



## **BIOMIMÉTICA E A COMPUTAÇÃO**

**Danilo Constâncio Ferreira**  
**R.A.: 031208**

**Americana - SP**  
**Primeiro Semestre de 2005**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA (SP)  
PROCESSAMENTO DE DADOS

## BIOMIMÉTICA E A COMPUTAÇÃO

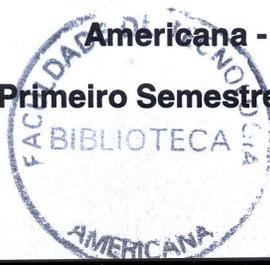
Trabalho de graduação apresentado à  
Faculdade de Tecnologia de Americana,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de tecnólogo em Processamento  
de Dados.

**Danilo Constâncio Ferreira**  
R.A.: 031208

**Orientador:**  
**José Alberto Florentino Rodrigues Filho**

**FATEC - AM**

**Americana - SP**  
**Primeiro Semestre de 2005**



Aos meus pais, Darci e Eneida Ferreira, à  
minha namorada Tais Araújo e a todos os  
que utilizarem esta monografia como  
instrumento de pesquisa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe e ao meu pai que me apoiaram de todas as formas para que fosse possível a realização e conclusão desta etapa de minha vida.

Ao professor José Alberto Florentino Rodrigues Filho pelo apoio e dedicação durante o desenvolvimento deste trabalho, e aos demais professores que tive, que se esforçaram ao máximo para transmitir seus conhecimentos para o meu preparo ao enfrentar as lutas e conquistas da vida.

Agradeço, também, aos meus colegas de faculdade, que me incentivaram e apoiaram nesses últimos anos no desenvolvimento e aperfeiçoamento do meu conhecimento.

Sou muito grato a minha namorada, Taís Araújo Marques, pessoa maravilhosa que me enche de alegria e que se tornou uma fonte de inspiração na minha vida.

A meu Deus, Jeová, em quem acredito fortemente, que me conferiu força e entendimento para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	06
<b>RESUMO</b>	07
<b>ABSTRACT</b>	08
<b>1- INTRODUÇÃO</b>	09
<b>2 - IMITANDO A NATUREZA</b>	10
2.1- O que a natureza tem feito	11
2.2- A natureza como modelo	12
2.3- A natureza como medida	12
2.4- A natureza como mentora	12
<b>3 - A BIOMIMÉTICA EM AÇÃO</b>	14
<b>4- PROCESSANDO INFORMAÇÕES</b>	18
4.1- Uma olhada no tempo	19
4.2- O cérebro humano e o computador	19
4.3- Computação por combinação estérica de moléculas	21
4.4- Computação digital em cadeia de carbono	23
<b>5- CONCLUSÃO</b>	24
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	25

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Um exemplo de projeto de três foles.....15
- Figura 2 – Exemplo de aprisionamento de um íon de cálcio.....16
- Figura 3 – Amostra de Esponja capaz de fabricar fibras óticas.....17

## RESUMO

A natureza oferece infinitos exemplos de como revolucionar os nossos produtos, os nossos processos e a nossa vida. Biomimética é uma nova e revolucionária ciência que está redescobrando as melhores idéias da vida através da observação do que está ao nosso redor.

Essa inovação inspirada pela natureza identifica os diversos elementos que a compõem e mostra como ela poderá transformar nossas descobertas em todos os campos de pesquisa humana, como na área da computação, onde podemos encontrar interessantes proteínas para a criação de computadores moleculares super rápidos que procuram imitar uma célula.

Em Biomimética na área de Computação, podemos encontrar um campo de conhecimento que poderá trazer soluções para muitos problemas existentes hoje nos atuais sistemas computacionais, além de nos agregar uma visão diferente do que já conhecemos e até onde podemos chegar ao considerarmos a natureza como modelo.

## **ABSTRACT**

The nature offers infinite examples of how to revolutionize our products, our processes and our life. Biomimetics is a new revolutionary science that is rediscovering the best ideas of life through the observation around us.

This innovation inspired by the nature identifies several elements that compose it and shows how it can transform our discoveries in all the fields of human research, as in computing area, where we can find interesting proteins in order to create fast molecular computers that try to imitate a cell.

In Biomimetics in computing area, we can find a knowledge field that can bring solutions to many problems in the current computing systems, besides joining a different view of our knowledge and where we can get as we are considering the nature like a model.

## 1 – INTRODUÇÃO

“Biomimética” é um termo derivado das palavras gregas *bios*, que significa “vida”, e *mimesis*, que significa “imitação”. Portanto, esta palavra trás a idéia da observação de elementos contidos na natureza – seres vivos, células, moléculas – que durante muitos anos desenvolveram habilidades e procedimentos que nós, seres humanos, desejamos fazer, sem consumir vorazmente combustível fóssil, poluir o planeta ou pôr em risco o nosso futuro.

Sendo uma nova ciência que parte do ponto da não existência de modelos mais primorosos do que os encontrados na natureza, Biomimética tem se tornado uma forma de transformar nossas descobertas em todos os campos da inventividade humana, como medicina, alimentação, computação, produção e distribuição de energia, economia e negócios, entre outros que podem ser aperfeiçoados em busca de melhores soluções para os problemas e necessidades existentes na sociedade humana, sem causarmos uma degradação do nosso planeta. Este é um campo de conhecimento no qual talvez esteja a chave da sobrevivência de toda a humanidade.

Nesta monografia será destacado um ramo dentre uma imensa árvore de pesquisas científicas que envolvem a Biomimética, a Computação, que por sua vez, possui uma enorme gama de procedimentos inspirados em modelos da natureza. Dentro deste contexto, será destacado como certas proteínas serão úteis para a criação de computadores de processamento molecular muito rápidos, que computam como uma célula, ao passo que comparamos isso com o atual tipo de processamento lógico.

Assim, do primeiro ao último capítulo desta monografia, permeia a idéia de que é importantíssimo valorizar a natureza que está ao nosso redor, observando-a não com o interesse de saber o que podemos *extrair* dela, mas com o interesse de saber o que podemos *aprender* com ela.

## 2 - IMITANDO A NATUREZA

Certo dia na década de 40, o engenheiro suíço George de Mestral levou seu cachorro para passear. Quando chegou em casa, notou que suas roupas e o pêlo do cachorro estavam cobertos de carrapichos. Curioso, examinou os carrapichos com um microscópio e ficou intrigado com os ganchos minúsculos que se prendiam a pêlos e tecidos. Depois de um tempo ele inventou um equivalente sintético ao carrapicho – o velcro. Nos Estados Unidos, os irmãos Wright projetaram um avião depois de estudar o vôo de grandes aves. O engenheiro francês Alexandre-Gustave Eiffel projetou a torre que leva seu nome em Paris usando os princípios básicos que habilitam o fêmur humano a agüentar o peso do corpo. Até mesmo uma cola impermeável foi desenvolvida estudando o adesivo natural produzido por moluscos.

Esses exemplos ilustram bem o que envolve a Biomimética, mostrando que muitos inventos surgiram com o objetivo de imitar os *designs* encontrados na natureza. Mas esta ciência vai além de invenções. Envolve pesquisas profundas baseadas na observação de seres vivos, ecossistemas, cadeias alimentares, experimentos com moléculas, bactérias, entre outros, como se fosse uma busca sem limites de conhecimento num lugar repleto de sabedoria, a natureza ao nosso redor.

Durante muitos anos, o homem esteve a procura do que podia retirar do planeta para sua satisfação pessoal. Isso foi bom no que se refere ao avanço tecnológico, conforto e riquezas que geramos. Mas, arriscamos nossas vidas e a vida de outros seres nesse empenho. Corremos vários riscos como o de ficarmos sem água potável, por causa da poluição e desperdício, sem ar, também por causa da poluição e desmatamento descontrolado, sem animais, a maioria já extintos, sem falar nos outros problemas que geramos, como o aumento da temperatura do planeta, derretimento de calotas polares, etc. Assim, chegamos na era do aprimoramento de nossos procedimentos, de nossas descobertas, para atender as nossas atuais necessidades, ou melhor, principal necessidade, sobrevivência. E é isso o que a natureza sempre fez.

Em milhares de anos, tudo o que compõem a natureza, desde as plantas, micróbios, até mamíferos, se esforçaram para resistir as dificuldades e adversidades da vida buscando a sobrevivência. E nesse ínterim, a natureza aprendeu e desenvolveu técnicas e procedimentos muito eficazes que funcionam da melhor

maneira, praticamente tudo o que gostaríamos de fazer, sem acabar com o combustível fóssil, poluir o planeta ou pôr em risco nosso futuro. Portanto, temos muito o que aprender.

## 2.1 – O Que a Natureza tem feito

Há um provérbio bíblico<sup>1</sup> muito conhecido que diz: “Vai ter com as formigas”. O que elas tem de especial?

Realmente, as formigas são instintivamente sábias e seus formigueiros são muito bem organizados. O interessante é que algumas colônias de formigas criam até “gado”: cuidam, abrigam e se nutrem de insetos chamados de afídeos. Há também formigas “agricultoras” que cultivam “plantações” de fungos. Outras criaturas foram como que programadas com um instinto que lhes permite fazer coisas notáveis. Uma mosca comum realiza feitos aeronáuticos que nem as mais avançadas aeronaves humanas são capazes de imitar. E também encontramos as aves migratórias que se guiam pelas estrelas, pelo campo magnético da Terra ou por algum tipo de mapa interno.

Algo que também podemos citar é a fascinante beleza de uma teia de aranha. O que um engenheiro biomimetista vê nela? Um projeto espetacular. Alguns desses fios que parecem tão frágeis são, proporcionalmente, mais resistentes do que o aço; mais fortes do que as fibras usadas em coletes à prova de bala. Podemos fazer uma comparação que nos ajuda a entender como são resistentes: imaginemos que uma teia de aranha fosse ampliada numa escala até ficar do tamanho de uma rede usada num barco de pesca. Uma teia com essas proporções conseguiria apanhar um avião de passageiros em pleno vôo! Realmente, que sabedoria encontramos na natureza!

Mas, a aula continua. Quando nos aprofundamos mais nas estruturas da natureza, mais ficamos assombrados com o que encontramos. Percebemos que até nossas invenções já existem em diversos ecossistemas numa forma mais elegante e sem trazer danos para o planeta. Por exemplo, nossas vigas e escoras já estão nas hastes do bambu. Nossos sistemas de aquecimento e ar-condicionado são superados pelos estáveis 30º centígrados do cupinzeiro. Nosso radar mais

---

<sup>1</sup> Provérbios 6:6, segundo a "Tradução do Novo Mundo das Escrituras Sagradas".

sofisticado é surdo se comparado ao sistema de captação de freqüências do morcego. E o que dizer de um beija-flor, de aproximadamente uns 5 centímetros de comprimento, que bate as asas 80 vezes por segundo e cujo coração chega a bater 1.200 vezes por minuto! Essa pequenina ave é capaz de voar longas distâncias com o equivalente a 3 mililitros de combustível!

Por isso, cada vez mais há pessoas que começam a olhar para a natureza de modo diferente. Esses biomimeticistas, como são chamados os pesquisadores em busca de inovações inspiradas no meio ambiente natural, estudam dia após dia, vários aspectos das plantas e dos seres vivos com profundo respeito, que beira a reverência.

## **2.2 – A Natureza como modelo**

Essa é a primeira visão da biomimética como ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos. Por exemplo, uma célula de energia solar foi desenvolvida com inspiração numa folha de árvore que capta a luz proveniente do sol.

## **2.3 – A Natureza como medida**

Está é a segunda visão dos estudos envolvidos na biomimética, que usa um padrão ecológico para corrigir as nossas inovações. A natureza, ao passar dos anos, aprendeu o que funciona, o que é apropriado, o que dura e o que não polui. Portanto, ela possui o conhecimento que precisamos obter para vivermos melhor.

## **2.4 – A Natureza como mentora**

Sendo esta uma terceira e última visão da biomimética, que é na verdade, uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela inaugura uma era de pensamentos e inovações não com base sobre o que podemos extrair da natureza, mas com base sobre o que podemos aprender com ela.

Assim, não precisamos aprender algo sobre a natureza, para enganá-la ou controlá-la e devastá-la, mas precisamos aprender algo com ela, de modo que possamos nos adaptar, de uma vez por todas e para o nosso bem, à vida na Terra.

Podemos então nos perguntar: Que pesquisas envolvendo a biomimética estão sendo feitas? E se aprofundando um pouco na computação, que exemplo temos de processamento de informações? Vejamos as respostas a partir do próximo capítulo.



### 3 – A BIOMIMÉTICA EM AÇÃO

Existem muitas pesquisas envolvendo a Biomimética na área da computação em todo o mundo sendo patrocinados por diversas empresas interessadas em avanço tecnológico. Por exemplo, buscando copiar a forma como os cupins tomam decisões independentes para atingir um objetivo comum, como a construção de um ninho, os cientistas do Centro de Pesquisas de Palo Alto (PARC), fundado pela empresa Xerox, estão desenvolvendo um sistema que usa milhares de jatos de ar para movimentar papel no interior de copiadoras ou impressoras.

O interessante é que os cupins não são criaturas muito complexas, mas, se um graveto precisa ser mudado de lugar, conseguem fazer o serviço sem dificuldade. Cada um realiza suas tarefas com base num pequeno número de regras simples, mas todos trabalham juntos para resolver o problema. Na prática, o que eles fazem é criar algo parecido com um computador distribuído. Os cientistas do PARC querem fazer o mesmo, transformando essas regras simples em linhas de código e distribuindo-as entre uma série de dispositivos digitais. Este desenvolvimento baseado na natureza é uma tendência forte na comunidade científica da empresa Xerox.

Outro exemplo é o da empresa escocesa IceRobotics que está desenvolvendo uma nova geração de ordenhadores de vaca mecânicos robotizados. Este robô ordenhador imita os sistemas sensoriais e mecânicos existentes na biologia. Isto irá proporcionar destreza, segurança e higiene, com grandes ganhos em comparação aos sistemas automatizados hoje existentes. O projeto incorpora três foles que são colocados nos vértices de uma estrutura triangular. O movimento é feito alterando-se a pressão no interior dos foles, utilizando ar-comprimido ou hidráulica, imitando a tromba de um elefante. Utilizando-se diferentes pressões em cada fole consegue-se uma enorme variação de movimentos precisos e capazes de manusear objetos delicados.



**Figura 1 – Um exemplo de projeto de três folas**

Também encontramos muitas pesquisas com respeito a comunicação de dados entre computadores. Pesquisadores do Instituto Max Planck, Alemanha, afirmaram ter conseguido um nível de controle sem precedentes sobre a emissão de fótons individuais. Esse controle é necessário para se alcançar novos paradigmas na computação quântica, na fotônica e na transmissão digital de dados em altíssima velocidade.

A descoberta é uma prova da teoria formulada pelo cientista Max Planck, que dá nome ao instituto, segundo a qual a energia de uma onda eletromagnética - como a luz - não consiste de um fluxo contínuo, mas de pacotes discretos de energia, chamados fótons. Ou seja, o fóton é a unidade básica da luz.

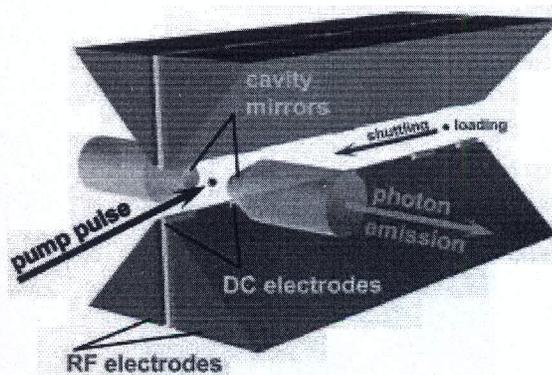
Quando os cientistas começaram a vislumbrar o potencial da computação quântica e a novas necessidades de aumento de velocidade na transmissão de dados ou mesmo de esquemas mais seguros de criptografia, eles logo viram que teriam que aprender a manipular a luz de forma mais precisa.

Numa experiência, os cientistas utilizaram um único íon de cálcio, firmemente preso entre dois espelhos de ultra alta reflectividade. Os fótons foram emitidos um a um quando o íon recebeu pulsos precisos de raio laser. Tanto o período de emissão quanto o formato do pulso forão totalmente controláveis na experiência.

Os cientistas já sabiam da possibilidade de se emitir fótons a partir de átomos aprisionados. Mas os experimentos com átomos não conseguem controlar sua posição na cavidade devido a limitações nas tecnologias de aprisionamento. Isto

resulta em fótons emitidos aleatoriamente, sem controle de tempo, e com propriedades igualmente randômicas e imprevisíveis.

Os cientistas resolveram o problema dos átomos lidando com um íon, aprisionado em uma armadilha de rádio frequência. Por meio de resfriamento a laser, ele conseguiram manter o íon em uma região de apenas 40 nanômetros de diâmetro. Isto é apenas uma fração do comprimento de onda dos fótons a serem gerados (866 nanômetros) e oferece condições ótimas para o controle da interação entre o íon e o campo magnético.



**Figura 2 – Exemplo de aprisionamento de um íon de cálcio**

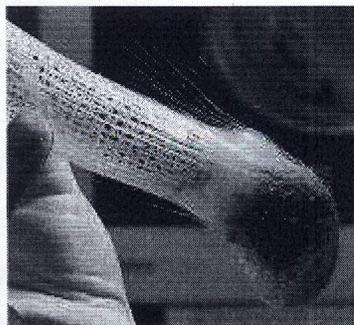
Uma descoberta fascinante é a fibra ótica biológica. Cientistas dos Laboratórios Bell, pertencentes à empresa Lucent, descobriram uma fibra ótica natural, biológica, presente no corpo de uma esponja que vive em grandes profundezas nos oceanos. A fibra ótica natural é bastante semelhante às utilizadas nos mais modernos sistemas de comunicação atuais, mas os cientistas acreditam que ela possa ter vantagens tecnológicas em relação às fibras óticas artificiais.

A esponja capaz de fabricar suas próprias fibras óticas é a Euplectella, comumente conhecida como Vaso de Flores de Vênus. A Euplectella tem uma estrutura cilíndrica formada por um esqueleto de sílica vítrea parecido com uma peneira. Na base do esqueleto há um tufo de fibras que se estende para fora do corpo do animal como uma coroa invertida. As fibras óticas biológicas têm entre

cinco e 15 centímetros de comprimento, com o diâmetro comparável ao de um fio de cabelo humano.

Cada uma das fibras óticas da Euplectella é composta de diversas camadas, cada uma com diferentes propriedades óticas. São cilindros concêntricos de sílica com alto conteúdo orgânico recobrindo um núcleo interno de vidro de altíssima pureza, uma estrutura muito parecida com aquela das fibras óticas comerciais.

Embora as fibras óticas biológicas não apresentem a total transparência necessária para os atuais sistemas de comunicação, os pesquisadores descobriram que elas possuem uma grande vantagem: elas são extremamente resistentes a quebras e fraturas. Embora sejam um meio muito seguro, as quebras de fibras óticas são a principal causa de interrupção nas redes de comunicação atuais.



**Figura 3 – Amostra de Esponja capaz de fabricar fibras óticas**

Observamos que as pesquisas envolvendo a Biomimética são muitas. Mas, será que encontramos exemplos de processamento de informações na natureza? Se a resposta for sim, o que podemos aprender deles? O próximo capítulo trata disso.

## 4 - PROCESSANDO INFORMAÇÕES

Somos seres que processamos informações diariamente. Que decisão vamos tomar, o que precisamos lembrar, o que queremos fazer; estes são alguns dos procedimentos que realizamos sempre. Quando desenvolvemos uma área de estudo denominada engenharia, que busca várias soluções possíveis de um problema, fomos avançando ao longo dos anos em direção a soluções cada vez melhores para que o nosso viver pudesse ser cada vez mais confortável e agradável. Começamos a procurar uma máquina que representasse, armazenasse e manipulasse as informações para nós, e assim, demos o primeiro passo em direção aos modernos computadores atuais.

Porém, nós não somos os únicos a procurar o espaço da computação. O processamento de informações - computação - é a chave para a solução de todos os problemas, quer para os seres humanos, quer para o restante da natureza em si. A vida tem muitos problemas para resolver - como comer, como sobreviver, como se reproduzir, como escapar e como enfrentar os inimigos, entre outros procedimentos que são realizados sempre. Se olharmos mais de perto para nós mesmos, por exemplo, encontraremos uma gama de soluções de problemas em grande escala realizados por nossas células. As células embrionárias decidem ou não tornar-se células hepáticas, as células hepáticas, por sua vez, decidem ou não liberar mais açúcar no sangue para a produção de energia; as células nervosas dizem às células musculares se devem ou não se contrair ou se esticar; o sistema imunológico decide se elimina um novo invasor alienígena, como vírus e bactérias, e os neurônios avaliam os sinais recebidos e decidem se armazenam ou não na memória alguma informação.

O importante é entendermos que os tipos de computação da natureza são muito diferentes dos nossos. O que nós desenvolvemos até o presente foi a computação digital usando componentes de silício<sup>2</sup>. Utilizamos um código simbólico composto por zeros e uns, chamados de bits, num processamento de seqüência linear a grandes velocidades. O interessante é que, quando ficamos acostumados a trabalhar em ambiente visual, como as telas de trabalho do sistema operacional

---

<sup>2</sup> Silício - metal semiconductor pertencente ao quarto grupo da tabela periódica que apresenta propriedades intermediárias entre o carbono e o germânio.

Windows, geralmente achamos que o processamento ocorre simultaneamente, ou seja, que o processador do computador realiza várias operações ao mesmo tempo o que, na realidade, não é verdade pois, embora visualizemos várias janelas com diferentes programas, o processador, trabalhando em multitarefa, compartilha o tempo de processamento, estabelecendo prioridades para a execução das operações ao passo que processa uma operação por vez.

Na natureza encontramos um tipo de processamento molecular onde os elementos envolvidos usam formas e o contato para descobrir o caminho para a solução de um determinado problema. Um cientista biomimetista norte-americano, Michael Conrad, está se dedicando ao desenvolvimento de uma forma de computação baseada neste tipo de processamento. Essa forma de computação é conhecida como "computação de quebra-cabeça" por causa da combinação estérica de moléculas<sup>3</sup> derivadas do carbono, que será destacado mais adiante.

#### **4.1 - Uma olhada no tempo**

Na década de 1940, o termo computador era usado com referência a pessoas, especialmente matemáticos contratados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para calcular a trajetória de projéteis. Já na década de 1950, esse termo foi atribuído as máquinas de computação conhecidas como cérebros gigantes, que era uma metáfora bem distante da realidade. Quanto ao cérebro, as suas partes são compostas de carbono<sup>4</sup>; no que se trata de computadores, seus componentes são feitos de silício, e isso faz muita diferença entre os dois.

#### **4.2 - O Cérebro Humano e o Computador**

Os computadores modernos realizam um excelente trabalho de computação, tanto no processamento de dados como na manipulação de imagens e sons. Eles conseguem combinar elementos, estabelecer comunicação com outro computador e ordenar bits e bytes<sup>5</sup> com segurança. Mas eles falham quando são solicitados a

---

<sup>3</sup> Uma molécula é um conjunto electricamente neutro de dois ou mais átomos unidos por pares compartilhados de elétrons (ligações covalentes) que se comportam como uma única partícula.

<sup>4</sup> O carbono é um elemento químico sólido encontrado em temperatura ambiente.

<sup>5</sup> Byte - conjunto de 08 (oito) bits.

realizarem procedimentos que consideramos simples, que fazemos sem pensar, por assim dizer. Por exemplo, reconhecer alguém conhecido que está vindo em nossa direção e lembrarmos de acontecimentos passados envolvendo esta pessoa e ao mesmo tempo tomarmos certas decisões, como um cumprimento alegre ou uma reversão há ser reconhecido a ponto de nos escondermos. Isso acontece porque os humanos se relacionam muito bem em ambientes complexos, já os computadores não. Percebemos situações, reconhecemos padrões rapidamente e aprendemos, instantaneamente, por meio de milhares de processadores (neurônios) que atuam simultaneamente; o que os computadores não fazem.

O que limita a capacidade dos processadores presentes nos computadores é que eles estão presos em controles. O chip de computador atual é composto de chaves e fios por onde os elétrons<sup>6</sup> se movem de um lado para o outro. Essas chaves são minúsculos portões que se intervalam ao longo dos fios que ora bloqueiam o fluxo de elétrons, ora os deixam passar. Quando aplicamos certa voltagem a esses portões, podemos abri-los ou fechá-los para representar zeros e uns, ou seja, a representação de “sim” e “não” ou “ligado” e “desligado”. Na realidade, criamos uma máquina confiável e versátil que pudéssemos controlar. Assim, os componentes de um computador funcionam de acordo com os padrões especificados pelo seu fabricante, de modo que qualquer programador no mundo, ao consultar o manual de fabricação, pode criar programas<sup>7</sup> que controlem as operações do computador.

Logicamente, nosso cérebro não é assim. Se queremos aprender algo, não precisamos saber como funciona a química existente em nosso cérebro para guardar uma informação. Quando absorvemos uma informação, a nossa rede de neurônios tem a liberdade de armazenar os dados por conta própria, com o uso de todas as substâncias químicas necessárias. É esse processamento orgânico que torna as nossas células tão diferentes dos nossos computadores. Enquanto um computador processa uma informação simbolicamente, numa série de zeros e uns, as nossas células fazem cálculos organicamente, num trabalho a nível molecular. E este conceito é a base para o desenvolvimento da computação por combinação estérica de moléculas.

---

<sup>6</sup> Elétrons – as partículas fundamentais de um átomo para que haja a eletricidade.

<sup>7</sup> Programas são um conjunto de instruções, muito conhecidos como software.

Algo importante a ser citado é que para os cientistas que estudam o cérebro, a comunicação entre neurônios é realizada por um fenômeno eletroquímico e não somente elétrico, como ocorre nos computadores. Quando um neurônio recebe um impulso elétrico para tomar uma decisão, tem de considerar várias opiniões vindas dos axônios – uma espécie de assistente que consulta uma biblioteca de informações – ligados a ele, sendo cada opinião considerada detalhadamente. Há também receptores na membrana celular do neurônio que são como porteiros que recebem mensagens vindas de neurotransmissores. Uma vez que esses receptores recebem uma mensagem, eles a repassam para os axônios, que por sua vez, criam mensagens secundárias na forma de substâncias químicas. Acima de certo limite de concentração dessas substâncias, é produzida uma proteína, chamada quinase, que, por sua função, ativa uma proteína-cancela. Esta proteína provoca a abertura ou o fechamento de um canal na membrana (superfície protéica) do neurônio, deixando entrar ou mantendo de fora partículas carregadas, controlando, assim, o impulso elétrico de resposta do neurônio referente a uma decisão tomada. E este processo ocorre várias vezes, ao passo que existem vários receptores em cada neurônio cuidando, cada um, de mensagens diferentes ao mesmo tempo. Assim, todos os procedimentos que envolvem a liberação de substâncias químicas e o ativamento de proteínas presente nos neurônios, são causados pela combinação de moléculas.

Portanto, o que o cientista Michael Conrad, acima citado, procura desenvolver, utilizando uma forma de computação da natureza, conhecida como "computação de quebra-cabeça" ou processamento por combinação estérica de moléculas, é um processador parecido com um neurônio. Não estamos falando aqui de dar vida as máquinas, como muitos pensam, a ponto de nos tornarmos deuses, mas, de transformar o atual processamento linear dos computadores parecidos com um modelo perfeito de processamento encontrado na natureza, o processamento neuronal.

#### **4.3 – Computação por Combinação Estérica de Moléculas**

Os processos biológicos não são realizados de maneira linear, como acontece nos computadores. Antes, eles trabalham no reconhecimento de formas

tridimensionais. As proteínas começam como seqüências de aminoácidos<sup>8</sup> e se dobram até possuírem uma forma, ou formato, específico. Essa forma pode perceber outras formas, podendo então identificar padrões conhecidos, que podem ser tanto estruturas físicas como símbolos também. Como exemplo, o código Morse, que se baseia num padrão de pontos e traços para haver comunicação. Encontramos um padrão também nos computadores atuais, onde o cômputo de informações se baseia no padrão de reconhecimento de zeros e uns.

Assim, visto que as moléculas de carbono são compostas de proteínas que assumem formas com a capacidade de reconhecer padrões, poderíamos imaginar um processador cheio dessas moléculas que, através da combinação de formas específicas, resultassem a solução de um problema. Foi deste modo que surgiu a idéia, desenvolvida por Michael Conrad, de criar o tatiprocessador<sup>9</sup> que realizaria cômputos através dos encaixes de formas específicas de moléculas.

O tatiprocessador pode ser chamado de computador em potencial, que possuiria uma superfície cheia de moléculas receptoras funcionando como sensores sensíveis à luz. Cada molécula receptora, quando estimulada por um sinal luminoso de uma freqüência, liberaria uma forma (proteína que assume um formato específico) num meio líquido. Essas formas boiariam livremente e se atrairiam a outras formas, como que "tatiando" umas as outras, até que se completam, se encaixando como um quebra-cabeça. Essa atração que possibilita os encaixes é causada pelos campos energéticos gerados pelos elétrons. Uma vez que os encaixes se completam, a forma resultante é uma molécula que representaria as freqüências luminosas recebidas, gerando um resultado que poderíamos medir e reconhecer.

Agora, se compararmos este processamento com o atual processamento digital, qual seria mais rápido? Em certos casos, em termos de velocidade, o processamento digital seria cinco vezes mais rápido do que o processamento molecular, como no caso da identificação de códigos de barra, onde os padrões de identificação são finitos e podem ser armazenados no computador. Mas o processamento molecular também apresenta vantagens que superam o atual processamento. Uma delas é que existe no tatiprocessamento um efeito que é

---

<sup>8</sup> Em química, um aminoácido é qualquer molécula que contém simultaneamente grupos funcionais amino e ácido carboxílico. A união de aminoácidos forma uma proteína.

<sup>9</sup> O termo tati vem de tato, representando o forma da reconhecer padrões.

denominado pela mecânica quântica de “efeito de aceleração” ou paralelismo quântico, onde um elétron de uma forma gerada por uma molécula receptora testa todos os campos energéticos gerados por outros elétrons das outras formas existentes no tatiprocessador, procurando o menor campo energético em que possa se ligar e repousar. Assim, por causa deste fenômeno quântico, o elétron consegue explorar mais de um lugar ao mesmo tempo, tornando o processo muito rápido, em comparação com os processos lineares, quando se exige uma computação de uma grande quantidade de informações.

Outra vantagem do processamento molecular é que ele não trava diante de informações não identificadas de imediato ou na falta de dados para a efetuação de um processamento, buscando se adaptar a esse acontecimento e buscando outras formas de gerar uma solução.

Assim, o processamento molecular se mostra preciso e ao mesmo tempo, flexível, sendo capaz de processar uma grande quantidade de informações com facilidade.

#### **4.4 – Computação Digital com Cadeias de Carbono**

Visto que atualmente o desenvolvimento do tatiprocessador envolve muitos custos e, analisando que já se investiu muito nos computadores com componentes de silício, não é possível a transferência de um modo de processar para outro da noite para o dia. Assim, um meio de iniciar essa transição é a combinação do processamento convencional de dados com o potencial de processamento de moléculas de carbono.

O que se tem estudado atualmente sobre isso é uma forma de manter as chaves controladoras do processamento envolvendo silício, porém substituindo o silício por moléculas orgânicas, de carbono. Isso é conhecido como “computação digital com cadeias de carbono” e, mesmo que ainda permaneça um processamento linear de dados nesta transição, já começaria a entrar em cena a participação das moléculas orgânicas na computação.



## 5 – CONCLUSÃO

Observamos neste trabalho muitos detalhes envolvendo a Biomimética em âmbito computacional, envolvendo desde pesquisas recentes sobre descobertas interessantes que podem revolucionar os atuais sistemas computacionais até um aprofundamento sobre como processaremos as informações no futuro se considerarmos o processamento neuronal como modelo perfeito da natureza. É claro que esse assunto não termina por aqui, pois as pesquisas sobre moléculas e como elas manipulam informações são contínuas. Além disso, a muitos cientistas biomimetistas espalhados no mundo atrás de componentes que possam pertencer ao computador orgânico. Há muitas experiências interessantes, por exemplo, no campo de armazenamento de dados, onde se estudam partes do DNA e o analisam como um Banco de Dados perfeito. Também na área da comunicação de dados, as pesquisas sobre luz (fótons) não param.

Mas o termo Biomimética também envolve todas as outras áreas da inventividade humana, como medicina, alimentação, economia, gestão de negócios, e assim por diante. Cada área possui inúmeros modelos encontrados na natureza que podem ser aplicados no nosso dia a dia.

Portanto, que sempre olhemos a natureza ao nosso redor como se estivéssemos numa sala de aula, sempre prontos para aprender algo que possa melhorar nossa qualidade de vida, sem que aumentemos a poluição atmosférica, causemos danos a camada de ozônio ou esgotemos os recursos naturais do planeta. Assim, a natureza nos mostrará como ela conseguiu sobreviver, mesmo diante de devastações, extinções e queimadas, demonstrando toda a sua sabedoria através de belos modelos. E nós, os alunos, se acreditamos em Deus, ficaremos maravilhados com tantas criações perfeitas, e se não, poderemos ficar esperançosos quanto ao futuro, com referência a sobrevivência de toda a humanidade.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BENYUS, Janine M.; *Bicmimética – Inovação inspirada pela natureza*. Editora Cultrix, 1997.

WIKIPÉDIA, A Enciclopédia livre; *Carbono, Silício e Aminoácidos*,

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Carbono>, 14/04/2005

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Silício>, 14/04/2005

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Aminoacido>, 15/04/2005

CIÊNCIAS, Feira de; *Silício e Carbono*,

<http://feiradeciencias.com/TabelaPeriodica/en/si.htm>, 20/04/2005

<http://feiradeciencias.com/TabelaPeriodica/en/si.htm>, 20/04/2005

BELL, Labs; *Bell Labs at Forefront of Government Communications Solutions*,

[http://www.bell-labs.com/news/2004/july/defense\\_comm.html](http://www.bell-labs.com/news/2004/july/defense_comm.html), 21/04/2005

IBM, Bioinformatics; *Biomimética*,

<http://www.worldwidewords.org/turnsofphrase/tp-bio4.htm>, 22/04/2005

BELL, Labs; *Q&A with Dave Bishop, vice president of Nanotechnology Research at Bell Labs, and president of the New Jersey Nanotechnology Consortium*,

<http://www.bell-labs.com/news/2004/january/bishop.html>, 24/04/2005

INFORMÁTICA, Instituto; *Cupins inspiram cientistas eletrônicos*,

<http://www.ufrgs.edu.br/cupins.htm>, 24/04/2005

BIOLOGIA, Fundamentos; *As moléculas*. Editora Érika, 1990.

TECNOLOGIA, Inovação; *Descoberta fibra ótica biológica*,

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/fibra.htm>, 25/05/2005