

## Atividade 2

### Resenha: Computação de alto desempenho e arquitetura de computadores

Os supercomputadores são pilares essenciais para avanços na ciência e tecnologia. Neste cenário da computação de alto desempenho (*HPC*), existem três super computadores que merecem destaque: *summit*, *sierra* (ambos provenientes do projeto americano *Coral*) e *Fugaku* (proveniente do projeto japonês *Fugaku Project*). Cada uma destas máquinas representam um marco histórico em seus países, os quais buscam uma maior fonte de processamento, eficiência energética e escalabilidade. Desta forma, trazendo benefícios da pesquisa para a sociedade. Desta forma, os artigos "*The Design, Deployment, and Evaluation of the CORAL Pre-Exascale Systems*" e "*Co-Design for A64FX Manycore Processor and 'Fugaku'*" descrevem de forma objetiva

Os supercomputadores do projeto *CORAL*, representados pelos super computadores *Summit* e *Sierra*, focam em uma abordagem mais flexível em suas arquitetura. Localizado no Laboratório Nacional Oak Ridge (ORNL) e é uma parceria de construção entre as empresas *IBM* e *NVIDIA*, o *Summit* ganhou um grande destaque no ano de sua construção em 2018 como o supercomputador mais poderoso do mundo. Esta máquina possui processadores *IBM Power9* e *GPUs NVIDIA Volta* em seus nós. Já a sua arquitetura heterogênea possibilita uma maior taxa de processamento. Com mais de 148 petaflops de desempenho, o *Summit* é excepcionalmente adequado para simulações complexas e cálculos intensivos em uma variedade de campos, incluindo as áreas de ciências dos materiais, biologia molecular e mudanças climáticas.

Já localizado no Laboratório Nacional americano *Lawrence Livermore*, o supercomputador *Sierra* é o resultado direto da combinação de um maior poder computacional com segurança robusta. Desta forma, o *Sierra* foi projetado para aplicações que necessitam de um desempenho extremo e manipulação de dados sensíveis. Este computador também é uma conquista colaborativa entre *IBM* e *NVIDIA*. De forma semelhante, o *Sierra* também possui processadores da *IBM Power9* e *GPUs NVIDIA* e uma arquitetura heterogênea similar ao *Summit*. Entretanto, a distinção mais notável do *Sierra* é a sua ênfase na segurança : no qual foi projetado para suportar aplicações de simulação em áreas como armazenamento de energia, física de partículas e segurança nacional. De tal forma que esta capacidade de realizar cálculos de alta precisão em ambientes seguros torna o *Summit* um elemento fundamental na resolução de questões científicas e sociais críticas, sem comprometer a integridade dos dados.

Em contrapartida, como resultado do projeto japonês "*Fugaku Project*" e localizado no centro de pesquisa *RIKEN Center for Computational Science*, O *Fugaku* é uma conquista notável da engenharia de supercomputadores, tanto para o governo japonês quanto para o mundo. Lançado no ano de 2020, rapidamente se tornou o supercomputador mais rápido do mundo em termos de desempenho em simulações de alto desempenho. Diferente dos super computadores americanos, o *Fugaku* é composto por apenas processadores *ARM A64FX* e não utilizam de nenhuma placa gráfica. Além disso, é um exemplo de expoente que mescla máximo da eficiência energética e escalabilidade. Uma característica distintiva do *Fugaku* esta na sua aplicação em uma variedade de áreas de conhecimento: desde a

medicina até a previsão de desastres naturais. Entretanto, esta máquina se destaca na pesquisa biomédica, pois possibilita simulações mais detalhadas de proteínas e moléculas e contribui de forma significativa para o desenvolvimento de medicamentos e tratamentos. Além disso, sua capacidade de análise de dados em larga escala o torna valioso para estudos que envolvem inteligência artificial e aprendizado de máquina.

A capacidade de processamento é a métrica fundamental para se quantificar o desempenho de cada supercomputador. Todos os supercomputadores passaram por testes de velocidade, capacidade de processamento, eficiência energética e desempenho em aplicações científicas relevantes. Todos estes computadores utilizam pelo menos as métricas de *benchmark* definidas pelo High Performance Linpack (HPL), principalmente para medir a taxa de resolução de sistemas de equações lineares densas (taxa de cálculo de ponto flutuante, resolução de equações lineares, matrizes de grandes dimensões e taxa de desempenho). Enquanto que as métricas definidas pelo High Performance Conjugate Gradients (HPCG), que focam em medir o desempenho de supercomputadores de maneira mais representativa de aplicações científicas modernas e envolvem uma mistura de operações de computação e acesso à memória (resolução de equações lineares com matrizes esparsas, acesso à memória, padrões de acesso à memória e taxa de convergência de problemas matemáticos).

Como exemplo, no momento de seu lançamento, o *Summit* atingiu o valor de 148,6 petaflops, ou seja, 148,6 quadrilhões de operações de cálculo por segundo. Porém, *Fugaku* ultrapassou este valor: registrando o valor de 442 petaflops e desta forma estabelecendo-se como o pioneiro neste território de desempenho de alta magnitude. Por fim, o *sierra* registrou o valor de 125 petaflops. É importante ressaltar que além das conquistas individuais, essas máquinas também lideram em uma profusão de áreas de aplicação. Os HPC's da *CORAL* se destacam em tarefas que exigem cálculos de precisão mista, tais como simulações climáticas, de materiais e em questões de segurança exclusivamente para o *Sierra*. Em contraste, o *Fugaku* gasnhou mais destaque no campo das aplicações de aprendizado profundo, bioinformática e simulações sísmicas de alta fidelidade. A arquitetura equilibrada do *Fugaku* o torna uma ferramenta multifacetada que permite ser utilizado em diversas disciplinas científicas.

O impacto desses supercomputadores na pesquisa é de grande proporção. Por exemplo, os supercomputadores americanos desempenham um papel crucial em avanços relacionados à energia, clima, materiais e biologia, devido às suas capacidades de simular sistemas complexos com uma fidelidade impressionante, e desta forma realiza previsões meteorológicas mais precisas e contribuem para o desenvolvimento de materiais inovadores. Por outro lado, o *HPC* japonês revolucionou a pesquisa biomédica, pois acelerou a análise de proteínas e o desenvolvimento de medicamentos utilizando técnicas avançadas de aprendizado de máquina e de redes neurais profundas. A capacidade de simular sistemas biológicos em escala sem precedentes carrega o potencial de redefinir a medicina e ampliar a compreensão das atuais doenças. Consequentemente, trazendo soluções mais eficazes e personalizadas para a saúde humana.

Entretanto, não basta que os computadores possuam um excelente desempenho. Em um mundo consciente do uso consciente de carbono, a eficiência energética e o resfriamento são elementos cruciais para supercomputadores. Desta forma, O projeto *CORAL* avança notoriamente nesse aspecto: adotando técnicas de resfriamento líquido e estratégias de gerenciamento de energia para aprimorar sua eficiência operacional. Enquanto isso, o *Fugaku* se destaca com sua eficiência energética, graças à arquitetura dos núcleos ARM de baixo consumo e à implementação de técnicas avançadas de resfriamento. Essa

eficiência não só reduz os custos operacionais, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, alinhando-se com a busca global por uma coexistência harmoniosa com o planeta.

Por fim, os supercomputadores *Summit*, *Sierra* e *Fugaku* personificam o progresso relâmpago na computação de alto desempenho. Ainda que compartilhem a visão de estender os horizontes da capacidade computacional, HPC's adotam abordagens distintas em termos de arquitetura, desempenho e foco de aplicação. Os supercomputadores americanos revelam suas flexibilidades ao abranger uma variedade áreas do conhecimento humano, enquanto o *Fugaku* se destaca com sua eficiência escalável (notavelmente em aplicações biomédicas e de aprendizado profundo). Enquanto estas máquinas continuam a desbravar novos limites da computação, esses projetos tecnológicos solidificam a influência poderosa que a computação de alto desempenho exerce sobre o avanço do conhecimento humano. Com isso, o futuro reserva não apenas novos supercomputadores, mas também um impulso profundo no entendimento humano das complexidades do universo.