

Green Computing & Psicologia da Cognição Vs Computação Cognitiva

Abstract. Ao longo deste documento são abordados e estudados dois assuntos relacionados com a Tecnologia da Informação: *Green Computing* e Psicologia da Cognição *versus* Computação Cognitiva. Em relação ao *Green Computing*, é abordada a importância de se adotar práticas mais sustentáveis na área de tecnologia para reduzir os impactos ambientais causados pela indústria de Tecnologia da Informação. São apresentadas técnicas e soluções que podem ser aplicadas para tornar a computação mais eficiente, com menor consumo de energia e mais ambientalmente correta. Por outro lado, em relação à Psicologia da Cognição *versus* Computação Cognitiva, o artigo explora como estas áreas podem se complementar uma à outra para melhorar a interação humano-computador e a eficiência dos sistemas de tecnologia. São discutidos conceitos relacionados ao processamento de informações e a forma como o ser humano percebe e interage com a tecnologia. Ao abordar estes temas, apresentamos uma análise mais detalhada sobre cada uma das áreas e as suas implicações na indústria da tecnologia.

Keywords: Green Computing · Cognitive Psychology · Cognitive Science

1 Green Computing

1.1 Principais aspetos

Green Computing ou computação sustentável, é, tal como o nome indica, uma vertente da computação que tem como objetivo principal enfatizar a sustentabilidade e responsabilidade ambiental no planeamento, desenvolvimento, uso e eliminação dos recursos computacionais por forma a minimizar riscos ambientais e reduzir a poluição.

Num mundo dominado pela tecnologia, o uso de computadores, chips e outros equipamentos eletrónicos leva também à exploração de recursos naturais tais como energia, água e, também, à emissão de carbono para atmosfera. Segundo a IBM [1], o setor da tecnologia de informação é responsável pela emissão entre 1.8% a 3.9% de gases de efeito de estufa mundialmente. Para além disso, é também responsável pelo consumo de cerca de 3% de energia a nível global, que representa um aumento de 100% em relação à década anterior. Torna-se então

relevante ter uma área como a computação sustentável que venha sensibilizar e mudar estes padrões de consumo por forma a reduzir as alterações climáticas e evitar danos catastróficos no ambiente.

Computação sustentável é, assim, uma grande área que tem de ser aplicada em vários níveis, desde *datacenters* que são responsáveis por cerca de 1% de emissões de carbono a nível global [2], a organizações, ao utilizador final e, também, a desenvolvedores de *software*.

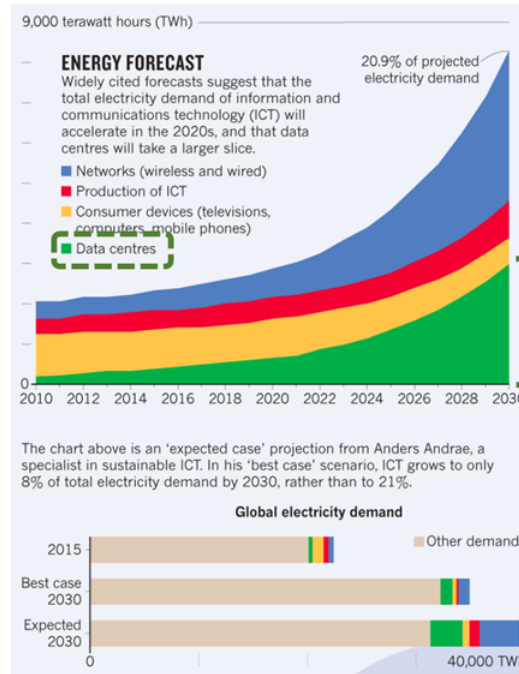


Fig. 1. Gastos energéticos ao longo dos anos e as previsões a nível global

1.2 Principais tópicos

Murugesan [3] apresenta os seguintes quatro caminhos ao longo dos quais ele acredita que os efeitos ambientais da computação devem ser abordados:

1. *Green Use*: reduzir o consumo de energia dos computadores e outros sistemas de informação, assim como, usá-los de maneira ambientalmente correta.
2. *Green Disposal*: reutilização de computadores antigos e reciclagem de computadores e outros equipamentos eletrônicos indesejados.
3. *Green Design*: projeção de componentes, computadores, servidores e equipamentos de refrigeração energeticamente eficientes e ambientalmente corretos.
4. *Green Manufacturing*: fabricação de componentes eletrônicos, computadores e outros subsistemas associados com impacto mínimo ou nulo no meio ambiente.

Estes quatro caminhos abrangem várias áreas e atividades centrais, tais como: *design* para a sustentabilidade ambiental, computação eficiente em termos energéticos, gestão de energia, *design* de *data centers*, *layout* e localização, virtualização de servidores, reciclagem responsáveis, métricas ecológicas, mitigação de riscos relacionados ao meio ambiente, uso de fontes de energia renováveis e rotulagem ecológica dos equipamentos.

1.3 Green Cloud Computing

Cloud Computing, ou, computação na nuvem, é um tópico que tem vindo a ser bastante preponderante na nossa sociedade, sendo uma infraestrutura vital para vários negócios e desenvolvimento de vários modelos de *machine learning*. *Cloud Computing* é então, o acesso via *internet* a recursos de computação tais como, aplicações, servidores (físicos ou virtuais), armazenamento de dados, que estão alocado num *datacenter* remoto e são geridos pela entidade que os disponibiliza. Mas de que forma é que este tipo de computação pode ser um fator importante na computação sustentável?

Para responder a esta pergunta surge então o conceito *green cloud computing* que assenta em 2 perspetivas:

1. *Green Hardware* - Aquisição de *hardware* que é energeticamente eficiente e ambientalmente amigável para os servidores, mas também para unidades de *cooling* dos mesmos.
2. *Green software* - Todas as aplicações que permitem gerir os servidores devem ter em consideração a produção energética e tentar reduzir as emissões de CO2 dos mesmos.

Seguindo estas duas perspetivas temos então um ponto de partida para uma computação em nuvem de forma sustentável. Para além disso, há também aspetos inerentes a este tipo de computação que já a tornam mais eficiente que a computação feita em infraestruturas criadas pelos negócios. Tradicionalmente, as equipas de IT compravam e davam *deploy* de novos servidores sempre que a

sua infraestrutura necessitava de mais poder computacional em certas alturas. Porém este pico de carga é apenas sazonal e leva à compra de equipamentos que serão inutilizados gastando recursos naturais desnecessários. Com a computação na nuvem, este tipo de problemas é resolvido porque os servidores permitem flexibilidade de alocação e, assim, poupar recursos naturais e energia.

A virtualização é um passo importante na computação em nuvem uma vez que permite desmaterializar recursos através da criação de recursos virtuais. Ou seja, a virtualização permite que várias máquinas virtuais corram em cima do mesmo servidor físico, o que permite reduzir o número de servidores físicos necessários e, conseqüentemente, o número de recursos naturais utilizados.

1.4 Aplicações na indústria

A aplicação de uma computação sustentável deve começar então pelo "topo" da sociedade, ou seja, nas empresas, dado que são as maiores consumidoras de recursos e, também, as que mais poluem com gases CO₂ para a atmosfera.

Como já referido anteriormente, os *datacenters* são um dos maiores consumidores de energia a nível mundial, isto deve-se ao facto do crescimento exponencial do poder de computação dos processadores e placas gráficas, o que leva também a um maior consumo energético dos mesmos. A lista HPC 500 é uma grande indicação das máquinas mais poderosas a nível mundial e apresenta os computadores com mais poder de computação tal como o seu consumo energético. Estes computadores estão instalados em grandes *datacenters* e, têm como grande uso em investigação científica e modelos poderosos de *machine learning*. Como pode ser visto nos Top 500 de Novembro [4], o primeiro e segundo lugar desta lista, mostra a grande capacidade computacional destes computadores mas, também, o consumo energético dos mesmos, sendo, respetivamente de, 21.100 kW e 29.899 kW. Usando como termo de comparação a mesma lista mas em relação a Novembro de 2010 [5], onde o computador mais poderoso consumia 4040 kW, podemos ver o aumento gradual do consumo energético destes computadores, o que torna necessária a adoção de medidas pelas empresas que os desenvolvem que melhorem a sua eficiência energética de modo a reduzir o consumo por parte dos mesmos.

Porém, embora esta lista apresente os Top 500 melhores computadores, avanços também têm sido feitos na área da computação sustentável para desenvolver computadores com elevada eficiência energética, o que levou ao desenvolvimento de uma lista com os Top 500 computadores mais eficientes em termos energéticos em relação à capacidade de processamento denominada Green 500 [6].

Ainda em relação à redução de consumos energéticos, as grandes empresas como a Google e o Facebook têm apostado no desenvolvimento de *green data centers* que são desenhados, construídos e operados de forma a minimizarem a sua pegada ecológica e conservarem os recursos naturais.

Segundo a Google [7], desde 2017 a empresa usa 100% da sua energia como energias renováveis e, compromete-se para em 2030 reduzir as emissões de carbono para a atmosfera. Os seus *green datacenters* também operam sobre a mesma política, garantindo que a maior carga computacional é apenas atingida quando

o sol e o vento (energias livres de carbono) providenciam mais energia. Os algoritmos que operam sobre estes *datacenters* são baseados em modelos de *machine learning* que prevêm com base nos dados obtidos por estações meteorológicas quais serão as horas em que o pico energético será maior, e, com base nessa previsão, mudam as tarefas mais computacionalmente e consumidoras de energia para essas horas de modo a garantir que apenas é utilizada energia livre de emissões de CO2 [8].

Em relação a estratégias utilizadas pelo Facebook [9], temos o exemplo de um *green datacenter* que começou a operar em 2013, localizado na Suécia, onde são utilizadas técnicas de *air* e *water cooling*, devido às características da região, para evitar o *overheating* dos milhares de servidores em execução constante. Para além disso, caracteriza-se por ser um *datacenter* a utilizar energia 100% renovável, uma vez que, todos os equipamentos utilizados são abastecidos por energia hidráulica, o que permitiu uma redução em mais de 70% dos geradores de *backup*.

Resumindo, as empresas mencionadas são as que devem ser seguidas pelo resto da indústria uma vez que seguem os princípios fundamentais de uma computação sustentável e apostam no futuro do ambiente, seguindo práticas que passam pelo *design* das suas infraestruturas de modo a reduzir recursos naturais e, também, têm implementados algoritmos que permitem reduzir o consumo energético da sua operação.

1.5 E-Waste

Descendo na "stack" da computação sustentável, chegamos à destruição de equipamentos em fim de vida. Uma vez que todos os produtos têm um tempo de vida, torna-se importante saber como descartar os mesmos, sendo esta prática um passo importante para atingir uma computação sustentável.

Surge então o termo *e-waste*, ou lixo eletrônico, que engloba todas as formas de lixo envolvendo partes eletrônicas, contendo materiais por vezes nocivos para o ambiente que requerem métodos especiais para a sua reciclagem. Exemplos deste tipo de lixo são *motherboards*, baterias ou *laptops*, que se não forem propriamente geridos podem libertar químicos perigosos para os solos e águas. Segundo dados de 2019, cerca de 50 milhões de toneladas de *e-waste* foram produzidas nesse ano, o que representa um aumento de 21% em 5 anos [10], e a expectativa é de que se chegue ao ano de 2030 com cerca de 70 milhões de toneladas produzidas. Do *e-waste* produzido em 2019 apenas 17.4% foi propriamente coletado e reciclado, tornando-se portanto evidente a consciencialização das pessoas e das empresas para seguirem práticas que promovam uma computação sustentável.

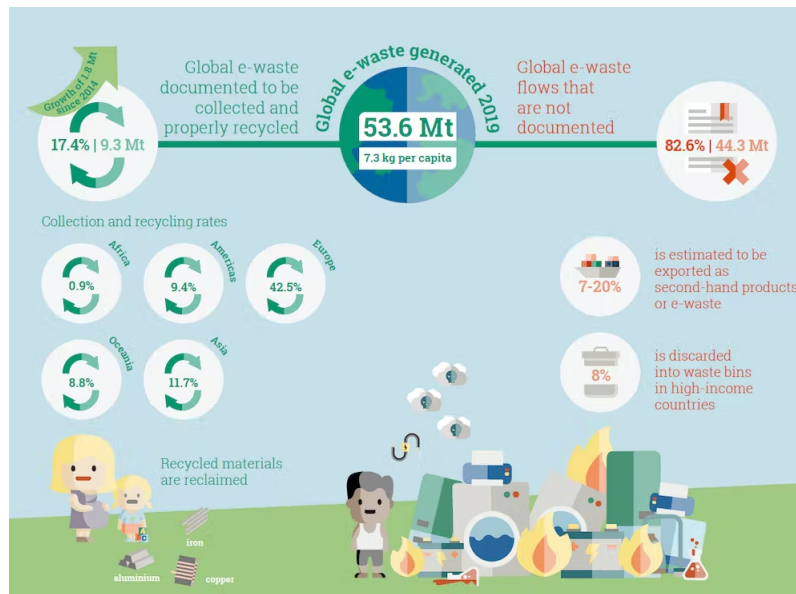


Fig. 2. Como o mundo geriu o *e-waste*, Global E-Waste Monitor 2020

Existe uma grande quantidade de maneiras que devem ser seguidas para gerir a reciclagem deste lixo, uma delas envolve "desmembrar" em componentes mais pequenos e separar os materiais valiosos do lixo. Os materiais valiosos podem então ser utilizados para produzir novos equipamentos eletrônicos enquanto que o lixo deve ser destruído de forma ambientalmente amigável.

Outra maneira de gerir este "lixo" é reusar os equipamentos antigos evitando gastar dinheiro e conservando recursos naturais na compra de um novo.

Claramente há também desafios inerentes a esta prática de gestão de *e-waste*, sendo os mais relevantes os factos de os produtos serem cada vez mais complexos, o que torna difícil a sua separação em partes mais pequenas, e, também o facto de ter de ser cada vez mais um processo eficiente devido ao aumento exponencial da produção deste tipo de lixo.

2 Psicologia da Cognição *versus* Computação Cognitiva

2.1 Principais aspetos

Psicologia da cognição e computação cognitiva são duas áreas de estudo que, cada vez mais, têm vindo a cooperar uma com a outra. Esta junção deve-se ao crescente desenvolvimento da tecnologia ao longo dos anos, principalmente na área da inteligência artificial e aprendizagem automática. Para melhor se discutir e perceber a sua relação é necessário esclarecer e entender o que é estudado e quais os objetivos em ambos os ramos.

Por um lado, a psicologia da cognição é aquela onde está envolvido o estudo do comportamento interno do cérebro do ser humano. Ou seja, é uma área que se dedica a perceber o processo por detrás das tomadas de decisões, comportamentos e até pensamentos de uma pessoa - todo o trabalho dentro do cérebro, incluindo percepção, pensamento, memória, atenção, linguagem, resolução de problemas e aprendizagem [11]. É assim uma área que, por exemplo, permite a psicólogos ajudar pessoas com dificuldades cognitivas, uma vez que, estes são especializados em perceber como as pessoas pensam, como processam informação e também como adquirem e guardam memórias. Este ramo da psicologia é baseado em duas teorias [12]:

1. A cognição humana pode, em princípio, ser totalmente "exposta" através de métodos científicos, ou seja, componentes individuais dos processos mentais, podem ser identificados e compreendidos.
2. Processos mentais internos podem ser descritos como regras ou algoritmos em modelos de processamento de informação.

Assim sendo, a base por detrás da psicologia da cognição leva-nos ao encontro do tema já mencionado anteriormente, a computação cognitiva. Esta vertente da computação concentra-se em simular todo o processo de pensamento humano, ou seja, existe aqui a tentativa de fazer com que uma máquina resolva problemas complexos da mesma maneira que um humano o faria. Assim sendo, este é um sistema de auto-aprendizagem, programado para aprender autonomamente através da experiência e dos dados que recolhe ao longo do tempo. Para além disso é um sistema capaz de interagir com o meio ambiente em tempo real e "aproveitar-se" do mesmo para melhorar os seus conhecimentos. A computação cognitiva distingue-se da inteligência artificial da seguinte forma: em IA apenas se pode ser tão inteligente quanto as pessoas que a ensinam, já na computação cognitiva essa barreira já não existe porque estes sistemas podem ensinar-se e educar-se [13]. Um exemplo prático desta distinção são os muito conhecidos assistentes digitais, como a Siri ou a Alexa, que são sistemas muito usados e úteis mas apresentam o problema de serem pré-programados o que torna as suas interações com o ser humano limitadas, uma vez que estas não apresentam a capacidade de ler ou dar respostas mais complexas. Assim, a computação cognitiva tem como objetivo atenuar essa limitação através da criação de algoritmos que imitem o processo de raciocínio do cérebro humano para resolver problemas à medida que os dados ou o problema em si se alterem, em vez de depender de algoritmos pré-estabelecidos [14].

2.2 Áreas de estudo

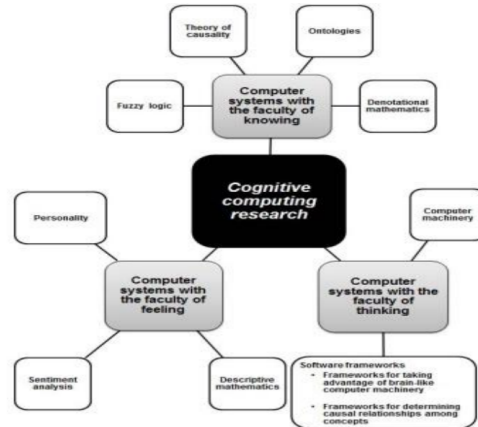


Fig. 3. Áreas de estudo da computação cognitiva

Na figura 3, apresentam-se as várias áreas de estudo da computação cognitiva. Estas são maioritariamente divididas em três grandes categorias, sendo estas: conhecimento, pensamento e emoção.

1. **Conhecimento** - O conhecimento (dados) são a base da nossa inteligência e por isso um ponto fundamental na computação cognitiva. Uma vez que é consenso que o processo cognitivo é resultado do conhecimento, vários pesquisadores esforçam-se para conhecimento prospetivo.
2. **Pensamento** - Pensar também é uma parte essencial da computação cognitiva. A parte que pensa da computação cognitiva vem a bordo depois de completar o modelo da base de conhecimento. A interligação do extenso conhecimento para a formulação de uma solução é totalmente vital para obter resultados desejáveis que não sejam *biased*.
3. **Sentimento** - O sentimento toma um papel importante na escolha de decisões do ser humano. Por isso, também deve ser um fator a tomar em conta na computação cognitiva, ainda que seja, até hoje, impossível de simular. Segundo *Huffman*, o cérebro deu ao ser humano a capacidade de ter sentimentos.

[16]

2.3 Propósito

Todas estas grandes invenções são, maioritariamente, desenvolvidas com um objetivo útil a qualquer área. Neste caso, a computação cognitiva, ao proporcionar

uma visão sofisticada que se possa aproximar ou até mesmo vir a sobrepor a inteligência humana traz imensas vantagens em várias áreas tais como medicina, engenharia, financeira, etc.

A nível empresarial, *Fleury (2001)* afirma que as organizações não têm cérebros, mas possuem memória e sistemas cognitivos. Esses realizarão o processo de aprendizagem das atividades que ocorrem nos ambientes interno e externo da organização. O processo é decorrente da mudança dos processos ou dos comportamentos, de forma que haja uma maneira de medir a aprendizagem ocorrida com a mudança e posteriormente, uma maneira de recuperar o conhecimento adquirido. Empresas de grande porte da área de tecnologia da informação, como IBM, desenvolvem sistemas cognitivos com o propósito de auxiliar especialistas humanos a tomar melhores decisões, em meio à complexidade dos grandes volumes de dados. Os sistemas cognitivos aprendem e interagem com os seres humanos. [15].

Além do uso para o crescimento em empresas, este também é útil para detecção e até mesmo replicação de sentimentos dos seres humanos. Como exemplos iremos abordar três casos típicos de estudo:

1. Atração Facial
2. Computação afetiva
3. Emoção musical

Esses exemplos orientam a aprendizagem por meio de processos mentais da cognição humana, sendo estas subjetivas, como pensamento e emoção. O modelo é treinado para reconhecer emoções, compreender os sentimentos humanos e replicar a psique humana, o que, por sua vez, acelera a pesquisa em psicologia cognitiva.

Quanto à atração facial, ao longo dos anos e de vários testes realizados foi possível notar que a as emoções pela aparência são diferentes e por isso é possível separar rostos atraentes de rostos comuns, e o estudo qualitativo das preferências estéticas faciais pode ser descrito quantitativamente por inteligência artificial. Os resultados encaixam-se perfeitamente nos padrões estéticos contemporâneos, demonstrando que é possível que os computadores simulem habilidades cognitivas humanas avançadas para reconhecer emoções e compreender os sentimentos humanos, e que o desenvolvimento de modelos baseados na psicologia cognitiva tem potencial e importância.

Quanto à computação afetiva, a emoção é um estado psicológico de atitude positiva ou negativa em relação às coisas externas e à realidade objetiva, e, pode ser definida como um grupo de fenômenos psicológicos expressos na forma de emoções, sentimentos ou paixões. As emoções não se referem apenas às emoções humanas, mas também a todos os sentimentos humanos sensoriais, físicos, psicológicos e espirituais. *Damasio* constatou em suas pesquisas que as capacidades de tomada de decisões, dos seus pacientes, encontraram sérios obstáculos, provando que a inteligência humana não se manifesta apenas no pensamento racional normal e nas habilidades de raciocínio lógico, mas também em habilidades emocionais ricas.

Quanto à emoção musical, pesquisas extensas sobre emoções musicais sugerem que a música pode desencadear atividade emocional nos ouvintes. Os cientistas acreditam que quando uma pessoa está em um ambiente musical bonito e agradável, o corpo secreta uma substância ativa que é benéfica para a saúde e ajuda a eliminar fatores psicológicos que causam tensão, ansiedade, depressão e outros estados psicológicos adversos. Isso mostra que o estado psicológico das pessoas em relação à música pode ser julgado por máquinas, e mais pesquisas podem se basear nessa lei para simular música, de bom som, alinhada com a estética pública e perceber a interação entre emoções e máquinas. [17]

References

1. IBM Green Computing, <https://www.ibm.com/cloud/blog/green-computing>. Last accessed 25 February 2023
2. Data Centres and Data Transmission Networks, <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>. Last accessed 25 February 2023
3. Murugesan, San. "Harnessing green IT: Principles and practices." IT professional 10.1 (2008): 24-33.
4. TOP 500 November 2022, <https://www.top500.org/lists/top500/2022/11/>.
5. TOP 500 November 2010, <https://www.top500.org/lists/top500/2010/11/>.
6. GREEN 500 November 2022, <https://www.top500.org/lists/green500/2022/11/>.
7. Google, Report, <https://www.gstatic.com/gumdrop/sustainability/google-2022-environmental-report.pdf>.
8. Data centers algorithms, <https://blog.google/inside-google/infrastructure/data-centers-work-harder-sun-shines-wind-blows/>.
9. Luleå Data Center Facebook 2013, <https://www.facebook.com/notes/1001276810388418/>
10. Global E-Waste, <https://globalewaste.org/news/surge-global-waste/>
11. Sternberg RJ, Sternberg K. Cognitive Psychology. Wadsworth/Cengage Learning.
12. Zhong-Lin Lu and Barbara Anne Doshier (2007), Scholarpedia, http://www.scholarpedia.org/article/Cognitive_psychology
13. ClickWorker, Cognitive Computing, <https://www.clickworker.com/ai-glossary/cognitive-computing/>
14. Cognitive Computing, Alexander S. Gillis <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/cognitive-computing>
15. O DESENVOLVIMENTO DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA https://abepro.org.br/biblioteca/tn_sto.213.261.27007.pdf
16. A Brief Overview of Cognitive Computing https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/issue_3_march_2022/20193/final/fin_irjmets1648656965.pdf
17. Cognitive psychology-based artificial intelligence review <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2022.1024316/full>