x86/x64 e ARM em termos de aplicação e mercado, fica evidente que cada arquitetura tem suas próprias vantagens e desvantagens. Enquanto a arquitetura ARM domina dispositivos móveis devido à sua eficiência energética e flexibilidade, a arquitetura x86 é predominante em servidores e data centers, oferecendo desempenho robusto e suporte para cargas de trabalho empresariais. A crescente adoção de servidores ARM em data centers e o surgimento de computadores pessoais baseados em ARM sinalizam uma mudança no cenário do mercado de processadores, onde a eficiência energética e o desempenho específico para tarefas estão se tornando cada vez mais importantes.

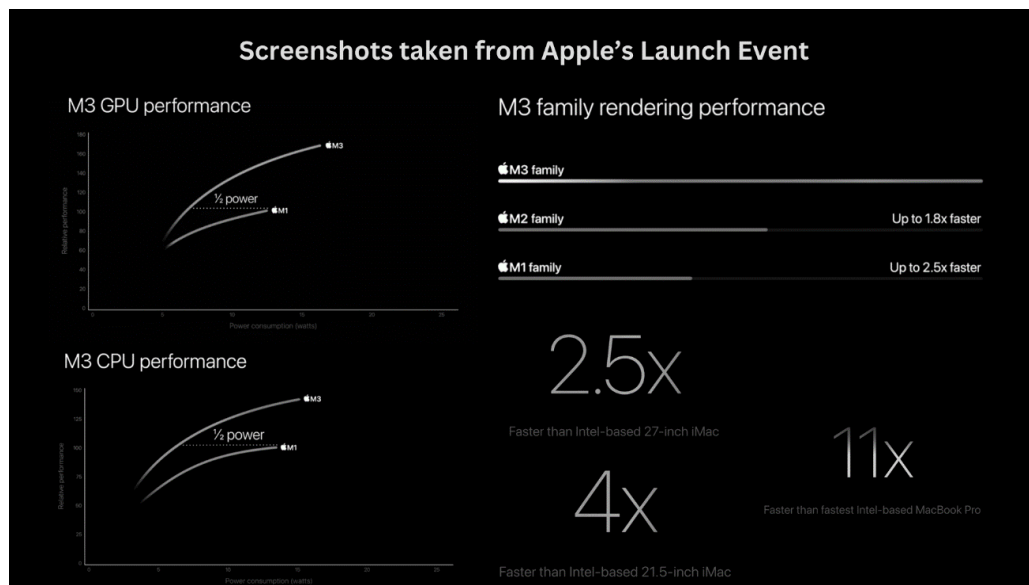
## **6. Perspectivas Futuras**

Uma tendência atual é a convergência entre as arquiteturas x86/x64 e ARM, com fabricantes de chips buscando oferecer o melhor dos dois mundos: desempenho robusto das arquiteturas x86/x64 e eficiência energética das arquiteturas ARM.

Segundo Hennessy & Patterson (2020), "a convergência entre as arquiteturas x86/x64 e ARM está ganhando destaque, com fabricantes buscando combinar o desempenho robusto das arquiteturas x86/x64 com a eficiência energética das arquiteturas ARM" (Hennessy & Patterson, 2020, "Computer Architecture: A Quantitative Approach").

Além disso, há um crescente interesse em arquiteturas ARM para desktops e laptops, com o lançamento de dispositivos como os laptops baseados em ARM da Apple com chips da linha M, indicando uma mudança potencial no cenário de computação pessoal. Fabricantes de dispositivos Windows e Chromebook podem começar a adotar mais amplamente chips ARM em seus produtos para aproveitar os benefícios de desempenho e eficiência energética.

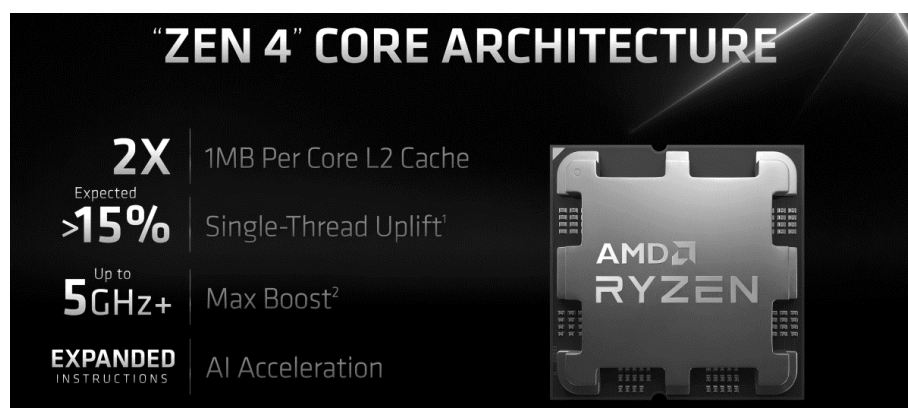
Segundo Smith (2020), "o lançamento dos laptops baseados em ARM da Apple com chips da linha M representa uma mudança significativa no mercado de computação pessoal, destacando o potencial das arquiteturas ARM em dispositivos tradicionais" (Smith, 2020, "Apple's M1 chip: A turning point for the Mac"). Fabricantes de dispositivos Windows e Chromebook podem começar a adotar mais amplamente chips ARM em seus produtos para aproveitar os benefícios de desempenho e eficiência energética.



**Figura 9. Comparativo evolutivo da linha de chips M da Apple.**

As perspectivas futuras para a arquitetura x86 também são promissoras, apesar do crescimento e da competição de outras arquiteturas como ARM. Espera-se que haja contínuos avanços em termos de desempenho de CPU, suporte a instruções avançadas e capacidade de processamento paralelo para atender às crescentes demandas de cargas de trabalho intensivas, como análise de dados, aprendizado de máquina e simulações científicas.

Segundo Barroso & Hölzle (2019), "apesar da crescente competição das arquiteturas ARM, a arquitetura x86 continua a evoluir com avanços significativos em desempenho de CPU, suporte a instruções avançadas e capacidade de processamento paralelo, mantendo sua relevância em cargas de trabalho intensivas" (Barroso & Hölzle, 2019, "The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines").



**Figura 10. Demonstrativo das evoluções dos processadores Ryzen 7000 da nova arquitetura ZEN 4 da AMD.**

A convergência entre as arquiteturas x86/x64 e ARM é uma tendência crescente no cenário da computação, com fabricantes buscando combinar o desempenho robusto das arquiteturas x86/x64 com a eficiência energética das arquiteturas ARM. O lançamento de laptops baseados em ARM pela Apple e o potencial crescimento da adoção de chips ARM por fabricantes de dispositivos Windows e Chromebook indicam uma mudança potencial no mercado de computação pessoal. Apesar do crescimento e da competição de outras arquiteturas como ARM, as perspectivas futuras para a arquitetura x86 são promissoras, com contínuos avanços em desempenho de CPU, suporte a instruções avançadas e capacidade de processamento paralelo para atender às crescentes demandas de cargas de trabalho intensivas.

## **7. Conclusão**

Ao longo deste estudo, ficou evidente que cada arquitetura possui suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha ideal depende das necessidades específicas de cada aplicação. As arquiteturas x86 e x64, com sua longa história e ampla compatibilidade de software, continuam a ser dominantes em computadores pessoais, servidores e data centers. Seu desempenho robusto e capacidade de lidar com uma variedade de cargas de trabalho as tornam uma escolha popular em muitos contextos.

Por outro lado, a arquitetura ARM ganhou destaque devido à sua eficiência energética e flexibilidade, sendo amplamente adotada em dispositivos móveis, sistemas embarcados e IoT. Sua arquitetura RISC simplificada e capacidade de processamento paralelo oferecem uma alternativa atraente para cenários onde a eficiência energética é uma prioridade.

No entanto, à medida que as fronteiras entre os diferentes segmentos de mercado se tornam mais fluidas e as demandas dos usuários continuam a evoluir, espera-se que haja uma convergência entre as arquiteturas x86/x64 e ARM. Fabricantes de chips estão buscando combinar o desempenho robusto das arquiteturas x86/x64 com a eficiência energética das arquiteturas ARM, abrindo caminho para uma nova geração de dispositivos que oferecem o melhor dos dois mundos.

À medida que avançamos para o futuro, é provável que vejamos uma maior diversificação e inovação nas arquiteturas de processadores, impulsionadas pela demanda por desempenho, eficiência energética e novas aplicações tecnológicas. Independentemente das mudanças que estão por vir, é fundamental continuar acompanhando de perto os desenvolvimentos neste campo dinâmico e empolgante da computação.

Conforme destacado por Hennessy & Patterson (2020), "à medida que as fronteiras entre os diferentes segmentos de mercado se tornam mais fluidas e as demandas dos usuários continuam a evoluir, espera-se que haja uma convergência entre as arquiteturas x86/x64 e ARM. Fabricantes de chips estão buscando combinar o desempenho robusto das arquiteturas x86/x64 com a eficiência energética das arquiteturas ARM, abrindo caminho para uma nova geração de dispositivos que oferecem o melhor dos dois mundos" (Hennessy & Patterson, 2020, "Computer Architecture: A Quantitative Approach").



## Referências

ENGHEIM, Erik. RISC vs CISC Microprocessor Philosophy in 2022. Disponível em: <https://itnext.io/risc-vs-cisc-microprocessor-philosophy-in-2022-fa871861bc94>. Acesso em: 12 fev. 2024.

RED HAT ENTERPRISE LINUX. Qual é a diferença entre ARM e x86?. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/linux/ARM-vs-x86>. Acesso em: 12 fev. 2024.

NISHIKIORI, Igor. O que é arquitetura de computadores? Entenda uso do termo na informática. TechMundo, 2023. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2023/03/o-que-e-arquitetura-de-computadores-entenda-uso-do-termo-na-informatica-edinfoeletro.ghhtml>. Acesso em: 12 fev. 2024.

REIDT, Teresa. ARM vs. x86: Differences & similarities of both architectures. Emteria, 2023. Disponível em: <https://emteria.com/blog/arm-vs-x86>. Acesso em: 12 fev. 2024.

HIGA, Paulo. Qual é a diferença entre as arquiteturas RISC e CISC? Saiba o que elas mudam no processador. Tecnoblog, 2023. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/qual-e-a-diferenca-entre-arquitetura-risc-e-cisc-processador/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

CARBONE, Felipe. Qual é a diferença entre as arquiteturas RISC e CISC? Saiba o que elas mudam no processador. Adrenaline, 2023. Disponível em: <https://www.adrenaline.com.br/hardware/relatorio-mostra-que-cpus-arm-podem-ajudar-a-dobrar-mercado-de-notebooks-ate-2027/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

APPLE. Apple revela o M1. 2020. Disponível em: <https://www.apple.com/br/newsroom/2020/11/apple-unleashes-m1/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

KLEIMAN, Alan. Apple revela o M1. Unicamp, 2020. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mo401/2s2005/Trabalho/041438-x86.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SCHIESSER, Tim. Apple M2 Review. Techspot, 2022. Disponível em: <https://www.techspot.com/review/2499-apple-m2/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SCHIESSER, Tim. NVIDIA Amplia Liderança em Desempenho de Inferência de AI com Resultados de Estreia em Servidores Baseados em Arm. Techspot, 2021. Disponível em: <https://blog.nvidia.com.br/2021/12/27/arm-inferencia-ai-mperf/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

ALEKSANDARK. Arm-based PCs to Nearly Double Market Share by 2027, Says Report. TechPowerUP, 2023. Disponível em: <https://www.techpowerup.com/307094/arm-based-pcs-to-nearly-double-market-share-by-2027-says-report>. Acesso em: 12 fev. 2024.

AHMAD, Faiz. Apple's M3 Chip Unveiling: Navigating New Horizons Amidst Shifting PC Market Dynamics. LinkedIn, 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/apples-m3-chip-unveiling-navigating-new-horizons-amidst-faiz-ahmad-aijdf/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SCHIESSER, Tim. AMD talks next-gen Zen 4 CPUs, Ryzen 7000, Socket AM5, and more. Techspot, 2022. Disponível em: <https://www.techspot.com/news/94678-amd-talks-next-gen-zen-4-cpus-ryzen.html>. Acesso em: 12 fev. 2024.

PATTERSON, D. A.; HENNESSY, J. L. Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. Morgan Kaufmann, 2020. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books/computer-organization-and-design/patterson/978-0-12-812275-4>. Acesso em: 12 abr. 2024.

ASANOVIC, K. et al. The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: User-Level ISA. 2016. Disponível em: <https://riscv.org/specifications/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

BARROSO, L. A.; HÖLZLE, U. The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines. Morgan & Claypool Publishers, 2019. Disponível em: <https://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S01093ED1V01Y201904CAC049>. Acesso em: 12 abr. 2024.