

O BOM, O MAU E O ADN: INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO EM ADN

por *André Cristiano Ribeiro da Costa*

Resumo. Após uma, cuidadosa investigação, tentará apresentar-se, um dos possíveis substitutos do computador de silício, o computador baseado em ADN. Abordam-se as suas principais vantagens, desvantagens e modo do seu funcionamento. Serão, também, referenciadas algumas das investigações que lhe estão relacionadas. Pretende-se, com este artigo, elucidar os técnicos e pessoas em geral, sobre uma das investigações que pretende combinar o mundo biológico, com o da tecnologia e tirar o melhor de ambos.

Palavras chave. Computação baseada em ADN, DNA computing, biotecnologia.

1. Introdução

Com o numero de transístores num chip de silício a duplicar aproximadamente todos os 2 anos, a sua consequente miniaturização e aumento de capacidade, os computadores como nos os conhecemos irão encontrar, nos próximos 10 a 20 anos, os seus limites em termos de velocidade e tamanho, impedidos de progredir pelas leis da física. O processo de miniaturização está agora a chegar um limite, um limite a partir do qual os transístores deixarão de funcionar. Os componentes actualmente possuem funções em apenas algumas centenas de nanómetros de comprimento, se estes chips continuarem a ser miniaturizados, então o seu funcionamento será interrompido por fenómenos de natureza quântica, tais como a passagem de electrões através das barreiras entre cabos. Para que a ciência computacional possa progredir é necessário encontrar uma tecnologia alternativa aos transístores. A computação baseada em sistemas biológicos, mais concretamente ADN, é uma das alternativas em investigação. Os biólogos só agora estão a compreender as ferramentas de processamento de informação, que a natureza criou e refinou durante milhões de anos, tais como as enzimas, que permitem a cópia e verificação de erros e outras, que agora estão a ser utilizar nos computadores do futuro. Existem algumas referências na Internet, sobre páginas de interesse e grupos de investigação como a página da Universidade da Califórnia do Sul com um artigo sobre a computação em ADN 'Supercomputing from DNA', mas basta uma pequena procura na internet para se encontrar dezenas de páginas de interesse sobre o assunto. Devido a esta ser uma tecnologia recente, e ainda com pouco aprofundamento, não existem livros impressos sobre o assunto. O presente artigo procura, esclarecer da maneira mais explicita e completa possível, o funcionamento de toda a ciência por trás de um computador baseado em ADN. Aborda-se o inicio, e ideia original por de trás da tecnologia, tentando que

o leitor perceba a maneira de operar do computador. No parágrafo seguinte, apresenta-se de uma maneira sintética a constituição do ADN, os seus atributo e a maneira que a natureza o trabalha, seguidamente aborda-se a ideia original e modo de funcionamento da 'computação líquida'. No parágrafo seguinte, abordam-se as vantagens e desvantagens do uso do ADN, presentemente. Abordam-se, de uma maneira ligeira, algumas das investigações em curso e alguns dos resultados. No último parágrafo tecem-se algumas conclusões.

2. O ADN

A estrutura do ácido desoxirribonucleico, ADN, foi descoberta em 1953 por Wattson e Crick. Este composto existe em todas as nossas células, é nele que se encontra toda a informação necessária para definir um ser vivo, seja ele um ser humano, um cão ou até mesmo uma alface. Todas as células do nosso corpo possuem ferramentas especializadas no tratamento do ADN. Existem estruturas orgânicas especializadas no corte, na cópia e outras operações sobre o ADN. Isto oferece-nos um conjunto de ferramentas, que foram aperfeiçoadas ao longo de milhões de anos, para construir e copiar as sequências que nos pretendemos, apenas temos que conseguir comanda-las.

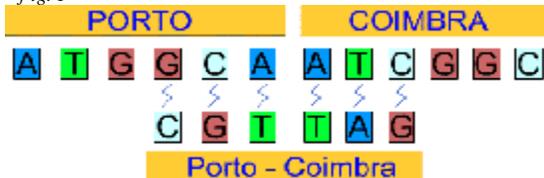
O ADN é composto por 2 pares de bases A (Adenina) e T(Tiamina), C (Citosina) e G(Guanina). Estas bases têm uma tendência natural de se unirem, como tal uma sequência de ADN, tem sempre um complemento natural. Por exemplo uma sequencia formada pelas bases ATTACATG, é complementada pela sequencia TAATGTAC, caso estas duas sequências existam no mesmo meio, tem tendência a unirem-se. Foi esta a propriedade que Leonard Adleman, em 1994, aproveitou para tentar resolver um dos, mais complexos, problemas em computação.

3. Funcionamento dos computadores

O conceito de computador baseado em ADN, foi primeiramente concebido por Leonard Adleman, em 1994 enquanto estava a estudar biologia molecular, teve a brilhante observação que o ADN, funcionava como um Máquina de Turing, à medida que as proteínas lêem as bases, presentes nas sequências de ADN, vão executando conforme o que essas bases especificam.

Adleman, também pensou em utilizar a propriedade de complementaridade do ADN, na resolução do problema d'O Caixeiro-viajante. Este problema consiste em descobrir o caminho entre duas cidades, passando por todas as cidades intermédias o menor número de vezes possíveis. Adleman fez o seguinte: Para cada cidade criou uma sequência de ADN única e fez outras sequências para representar todos os caminhos possíveis entre as várias cidades, estas tinham complementaridade parcial com as sequencias das cidades. Isto é, imaginemos que era criada uma sequência para cidade Porto com as seguintes bases **ATGGCA** e Coimbra estaria representada por **ATCGGC**, para criar uma sequência que representasse o caminho Porto-Coimbra teria de ser construída uma sequência, que complementasse a parte final da sequência do Porto e a parte inicial de Coimbra, seria criada uma parte que complementasse as bases **GCA** do Porto e outra parte que complementasse **GGC** de Coimbra. A sequência resultante seria **CGTTAG**, as primeiras três bases, desta sequência, ligar-se-iam as bases **GCA** do Porto e as três últimas ligar-se-iam as bases **GGC** de Coimbra. E assim obrigatoriamente, quando colocadas no mesmo meio, as três sequencias iriam unir-se formando uma cadeia de ADN (fig. 1).

fig. 1



Depois de ter feito milhões de cópias de todas as sequências criadas, colocou-as num tubo de ensaio com água e a computação teve início, e numa questão de segundos a resposta foi criada (fig. 2). Milhões de cadeias de ADN são criadas, originando todas as respostas em simultâneo, um computador comum apenas geraria respostas sequencialmente. Para encontrar a resposta correcta, para um problema com sete cidades e 14 caminhos, Adleman passou uma semana no laboratório, até descobrir a sequência de ADN com a solução óptima para o problema. Primeiro teve que verificar se as sequências iniciais e finais correspondiam às cidades de origem e de destino, depois de entre essas teve que procurar a que tinha todas as cidades e dessas a que tivesse o menor comprimento. A cadeia de ADN que daí resultasse seria o caminho óptimo para a resolução do problema.

A descoberta da sequência correcta tomou muito tempo em todo o processo, no entanto a resposta correcta foi criada em apenas alguns segundos. Pode não ser muito impressionante resolver o problema d'O Caixeiro-viajante, quando apenas se contam sete cidades. No entanto, se o problema fosse feito com 100 cidades, com um computador normal o processo duraria dezenas de anos até obter a resposta correcta, enquanto que utilizando ADN a resposta continuaria a ser obtida num espaço de tempo muito curto.

fig. 2



4. Projectos

São vários os grupos de trabalho envolvidos no estudo dos computadores de ADN, algumas das mais importantes universidades americanas, possuem grupos de Biotecnologia envolvidos na construção de 'computadores líquidos', tal como outros países. Em Israel foi criado o ano passado o mais pequeno computador do mundo, no Weizmann Institute of Science in Rehovot, o computador funcionava com ADN e era capaz de executar 330 biliões de operações por segundo, 100 mil vezes mais que o computador mais rápido. Outra área que utiliza ADN, mas que não é utilizada na resolução de algoritmos é o DNA auto-assembly, que consiste na utilização de sequencias de ADN para construir estruturas, tirando partido da capacidade do ADN em se ligar entre si. Esta investigação poderá dar origem às nanoestruturas dos futuro

5. O Bom e o Mau...

Tal como nas cadeias binárias a informação é codificada através de uma sequência de 0' e 1's, com o ADN o processo é semelhante, sendo a informação codificada através de sequencias de 4 bases representadas por A, T, C e G. Estas estão separadas por intervalos de 0,35 nanómetros ao longo da molécula de ADN, o que dá um armazenamento de aproximadamente 1 milhão de Gbits por 6cm² o que comparado com os 7 Gbits por 6cm² dos discos normais, dá um factor, cerca de, 100 mil vezes menor. O ADN é uma molécula que existe à milhares de milhões de anos, e que está presente em todos os organismos vivos, existe toda uma miríade de ferramentas utilizadas pelas células para criar, modificar e copiar o ADN, entre outras operações.

Existem enzimas que para cortar ADN, outras para colar segmentos de ADN, outras que reparam sequencias de ADN corrompidas e outras que o

copiam. A biologia Molecular, a Bioquímica e a Biotecnologia tem feito esforços, na tentativa de podermos aproveitar estas ferramentas naturais e controla-las de maneira a alterarem o ADN, num tubo de ensaio. É esta maquinaria celular que servirá como operações para realizar as computações, tal como no computador existem os operadores lógicos, operadores aritméticos e outros que nos permitem realizar os mais complexos problemas. Só que enquanto um computador é apenas capaz de utilizar estes operadores de uma maneira sequencial, o ADN pode ser trabalhado por várias enzimas ao mesmo tempo, e é aí que reside a força desta nova abordagem, no paralelismo.

Outro factor importante do ADN é a já referida complementaridade das bases. Isto permite que a integridade dos dados esteja sempre assegurada, porque toda a informação que guardar-mos numa sequência de ADN, terá uma cópia complementar, que poderá ser utilizada por enzimas reparadoras de ADN para corrigir erros que normalmente ocorrem. A replicação de cadeias de ADN é um processo bastante rápido, pelo que a cópia de dados seria um processo extremamente rápido.

No entanto o funcionamento do AND, ainda é um assunto obscuro, ainda não existem métodos eficazes de controlar todas as estruturas naturais existentes, para alterarem o ADN, e ainda não existem maneiras de aproveitar o paralelismo da computação baseada em ADN, de maneira a resolver os problemas computacionais actuais.

6. Conclusões

Pretendeu-se que este trabalho proporcionasse, de forma sintética mas objectiva, uma familiarização com o conceito de computadores baseados em ADN, e uma percepção geral do seu modo de funcionamento e consciencializar o leitor das novas tecnologias. As suas potencialidades e limitações presentes e alguns dos avanços feitos nesta área. Com o presente artigo tentou-se aprofundar o mais possível a questão e revelar o máximo de informação possível sobre o tema. Contudo esta tecnologia ainda está a dar os primeiros passos e a quantidade de informação disponível, não é muito extensa. A linguagem utilizada foi o mais clara possível, tendo em conta que o presente texto aborda áreas distintas, das quais os leitores podem não possuir conhecimentos. No entanto tentou-se explicar os assuntos de uma maneira acessível, que permitisse entender o funcionamento dos Computadores de ADN.

Agradecimentos

O autor agradece aos professores da cadeira de Comunicação e Profissão e colegas, pela disponibilização dos principais métodos de elaboração de um artigo e pela ajuda prestada na elaboração do mesmo, que sendo o primeiro, foi muito valiosa.

Referências

1. The Indian Programmer, *DNA Computing*, http://www.theindianprogrammer.com/technology/dna_computing.htm.
2. CIO, *DNA Computing - Emerging Technology Research Cente*, <http://www.cio.com/research/current/dna.html>.
3. RSA Security, *What is DNA computing*, <http://www.rsasecurity.com/rsalabs/faq/7-19.html>.
4. Access Excelence, *DNA Logically*, <http://www.rsasecurity.com/rsalabs/faq/7-19.html>.
5. Princeton University, *Scientists Create RNA Computer*, <http://www.princeton.edu/pr/news/00/q1/0114-rna.htm>.
6. *Molecular Self Assembly*, http://www.geocities.com/aardduck/self_assembly.html.