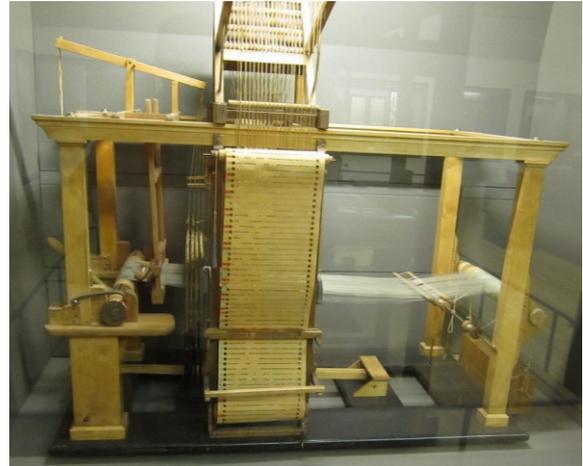


Memória Digital em Papel

Os humanos sempre quiseram guardar memórias dos acontecimentos que foram vivendo, ver as “[Primeiras Memórias Humanas](#)”.

A ideia de guardar informação em fitas e cartões de papel perfurado remonta aos princípios do século 18 e é um método de guardar informação digital. A presença de um orifício no cartão ou na fita de papel representa um bit de informação digital.

Em 1725, o tecelão francês [Basile Bouchon](#) introduz o conceito de fita de papel perfurado para controlar uma máquina de tecelagem (tear) de forma semiautomática. A leitura dos orifícios no papel era traduzida no fio a ser usado, criando padrões nos tecidos.



Tear de Bouchon.
[Musée des Artes e Métiers, Paris.](#)

Em 1804, o francês [Joseph Jacquard](#) teve uma ideia revolucionária que consistiu em usar cartões perfurados para permitir automatizar os teares criados por Bouchon, de modo a produzir padrões nos tecidos dependentes da posição de furos em cartões. Passou a ser possível reproduzir padrões em tecidos de forma completamente automática e com elevada resolução. Mudando os cartões o tear fabricaria o tecido com um novo padrão.

Napoleão atribuiu-lhe a patente do tear controlado por cartões perfurados e premeia – o com uma pensão de 3000 francos para o resto da vida.

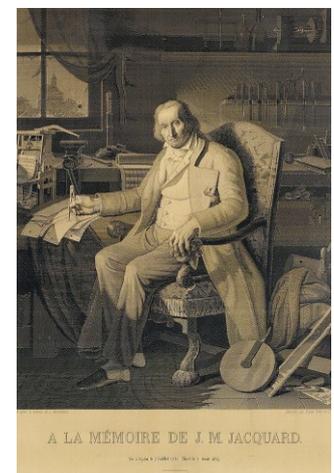
Em 1832, o russo [Semyon Korsakov](#) de Kherson (atual Ucrânia) foi o primeiro a usar o cartão perfurado para guardar informação digital. Antes disto a utilização principal era nos teares automáticos.



Cartões de Jacquard.
[Science and Industry Museum.](#)

Em homenagem a Jacquard, em 1839, foram produzidos pôsteres feitos de tecidos em seda com elevada resolução. Foi assim criada uma das imagens mais importantes da história da computação e automação. Para fabricar este tecido foram usados 24000 cartões perfurados e cada cópia do pôster era feita por encomenda.

Um dos felizardos proprietários da imagem de Jacquard em seda foi o célebre cientista inglês, [Charles Babbage](#), o “pai” da computação, que também viria a usar esta ideia dos cartões perfurados nas suas máquinas computacionais, o que lhe foi sugerido pela matemática Ada King (Condessa de Lovelace).



O projeto do primeiro computador mecânico, designado por [Difference Engine](#), foi proposto por Babbage, em 1820, ao governo britânico. Este computador mecânico era destinado a calcular polinómios, e tabelas de logaritmos, usando algoritmos de interpolação e de desenvolvimentos em série, com base nas diferenças finitas. Em 1833, Babbage propôs o primeiro computador mecânico designado por [Analytical Engine](#). Esta máquina já usava os conceitos de execução sequencial, saltos condicionais, processamento recursivo (*loop*) e memória que fazem parte dos conceitos usados nos computadores modernos e que foram consubstanciados, mais tarde, por [Alan Turing](#)¹. O Analytical Engine é o primeiro computador da história que satisfaz o conceito de “Turing complete” e só em 1946 o computador ENIAC repetiu este feito. Neste computador Babbage usaria o sistema de cartões perfurados proposto por Jacquard, quer para programar instruções quer para a introdução de dados e para memorizar resultados intermédios do processamento. A condessa de Lovelace, Ada King, ajudou Babbage a fazer alguns dos programas que a máquina executaria.

Babbage faleceu em 1871 e, em vida, apenas [conseguiu realizar algumas das partes necessárias](#) para construir estas máquinas gigantes. Em 1991, foram construídas duas máquinas funcionais seguindo os projectos de Babbage.

O censo dos EUA de 1890

Em 1890, o governo dos EUA fez o [censo de 1890](#) e pretendia que os dados fossem guardados. Neste censo, as pessoas tinham de responder a 25 questões e os dados de cada cidadão tinham de ser memorizados. O governo dos EUA abriu concurso para a apresentação de propostas para resolver este assunto, tendo aparecido três concorrentes.

O alemão [Hermann Hollerith](#), recém-formado na Columbia University (EUA), propôs o uso de um cartão perfurado para registar dados de cada cidadão. Concebeu, também, as máquinas para perfurar e para ler esses dados (máquinas de tabulação²).

Com o seu método, Hollerith conseguiu vencer outros dois concorrentes na rapidez de tabulação de dados de quatro áreas de Saint Louis MO, USA. Hollerith fez a tabulação [em 5,5 h e o 2º concorrente demorou cerca de 45 h](#). Este desempenho valeu-lhe o contrato imediato para processar os dados do censo de 1880 (cerca de 50 milhões de cidadãos). Hollerith acabou por [patentear](#) o método em 1889.

O sucesso de Hollerith levou-o a formar em 1896 a empresa “Tabulating Machine Company” em Washington DC. Em 1911 a empresa de Hollerith junta-se a mais outras três e formam a “Computing-Tabulating-Recording Company” que foi renomeada para [“Internacional Business Machine”](#) IBM.

Nasce, assim, a empresa renomada, gigante e mundialmente conhecida - IBM.

As máquinas de Hollerith continuaram a ser usadas pelo Departamento de Censo dos EUA até 1951, data em que foi introduzida uma solução baseada no computador [UNIVAC I](#). Neste período as máquinas de Tabulação concebidas por Hollerith viriam a ter outras aplicações na indústria e constituíram, durante muitos anos, cerca de 30% da faturação da IBM.

¹ - Alan Turing (1912-1954) matemático britânico formado em Inglaterra mas que fez investigação na Universidade de Princeton EUA) e propôs a estrutura base dos computadores modernos com uma linguagem lógica, operação sequencial adaptada à realização de diferentes algoritmos.

² - Máquinas para escrever ou ler dados de forma apropriada em determinados sítios do cartão.

O formato original dos cartões era retangular com furos circulares dispostos em 22 colunas e 8 linhas; o cartão tinha as dimensões da nota de um dólar da época. Este formato foi evoluindo para 24 colunas e 10 linhas em 1900, 45 colunas e 12 linhas em 1920, furos rectangulares distribuídos por 80 colunas e 10 linhas em 1928, até ao formato final de 80 colunas e 12 linhas em 1930. A IBM continuou a usar os cartões perfurados, agora no novo formato, com 187,5 mm x 82,5 mm, como forma de programar e introduzir dados nos seus computadores.



Máquina de Hollerith para perfuração de cartões associada a uma máquina de separação.

O negócio da informação guardada em cartões perfurados cresceu muito em aplicações muito variadas, tais como ficha de salários de empregados, memória de marcação de viagens de turistas, etc. Apareceram rapidamente empresas concorrentes nomeadamente a empresa [Remington Rand](#), que foi líder no mercado da contabilidade até 1929, ano em que foi ultrapassada pela IBM.



Anos 50 - Exemplo típico de um departamento de contabilidade de uma grande empresa.

Os cartões perfurados tiveram muitas aplicações: na contabilidade das empresas, nos salários dos trabalhadores, na marcação de viagens, na revisão de automóveis, etc. Em 1955 a IBM produziu por dia 72,5 milhões de cartões para perfurar.

A fita de papel perfurado

A fita de papel perfurado foi muito utilizada no século 20 para guardar informação digital em pequenas máquinas industriais e em pequenas Caixas de Música.

A primeira máquina de codificação digital de informação deve-se ao professor de música [David Hughes](#) que, em 1855, patenteou o codificador/descodificador impressor de código Morse. O Impressor de Morse de Hughes usava uma fita de papel como memória da informação transmitida.

Este tipo de máquina serviu de base a muitos sistemas de interface com computadores e que foram usados até aos anos 80 do século 20.

Nos grandes computadores o método preferido para memorizar informação digital era usar cartões perfurados. Em equipamentos computacionais mais simples a fita de papel perfurado conduzia a equipamentos de perfuração e de leitura mais pequenos e isto era uma vantagem fundamental para pequenos escritórios e para equipamentos instalados em cenários de guerra.

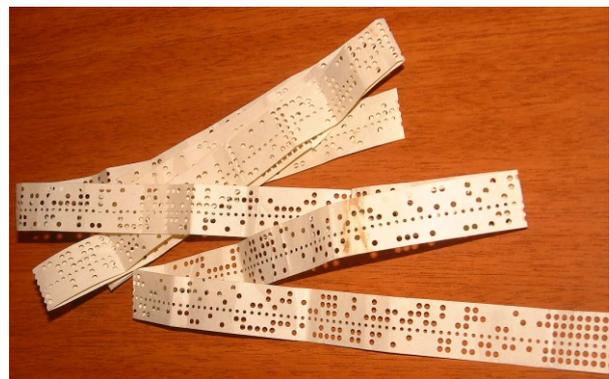
Com os primeiros calculadores adotou-se um formato de fita de papel com a perfuração codificada em 5 bit na largura da fita, no [código Baudot](#), proposto em 1874 pelo francês [Emile Baudot](#) para os impressores telegráficos. Os primeiros terminais de calculadores / computadores eram eletromecânicos e codificavam a informação alfanumérica no código de 5 bit e transmitiam essa informação por um par de fios (em série). Havia máquinas codificadoras / impressoras "Transmitting Typewriter" e máquinas decodificadoras/ impressoras "Receiving Typewriter", por vezes associadas a máquinas de perfuração de fita e máquinas de leitura de fita perfurada.



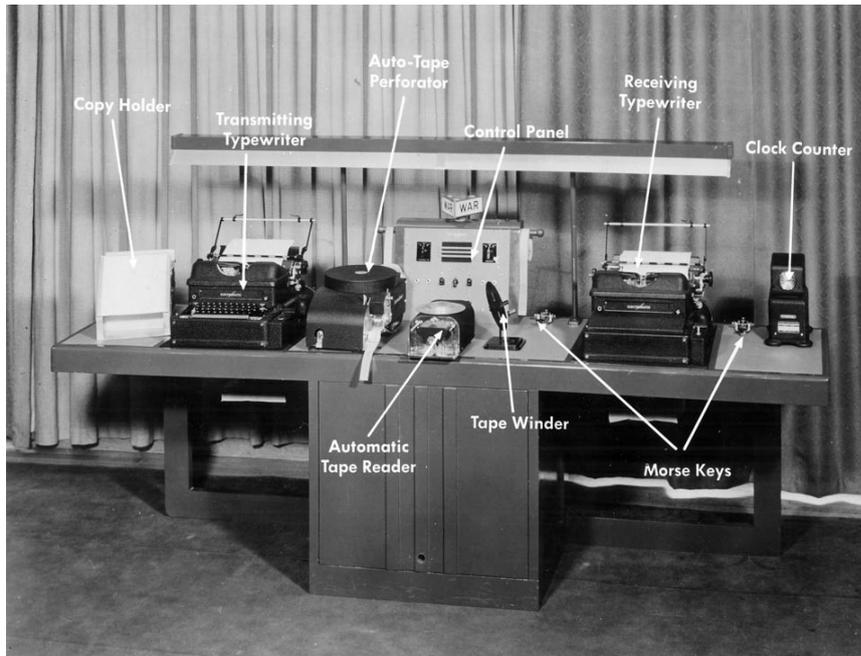
Informação guardada em cartões perfurados.



Impressor de Morse de Hughes.



Mensagem guardada em papel com código Baudot.



IBM- Instalação de comunicações militares usada na 2ª guerra mundial (fonte IBM).

Várias empresas produziram máquinas que integravam todos estes componentes numa única máquina designada por Teletypewriter. A empresa Teletype dos EUA, fundada em 1928, veio a ter um grande protagonismo nesta área de negócio das interfaces com computadores ([veja aqui dois aparelhos Teletype TT 19 e TT15 dos anos 30 a funcionar](#)).

Os primeiros computadores

O primeiro computador eletrónico [UNIVAC I](#)³, realizado em 1951, usava o sistema de cartões da IBM para entrada de dados e instruções de programação e foi muito usado pelo governo dos EUA em aplicações militares e nas operações de recenseamento até 1960.



UNIVAC I – 1960.

³ UNIVAC I foi realizado em 1951, foi o primeiro computador electrónico baseado em [válvulas eletrónicas](#). Foi realizado por John Eckert e John Mauchly, da Electronic Control Company, que também tinham sido os autores do [ENIAC](#) Electronic Numerical Integrator And Computer que desenvolveram de 1943 a 1946.

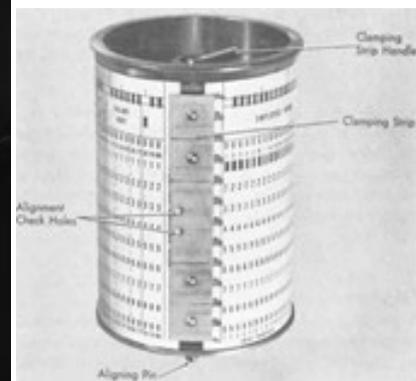


IBM 604 – Calculadora e perfuradora de cartões.

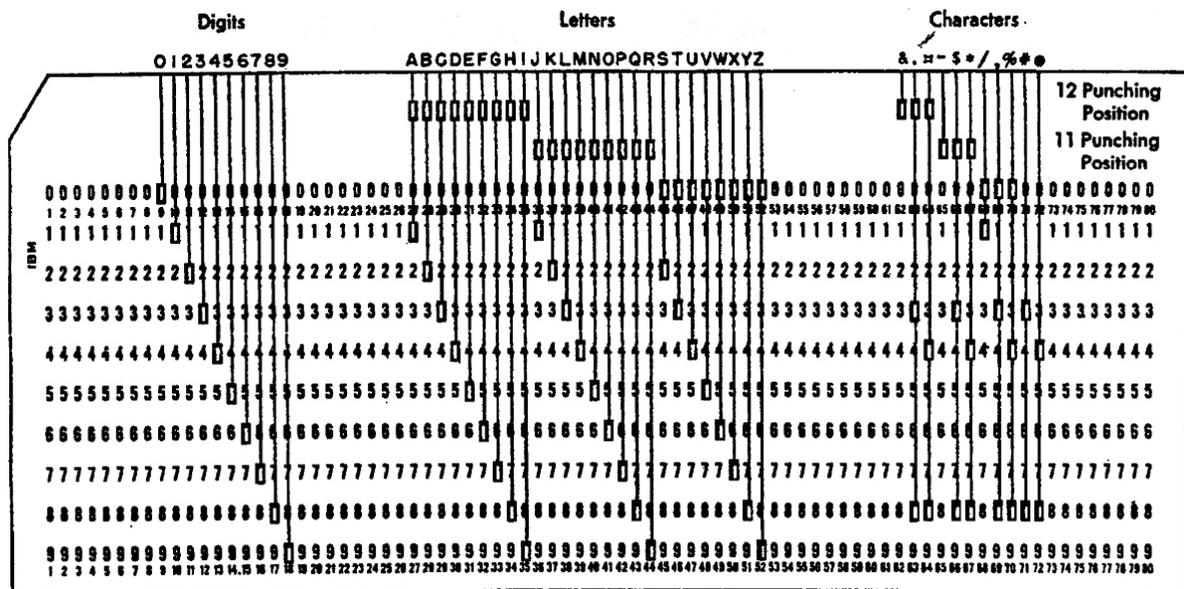
As máquinas perfuradoras eram programadas por um cartão de programação previamente carregado na máquina de acordo com o código pretendido.



IBM 026 e cartão de programação.

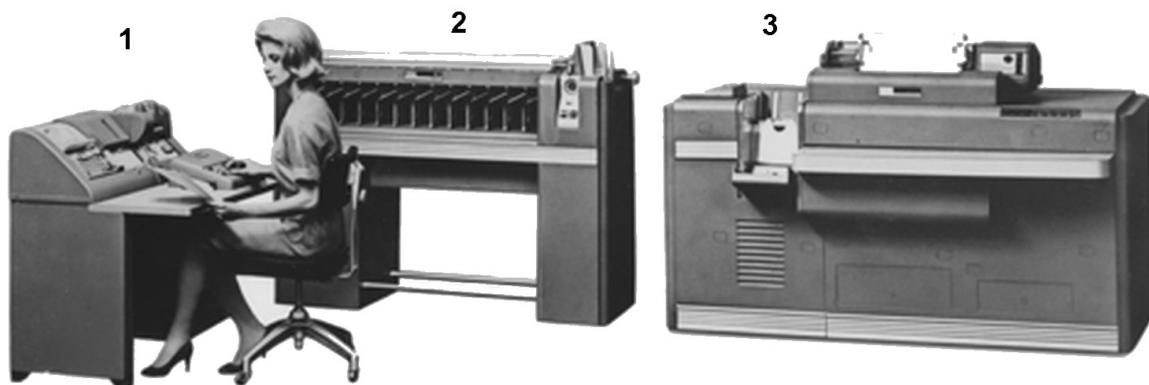


Em 1949, a IBM lançou uma nova perfuradora/impressora de cartões modelo IBM 026.



Cartão perfurado na IBM 026. O código é de base 12 e não é decimal ou binário. É o código BCDIC de 48 caracteres.

Em 1950, as aplicações de contabilidade na indústria foram uma importante fonte de receita da IBM. O ambiente típico da utilização dos cartões perfurados era constituído por três máquinas: 1- Perfuradora/impressora IBM 026; 2- Separador⁴ (*sorter*) IBM 082 e 3- Máquina de contabilidade/impressora IBM 403. Os dados eram passados para cartões pelo operador, os resultados intermédios eram registados em cartões e o resultado final do cálculo era apresentado numa folha de papel (banda de papel).



Em 1951, a IBM construiu o seu primeiro computador – IBM 701⁵ - contratado pela Defesa dos EUA para aplicações militares, essencialmente para cálculo científico. Este computador era programado manualmente pela introdução de informação digital (bits) através de interruptores existentes no painel de controlo. Um dos programadores de simuladores de trajectórias de mísseis foi John Backus que, mais tarde, viria a criar a linguagem de programação FORTRAN.

Em 1953, a IBM introduziu a primeira máquina computacional dotada de disco magnético para armazenamento da informação – a [IBM 650](#). Foi a primeira máquina computacional produzida em grande escala e foi designada pela IBM como calculador automático. A esta máquina a IBM associou a perfuradora/copiadora de cartões [IBM 533](#), que permitia programar cartões para servir de entrada

⁴ - *Sorter* - separava os cartões em 13 escaninhos: 1 para os cartões com erro e 1 para cada uma das 12 linhas dos cartões.

⁵ https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/701/701_1415bx01.html

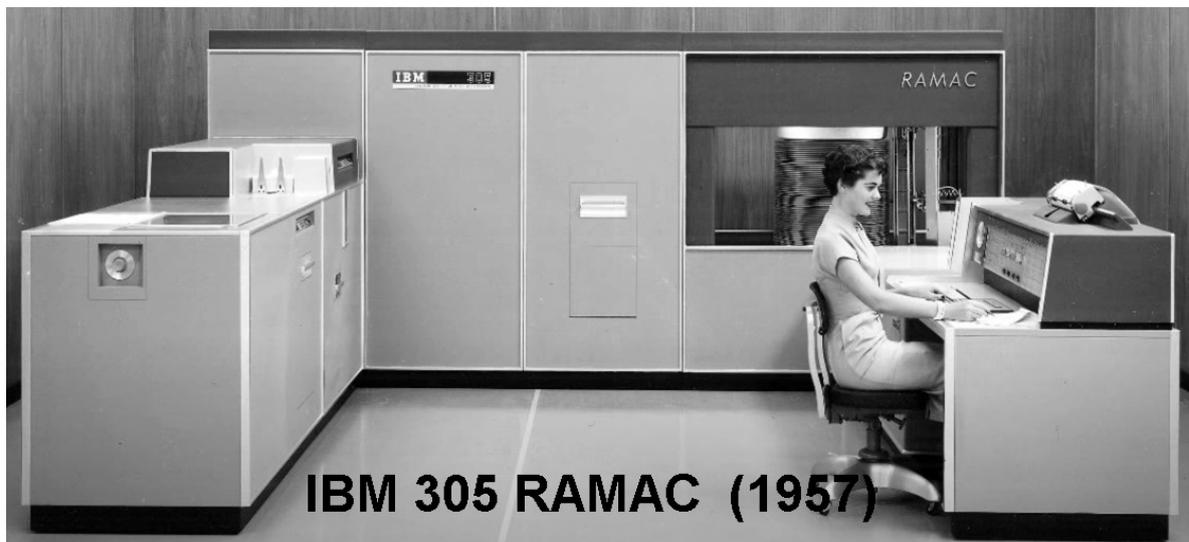
nas máquinas computacionais mas também podia ler, copiar e produzir cartões de saída ao ritmo de 200 cartões por minuto.

IBM 650 - Magnetic Drum Calculator (1953)



Em 1957, a IBM introduziu a IBM 305 que foi a primeira calculadora dotada de disco magnético com cabeça móvel, tal como hoje é frequente nos discos magnéticos, HDD, dos computadores. A IBM designou esta máquina por RAMAC. Esta sigla significa *Random Access Method of Accounting and Control*, ou seja, método de acesso aleatório para contabilidade e controlo. A IBM 305 foi a última máquina computacional baseada em válvulas eletrónicas que a empresa produziu. Os transístores começaram a ser fiáveis e a serem produzidos em grandes quantidades, pelo que a IBM interessou-se por esses novos dispositivos, [veja aqui a evolução do transístor](#).

A máquina foi equipada com uma perfuradora de cartões e, pela primeira vez, com um disco magnético capaz de guardar a informação contida em 64000 cartões perfurados. A máquina tinha 50 discos magnéticos de 610 mm de diâmetro com a capacidade total de 5 MB (cinco megabytes). Foram produzidas algumas máquinas especiais com 350 discos capazes de armazenar dados de 35 MB.



IBM 305 RAMAC (1957)

Com este computador a IBM começou um longo período de liderança na indústria de gravação magnética de dados. Os 50 discos eram lidos por dois braços mecânicos independentes servo controlados, dotados de cabeças magnéticas, que podiam aceder em cerca de 0,6 s aos dados.

A programação destes computadores era muito fastidiosa porque era feita à mão, bit a bit. Em 1957, John Backus da IBM propôs uma nova linguagem de programação imperativa, destinada a operações de cálculo científico – o Fortran⁶. O código BCDIC de 48 caracteres não era suficiente para as operações de cálculo científico e a IBM passou a usar o código EBCDIC na programação dos cartões e, em 1964, criou a perfuradora IBM 029 que foi lançada no mercado juntamente com o computador IBM 360 capaz de processar a nova linguagem de programação – o Fortran.

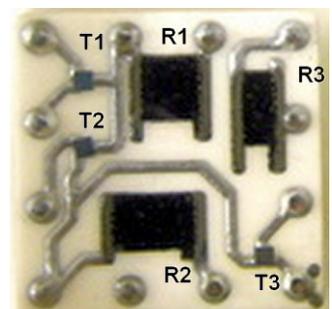


[IBM 029 no Museu Faraday do IST. Peça uma demonstração de funcionamento.](#)

O IBM 360 Modelo 44

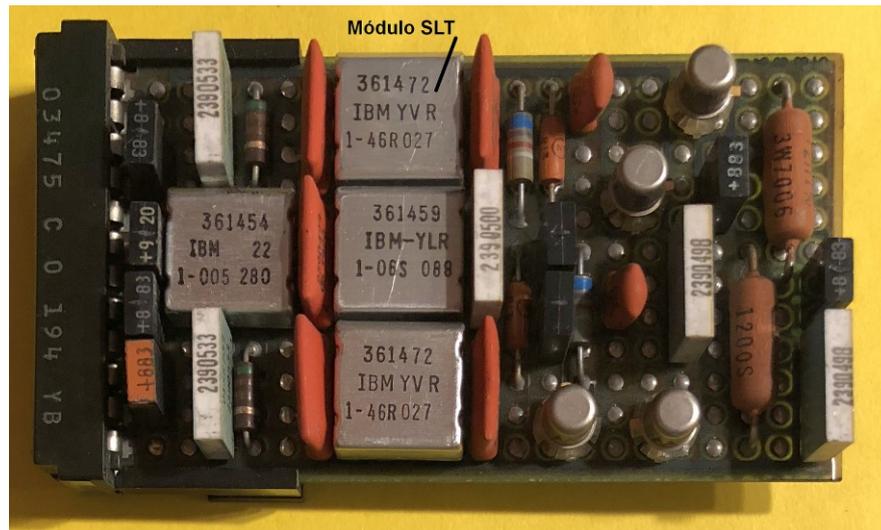
Foi um computador produzido pela IBM desde 1965 até 1974. Veja aqui um [sistema computacional baseado no IBM 360](#) destinado ao cálculo de impostos nos EUA.

No [IBM 360](#), a empresa introduziu uma série de inovações tecnológicas, nomeadamente a realização da unidade computacional com módulos de transístores discretos montados em circuito integrado híbrido, que a IBM designou por SLT (*Solid Logic Technology*). Os módulos SLT foram realizados em placas cerâmicas com ½ polegada de lado. Na figura está representado um módulo SLT, sem a cobertura de alumínio, constituído por 3 transístores T1, T2 e T3 e por 3 Resistências R1, R2 e R3. Os transístores eram soldados pela técnica [Flip Chip](#) (contactos sobre pistas condutoras impressas no substrato cerâmico). As pistas condutoras foram realizadas por pastas condutoras e as resistências por pastas resistivas usando a técnica de serigrafia (*silk screen*).



⁶ John Backus, em 1979, explicou porque desenvolveu o Fortran "*Much of my work has come from being lazy. I didn't like writing programs, and so, when I was working on the IBM 701, writing programs for computing missile trajectories, I started work on a programming system to make it easier to write programs*".

O IBM 360 usava placas eletrônicas dotadas de fichas de ligação a uma placa mãe e as placas foram realizadas com módulos híbridos SLT e outros componentes discretos.



Placa eletrônica do IBM 360 incluindo módulos SLT.
[Veja exemplos no Museu Faraday.](#)

A linha de computadores IBM 360 podia ser equipada com memória de 32 kB a 256 kB. Uma particularidade interessante é que poderiam ser carregados programas de emulação de sistemas mais antigos que permitiam que as aplicações já existentes continuassem a funcionar.



CPU do IBM 360 / 44 com painel de controlo na face frontal.

Sistema de cálculo baseado no IBM360

1- CPU, 2- Unidades de disco, 3- Unidades de banda magnética, 4- Leitor de cartões perfurados; 5- Impressora de listagem de programas e de resultados de cálculo.

[Veja aqui vídeo da IBM sobre os seus computadores dos anos 70](#)

O IBM 360/44 do IST

A aquisição do computador IBM 360/44 pelo IST deve-se ao trabalho meritório do Prof. Delgado Domingos⁷. Em 1970, na universidade e institutos de investigação o computador mais avançado e mais caro era o NCR Elliot 4100. Este computador já existia na FEUP, no LNEC e na Fundação Gulbenkian. Na proposta de aquisição do computador para o IST participaram vários concorrentes e a IBM participou com o computador IBM 1130, de gama baixa e custo mais reduzido, e com o IBM360/44. O computador 360/44 foi o escolhido. Estava dotado de 64 kB de memória, mas a IBM entregou uma unidade com 128 kB de memória e uma versão de CPU mais avançada, a meio caminho do IBM 370, que ainda estava em fase de desenvolvimento. Em 1970, o IBM 360 com 64 kB de memória de ferrite, custou 4000 contos⁸, que corresponde ao preço equivalente de 1,2 M€ em 2022. De salientar que 128 kB de memória adicional custava o mesmo preço. Dado o interesse que a IBM tinha em conseguir ter uma presença no IST, esta forneceu também as unidades de disco e de banda magnética. A IBM cedeu a crédito várias perfuradoras de cartões IBM 029 em 2ª mão, mas que foram revistas e estavam operacionais.

O IBM 360 / 44 estava dotado de compilador de Fortran, que era a linguagem de programação usada pelos alunos.

Programação de computadores com cartões perfurados

Em quase todas as empresas os programadores escreviam as instruções em folhas de papel com espaços correspondentes aos dos cartões e entregavam as folhas a funcionários especializados que operavam as perfuradoras de cartões. Por sua vez estes entregavam os programas em blocos de cartões aos operadores dos computadores.

Esta solução era impensável no IST e eram os alunos que preenchiam as folhas de programação e depois perfuravam os cartões na IBM 029, de que havia vários exemplares na entrada do Pavilhão Central do IST. Organizavam os cartões de forma sequencial correspondente à sequência de instruções que pretendiam realizar.

Normalmente o bloco de cartões era seguro por elásticos de borracha e era colocado num guichet do Centro de Cálculo. Este guichet estava dotado de uma zona de entrada de programas e de outra zona para a saída de listagem impressa dos programas e dos resultados calculados e por onde se recuperavam os cartões correspondentes.

O tempo de retorno dos resultados do programa variava normalmente entre uma e duas horas. Muitos estudantes colocavam vários blocos de cartões correspondentes a versões diferentes da programação do problema, para



Programa SENSAC em Fortran e cartões perfurados (Museu Faraday).

⁷ - José J. Delgado Domingos - <https://ciist.ist.utl.pt/docs/jddComputadoresNoEnsinoDaEngenhariaV211.pdf>

⁸ O meu Fiat 850 Spetial custou 53 contos em 1970. O IBM 360 custava cerca de 80 Fiat 850.

anteciparem a hipótese de haver erros de programação e assim tentarem reduzir o tempo médio de retorno da verificação dos programas.

Para programas com grandes dimensões era costume usar caixas de ferro para o transporte dos cartões. Na figura pode ver-se uma dessas caixas com a capacidade de mais de 2000 cartões perfurados do programa SENSAC⁹. Eu organizava os cartões sequencialmente e com uma linha inclinada desenhada sobre o topo dos cartões colocados na caixa. Através da posição desta linha escrita no bordo de cada cartão era possível determinar aproximadamente a posição do cartão dentro do programa caso essa ordem fosse acidentalmente alterada.

A partilha de computadores

Nos anos 60 os computadores tinham um preço extremamente elevado e eram muito poucos os Centros de Investigação que dispusessem de um. Na investigação era costume partilhar os computadores num regime de “*Time Sharing*”.

Este conceito foi primeiramente apresentado por John Backus da IBM no MIT em 1954 e por Bob Bemer em 1957. A ideia básica era de que os utilizadores dispunham apenas de unidades de entrada e de saída de dados e estariam remotamente ligados a um computador central distante. Esta ideia acabaria por ser patenteada em 1959 pelo britânico [Christopher Strachey](#).

Assim, o uso do computador seria optimizado porque os tempos mortos provocados pelas demoras de cada utilizador a entrar dados podia ser usado como tempo de cálculo por outro utilizador. Era costume usar Teleimpressores e Modems de transmissão de dados pela linha telefónica para aceder remotamente ao computador central.

Um exemplo típico de teleimpressor era o Teletype 33, que agora pode ver no Museu Faraday. Nestas máquinas era possível escrever os programas e armazená-los em fita perfurada de papel. Depois de elaborado, o programa poderia ser lido pela máquina a partir da fita de papel e ser transmitido por Modem para o computador remoto, reduzindo assim o tempo de interação de cada utilizador com o computador.



Teletype 33 no Museu Faraday

Em 1976, no CEAUTL (Centro de Eletrónica Aplicada da Universidade de Lisboa), nos trabalhos de investigação usávamos o computador DEC 10¹⁰ do LNEC em regime de *Time Sharing*. O terminal usado era o Teletype 33¹¹ ([veja aqui como funciona](#)) e, mais tarde o Teletype 43, fabricado pela Siemens na fábrica de Évora, ligados através de um Modem de 300 bps a um Modem existente no LNEC e que

⁹ Fiz este programa, em 1982, com a ajuda Prof. Mário Lança, que me cedeu rotinas que trouxe de Inglaterra desenvolvidas para uma máquina com 16 kB de memória mas no IBM 360 tínhamos 256 kB. Este programa permitiu calcular sensibilidades e efeito dos erros de componentes em filtros ativos passivos RLC e ativos RC, que foram muito úteis para o meu PhD.

¹⁰ A empresa Digital produziu cerca de 1500 computadores DEC 10 desde 1966 a 1983. Ao DEC 10 seguiu-se o PDP11 mais pequeno e acessível e que dominou de 1970 a 1980.

¹¹ O Teletype 33 foi uma das primeiras máquinas a usar o código ASCII.

comunicava com o computador DEC 10. Os programas podiam ser guardados em fita de papel perfurado gerada no próprio terminal.



Teletype 43, modem Centrel de 300 bps e Fax mais moderno (Museu Faraday).



IBM 029 no Museu Faraday.