

## COMO PODEMOS PENSAR<sup>1</sup>

### Vannevar Bush (OSRD)<sup>2</sup>

#### 1

Esta não foi uma guerra de cientistas; foi uma guerra em que todos tiveram uma participação. Os cientistas, abandonando suas velhas rivalidades profissionais em prol de uma causa comum, compartilharam muito e aprenderam bastante. Foi divertido trabalhar numa parceria eficaz. Agora, para muitos, isto parece estar se aproximando do fim. O que os cientistas irão fazer a partir de agora?

Para os biólogos, e particularmente para os médicos, pode haver certa indecisão em razão de a guerra ter duramente requerido-os a abandonar suas antigas linhas de pensamento. Muitos certamente continuaram suas pesquisas em seus habituais e pacíficos laboratórios, pois seus objetivos continuaram sendo os mesmos.

---

<sup>1</sup> Título original: **As we may think, de Vannevar Bush**

Tradução: Prof. Dr. Fábio Mascarenhas e Silva - Departamento de Ciência da Informação e do Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação da UFPE.

O texto original foi publicado na Atlantic Monthly, v.176, 1, p.101-108, 1945.

Está disponível em: <<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/>> . Acesso em: 10 junho. 2015.

Imagem original da capa: <http://www.theatlantic.com/magazine/toc/1945/07/>

<sup>2</sup> Como diretor do Office of Scientific Research and Development, o Dr. Vannevar Bush coordenou as atividades de cerca de seis mil cientistas americanos conduzindo a aplicação da ciência na guerra. E, embora o combate tenha terminado, ele mantém, neste importante artigo, um incentivo aos cientistas. Ele espera que os cientistas devam se voltar para a difícil tarefa de tornar acessível nosso emaranhado estoque de conhecimento. Durante anos as invenções ampliaram o poder físico do homem, melhor do que os poderes de sua mente. Martelos que multiplicam os punhos, microscópios que aguçam os olhos, e mecanismos de destruição e detecção são consequências, mas não os fins, da ciência moderna. Agora, diz o Dr. Bush, os instrumentos estão em nossas mãos, os quais, se corretamente desenvolvidos, tornarão acessíveis o conhecimento herdado de eras. O aperfeiçoamento destes instrumentos pacíficos deve ser o primeiro objetivo de nossos cientistas enquanto emergem de seu trabalho bélico. Como o famoso discurso "The American Scholar" proferido por Emerson em 1837, este artigo do Dr. Bush clama para uma nova relação entre o pensamento humano e a totalidade de nosso conhecimento.- O EDITOR

Os físicos é que tiveram que se expor mais incisivamente, que sofreram perseguições acadêmicas por estarem criando notáveis dispositivos destrutivos, que planejaram novos métodos para suas inesperadas atribuições. Contribuíram nos dispositivos que forçaram o inimigo a recuar, trabalhando em esforços conjuntos com os físicos dos nossos aliados. Sentiram dentro de si a agitação de um feito heroico. Foram parte de uma grande equipe. Agora, que a paz se aproxima, se perguntam sobre onde encontrarão objetivos dignos de suas potencialidades.

Qual o benefício permanente da ciência que o homem tem feito uso? e das novas ferramentas, que pesquisa influenciou a sua existência? Primeiro, aumentou o controle de seu ambiente material, melhorando seu alimento, sua roupa, seu abrigo; aumentou sua segurança, liberando-o em parte da dependência de uma vida exposta. Aumentou o conhecimento de seus próprios processos biológicos, de modo que tenha se livrado de algumas doenças e prolongada a sua existência. E está progredindo a interação entre suas funções fisiológicas e psicológicas, dando esperanças de melhorias na saúde mental.

A ciência proveu a comunicação mais rápida entre indivíduos; proporcionou o registro do seu pensamento e permitiu ao homem manipular e utilizar esses registros de modo que o conhecimento evoluísse e preservasse a vida de uma raça melhor, coletivamente ou individualmente.

Há um crescimento no volume de pesquisa, entretanto, o que evidencia ainda mais que estamos nos especializando. O pesquisador é influenciado pelas descobertas e conclusões de milhares de outros trabalhos — conclusões ao quais ele não consegue encontrar tempo para usar, muito menos para lembrar onde estão disponíveis. Contudo, a especialização torna-se cada vez mais imprescindível para o progresso, e o esforço para construir pontes entre disciplinas é proporcionalmente superficial.

Profissionalmente, nossos métodos de transmissão e revisão dos resultados de pesquisa são antigas heranças, que agora estão totalmente inadequadas para tais fins. Se o tempo desperdiçado na redação e leitura de trabalhos escolares pudesse ser avaliado, a proporção entre estes dois pode surpreender. Aqueles que

conscientemente, pela leitura afim e contínua, se esforçam para se manterem atualizados em sua especialidade, evitam avaliar a fundo o grau de esforço que poderia ser reduzido. O conceito das leis genéticas de Mendel ficou perdido no mundo por toda uma geração, porque sua publicação não alcançou os poucos que seriam capazes de assimilá-la e melhorá-la; e este tipo de catástrofe está se repetindo indubitavelmente com todos, enquanto os resultados verdadeiramente significativos ficam perdidos entre os irrelevantes.

A dificuldade parece ser nem tanto aquilo que publicamos indevidamente sobre a amplitude e diversidade dos interesses atuais, porém, o crescimento das publicações além da nossa habilidade de fazer o uso eficaz destas. O acúmulo da experiência humana está se expandindo em uma taxa extraordinária, e a maneira que adotamos para usar este emaranhado de informações é a mesma usada na época das embarcações a velas.

Mas há sinais de uma nova e poderosa mudança a este respeito: as células fotoelétricas, capazes de enxergar coisas a partir de uma percepção física; a fotografia avançada, que pode gravar o que é visível ou não; válvulas, capazes de controlar potentes mecanismos usando uma força menor do que a de um mosquito para bater suas asas; tubos de raios catódicos, executando eventos, que, se compararmos, um microssegundo é uma infinidade de tempo; combinações de relé que realizam sequências complexas de maneira mais segura e rápida do que qualquer operador humano. Estes são vários auxílios mecânicos que repercutirão na transformação dos registros científicos.

Dois séculos atrás, Leibnitz inventou uma máquina de calcular que incorporava a maioria das características dos atuais dispositivos dotados de teclados, mas não havia como utilizá-la. A conjuntura econômica era desfavorável pois o esforço necessário para construí-la, numa época anterior a produção em larga escala, extrapolava o retorno da sua utilidade, já que tudo que ela faria poderia ser suficientemente feito usando somente o lápis e o papel. Além disso, estaria sujeito a frequentes avarias, de tal maneira que não seria possível depender dela. Neste período e mesmo depois, complexidade e insegurança eram sinônimos.

Babbage, mesmo com generoso apoio para a época, não conseguiu produzir sua grande máquina aritmética. Sua ideia era bem interessante, mas os custos da construção e de manutenção eram altos demais. Se um faraó detalhasse e explicitasse o projeto de um automóvel, e o concretizasse usando todos os recursos de seu reino para produzir as milhares de peças, esse quebraria na primeira viagem a Giza.

As máquinas com componentes permutáveis podem agora ser construídas com um esforço bem menor. E apesar de toda a complexidade, elas funcionam de forma confiável. Veja uma máquina de escrever simples, ou a câmera cinematográfica, ou o automóvel. As conexões elétricas deixaram de falhar quando foram mais bem entendidas.

É o caso da central telefônica automática, que apesar de milhares de conexões, ainda sim funciona com segurança. Um fio de metal dentro de um frágil recipiente de vidro, aquecido e incandescente, ou seja, as válvulas de um rádio são distribuídas em milhões de unidades, e quando conectadas em sockets — como trabalham! Suas delicadas partes, o posicionamento e alinhamento precisos envolvidos na sua fabricação, ocupariam o tempo de um artesão por meses; e hoje se fabrica por trinta centavos cada. O mundo alcançou a era dos dispositivos complexos baratos e de grande confiabilidade; e algo está por vir a partir disso.

## 2

Se um documento é importante para a ciência, deve ser preservado, armazenado, e principalmente consultado. Hoje registramos convencionalmente pela escrita e pela fotografia, em seguida imprimimos; mas também gravamos em película, em discos de cera, e em meios magnéticos. Ainda que os novos métodos de gravação não tenham sido lançados, estes atuais estão certamente em fase de transformação e avanço.

Certamente o progresso da fotografia não está cessando. Lentes e materiais mais estáveis, câmeras mais automáticas, minuciosos sistemas que permitem o avanço de uma mini câmera, são todos iminentes. Deixe-nos projetar esta tendência para um

lógico e talvez inevitável resultado. A câmera do futuro terá na sua parte frontal uma saliência um pouco maior do que uma noz. Tirará fotografia com 3 milímetros quadrados, para ser projetada ou ampliada posteriormente, depois precisará somente um décimo do tamanho atual. A lente é de foco universal para qualquer distância adaptada a olho nu, simplesmente porque seu comprimento focal é curto. Haverá uma fotocélula interna na noz, tal qual existe atualmente em qualquer câmera, que se ajusta automaticamente a exposição para uma larga escala de iluminação. Haverá uma película na noz para cem exposições, e uma mola para operar seu obturador e deslocar sua película que será acionada simultaneamente quando a película for introduzida. Isso proporcionará resultados em todas as cores. Ela poderá ser estereoscópica e registrar as imagens com duas lentes de vidro separadas, porque os impressionantes progressos na técnica estereoscópica estão por todos os lugares.

O cabo que aciona o obturador pode chegar a quem maneja a câmera por meio de uma luva que estará ao alcance fácil de seus dedos. Basta um breve apertado para o retrato ficar pronto. A lente terá um quadrado de linhas finas desenhadas no canto superior. Quando um objeto estiver alinhado estará enquadrado para ser fotografado. Então, enquanto o cientista do futuro se mover pelo laboratório ou então no campo de pesquisa, e cada vez que observar algo digno do registro, se ouvirá um clique e o obturador disparará. Tudo isso é fantástico? A única coisa fantástica é a ideia de fazer tantos retratos quanto achar interessante.

Haverá uma fotografia à seco? Atualmente existem dois tipos. Quando Brady fez retratos da guerra civil, a placa precisaria estar molhada no momento da exposição. Atualmente deve estar molhada durante a revelação, e no futuro, talvez, não necessite estar molhada em nenhuma fase. Durante muito tempo existiram películas impregnadas com tinturas diazóicas que produziam uma fotografia sem precisar da revelação, e a imagem ficava pronta logo após a câmera ser acionada. Uma exposição ao gás amônio destrói a tintura não exposta, e o retrato pode então ser exposto à luz e consequentemente examinado. O processo atual é lento, mas alguém pode acelera-lo no futuro, pois há cientistas que se entreterão com as pesquisas a respeito de materiais

fotográficos. Em muitos casos seria bem interessante poder usar a câmera e ver imediatamente o retrato.

Há também outro processo usual lento e mais ou mais menos desajeitado. Por cinquenta anos foram usados papéis impregnados de substâncias químicas que escurecem cada ponto onde há contato elétrico, tal mudança química ocorre através de um composto do iodo presente no papel. Usava-se para criar os registros um ponteiro que se movia sobre a superfície do papel produzindo traços nele. Se o potencial elétrico do ponteiro variasse enquanto se movia, a linha ficaria mais clara ou escura de acordo com o potencial.

Este esquema é usado na transmissão do fac-símile. O ponteiro desenha sobre a superfície do papel um conjunto de linhas com pequenos espaços entre elas. Enquanto se move, seu potencial varia conforme a corrente recebida de uma estação distante por meio de fios, e estas variações reproduzem, através de uma célula fotoelétrica, o retrato original. Em cada instante, a tonalidade da linha que está sendo desenhada é igualmente feita a partir da tonalidade do original que está sendo lido pela célula fotoelétrica. Assim, quando a fotografia original for totalmente explorada, uma cópia estará pronta para quem estiver recebendo-a.

Usando as células fotoelétricas similarmente a forma que é feita uma fotografia, uma cena qualquer poderia também ser representada linha a linha. Este instrumento seria uma câmera, com a característica adicional de tirar fotos a uma grande distância. O processo seria lento e o retrato pobre em detalhes, entretanto, significaria outro processo de fotografia à seco, em que o retrato estaria pronto instantaneamente.

Mas alguém muito ousado poderia predizer que tal processo continuará sempre sendo desajeitado, lento e pobre em detalhe. O equipamento de televisão transmite hoje dezesseis imagens por segundo numa qualidade razoável, envolvendo somente duas diferenças essenciais do processo descrito acima. Primeiro: o registro é feito por um feixe móvel de elétrons e não por um ponteiro, em razão do feixe de elétron poder se mover rapidamente através do retrato. A outra diferença envolve meramente o uso de uma tela que acende momentaneamente quando é tocada pelos elétrons,

diferentemente de um papel ou uma película quimicamente tratada, onde o registro é permanente. Esta velocidade é necessária na televisão, porque ela precisa transmitir imagens com movimento.

Usando a película quimicamente tratada no lugar da tela incandescente, permitindo transmitir uma imagem estática, teríamos uma câmera rápida para fotografia à seco. A película tratada necessitaria ser mais rápida que os modelos atuais, mas provavelmente será. A maior objeção para este esquema refere-se à inserção da película dentro de uma câmara de vácuo, posto que os feixes de elétron comportam-se normalmente somente em um ambiente rarefeito. Esta dificuldade deve ser evitada para que o feixe de elétron seja posto em um lado de uma divisória, pressionando a película do outro lado, permitindo aos elétrons atravessarem perpendicularmente a sua superfície, impedindo que se espalhem pelos lados. Tais divisórias, mesmo que estranhas, poderiam certamente ser construídas, e não significam um entrave para o desenvolvimento desta técnica.

Da mesma forma que a fotografia à seco, a microfotografia tem ainda uma grande distância a percorrer. O esquema básico de reduzir o tamanho do registro, para examina-lo através da projeção, tem grandes chances de ser ignorado. A combinação da projeção ótica e da redução fotográfica está produzindo já alguns resultados em microfilme para finalidades educativas, e suas potencialidades são altamente sugestivas. Hoje, com o microfilme, as reduções são feitas num fator linear de 20, sem que a qualidade da projeção seja prejudicada. Os limites variam conforme a granulidade da película, a excelência do sistema ótico e eficiência das fontes de luz utilizadas. E todos estes fatores estão melhorando rapidamente.

Suponhamos, para o futuro, uma relação linear de 100. Considere a película da mesma espessura que o papel, embora uma película mais fina seja certamente viável. Mesmo nestas circunstâncias, haveria um fator de 10.000 entre o volume do registro ordinário em forma de livros, e sua réplica do microfilme. Toda a Enciclopédia Britânica poderia ser reduzida ao volume de uma caixa de fósforos. Uma biblioteca de um milhão de volumes poderia caber no canto de nossa mesa. Se, desde a invenção dos tipos

móveis, a raça humana produziu um acervo total, em forma de revistas, correspondências, livros, folhetos publicitários e jornais, equivalente a um bilhão de livros, tudo isto comprimido poderia ser carregado em uma caminhonete. A mera compressão, naturalmente, não é o bastante; necessitamos não somente registrar e armazenar, mas também consultá-lo, sobre isto voltarei a comentar adiante. Inclusive a maior biblioteca moderna não é consultada de maneira total, mas somente pequenas porções dela.

A compressão é importante, principalmente, em relação aos custos. O material para o microfilme da Enciclopédia Britânica custaria um níquel, e poderia ser enviado para qualquer lugar por um centavo. Quanto custaria imprimir um milhão de cópias? para imprimir uma folha de jornal, em grande escala, custa uma pequena fração de um centavo. O material inteiro da Enciclopédia no formulário reduzido do microfilme caberia em uma folha de 8½ por 11 polegadas, e através dos métodos fotográficos do futuro, a reprodução em grandes quantidades provavelmente custaria algo em torno de um centavo a unidade, com exceção dos custos materiais. E a confecção da cópia original? Isso introduz o assunto seguinte.

### 3

Para registrar usamos o método no qual se exerce pressão com um lápis ou apertam-se as teclas de uma máquina de escrever. Posteriormente se dá o processo de compilação e correção, seguido de um intrincado processo de composição tipográfica, impressão e distribuição. O autor do futuro, em relação ao primeiro estágio do procedimento, deixará de escrever a mão ou à máquina para narrar diretamente para o registro? Hoje é possível fazer de forma indireta, falando a uma taquígrafa ou a um cilindro de cera; mas já existem todos os elementos para, se quiser, conseguir que suas falas sejam gravadas em um tape. E tudo que se precisa é utilizar os mecanismos já existentes e alterar sua linguagem.



Em uma recente exposição Internacional, se apresentava uma máquina denominada VODER. Uma senhorita apertava as teclas do equipamento, e este emitia palavras audíveis e reconhecíveis. Em nenhum momento as cordas vocais humanas entravam em ação, pois as teclas combinavam vibrações de origem elétrica, que passavam posteriormente para um alto-falante. Nos laboratórios Bell há uma máquina que faz o contrário do VODER, chamada VOCODER, na qual o alto-falante é substituído por um microfone que capta o som. Ao se falar no microfone, observam-se as correspondentes teclas se mexendo. Isto poderia constituir um dos elementos do sistema que estamos postulando.

O outro elemento seria o taquígrafo, que de certo modo é um dispositivo que podemos encontrar, geralmente, em certos encontros públicos nos quais uma senhorita aperta languidamente algumas teclas observando ao redor da sala ou algumas vezes o orador com um ar inquietante. Do taquígrafo vai surgindo uma tira larga de material que reflete, numa linguagem fonética simplificada, tudo o que supostamente o orador falou durante a sua intervenção. Esta tira de informação há de ser posteriormente reescrita em linguagem ordinária, já que em sua forma original não está inteligível a leigos. Se combinarmos os dois elementos anteriores, fazendo o VACODER operar o taquígrafo, teremos como resultado uma máquina capaz de escrever à medida que se fala.

Nossas linguagens atuais não estão adaptadas a este tipo de mecanismo. É estranho que os inventores não tenham concebido a ideia de criar uma linguagem universal que se adapte melhor a transmissão e a gravação de nossas falas. A mecanização poderia, sem dúvida, forçar sua criação, em especial no campo dos estudos científicos, no qual o jargão científico se converteria em algo menos inteligível para um leigo no assunto.

Podemos criar já uma imagem mental do investigador do futuro trabalhando em seu laboratório. Suas mãos serão livres e ele não estará preso a um local fixo, podendo se locomover em seu espaço de trabalho levando consigo suas observações, e tirando fotografias e anotando comentários. O tempo é automaticamente registrado em ambos. Se ele estiver em campo, pode manter-se conectado ao seu gravador através de ondas

de rádio. Assim, ao revisar posteriormente suas anotações, o gravador poderia registrar também seus comentários para inclui-los no arquivo do projeto. Esta gravação estaria junto com as fotografias tiradas na pesquisa e poderiam ser miniaturizadas para serem examinadas posteriormente por meio de uma projeção.

Muitas coisas acontecerão, sem dúvida, entre o processo de coleta e observação de dados, extrações de material do registro existente e inserção final do novo material a um arquivo comum. Não existe nenhum substituto mecânico para o pensamento criativo; o pensamento criativo e o pensamento repetitivo são bem diferentes, e para este último podem existir poderosos auxílios mecânicos.

Somar uma coluna de números constitui um processo relacionado ao pensamento repetitivo, e há muito tempo que já se desenvolveram máquinas para este fim. É certo que a máquina está controlada, certas vezes, por um teclado, e torna-se necessário certo tempo de processamento para ler os números e mostrar as teclas correspondentes, mas isto é imprescindível, pois já há máquinas capazes de ler séries de cifras impressas através de células fotoelétricas. Nestas máquinas se combinam as ações das células fotoelétricas que exploram o texto impresso, a ação de circuitos elétricos que classificam as variações elétricas resultantes, e a ação dos circuitos de reles que interpretam o resultado para que a ação dos solenóides pressione a tecla correspondente a quantidade lida.

Todas estas complicações decorrem principalmente da rudimentar forma que aprendemos a escrever os números. Se os registrássemos de maneira posicional, simplesmente mediante a disposição de um conjunto de pontos em um cartão, os mecanismos automáticos de leitura seriam comparativamente mais simples. De fato, se os pontos fossem perfurados, poderíamos utilizar as máquinas à base de cartões perfurados que a Hollerith criou para a contagem do censo, sendo atualmente bastante usada no comércio. Alguns tipos de negócio mais complexos podem funcionar duramente sem estas máquinas.

A soma é somente um tipo de operação. Sem dúvida, a computação aritmética auxilia outras operações, como subtração, multiplicação e divisão, além de certos métodos para armazenar temporariamente os resultados, para recupera-los a fim de manipula-los e para apresentar os resultados finais em forma impressa. As máquinas que cumprem tal finalidade são, hoje em dia, de dois tipos: máquinas de teclado para contabilidade e similares, onde se controla a introdução de dados manualmente e funciona automaticamente, geralmente levando em consideração o tipo de operação a realizar; e as máquinas baseadas em cartões perfurados, as quais as distintas operações são encomendadas a uma série de máquinas diferentes que trocam fisicamente os cartões. Ambas são de grande utilidade, mas se considerarmos a necessidade de processos computacionais mais complexos, podemos dizer que ambas se encontram em fase puramente embrionária.

O contador elétrico rápido apareceu logo após os pesquisadores considerarem desejável a contagem dos raios cósmicos. Para este propósito, os próprios físicos construíram aparatos de válvulas termiônicas capazes de contar os impulsos elétricos a uma velocidade de 100.000 impulsos por segundo. As máquinas aritméticas do futuro serão de natureza elétrica e funcionarão a uma velocidade 100 vezes superior as atuais ou talvez mais.

Além disso, serão muito mais versáteis que as máquinas comerciais de hoje em dia, de modo que poderiam ser adaptadas para abordar uma variedade maior de operações. Serão controladas por cartões ou películas com emulsão fotossensível, selecionarão os dados e os manipularão segundo as instruções pré-estabelecidas, farão complexos cálculos aritméticos a velocidades bem maiores e registrarão os resultados, tornando-os facilmente acessíveis para distribuição ou posterior manipulação. Tais máquinas terão um enorme objetivo: somente uma será alimentada pelas instruções inseridas por várias senhoritas munidas de teclados individuais, e produzirão em poucos minutos várias horas de resultados impressos. Sempre haverá muita coisa para calcular nos trabalhos especializados desenvolvidos por pessoas dedicadas a tarefas complexas.

## 4

Os processos repetitivos de pensamento não se encontram confinados a questões meramente aritméticas ou estatísticas. De fato, cada vez que combinamos e registramos, segundo certos processos lógicos estabelecidos, o aspecto criativo do pensamento entra em jogo unicamente na seleção dos dados e no processo a ser utilizado. A manipulação posterior é de natureza repetitiva e suscetível de ser realizada por uma máquina. Não se tem trabalhado tanto como deveria ter sido além dos limites da aritmética, devido, fundamentalmente, a razões econômicas. As necessidades das empresas e o amplo mercado que as esperava, asseguraram a chegada de máquinas aritméticas fabricadas em grande escala, assim, os métodos de produção avançaram neste setor.

Com as máquinas para análises mais avançadas não ocorreu o mesmo. Para elas, nunca existiu um grande mercado, pois os usuários de métodos de manipulação de dados representam uma pequena parcela da população. Há máquinas capazes de resolver equações diferenciais, assim como equações funcionais e integrais. Também há numerosas máquinas especiais como o sintetizador harmônico que prediz as marés. No futuro haverá outras que inicialmente serão poucas e estarão nas mãos dos cientistas.

Se a racionalidade científica se reduzisse aos processos lógicos da aritmética, o conhecimento do mundo físico não iria muito longe. É como se tentássemos explicar o jogo de Poker usando somente a matemática da probabilidade. É necessário levar em consideração que o ábaco, em seus cálculos em fios paralelos, permitiu aos árabes formular a numeração posicional e o conceito de zero, séculos antes que o resto do mundo, e foi uma ferramenta muito útil, tanto é que a utilizamos até hoje.

Há uma longa distância entre o ábaco e a máquina calculadora com teclado, e existirá um grande espaço entre estas e as máquinas aritméticas do futuro. Mas não se espera que estas máquinas conduzam o cientista ao ponto que precisa chegar. Se almejarmos que o cérebro fique livre para abordar tarefas muito mais importantes que a mera transformação repetitiva dos dados, segundo regras pré-estabelecidas, deve-se confiar a estas máquinas o árduo trabalho que a complexa e detalhada manipulação

matemática de dados requer. Um matemático não é somente uma pessoa capaz de manipular números – comumente ele não é. Tampouco ele se limita às transformações de equações utilizando o cálculo infinitesimal. O matemático é, fundamentalmente, uma pessoa familiarizada com o uso da lógica simbólica a um nível muito elevado, e em especial, alguém que possui um juízo intuitivo sobre a escolha dos processos de manipulação a utilizar.

Todos os outros, ele deveria poder delegar as suas máquinas aritméticas com mesma confiança com que utiliza o motor de seu carro. Somente assim, serão efetivas as matemáticas na aplicação do crescente conhecimento da física atômica à solução de problemas procedentes dos terrenos da química, metalurgia ou biologia. Por isso, ainda estão por vir máquinas que permitam aos cientistas manejar questões matemáticas avançadas. Algumas destas máquinas serão suficientemente esquisitas para adequar-se aos mais enfadonhos especialistas dos atuais artefatos de nossa civilização.

## 5

O cientista não é a única pessoa que manipula dados e examina o mundo que o rodeia utilizando processos lógicos. Mas, genericamente, este termo é usado para qualquer um que possa ser considerado como uma pessoa lógica, o que equivaleria a elevar um líder sindical britânico a categoria de cavaleiro. Em todos os momentos em que se utilizem os processos lógicos de pensamento, ou seja, sempre que o pensamento discorre por um caminho aceito, existe uma oportunidade para a máquina. A lógica formal pretendia ser um bom instrumento para o professor que buscava educar as almas de seus alunos. Atualmente, é possível construir uma máquina capaz de manipular premissas segundo uma lógica formal mediante o uso de circuitos de reles. Introduzindo um conjunto de premissas em um dispositivo e acionando manivelas pode-se obter uma conclusão atrás da outra. Todas elas estariam de acordo com as leis da lógica e não errariam mais do que uma máquina calculadora convencional.

A lógica pode se transformar em algo enormemente difícil, pois poderia ser importante aumentar o nível de segurança em seu uso. As máquinas de análise de alto nível têm sido aquelas capazes de resolver equações e, portanto, de realizar a relação expressa em uma equação segundo uma lógica restrita e bastante avançada. O progresso é inibido pela excessiva forma tosca em que as matemáticas expressam tais relações, já que emprega um simbolismo que surgiu do nada e que resulta pouquíssimo coerente, algo verdadeiramente estranho em um campo frequentemente muito mais lógico.

Um novo simbolismo, provavelmente posicional, deveria preceder, aparentemente, a redução das transformações matemáticas a processos mecânicos. Portanto, a aplicação da lógica aos assuntos cotidianos, vai além da restrita lógica das matemáticas. No futuro, poderemos extrair argumentos de uma máquina com a mesma facilidade com a que hoje em dia introduzimos as vendas numa caixa registradora. Uma máquina de lógica não terá o mesmo aspecto que tem as caixas registradoras atuais, e nem mesmo o formato das modernas máquinas.

O mesmo ocorre com a manipulação das ideias e do seu registro em um documento. Neste aspecto podemos afirmar que as coisas têm piorado com o tempo, pois somos capazes de continuar ampliando a produção de documentos, mas não de consultá-los. Uma consulta importante não se limita, certamente, a mera extração de dados para investigação científica, mas ao que está relacionado ao processo ao qual o ser humano faz uso dos conhecimentos herdados. A ação de maior importância é a seleção, e nos deteremos nela mais adiante. É possível existir milhões de pensamentos importantes (e também a soma das experiências em que eles se basearam) depositados em muros de pedra das formas arquitetônicas aceitáveis, mas se um estudioso faz assíduas buscas, não acessará mais do que um deles por semana, e provavelmente sua síntese não estará à altura das exigências de sua época.

A seleção, no sentido mais amplo, é como um machado na mão de um carpinteiro. Contudo, num sentido mais restrito e em outras áreas, algo já é feito mecanicamente. Assim, o pessoal administrativo de uma empresa pode colocar num

interior de uma máquina de seleção, milhares de cartões perfurados que contenham dados dos empregados, estabelecendo um código convencionado, e rapidamente, poderá receber uma lista de todos os empregados que, por exemplo, vivem em Trenton e falam espanhol. Mesmo estes recursos seriam lentos na hora de encontrar impressões digitais em arquivo com cinco milhões delas. Tais dispositivos de seleção terão a velocidade de revisão de dados aumentada, que atualmente é de algumas centenas por minuto. Com o uso de microfílm e células fotoelétricas, esta velocidade chegará a alcançar mil fichas por segundo, e obterá uma cópia impressa dos elementos selecionados.

Este processo, entretanto, é uma seleção simples: examina individualmente os elementos de uma ampla coleção e escolhe aqueles que cumprem as características anteriormente especificadas. Existe uma forma de seleção que pode ilustrar isto: é o sistema telefônico de comutação automática. Quando um número telefônico é chamado, a máquina seleciona um, entre milhões de números possíveis. Mas, não está considerando todas, e cada uma das possíveis combinações, pois se detém unicamente à subclasse definida pelos primeiros números, para depois adentrar na subclasse definida pelo segundo dígito, e assim sucessivamente até conectar com o número desejado. Este processo dura alguns poucos segundos e ainda pode ser aperfeiçoado se houvessem interesses econômicos nisto. Se tal interesse existisse, poder-se-ia substituir os comutadores mecânicos por computadores baseados em válvulas termoiônicas, de tal maneira que o processo de seleção poderia ser feito em um centésimo de segundo. Ainda que não queiram investir o necessário para esta substituição, a ideia é aplicável a qualquer outro ramo.

Tomemos por exemplo o prosaico caso das grandes lojas. Cada vez que se realiza uma compra é desencadeada uma série de processos: o inventário é revisado, o vendedor deve anotar a venda, as contas gerais do estabelecimento devem conter a operação, e o mais importante de tudo, deve-se cobrar o cliente. Está sendo desenvolvido um dispositivo centralizado que fará grande parte destas tarefas, e funciona da seguinte forma: o vendedor coloca num local próprio do sistema o cartão

que identificará o cliente, também os cartões de identificação dele próprio e do produto vendido, todos igualmente perfurados. Ao acionar o sistema, uma série de contatos elétricos é feito através dos furos dos cartões que indicam à máquina central o tipo de operação que está se realizando, depois é impresso o recibo do cliente.

## 6

Entretanto, o ponto central da questão da seleção, vai além do atraso na adoção de mecanismos por parte das bibliotecas, ou da falta de desenvolvimento de dispositivos para a sua utilização. Nossa incapacidade de acessar um documento é provocada pela artificialidade dos sistemas de indexação. Quando se armazenam dados de qualquer classe, eles são postos em ordem alfabética ou numérica, e a informação pode ser localizada seguindo-se uma trilha através de classes e subclasses. A informação está localizada em um único local, ao menos que existam outros exemplares dela. Há certas regras para localiza-la, regras estas que são incômodas e complicadas. E uma vez encontrado um dos elementos, deve-se sair do sistema para tomar um novo rumo.

A mente humana não funciona desta forma, ela opera por meio de associações. Quando um elemento está ao seu alcance, salta instantaneamente para o seguinte, que é sugerido pela associação de pensamentos segundo uma intrincada rede de atalhos contida nas células do cérebro. Mas, alguns atalhos não relacionados comumente, tendem a desaparecer, pois os elementos não são permanentes, e a memória, por definição, é efêmera. Assim, a velocidade de ação, o emaranhado de atalhos, e o detalhe das imagens mentais nos impressionam muito mais do que qualquer outra coisa da natureza. O ser humano não pode sonhar em duplicar este processo artificialmente, mas deve ser capaz de aprender com ele, e melhorar-lo em alguns pequenos detalhes, posto que os documentos criados pelos seres humanos tenham um caráter relativamente permanente. A primeira ideia que se pode extrair desta analogia está relacionada com a seleção, pois a seleção por associação, e não por indexação, pode ser mecanizada. Certamente não podemos contar com a mesma velocidade e flexibilidade com que são



feitas as associações mentais, mas podemos supera-la, decididamente, em relação à permanência e clareza dos elementos recuperados dos acervos.

Consideraremos um dispositivo futuro de uso individual que é uma espécie de arquivo e biblioteca privados mecanizados. Já que é importante um nome, o chamarei de MEMEX. Um MEMEX é um dispositivo que permitirá a uma pessoa armazenar todos os seus livros, arquivos, e comunicações, e que é mecanizado de tal forma que poderá ser consultado com grande velocidade e flexibilidade. Na verdade, seria um suplemento ampliado e íntimo de sua memória.

O MEMEX consiste de um escritório, que se bem operado a distância, constituirá primariamente o local de trabalho do usuário. Na sua parte superior há várias telas translúcidas inclinadas as quais se poderá projetar o material a ser consultado. Também dispõe de um teclado e de um conjunto de botões e alavancas. Seu aspecto se assemelha a qualquer outra mesa de trabalho.

Em uma das extremidades está o material de consulta. A questão do volume será solucionada com a utilização de um tipo de microfilme parecido com os atuais, porém, serão acrescidos de algumas melhorias, pois somente uma parte do MEMEX será destinada a armazenagem de material enquanto que o resto será dedicado ao mecanismo. Além disso, se o usuário for capaz de introduzir 5.000 folhas de material por dia, precisará de centenas de anos para esgotar o espaço destinado a armazenagem. O usuário terá total liberdade de espaço para alimentar o MEMEX com todo o material que for necessário.

A maior parte dos conteúdos do MEMEX será obtida em forma de microfimes prontos para serem guardados. Livros de todo o tipo, imagens, publicações periódicas e diários, podem ser introduzidos quando quiser. Do mesmo modo podem-se introduzir correspondências comerciais ou outra informação de maneira direta. Na parte superior do dispositivo haverá uma superfície transparente sobre a qual serão postas anotações feitas à mão, fotografias, memorandos e outros materiais. Quando cada uma estiver no local apropriado, usando-se as alavancas, será possível, grava-las, no espaço vazio do microfilme através da técnica da fotografia à seco.

Pode-se consultar o documento mediante o esquema tradicional de indexação. Assim, se o usuário deseja consultar um determinado livro, entra com o seu código de classificação através do teclado e a capa do livro aparece imediatamente na sua frente, projetada em um dos visores. Os códigos utilizados frequentemente são mnemônicos, bastando ao usuário consultar um guia, disponível com um simples toque. Além do que vimos, o MEMEX possui alavancas suplementares. Quando o usuário move um pouco para a direita, pode folhear o livro que está utilizando, página por página e com velocidade suficiente para que possa lê-las facilmente. Movendo a alavanca um pouco mais, folheia o livro de dez em dez páginas, e movendo ainda mais um pouco, o livro é apresentado de cem em cem páginas. Acionando a mesma alavanca para a esquerda tem-se exatamente o mesmo efeito, porém as páginas são mostradas no sentido inverso, de trás para frente.

Um botão especial conduz o usuário até a primeira página do índice. Qualquer livro de sua biblioteca pode ser consultado com muito mais facilidade se comparado a uma estante comum. Além disso, o usuário pode determinar que um livro mais utilizado por ele, apareça constantemente em um dos visores. Também pode inserir comentários ou notas nas margens como se fosse um livro físico, através de um sistema de estiletos de forma similar ao “teleautografo”<sup>3</sup> que se pode ver nas salas de espera das estações de trem.

## 7

Tudo isto é convencional, com exceção da projeção futura que fizemos dos atuais mecanismos e equipamentos. Isto representa um próximo passo para a indexação associativa, cuja ideia básica consiste em possibilitar que cada um dos elementos selecione ou busque outro elemento automaticamente e imediatamente. Esta é a característica essencial do MEMEX; o processo de relacionar dois elementos diferentes entre si é o seu ponto forte.

---

<sup>3</sup> Antecessor do fax, foi utilizado para enviar mensagens manuscritas a pontos distantes.

Quando o usuário está criando atalhos, ele nomeia-os, inserindo os nomes correspondentes aos seus CODE BOOK, e os busca através do teclado. Esses serão projetados em dois visores adjacentes. Abaixo de cada um deles há alguns espaços vazios, e um ponteiro é posto para localizar um destes elementos. Apertando uma tecla faz com que os dois elementos sejam definitivamente associados. Em cada espaço do código aparece a palavra do código, e ainda que o usuário não esteja vendo, será inserido um conjunto de pontos que será lido por uma célula fotoelétrica e estes indicarão o número do índice do outro.

Assim, quando tiver um destes elementos, pode chamar instantaneamente o outro, bastando apertar um botão situado abaixo do espaço do código. Quando vários elementos estiverem associados entre si, poderão ser consultados uns aos outros, na velocidade desejada, usando alavancas que funcionarão como se estivesse mudando as páginas de um livro. É como se vários elementos físicos fossem reunidos formando um novo livro. Além disto, cada item poderá ser usado para inúmeros atalhos.

O proprietário do MEMEX, digamos assim, está interessado nas origens do arco e flecha. Especificamente está pesquisando a razão pela qual os arcos dos turcos, menores que os dos ingleses, demonstrou-se superior durante as Cruzadas. No MEMEX terá a sua disposição dezenas de livros e artigos que poderiam ser úteis para a sua pesquisa. Inicialmente ele usa uma enciclopédia para encontrar um breve, mais interessante artigo. Depois, nos registro de História, ele encontra algo interessante para relacionar com o material encontrado na enciclopédia. E continua criando atalhos com vários itens. Se na sua pesquisa ficar evidente que as propriedades elásticas dos materiais disponíveis na época das Cruzadas guardavam uma grande relação com as propriedades dos arcos, cria um link entre os manuais sobre a elasticidade dos materiais, e, as tabelas de fatores físicos. Posteriormente, acrescenta outras notas para criar o atalho que associa elementos de seu interesse no labirinto de informações a sua disposição.

Os atalhos não se dissolvem. Após vários anos, numa conversa entre amigos, surge o assunto a respeito da resistência das pessoas às inovações, mesmo aquelas que são vitais. Ele diz que estudou alguns anos atrás um exemplo concreto da resistência europeia aos arcos pequenos dos turcos. De fato ele construiu um atalho. Apertando um conjunto de teclas, projeta o primeiro atalho criado. Move uma alavanca, conforme sua vontade, e cessa quando encontra o que deseja. Este foi um atalho muito interessante para a referida conversa. Então, ele ativa o modo de reprodução, fotografa todo o atalho percorrido e entrega-o a seu amigo para que este possa, em seu próprio MEMEX, “linkar” com seus próprios atalhos.

Aparecerão formas totalmente novas de enciclopédias, com entrelaçados atalhos associativos, prontos para uso no MEMEX e também para serem expandidos pelo usuário. O advogado terá ao seu alcance as opiniões e sentenças de toda a sua carreira, assim como as de seus amigos e especialistas no assunto. O especialista em patentes terá acesso a milhões de patentes, onde haverá feito associações de acordo com o interesse de sua clientela. O médico, inseguro com os sintomas do seu paciente, usará o atalho criado quando ele [o médico] havia estudado um caso similar, e recorrerá aos históricos clínicos de seus pacientes, e às referências clássicas da anatomia e histologia. O químico, empenhado na síntese de um composto orgânico, terá toda a literatura química em seu laboratório, com atalhos para analogias entre compostos e seus respectivos comportamentos químicos e físicos.

O historiador, que possui uma vasta história de um povo, estabelecerá paralelos através de um atalho referente somente aos elementos mais importantes, podendo seguir a qualquer momento atalhos contemporâneos que o conduz através de toda uma civilização. Haverá a nova profissão de criador de atalhos, pessoas que terão a tarefa de estabelecer atalhos entre o enorme volume de registros correspondentes. Para os discípulos de qualquer mestre, o legado dele passará a ser não apenas suas contribuições ao acervo mundial, mas também as bases que sustentarão seus discípulos.

Assim, a ciência pode concretizar os meios em que o homem produz, armazena e consulta o acervo da raça humana. Chamaria mais a atenção se os instrumentos do futuro fossem aqui descritos de maneira diferente desta baseada em instrumentos atuais. Certamente, dificuldades técnicas de toda ordem foram aqui desconsideradas, mas igualmente foram ignorados os meios até então desconhecidos que possivelmente irão acelerar o progresso técnico na mesma intensidade que o advento da válvula termiônica. Para que o exposto aqui não seja algo banal, por seguir os padrões atuais, talvez seja razoável mencionar cada possibilidade, não para profetizar, mas sugerir, pois profecias baseadas no progresso do que já existe é algo mais seguro, enquanto que profecias fundamentadas no desconhecido é somente um grande “chute”.

Todos os nossos passos para a criação ou absorção material do acervo mundial procede de um dos nossos sentidos – o tato quando tocamos as teclas, o oral quando falamos ou escutamos, o visual quando lemos. É possível que algum dia estabeleçamos um caminho mais direto?

Sabemos que quando os olhos enxergam, toda a informação é transmitida ao cérebro por meio de vibrações elétricas no canal do nervo ótico. Esta é uma analogia exata com as vibrações elétricas transmitidas num cabo de televisão: capta a imagem através de células fotoelétricas e a transmitem até a antena do emissor, que se encarrega de retransmiti-las. Além disso, sabemos que, se podemos aproximar esses cabos com os instrumentos adequados, não precisamos toca-lo; podemos acelerar estas vibrações por indução elétrica e assim revelar e reproduzir a cena que está sendo transmitida, da mesma forma que uma ligação telefônica é feita.

Os impulsos que fluem nos nervos do braço de um datilógrafo transportam até seus dedos a informação que chega até seus olhos ou ouvidos, a fim de que os dedos possam apertar a tecla certa. Não poderiam essas correntes ser interceptadas, de modo idêntico a forma que a informação é conduzida ao cérebro, ou na admirável forma metamorfoseada em que ela chega às mãos? Através do corpo já introduzimos sons nos canais auditivos de surdos e eles podem ouvir. Não seria possível aprender a introduzi-los sem o incômodo de, primeiramente, transformar vibrações elétricas em vibrações

mecânicas, que posteriormente serão convertidas novamente em vibrações elétricas? Com um par de eletrodos situados no crânio de uma pessoa criamos eletroencefalogramas que registram traços que guardam certa relação com os fenômenos elétricos que ocorrem no interior do cérebro. Certamente, este registro é ininteligível, exceto quando indicam sérias disfunções cerebrais; mas quem se atreveria a estabelecer limites para essas coisas?

No outro lado do mundo, toda a forma de inteligência, quer auditivas ou visuais, foram reduzidas a correntes variáveis que usam correntes elétricas para serem transmitidas. No interior do ser humano esse processo ocorre similarmente. Devemos sempre transformar os movimentos elétricos, que queremos passar de um para o outro, em movimentos mecânicos? Este é um pensamento sugestivo, mas apenas garantiria prognósticos se os contatos com o real e o imediato não fossem perdidos.

Presumivelmente o espírito humano se elevaria se fosse capaz de rever o obscuro passado e analisar mais completamente e objetivamente os problemas atuais. Ele edificou uma civilização tão complexa, que agora precisa mecanizar inteiramente seus registros caso almeje levar a uma conclusão lógica seus experimentos, ao invés de meramente bloquear-se por estar sobrecarregando sua limitada memória. Sua vida poderia ser desfrutada melhor se ele pudesse ter o privilégio de esquecer as múltiplas coisas que não necessitasse imediatamente às mãos, com a certeza de poder encontrá-las quando fosse preciso.

As aplicações da Ciência têm permitido à humanidade construir boas moradias, e a viver bem. Mas também a habilitou a conduzir muitas pessoas, umas contra as outras, usando armas cruéis. Tais aplicações poderiam permitir também abarcar o grande acervo humano e crescer a partir das experiências vividas. Mas um homem pode morrer em um conflito antes de ter aprendido a usar este vasto acervo para seu bem. Entretanto, interromper este processo ou perder a esperança em seus resultados, seria um estágio desafortunado na aplicação da ciência aos desejos e necessidades da humanidade.