



BREVÍSSIMA HISTÓRIA DO COMPUTADOR E SUAS TECNOLOGIAS – PARTE I – DO OSSO DE LEBOMBO AOS COMPUTADORES ELETROMECAÑICOS

Marco Valério Miorim Villaça¹, Reginaldo Steinbach²

Resumo: Este documento oferece, segundo a ótica dos autores e baseado nas referências encontradas na literatura, um breve relato sobre os principais eventos relacionados com a história da computação até o período que antecede o surgimento dos primeiros computadores eletrônicos à válvula. São apresentadas diversas ferramentas desenvolvidas pela humanidade que permitiram evoluções tecnológicas significativas em diversos períodos históricos. Seja realizando entalhes em ossos ou desenvolvendo complexos computadores eletromecânicos, os cientistas sempre buscaram desenvolver soluções que proporcionassem uma maior produtividade nas mais diversas ações e uma melhor qualidade de vida. Grande parte dos conceitos desenvolvidos eram demasiado complexos para o período em que foram pensados, como é o caso do Mecanismo de Antikythera e da Máquina Analítica de Babbage; em outros, como os cartões perfurados de Jacquard, a solução teve maior sucesso em uma área diferente daquela para a qual ela foi inicialmente concebida. Acompanhando o fio condutor da história, o leitor perceberá, como e por que, cada um dos dispositivos apresentados influenciou no desenvolvimento dos computadores atualmente utilizados.

Palavras-chave: História da computação. História. Computadores.

Abstract: *This document offers, according to the author's point of view and based on the reference found in the literature, a brief report about the main events related to computing history until the period that precedes the emergence of the first electronic computers with tubes. A number of tools developed by humankind are presented, that allowed massive technological leaps during a couple of historic eras. Either by making ditches in bones or developing complex electromechanical computers, scientists always sought to develop solutions that provide more productivity in the most diverse actions and a better quality of life. Most part of the concepts developed were too complex to the period when they were thought, for example, the Antikythera Mechanism and Babbage's Analytical Machine and, in other cases, the punched cards of Jacquard, the solution had most success in a different area for which it was originally intended. Following the conductor thread of history, the reader will realize how and why each one of the devices presented influenced the development of modern computers.*

Keywords: History of computing. History. Computers.

¹ Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), campus Florianópolis, IFSC <mvillaca@ifsc.edu.br>.

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), campus Florianópolis, IFSC <reginaldo.steinbach@ifsc.edu.br>.

1. INTRODUÇÃO

As ideias que levaram à concepção dos primeiros computadores evoluíram ao longo de centenas de anos, com contribuições de muitas pessoas de diferentes nacionalidades, geralmente estendendo trabalhos anteriores. O que hoje são chamados computadores, começaram a ser desenvolvidos a partir do século XVII. Porém, dois dispositivos antigos, o ábaco e o mecanismo de

Antikythera, podem ser considerados precursores legítimos da tecnologia da computação.

Motivados pelo crescimento da investigação científica na área da astronomia e pela necessidade de facilitar cálculos monetários, inventores e filósofos europeus do século XVII desenvolveram a régua de cálculo e as calculadoras mecânicas. Embora fossem dispositivos engenhosos, eles não eram computadores, pois lhes faltava uma memória, onde a informação pudesse ser armazenada em uma

forma legível pela máquina, e não eram programáveis, ou seja, uma sequência de operações não podia ser realizada sem a intervenção humana.

Após um século inteiro sem o registro de uma inovação nos dispositivos de cálculo, em 1834, um grande passo foi dado na Inglaterra vitoriana por Charles Babbage (1791 – 1871), ao perceber que cartões perfurados utilizados na automatização de um tear no início do século XIX podiam ser usados para representar dados e instruções para a solução de problemas.

No final do século XIX, Herman Hollerith (1860 – 1929) inaugurou o processamento de dados em grande escala ao desenvolver um método automatizado com cartões perfurados para contabilizar os dados do censo norte-americano. Entretanto, a era do computador só inicia próximo à eclosão da Segunda Guerra Mundial, com um artigo publicado pelo britânico Alan Mathison Turing (1912 – 1954), no qual ele apresenta a ideia de programa armazenado e um poderoso e sofisticado formalismo sobre o qual se edificaria a futura ciência da computação, e com a concepção e construção dos computadores Z1, em Berlim, e Mark I, na universidade de Harvard.

Na sequência, este texto detalha os principais eventos relacionados com a história da computação até o período que antecede o surgimento dos computadores motivados pela eclosão da segunda guerra – os primeiros computadores eletrônicos à válvula.

2. DISPOSITIVOS ANTIGOS

É difícil precisar como ou quando os primeiros seres humanos desenvolveram a capacidade de contar. Tudo que se sabe é que esse é um processo muito antigo. A mais antiga ferramenta matemática é o osso de Lebombo, encontrado em 1970 na fronteira entre a Suazilândia e a África do Sul e com idade estimada de cerca de 37.000 anos. O osso de Lebombo tem 29 entalhes que podem estar relacionados com as fases da lua, uma vez que o mês lunar tem 28 dias.

Em 1960, o pesquisador belga Jean de Heinzelin de Braucourt (1920 – 1998) descobriu um osso em uma vila de pescadores chamada Ishango, em uma nascente do rio Nilo, na fronteira entre o Congo e a Uganda. O osso de Ishango (Figura 1), como ficou conhecido, tem entalhes que parecem formar padrões mais complexos que o osso de Lebombo, sendo por isso, considerada a primeira ferramenta matemática avançada da espécie

humana. Sua idade estimada é de cerca de 20.000 anos (FANTHORPE, 2013, p. 30-31).



FIGURA 1 – Diferentes pontos de vista do osso de Ishango, um artefato matemático com cerca de 20.000 anos (THE LIVING MOON, 2011).

2.1. O Ábaco

De origem controversa, o ábaco é um antigo dispositivo de computação encontrado em quase todas as populações por toda parte no planeta e em diversos modelos. A palavra ábaco originou-se da latina *abacus*, que por sua vez tem origem no termo grego *αβακος* inflexão da forma genitiva *αβαξ*, representando uma tabuleta de cálculo coberta com pó, possivelmente derivada da palavra hebraica *אבן* (*āvāq*), que significa pó ou uma tabuleta de cálculo coberta com pó ou areia. Com o tempo, os ábacos de areia ou pó, deram lugar a uma mesa na qual foram organizados fragmentos de pedras ou discos em linhas para indicar números (KOJIMA, 1954, p. 23).

O mais antigo exemplo preservado de um ábaco é a tabuleta de Salamis (Figura 2), encontrado na metade do século XX na ilha grega de Salamis e que, atualmente, está em exposição no *Epigraphical Museum* de Atenas. Ela é uma placa de mármore branco de aproximadamente 149 cm de comprimento, 75 mm de largura e 4,5 cm de espessura (MENNINGER, 1992 p. 300), cujas linhas gravadas na pedra poderiam ser usadas em conjunto com fragmentos de pedra para realizar operações de adição, subtração, multiplicação ou divisão.

Os romanos desenvolveram seu ábaco portátil, o mais antigo exemplo de um “computador portátil”, para ser utilizado por mercadores, coletores de impostos, engenheiros e arquitetos, dentre outras profissões. O modelo que se encontra no *Museo delle Terme*, em Roma, é feito de uma placa de bronze de cerca de 11,5 × 9 mm, na qual são esculpidas nove ranhuras longas e oito curtas (ROSSI, 2009). O ábaco real é mostrado na Figura 3 e o seu *layout* com a representação do número 0, na Figura 4, e do número 52.178 na Figura 5.

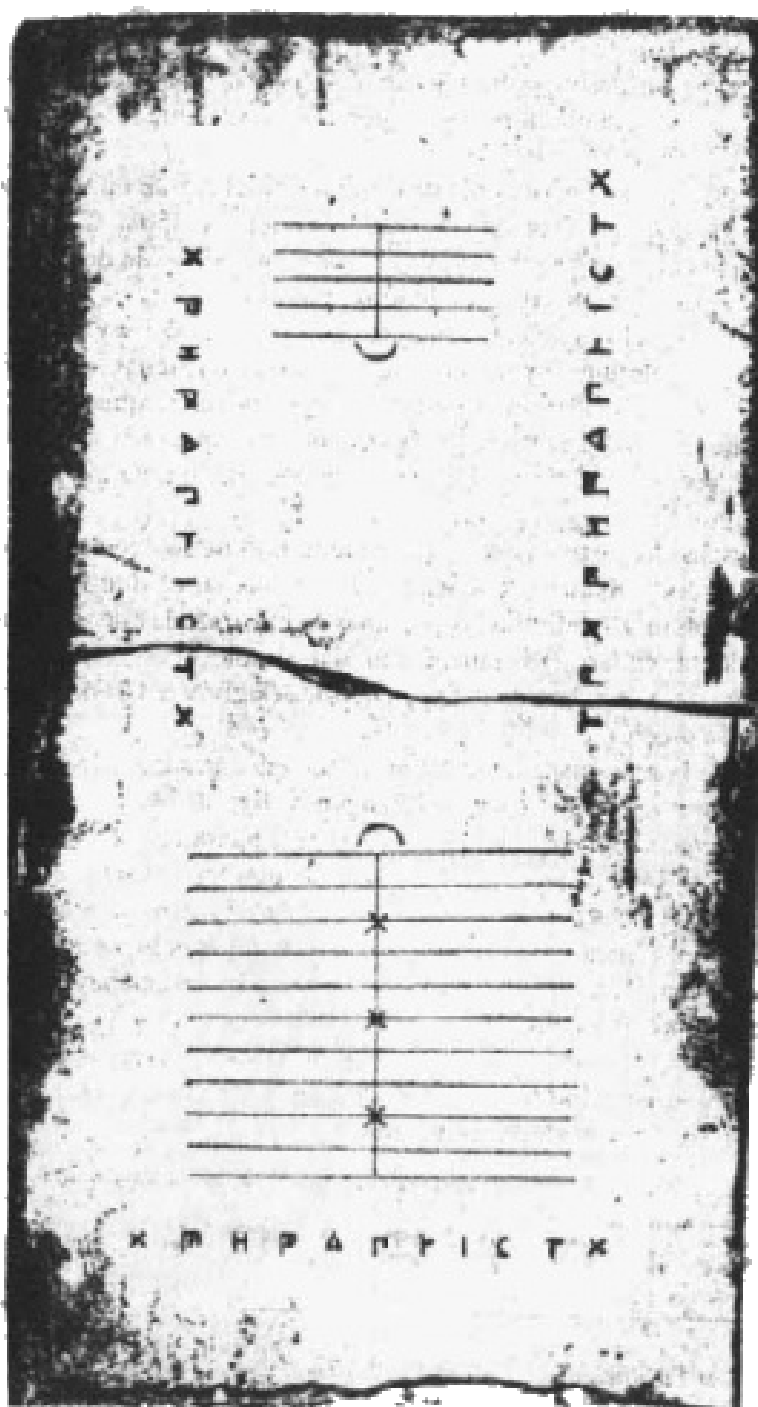


FIGURA 1 – Tabuleta de Salamis: as linhas gravadas na pedra poderiam ser usadas em conjunto com fragmentos de pedra para realizar adição, subtração, multiplicação ou divisão (IFRAH, 2000, p. 201).

Conforme pode ser visto no *layout* da Figura 4, sobre a superfície, entre duas fileiras de ranhuras são gravados os símbolos romanos que representam os números inteiros. Em cada uma das ranhuras inferiores são colocadas quatro contas, exceto na segunda a partir da direita em que são colocadas cinco contas, nas superiores são colocadas uma única conta. Nos primeiros sete conjuntos de ranhuras, a partir da esquerda, nas inferiores, os botões representam unidades, dezenas, centenas, etc., até milhões; nas ranhuras superiores, a única conta representa cinco unidades de mesmo valor da ranhura inferior correspondente. O oitavo conjunto

de ranhuras representa a onça³ (O – *uncia*), com cada conta da parte inferior representando um doze avos da onça (*semisextula*) e na superior, seis doze avos da onça ou meia onça. Na nona ranhura, os símbolos representam uma fração da onça: metade (S – *semuncia*), um quarto (O – *sicilicus*) e um sexto (Z – *sextula*).

³ As frações romanas eram de base 12. O *as*, originalmente, uma moeda de cobre pesando uma libra, era dividida em doze *unciae*, plural de *uncia*, o termo latino para onça (CAJORI, 2007, p.40).

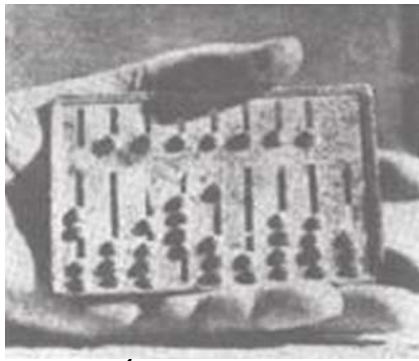


FIGURA 3 – Ábaco portátil romano que se encontra no Museo delle Terme, em Roma (MENNINGER, 1992, p. 305).

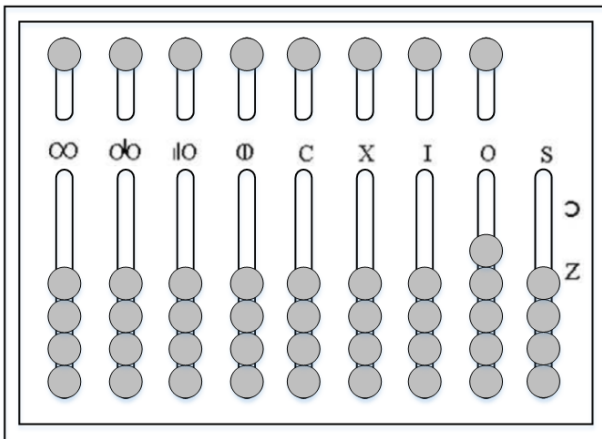


FIGURA 4 – Layout de um ábaco portátil romano representando o número 0.

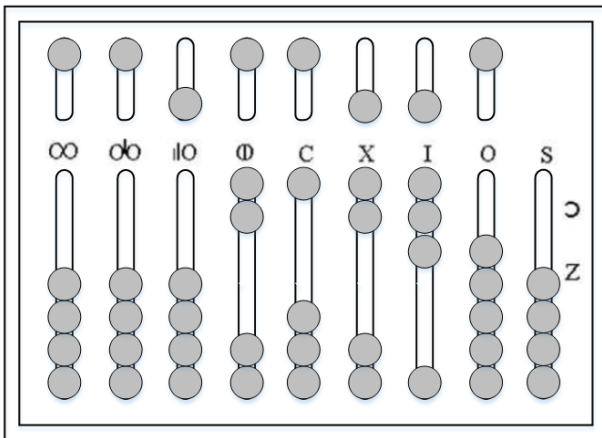


FIGURA 5 – Layout de um ábaco portátil romano representando o número 52.178.

2.2. Mecanismo de Antikythera

Em 1901, um pedaço de bronze (Figura 6) com aproximadamente 2.000 anos foi encontrado em um antigo barco grego naufragado próximo à ilha de Antikythera. Mais tarde, o achado foi levado para o *National Archaeological Museum* de Atenas onde não recebeu a devida atenção até 1928, quando foi identificado como parte de um dispositivo complexo com engrenagens e escalas pelo almirante Jean Theophanidis. Theophanidis propôs uma reconstrução com projeção estereográfica sugerindo

que o dispositivo era um astrolábio (ROSSI, 2009, p. 47).



FIGURA 6 – Principal fragmento do mecanismo de Antikythera, em exposição no National Archaeological Museum em Atenas. Sobreviveram, ao todo, 82 fragmentos (COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2014a). Foto de Rien van de Weygaert.

Em 1951, o Professor Derek de Solla Price (1922 – 1983) iniciou uma profunda investigação do mecanismo relatada no livro *Gears from the Greeks* (SOLLA PRICE, 1975) e no artigo *Ancient Greek Computer* da revista *Scientific American* (SOLLA PRICE, 1959), na qual supôs que o mecanismo parece ter sido um dispositivo construído para calcular os movimentos de estrelas e planetas. O modelo baseado em seu trabalho foi construído, na década de 1980, por Robert Deroski e doado por Price ao *National Archaeological Museum* em Atenas.

Adams (2010, p. 120) destaca que quem construiu o mecanismo de Antikythera

[...] sem dúvida estava espetacularmente à frente de seu tempo [uma vez que] o conceito de engrenagens diferenciais só seria redescoberto no século XVI, e a complexidade e o tamanho diminuto dos seus componentes são comparáveis aos melhores relógios do século XVIII.

Atualmente, o mecanismo está sendo estudado pelo *Antikythera Mechanism Research*, uma equipe internacional de cientistas apoiados por empresas de alta tecnologia de destaque no mundo, que visa reavaliar completamente a função e importância do mecanismo de Antikythera. Tony Freeth e seus colegas (FREETH, 2009) detalham as investigações da equipe multidisciplinar que, usando a tomografia computadorizada tridimensional por raios X, obtiveram visões internas dos restos do mecanismo

de Antikythera que permitiram a reconstrução de grande parte do dispositivo (Figura 7).

Eles esclarecem a função dos mostradores da parte dianteira e da parte traseira do mecanismo: a parte da frente continha graduações para o zodíaco e o calendário solar, e indicadores para a data selecionada, a posição do Sol e da Lua em relação

aos signos do zodíaco grego e um indicador para mostrar as fases da lua. Os mostradores de trás indicam o tempo em termos de ciclos astronômicos: Metônico, Calípico e Saros. O ciclo de Saros, por exemplo, permitia prever a ocorrência de um eclipse, seja lunar ou solar.

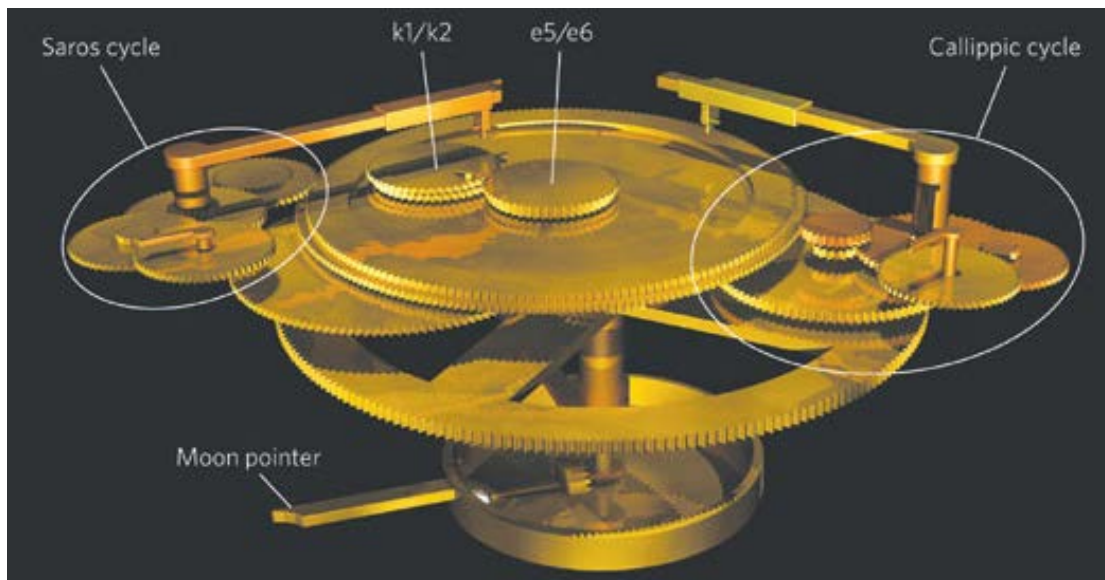


FIGURA 7 – Visão da parte traseira da reconstrução por computador de Tony Freeth e colegas do mecanismo de Antikythera, na qual se visualizam as partes do mecanismo utilizadas para simular os ciclo de Saros e Calípico e indicar a posição da lua (CHARRETE, 2006, p. 551).

Na página oficial do *Antikythera Mechanism Research Project*⁴, são disponibilizados, além de informações sobre o andamento do projeto, modelos computacionais do mecanismo e uma aplicação de simulação para plataforma Android.

3. CALCULADORAS MECÂNICAS

3.1. Os logaritmos e os primeiros dispositivos mecânicos de cálculo

3.1.1. Ossos de Napier

Com o objetivo de simplificar os cálculos, John Napier of Merchiston (1550 – 1617) introduz o logaritmo em 1614. Por causa de problemas de saúde, ele passa o trabalho de desenvolver os logaritmos de base 10 para o seu amigo Henry Briggs (1561 – 1630), professor de matemática de Oxford (NAPIER, 1617). Pensando em aliviar as suas próprias dificuldades em calcular tabelas logarítmicas, e impaciente com o processo tedioso e propenso a erros de trabalhar com grandes números, Napier inventou vários métodos mecânicos para simplificar e acelerar a multiplicação, sendo o mais famoso, bastões especiais, mais tarde conhecidos como ossos de Napier (Figura 8). Ele publicou uma descrição deste método em seu livro póstumo

Rabdologia seu Numerationis per Virgulas libri duo, título derivado do grego *ραβδος* (bastão) e *λόγος* (palavra).



FIGURA 8 – Barras de Napier (COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2014b). Foto de Mark Richards.

O método de multiplicação utilizado pelos ossos de Napier aparece no livro *Treviso Arithmetic* (1478), o mais antigo exemplo conhecido de um

⁴ Disponível em: <<http://www.antikythera-mechanism.gr>>.

livro impresso sobre aritmética. O trabalho, impresso em Treviso na Itália, não tem título e o nome do autor não é encontrado em qualquer lugar do livro. A Figura 9 mostra uma página do livro, na qual se pode notar que o resultado da operação

934 x 314, 293.276, é obtido na configuração do centro da página, adicionando-se os valores da matriz ao longo diagonais, começando a partir do canto inferior direito, transportando o “vai um” (carry) para a próxima diagonal quando for o caso.

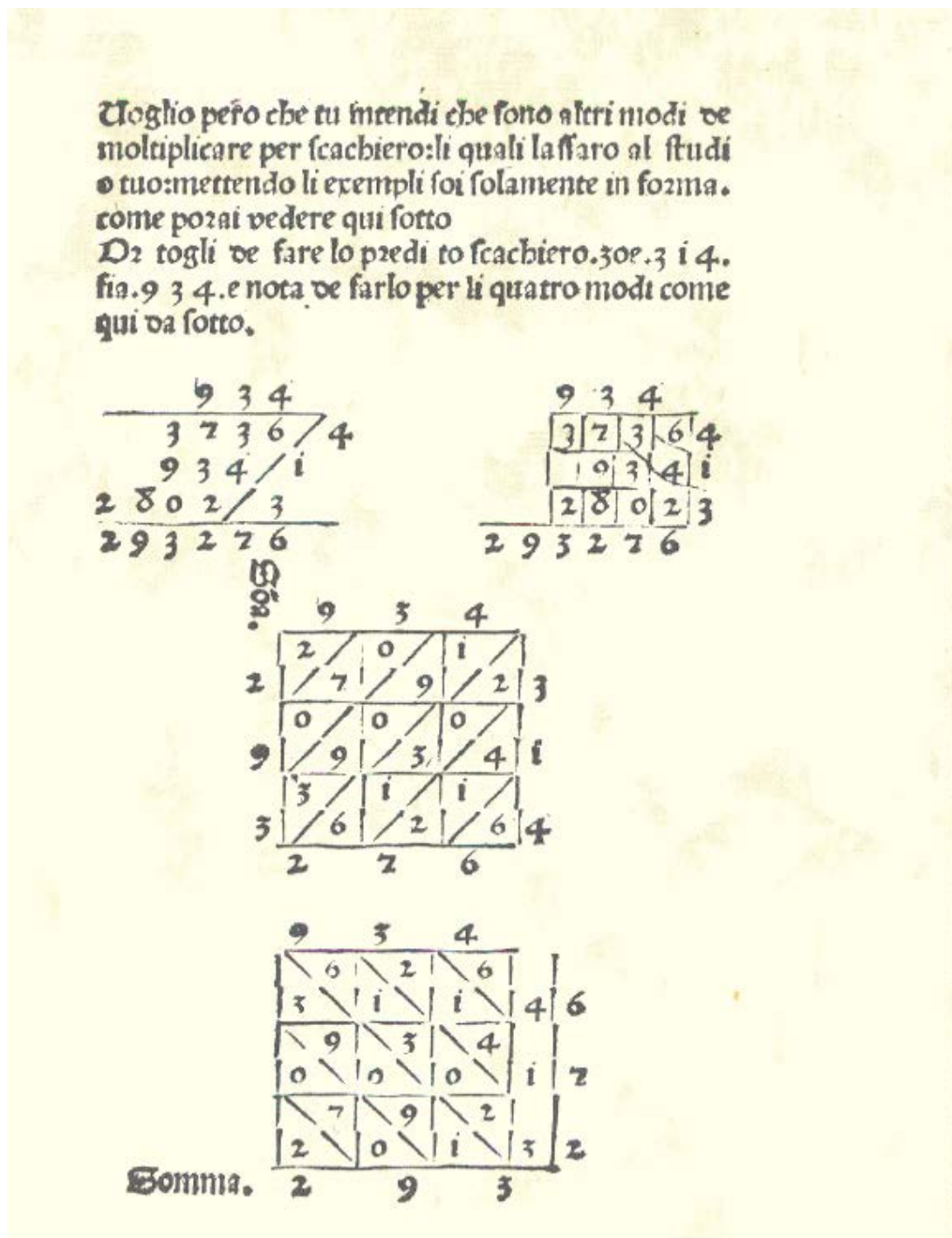


FIGURA 9 – Página do livro *Treviso Arithmetic*, ilustrando a multiplicação de 934 por 314 (ANÔNIMO, 1478).

A mesma multiplicação pode ser feita sobre os ossos de Napier, alinhando os bastões para 9, 3 e 4, e olhando horizontalmente ao longo das linhas dos índices 3, 1 e 4 para formar os produtos parciais a serem adicionados, conforme é ilustrado pela Figura 10.

3.1.2. Régua de Cálculo

A partir dos logaritmos de Napier e da invenção, em 1620, das escalas logarítmicas por Edmund Gunter (1581 – 1626), William Oughtred (1574 – 1660) inventou as régua de cálculo

retangular móvel e circular por volta de 1622, mas publicou a descrição destas apenas em 1632. A régua de cálculo ganhou a sua forma atual por volta do ano de 1650 (Figura 11).

As escalas de uma régua de cálculo são logarítmicas, ou seja, os espaçamentos entre as divisões se tornam mais próximos quando os valores aumentam. Por ter escalas logarítmicas, a régua de cálculo é capaz de fazer a multiplicação e a divisão em vez de adição e subtração. Para entender essa característica, compare os dois conjuntos de escalas, uma linear e outra logarítmica, mostrados na Figura 12. Em ambos os casos, o índice da esquerda X:1 ou C:1 é posicionado sobre Y:2 ou D:2. Em uma escala linear o valor de qualquer número da escala X lido em Y é incrementado em 1; em uma escala logarítmica, o valor de qualquer número da escala de C lido na escala D é multiplicado por 2.

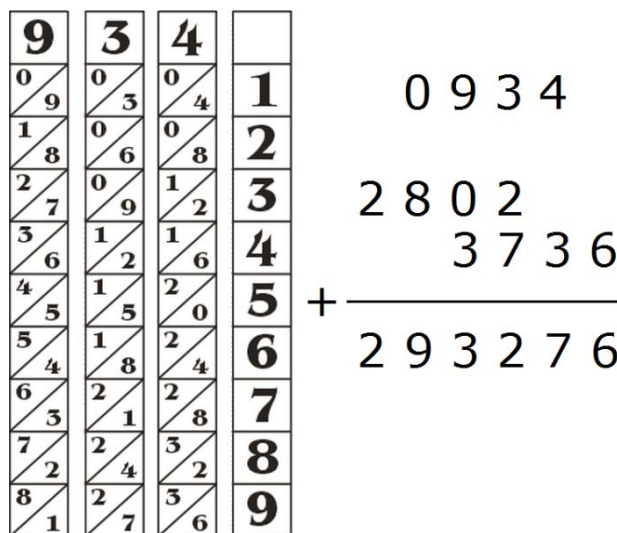


FIGURA 10 – Multiplicação com ossos de Napier.

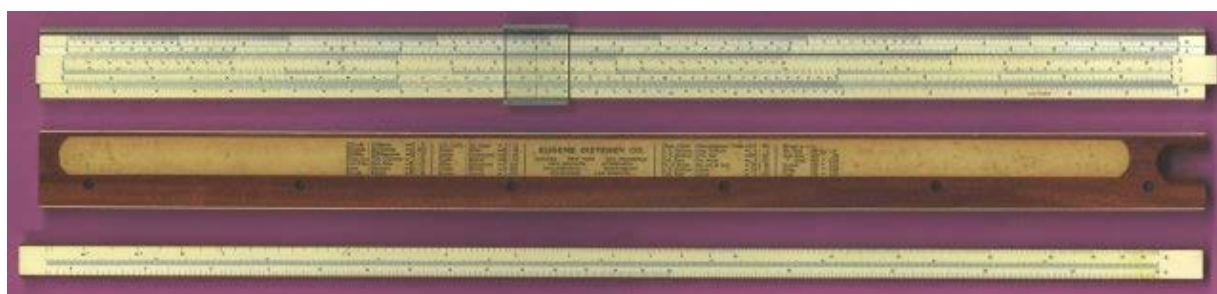


FIGURA 11 – Régua de cálculo norte-americana do final do século XIX (SLIDE RULE MUSEUM, 2014).

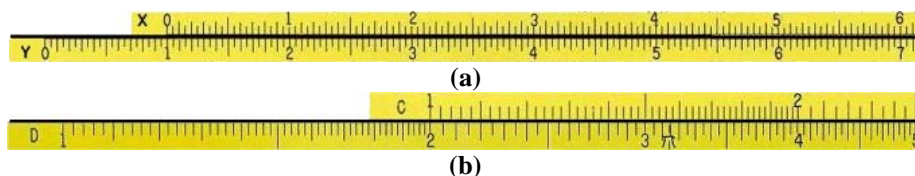


FIGURA 12 – Escalas linear e logarítmica.

Segundo a Oughtred Society (2013), a régua de cálculo, desempenhou papel fundamental na Revolução Industrial, pois...

[...] de 1625 a 1800, os primeiros 175 anos depois de sua invenção, registraram-se 40 tipos de régua de cálculo. Os próximos 100 anos, de 1800 a 1899, viram a criação de 250 tipos de régua de cálculo por diversos fabricantes. (OUGHTRED SOCIETY, 2013, a tradução é nossa).

A invenção da calculadora de bolso em 1969 significou o fim da régua de cálculo, dispositivo que durante séculos, tornou os cálculos mais fáceis para matemáticos, físicos, engenheiros e outros profissionais.

A régua de cálculo tem uma ascendência longa e distinta, [...] de William Oughtred em 1622 para as missões Apollo na Lua, [...] um período de três séculos e meio, [...] ela foi usado para realizar cálculos de projeto para praticamente todas as

grandes estruturas construídas na terra durante esse longo período de nossa história [...], um legado incrível para algo tão simples mecanicamente. (OUGHTRED SOCIETY, 2013, a tradução é nossa).

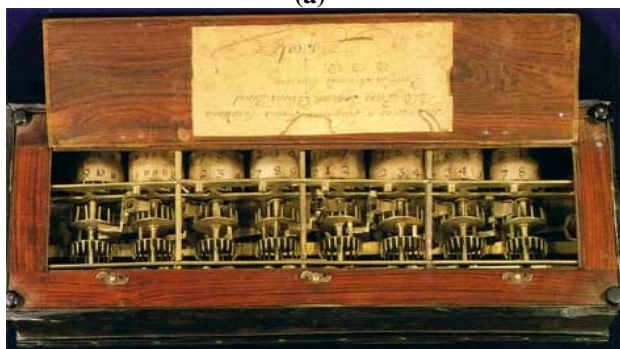
3.2. As calculadoras mecânicas de Pascal e Schickard

Com o objetivo de ajudar o seu pai Étienne Pascal na cobrança de impostos, em 1642, o filósofo francês Blaise Pascal (1623 – 1662) inventa uma calculadora mecânica, mais tarde batizada de Pascaline, capaz de adicionar e subtrair dois números diretamente e multiplicar e dividir por repetição. Com 22 anos, Pascal (1645) apresenta seu trabalho aos seus contemporâneos em um anúncio de 18 páginas. A Pascaline funciona através da contagem do número de rotações dos discos e conta com um mecanismo de alavanca para transmitir o “vai um” de um disco que faz uma volta completa para o outro da sua esquerda. Cerca de 50 destas máquinas foram construídas, das quais 8

ainda se encontram preservadas, a maioria delas são mantidas no *Conservatoire National du Musée de Artes et Métiers* em Paris (KETELAARS, 2001, p. 3).



(a)



(b)

FIGURA 13 – (a) uma Pascaline de 1652 (© Musée des Arts et Métiers, Paris) e (b) detalhe de uma Pascaline aberta na qual se pode observar as engrenagens e os cilindros que giram para mostrar o resultado numérico (HISTORY OF COMPUTERS, 2014a).

Pascal foi a segunda pessoa conhecida a criar uma calculadora, já que, em 1623, ao que tudo indica, o alemão Wilhelm Schickard (1592 – 1635) construiu uma espécie de calculadora mecânica: o “Relógio de Calcular” (Figura 14). Entretanto, nunca foi encontrada nenhuma máquina cuja fabricação foi realizada ou supervisionada por Schickard. Entre os anos de 1623 e 1624, Schickard enviou duas cartas ao astrônomo Johannes Kepler nas quais esboçava o desenho de uma máquina e explicava como ela poderia ser utilizada para calcular tabelas astronômicas (IGARASHI, 2014, p. 86).

O Relógio de Calcular era composto de três partes principais, a saber, um dispositivo de multiplicação, um mecanismo para a gravação dos resultados intermediários e um dispositivo de adição de seis dígitos decimais. O dispositivo de multiplicação usava seis cilindros verticais com números inscritos, como nas barras de Napier.

Antes Schickard e Pascal, Leonardo da Vinci (1452 – 1519) desenhou calculadores mecânicos com engrenagens, porém, aparentemente, nunca

construiu nenhuma. O *Codex⁵ Madrid I* e o *Codex Madrid II* são dois cadernos, diferentes em conteúdo, que foram desenhados por da Vinci em sua característica letra especular. No *Codex Madrid I*, o primeiro e mais completo tratado de mecânica e estática da Renascença, da Vinci esboça um mecanismo que, muito provavelmente, foi concebido para fins de cálculo (Figura 15). Comparando este diagrama com um diagrama similar do *Codex Atlanticus* e auxiliado pelas notas de da Vinci, Roberto Guatelli⁶ construiu, patrocinado pela IBM, uma réplica da suposta máquina de calcular em 1967. Entretanto, outros estudiosos alegam que não há nenhuma evidência de que a máquina representada no esboço de Da Vinci foi concebida para manipular números. Muitos acreditam que é a representação de um sistema de redução de engrenagens (STRICKLAND, 2012a, p. 3).



FIGURA 14 – Uma réplica da máquina de Schickard criada por Bruno V. Freytag Löringhoff em 1960 (© Universität Tübingen) (HISTORY OF COMPUTERS, 2014b).

3.3. Leibniz e o sistema binário

O filósofo alemão Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 – 1716), em seus tratados, *De Progressione Dyadica*, de 1679, e *Explicação da Aritmética Binária*, de 1703, discorre que os processos de computação podem ser facilitados utilizando-se a codificação de números binários. Em *De Progressione Dyadica*, Leibniz descreve uma máquina de calcular que opera através do sistema binário: uma máquina sem rodas ou cilindros –

⁵ *Codex* é uma palavra latina utilizada para designar um manuscrito em pergaminho no formato de livro.

⁶ Guatelli construiu também uma réplica de uma Pascaline, dentre muitas outras (STRICKLAND, 2012b, p. 2).

apenas usando bolas, buracos, varas e canais para o transporte das bolas (BAUER, 2010, p .15). Em 1704, em *Novos Ensaio Sobre o Entendimento Humano*, Leibniz (1996, 27, §9) admite a possibilidade lógica de uma máquina, um mero agregado de matéria, possuir consciência. Mais tarde, na seção 17 da *Monadologia*, 1714, Leibniz pede que se imagine um sistema físico, uma máquina, que se comporta de tal forma que supostamente pensa e tem percepções:

Ademais, deve-se confessar que a Percepção, e aquilo que dela depende, é inexplicável por razões mecânicas, isto é, por figuras e movimentos. Imaginando-se que há uma máquina cuja estrutura a faça pensar, sentir e perceber, poder-se-a, guardadas as mesmas proporções, concebê-la ampliada de sorte que se possa nela entrar como em um moinho. Admitido isso, lá não encontraremos, se a visitarmos por dentro, senão peças impulsionando-se umas às outras, e nada que explique uma percepção. Portanto, essa explicação deve ser procurada na substância simples e não no composto ou na máquina. (LEIBNIZ, 2009, p. 27-28).

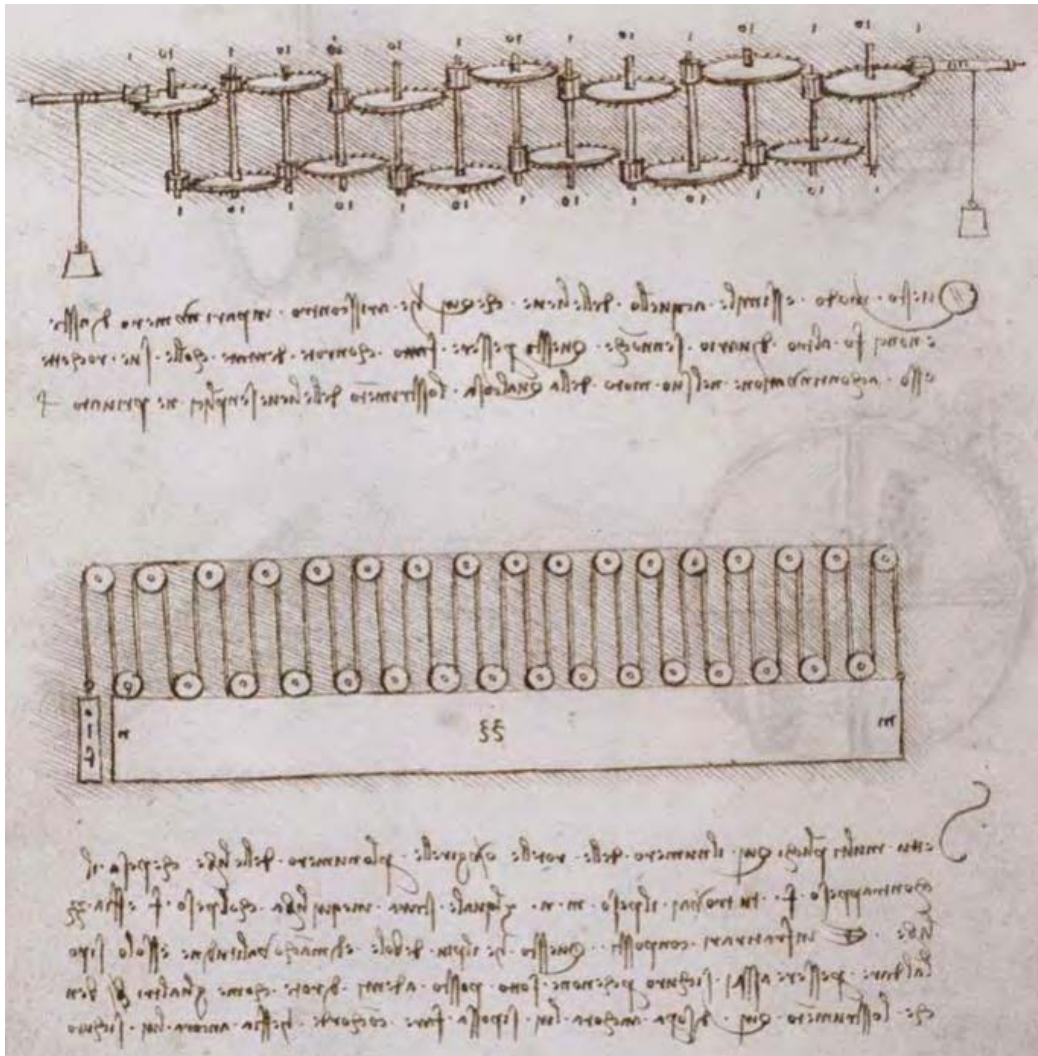


FIGURA 15 – Esboço de um a calculadora mecânica desenhado por Da Vinci (DA VINCI, 1943).

Poucos anos após Pascal e conhecendo o trabalho deste, Leibniz concebeu (1673) e construiu (1694) a primeira máquina projetada para multiplicar (Figura 16). Ao invés de engrenagens, empregava um criativo sistema de cilindros dentados com comprimentos crescentes deslizando cada um sobre o seu eixo. O multiplicador é registrado de uma única vez no início da operação e pode, então, ser adicionado a si próprio quantas vezes for desejado. O mecanismo é composto para cada ordem de unidades de um cilindro com 9 dentes de comprimentos crescentes. Este cilindro

pode deslizar ao longo do seu eixo. De acordo com a sua posição, uma revolução do cilindro faz girar uma engrenagem em um número de dentes que vai de zero a nove. O mecanismo de cilindro escalonado é representado em 3D na Figura 17.

O protótipo da máquina funcionou, porém não era confiável, ele

[...] falhava aos transportar um carry através de vários dígitos: enquanto ele conseguia mover o carry de 09 para 10, ele não conseguia movê-lo de 999 para 1000 sem a intervenção do operador. (SNYDER, 2011, p. 77).

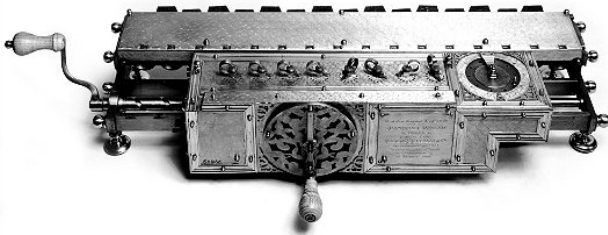


FIGURA 16 – Calculadora de cilindro escalonado de Leibniz, *Deutsches Museum, Munique* (COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2014c).

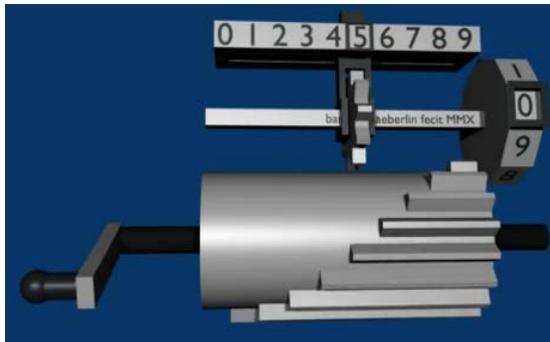


FIGURA 17 – Mecanismo de cilindro escalonado em 3D (YOUTUBE, 2014).

O *Arithometer*, uma modificação da calculadora de Leibniz, criada pelo executivo francês Charles Xavier Thomas de Colmar (1785 – 1870) em 1820, foi primeira máquina que obteve sucesso comercial na Europa, onde vendeu centenas de unidades:

[...] as calculadoras de Colmar permaneceram em uso até a Primeira Guerra Mundial, quando dispositivos menores, frequentemente com mais funções, finalmente as substituíram. (CORTADA, 2000, p. 28).

4. BABBAGE E SUAS MÁQUINAS

4.1. O Século XVIII e o desenvolvimento da tecnologia mecânica

O século XVIII não registrou nenhuma inovação nos dispositivos de cálculo, entretanto um grande avanço ocorreu no campo correlato da relojoaria, no qual uma demanda por maior precisão estimulou a usinagem mais precisa de engrenagens e de pequenos mecanismos. Foi justamente este desenvolvimento da mecânica fina que estimulou o matemático britânico Charles Babbage a desenvolver suas máquinas.

4.2. O cartão perfurado e o tear de Jacquard

Os dispositivos de cálculo do século XVII foram os únicos exemplos notáveis até o ano de 1801, quando o francês Joseph Marie Jacquard (1752 – 1834) inventou um tear mecânico (Figura 18) que poderia basear sua trama, e, portanto, o

desenho sobre o tecido, em um padrão lido automaticamente a partir de cartões de papelão perfurados unidos em uma longa fila por uma corda (Figura 19). Em 1805, o tear Jacquard foi aperfeiçoado e colocado em uso regular nas fábricas de seda de Lyon (CONDRA, 2008, p. 21).

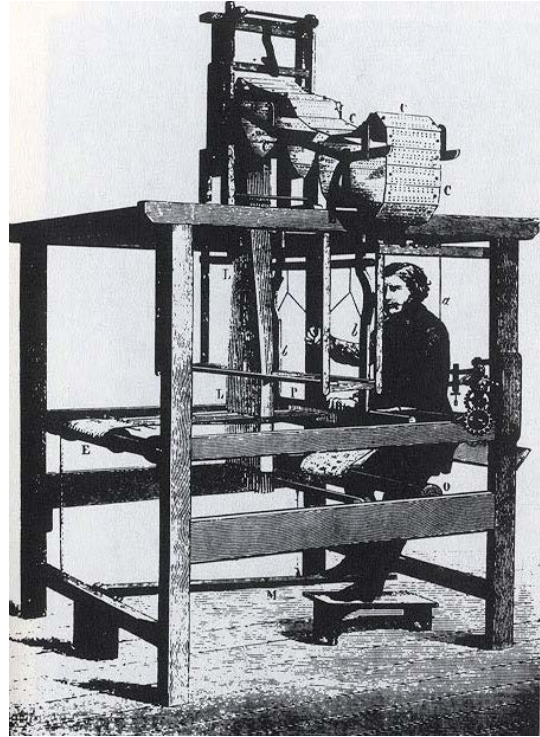


FIGURA 18 – Ilustração do tear de Jacquard (HISTORY OF COMPUTER, 2014c).



FIGURA 19 – Sequência de cartões de Jacquard (JONES, 2012).

Descendentes desses cartões perfurados têm sido utilizados desde então, servindo de modelo para armazenar dados e programas em computadores. O tear programável de Jacquard desempenhou um papel muito importante não só para a indústria têxtil, mas também serviu de inspiração para Charles Babbage desenvolver as suas máquinas. Em *Passages From the Life of a Philosopher*, sua autobiografia publicada em 1864, Babbage escreve:

É um fato conhecido que o tear Jacquard é capaz de tecer qualquer projeto que a imaginação do homem pode conceber. É, também, prática constante, artistas qualificados serem empregado pelos fabricantes para projetar padrões. Estes padrões são então enviados para um artista peculiar que, por meio de uma determinada máquina, perfura buracos em um conjunto de cartões de papelão de maneira tal que, quando esses cartões são colocados em um tear de Jacquard, seria tecido em cima de seu produto o padrão exato projetado pelo artista. [...] A analogia da Máquina Analítica com esse processo bem conhecido é quase perfeita. (BABBAGE, 1864, p. 116-117, a tradução é nossa).

tinha que ser dividido em partes distintas simples feitas à mão. Onde era necessário computar grandes quantidades, como para estabelecer o sistema métrico no *Bureau de Cadastre* em Paris no final do século XVII, o trabalho era realizado no estilo chão de fábrica.

[Cerca] de 60 a 80 computadores humanos somava(m) e subtraía(m) números para preencher linha após linha das tabelas para o projeto de mapeamento *Tables du Cadastre*. (CAMPBELL-KELLY, 2009, p. 50).

4.3. A máquina diferencial

Muito tempo antes do surgimento de calculadoras e de computadores de mesa baratos, o árduo trabalho de resolução de grandes problemas

Na Figura 20, mostram-se computadores humanos, munidos de calculadoras eletromecânicas e régua de cálculo, trabalhando para a Aviação Norte Americana na metade do século XX.



FIGURA 20 – Computadores Humanos trabalhando com calculadoras mecânicas e régua de cálculo na Aviação Norte Americana, em Los Angeles, no início dos anos 1950 (CERUZZI, 2003, p. 2).

Em 1819, em uma visita a Paris, Charles Babbage conheceu os manuscritos não publicados das *Tables du Cadastre*. Babbage pertencia à *Royal Society*, a organização científica mais importante da Grã-Bretanha, e reconhecia a grande eficiência obtida com a divisão do trabalho mental – por várias vezes supervisionara pessoalmente a construção de tabelas para propósitos astronômicos. Quando retornou à Inglaterra, influenciado pelo projeto francês, Babbage preparou-se para construir sua Máquina Diferencial com o propósito de

melhorar a precisão das tabelas matemáticas eliminando o entediante trabalho dos computadores humanos.

A máquina diferencial baseia sua operação no método das diferenças. A beleza desse método é que ele usa apenas a adição aritmética, removendo a necessidade das operações de multiplicação e divisão, mais difíceis de implementar mecanicamente. Seja o polinômio da Equação 1, usado por Babbage para demonstrar a capacidade da máquina diferencial (WELLS, 2011, p. 77).

$$T(x) = x^2 + x + 41 \quad [1]$$

Deseja-se construir uma tabela com os valores de T em função de x . A diferença entre os valores sucessivos de T , chamada de primeira diferença, segue uma regra bastante simples, apresentada nas Equações 2.

$$\begin{aligned} D_{10}^1 &= T(1) - T(0) = 43 - 41 = 2 \\ D_{21}^1 &= T(2) - T(1) = 47 - 43 = 4 \\ D_{32}^1 &= T(3) - T(2) = 53 - 47 = 6 \end{aligned} \quad [2]$$

A diferença entre as diferenças, conhecida como segunda diferença, é notável: a segunda diferença é uma constante, apresentada na Equação 3.

$$D^2 = D_{21}^1 - D_{10}^1 = D_{32}^1 - D_{21}^1 = 2 \quad [3]$$

Com este conhecimento, a Figura 21 pode ser construída de uma forma muito simples. Observe na Figura 21, que a segunda diferença é adicionada à primeira diferença para formar uma nova diferença, conforme expresso pela Equação 4.

2ª Diferença	1ª Diferença	Polinômio	Variável
D ²	D ¹	T = x ² + x + 41	x
		41	0
	2	43	1
2	4	47	2
			3
			4

(Note: The table above is a simplified representation of the visual content in Figure 21. The original figure shows a grid with values 41, 43, 47, 53, 61 and differences 2, 4, 6, 8. Red arrows and dashed lines indicate the calculation of the next difference: 6 + 2 = 8, and 53 + 8 = 61.)

FIGURA 21 – Ilustração do método das diferenças.

$$D_{43}^1 = D_{32}^1 + D^2 = 8 \quad [4]$$

Dessa nova diferença implica a Equação 5.

$$T(4) = T(3) + 8 = 53 + 8 = 61 \quad [5]$$

O processo pode ser generalizado. No exemplo, a segunda diferença é constante porque a função T é quadrática. Se a função fosse cúbica, a segunda diferença variaria, mas a terceira diferença seria constante. Um polinômio de grau n terá uma enésima diferença constante e dada. O novo valor sucessivo da função pode ser obtido, assim, por n adições simples.

Babbage propôs a construção de sua máquina de calcular em 1822 e conseguiu o financiamento do governo em 1824. Em 1832, o engenheiro de produção de Babbage fabricou um pequeno modelo funcional de sua máquina (Figura 22). Porém, cerca de um ano e meio depois, ele reconsiderou radicalmente sua abordagem de projeto de uma máquina de calcular e abandonou a sua máquina diferencial concebendo um projeto mais arrojado – a Máquina Analítica.



FIGURA 22 – Modelo funcional da Máquina Diferencial construído em 1832 (Crédito: Science Museum). (COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2014d).

4.4. A Máquina Analítica

Enquanto a Máquina Diferencial limitava-se à tarefa de fazer tabelas, a Máquina Analítica seria capaz de realizar qualquer cálculo matemático. Como um computador moderno, teria um processador para os cálculos aritméticos (o “moinho”), memória para registrar os números (o “armazém”), e a capacidade de alterar sua função através de comandos do usuário, no caso, cartões perfurados. (CAMPBELL-KELLY, 2009, p. 51).

É importante salientar que, apesar da precedência de Jacquard, foi Babbage quem deu o salto intelectual na utilização dos cartões perfurados. No tear de Jacquard, a presença ou ausência dos furos no cartão permitia fisicamente que ganchos passassem ou fossem impedidos de passar para levantar um fio. Babbage viu que o padrão de furos podia ser usado para representar um conceito abstrato, como os comandos para a solução do problema ou os dados necessários para a sua solução. A Máquina Analítica de Babbage foi projetada em 1834, mais de 100 anos antes da ideia

de utilizar cartões perfurados para armazenar programas e dados ser incorporada aos computadores digitais e transformar-se na tecnologia dominante até meados da década de 1970, o que mostra a sua importância na história da computação.

A decisão de Babbage de abandonar a inacabada Máquina Diferencial não foi bem recebida pelo governo, que se recusou a fornecer novos recursos para que Babbage construísse a Máquina Analítica. Existe somente uma pequena porção da unidade aritmética (“moinho”) e da unidade de impressão que seu filho, Henry Babbage, completou em 1906, baseado nos mais de 200 desenhos detalhados e em escala da máquina analítica e suas partes, produzidos por Babbage (Figura 23).



FIGURA 23 – Uma parte do moinho e do mecanismo de impressão construídos por Henry Babbage (Crédito: Science Museum). (COMPUTER HISTORY MUSEUM, 2014e).

4.5. O Primeiro Programa de Computador

Segundo Burrows (2010, p. 327), Ada Byron Lovelace (1815 – 1852) criou o primeiro programa para computador. Ao traduzir em 1843, a pedido de Babbage, um artigo em francês do engenheiro italiano Federico Menabrea descrevendo a Máquina Analítica e seu princípio de operação, Ada expandiu seu conteúdo acrescentando uma série de anotações.

Em uma das anotações, “Lovelace descreve um algoritmo que permitiria que a Máquina Analítica calculasse números de Bernoulli” (BURROWS,

2010, p. 327, a tradução é nossa). Este algoritmo pode ser considerado o primeiro programa de computador. Burrows acrescenta que

[...] nem todos os historiadores dão crédito a Ada. Alguns dizem que ela apenas documentou o trabalho de Babbage e que, na melhor das hipóteses, o algoritmo foi uma obra conjunta. (BURROWS, 2010, p. 327, a tradução é nossa).

Como Babbage nunca escreveu sobre a sua máquina, pode-se afirmar com certeza que Ada foi a responsável pela primeira descrição detalhada da máquina analítica. Sua tradução comentada do artigo de Menabrea é considerada “o documento mais importante da história da computação antes do advento do computador eletrônico digital” (HOOK, 2002, p.125, a tradução é nossa).

4.6. A Máquina Diferencial II

Entre 1846 e 1848, apesar de abandonar a Máquina Diferencial e da incapacidade para construir a Máquina Analítica, Babbage projetou uma nova versão aperfeiçoada da Máquina Diferencial, três vezes mais eficiente que a sua antecessora (HOOK, 2002, p. 126). Este projeto de Babbage podia avaliar polinômios de ordem sete com 31 dígitos de precisão. Em 1991, esta máquina foi construída pela equipe do *Science Museum* de Londres a partir dos planos originais de Babbage e funcionou perfeitamente (Figura 24).

Enquanto Babbage projetava as suas máquinas com base no sistema de numeração decimal, seu contemporâneo, o matemático inglês George Boole (1815 – 1864), desenvolvia um sistema que forneceria as bases teóricas para os computadores modernos baseados no sistema de numeração binária: o sistema, nomeado em sua honra, de álgebra booleana. Seu artigo de 1847, *Mathematical Analysis of Logic* (BOOLE, 1847), lançou as bases para a publicação, em 1854, de seu livro *An Investigation of the Laws of Thought* (BOOLE, 1854), que criou a lógica matemática moderna, movendo o estudo do pensamento do domínio da filosofia para o domínio da matemática. Embora Boole, provavelmente, não previa o uso de sua álgebra em computadores, ele compreendeu a importância do seu trabalho. Em 1851, ele escreveu uma carta para o matemático inglês William Thomson (Lord Kelvin, 1824 – 1907), na qual explica:

Eu agora estou me dedicando seriamente à preparação para publicação de um relato da minha teoria de Lógica e Probabilidades que, em seu estado atual, eu considero como a mais valiosa, se não a única contribuição valiosa que eu fiz ou que provavelmente vou fazer à Ciência e aquilo pelo qual eu desejaria ser lembrado doravante. (BOOLE *apud* NILSSON, 2009).

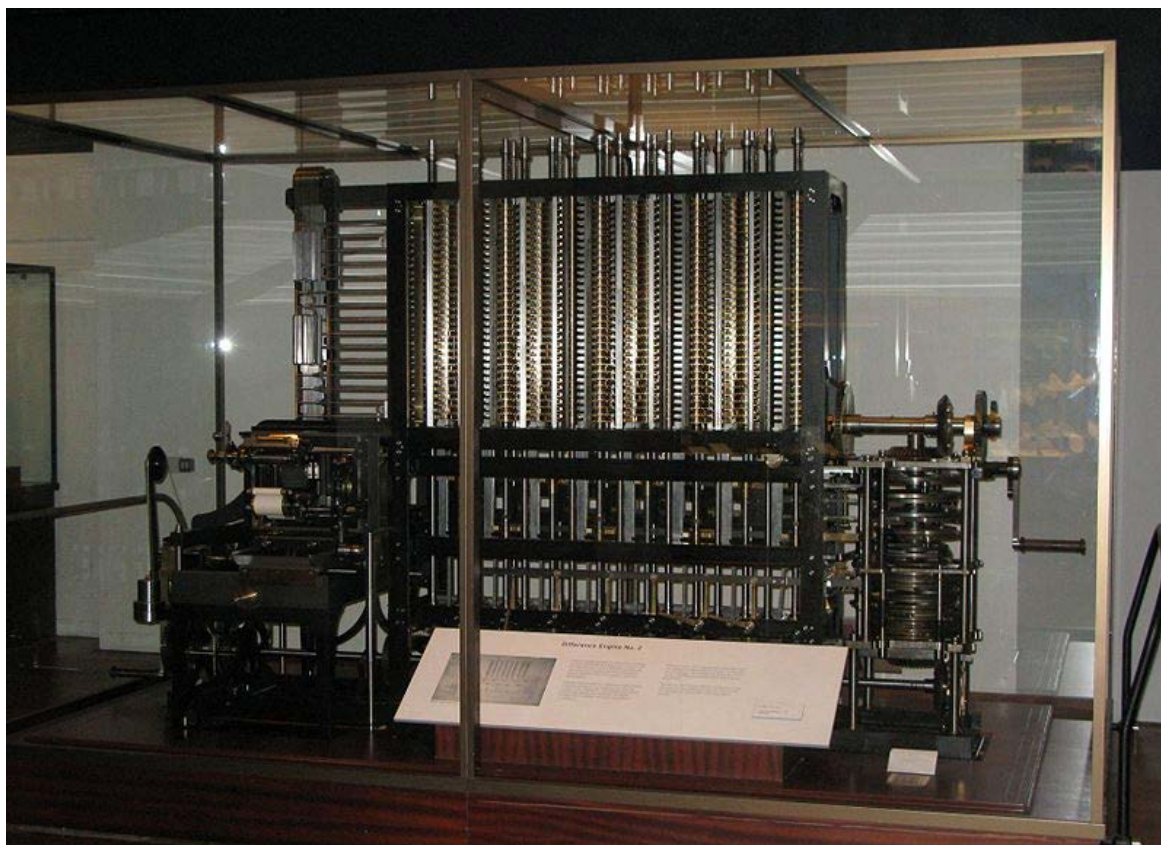


FIGURA 24 – Máquina Diferencial II construída pelo Science Museum de Londres (WIKIMEDIA COMMONS, 2014a).

Após Babbage fracassar na construção de uma máquina completa,

[...] a computação entrou no que o matemático inglês L. J. Comrie chamou de Idade das Trevas da computação digital – período que durou até a Segunda Guerra Mundial. Nessa fase, a computação por máquinas se fazia basicamente usando os chamados computadores analógicos. Esses aparelhos modelam um sistema utilizando um análogo mecânico. (CAMPBELL-KELLY, 2009, p. 51).

Entretanto, o final do século XIX registra um acontecimento importante: a entrada dos Estados Unidos na história da computação com Herman Hollerith (1860 – 1929).

4.7. Hollerith e o surgimento processamento em massa de dados

Hollerith inaugurou o processamento de dados moderno ao desenvolver um método automatizado para contabilizar os dados do censo norte-americano. Os dados do primeiro censo, em 1790, exigiram apenas 9 meses de trabalho para serem contabilizados. Entretanto, em 1880, a população tinha crescido tanto que a tabulação do censo de 1880 levou 7,5 anos. Assim, tornou-se fundamental automatizar o próximo recenseamento. A agência responsável pelo censo ofereceu um prêmio para quem desenvolvesse o melhor sistema para tabular o censo de 1890, prêmio que foi ganho por Hollerith

e a sua máquina de cartões perfurados, a Mesa de Hollerith (DHUNNA, 2010, pp. 12-13). Nas Figuras 25 e 26, são mostrados, respectivamente, a máquina de Hollerith e o modelo de cartão perfurado utilizado pela mesma.



FIGURA 25 – Mesa de Hollerith (KOPPLIN, 2002).

Informações como idade, sexo ou estado civil eram colocadas em cartões, um por pessoa, perfurando a coluna apropriada. Depois de perfurados, os cartões eram inseridos

individualmente na máquina de tabulação e lidos em uma prensa com pinos que penetravam no cartão somente em seus buracos. Cada pino que passava

por um buraco formava uma conexão elétrica, fechando um circuito e incrementando um contador indicador.

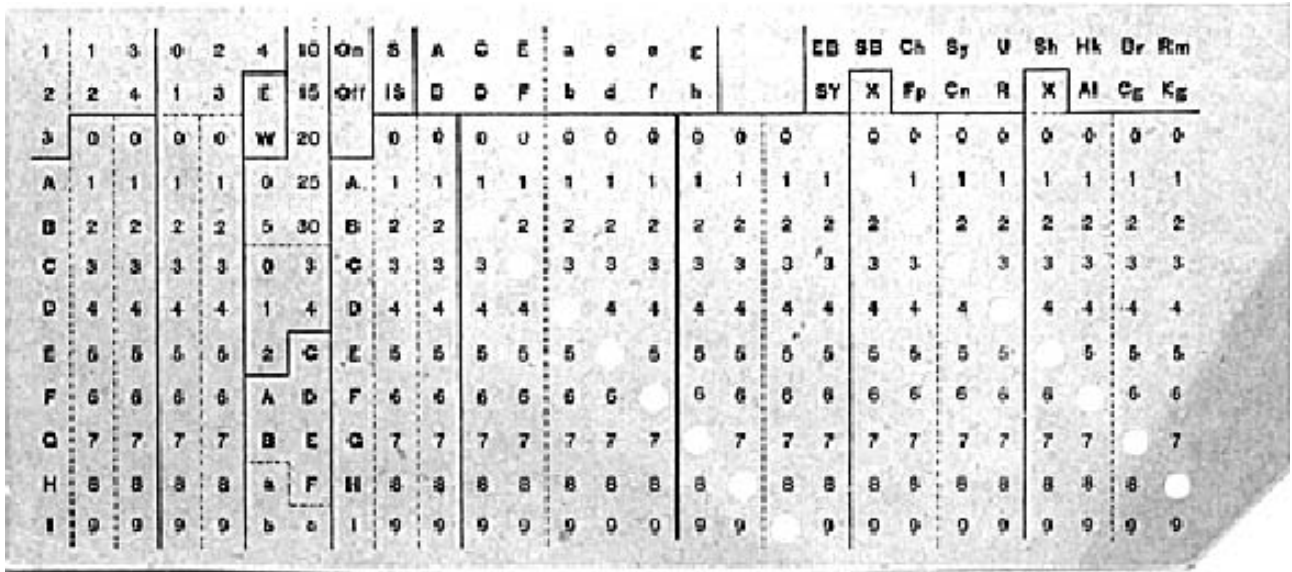


FIGURA 26 – Cartão perfurado utilizado por Hollerith (LIBRARY OF CONGRESS, 2014).

O poder real da máquina de Hollerith não era a automatização da tarefa de computação de um interminável número de cartões perfurados.

O fato que um cartão representava uma pessoa, era o real brilho do conceito de Hollerith, o que permitia redistribuir os dados brutos à vontade de acordo com qualquer critério que um estatístico desejasse analisar. (BUDIANSKY, 2000, p. 212, a tradução é nossa).

Ligado ao tabulador que fazia a contagem, Hollerith incluiu um classificador que permitia reunir em uma determinada caixa, cartões que preenchiam critérios específicos. Um cartão era colocado na prensa, e dependendo de quais colunas estavam perfuradas, uma das várias caixas existentes era aberta. O operador, então, colocava o cartão na caixa correta. Uma vez classificados, os cartões podiam voltar a ser executados pelo tabulador, por exemplo, para registrar quantas mulheres solteiras com mais de 18 anos moram em Boston.

Após o censo de 1890, Hollerith adaptou a sua máquina para uso comercial e, em 1896, fundou a sua própria empresa, a *Tabulating Machine Company*. Em 1911, esta empresa fundiu-se com outras companhias para formar a *Computing Tabulating Recording* (CTR) que, em 1924, tornou-se a *International Business Machines* (IBM) (ROCKMAN, 2004, p. 212). A IBM cresceu rapidamente e os cartões perfurados tornaram-se onipresentes.

5. A MÁQUINA DE TURING

A máquina de Turing é um computador hipotético descrito em 1936 pelo matemático e lógico inglês Alan M. Turing. Existem muitas formulações para a máquina de Turing, mas, essencialmente ela é uma máquina de estados finitos, com uma cabeça de leitura/gravação que se movimenta sobre uma fita bidimensional infinita dividida em quadrados, cada um dos quais contendo um caractere. Comparada com os computadores modernos, uma máquina de Turing é extremamente lenta, mas o tempo é irrelevante, pois é infinito. Uma máquina de Turing pode computar qualquer coisa que pode ser computada:

O poder de computação de uma máquina de Turing [...] vem de sua fita, por duas razões: primeiro, Turing foi o primeiro a conceber a ideia de programa armazenado, que pode ser alterado pela operação da máquina em si. O programa e sua entrada de dados existem juntos na fita como uma sequência de símbolos. E segundo, por causa do arbitrariamente longo comprimento da fita, a máquina de Turing possui a habilidade de “relembrar” o que aconteceu em um passado arbitrariamente distante. (NAHIN, 2013, p. 163, a tradução é nossa).

A computação inicia com a máquina, em um determinado “estado”, lendo um desses quadrados. Ela apaga o que encontra lá, imprime outro caractere, move-se para um quadrado adjacente e entra em um novo estado. Este comportamento é completamente determinado por três parâmetros: (1) o estado atual da máquina, (2) o caractere no quadrado lido ou entrada e (3) uma função de

transição de estados. Uma função de transição de estados, como a mostrada na Tabela 1, específica, para cada estado e entrada, o que a máquina deve escrever, qual sentido ela deve seguir e em que estado deve entrar. Por exemplo, seja a amostra de fita mostrada na Figura 27(a). Iniciando no estado 1, conforme a Tabela 1, sobre o quadrado da esquerda preenchido com “#”, a máquina lê “#”, verifica, imprime “#”, move-se para a direita e entra no estado 2. Ela continua o processo de leitura, verificação, escrita e movimento, até, quando no estado 2, encontra um quadrado preenchido com “#” e para a computação. O resultado do processo é mostrado na Figura 27(b) (FRANKLIN, 1997, p. 80).

TABELA 1 – Função de transição de estados de uma máquina de Turing.

Entrada		Saída		
Estado atual	Símbolo digitalizado	Gravação	Movimento	Novo estado
1	A	A	Esquerda	1
1	B	B	Esquerda	1
1	C	C	Esquerda	1
1	#	#	Direita	2
2	A	1	Direita	2
2	B	2	Direita	2
2	C	3	Direita	2
2	#	#	-	-

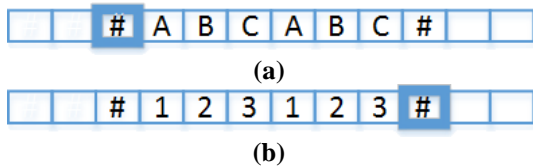


FIGURA 27 – Operação da máquina de Turing: (a) na amostra de fita, iniciando no estado 1 sobre o quadrado preenchido com “#” à esquerda, a máquina lê, verifica, escreve símbolos e movimenta-se, resultando em (b).

Apesar do pioneirismo, Charles Babbage não incorporou a sua Máquina Analítica o conceito vital explorado nos computadores modernos, a ideia de armazenar programas e dados e trabalhar no mesmo meio. Sua máquina foi projetada para armazenar programas em cartões, enquanto o processamento era feito por engrenagens mecânicas. Turing concebeu uma máquina abstrata na qual programa e dados existem juntos na fita. A máquina de Turing não foi concebida para calcular tabelas de números, mas para resolver problemas de lógica e sondar os limites da computação e da mente humana. Uma máquina de Turing, portanto, está mais para um programa de computador (*software*) do que para um computador (*hardware*), podendo, assim, realizar qualquer coisa computável por outro dispositivo.

Para comemorar o 100º aniversário de nascimento de Alan Turing, em 23 de junho de 2012, o Google criou um *doodle* inspirado na máquina de Turing. Um *doodle* é uma ilustração que substitui o logo do Google em datas consideradas importantes para a humanidade. O *doodle* dedicado a Turing traz um pequeno mecanismo que simula o processo de tradução de binário para o alfabeto tradicional. Quem compreende a lógica dos símbolos e das diferentes funções existentes, forma a palavra “Google”. Ele está disponível no diretório de *doodles*⁷ do Google.

6. COMPUTADORES COM RELÉS

6.1. O relé

Os precursores dos computadores atuais usavam componentes eletromecânicos, os relés, componentes que podem realizar qualquer operação que pode ser realizada pelas portas lógicas dos circuitos integrados dos computadores atuais. Um relé, a exemplo de um transistor, pode usar uma pequena corrente em um circuito para controlar uma corrente elevada em outro circuito. Entretanto, diferentemente dos transistores, um relé não pode produzir uma saída variável; no entanto, ele é capaz de isolar eletricamente o sinal de entrada. O relé faz parte de uma tecnologia que estabeleceu uma ponte entre as calculadoras mecânicas e os computadores digitais.

Com a finalidade de demonstrar a possibilidade de comunicação eletromagnética à distância, Joseph Henry (1797 – 1878) inventou o relé em 1835. Ele usou um eletroímã que trabalhava bem em baixa potência e à grande distância para controlar um potente eletroímã que sustentava pesos. Abrindo o circuito de baixa potência, Henry, se mantendo a uma distância segura, também desenergizava o circuito do potente eletroímã, fazendo com que os pesos caíssem no solo. Antes, em 1831, Henry havia utilizado um eletroímã para movimentar um ímã permanente e soar um sino (Figura 28). Ele demonstrava esses arranjos para seus alunos da *Albany Academy* em Nova York, descrevendo-os como um meio de produzir efeitos mecânicos à distância, como por exemplo, controlar remotamente os sinos de uma igreja (GUREVICH, 2005, p. 6-7).

A Figura 29 apresenta um relé de um polo com dois contatos (SPST – *Single Pole Double Throw*), um contato normalmente fechado (NF) e um contato normalmente aberto (NO). O contato comum, ligado a uma armadura, uma tira metálica articulada em uma das extremidades, é mantido conectado ao contato NF pela ação de uma mola.

⁷ Disponível em <<http://www.google.com/doodles/alan-turing-100th-birthday>>.

Quando uma corrente flui pelo eletroímã, a armadura é atraída por este, desconectando o contato comum do contato NF e conectando-o ao contato NO. O eletroímã é composto por um fio de cobre enrolado sobre uma bobina plástica que possui um núcleo de ferro em seu interior. Do exposto, percebe-se que um relé pode expressar os estados lógicos 0 e 1, ou seja, uma unidade de informação. Os relés mais rápidos podem trocar de estado lógico em cerca de 10ms.

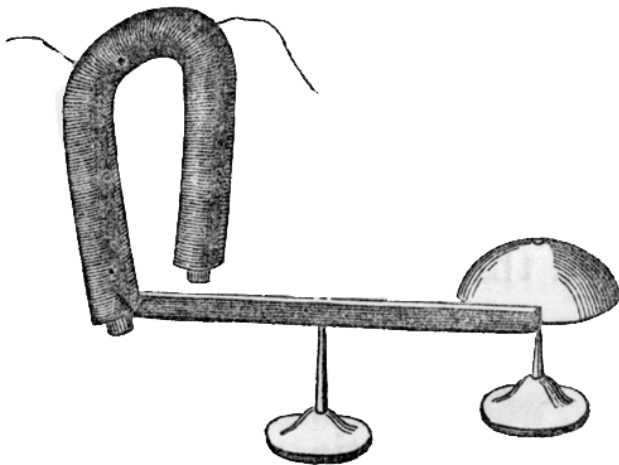


FIGURA 28 – Esboço do experimento de eletromagnetismo que Henry apresentava aos seus alunos da Albany Academy (SMITHSONIAN INSTITUTE, 1958, p. 105).

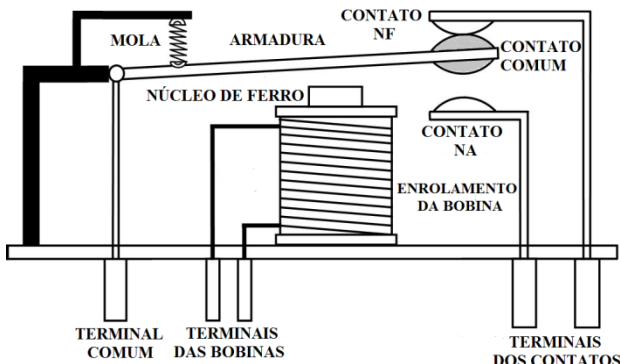


FIGURA 29 – Relé de um polo, dois contatos.

6.2. Konrad Zuse

Entre 1936 e 1964, o engenheiro alemão Konrad Zuse (1910 – 1995) dedicou-se à construção de uma série de computadores de propósito geral, aparentemente sem conhecer o arcabouço teórico da teoria da computação de Turing (BURBANO, 2013, p. 136). O primeiro deles foi o Z1, um computador mecânico construído com recursos de amigos e parentes entre 1936 e 1938 na sala de estar da casa de seu pai (Figura 30).

O Z1 era um computador mecânico conceitualmente moderno, ele era programável por meio de fitas perfuradas e os resultados podiam ser armazenados ou lidos em uma memória mecânica. O Z1 baseava-se em números binários, podia

realizar as quatro operações usando números em ponto flutuante e usava um sistema de comutação binária que consistia inteiramente de folhas de metal fino (Figura 31). Embora os matemáticos ocidentais conhecessem a matemática binária desde o tempo de Leibniz, Zuse foi o primeiro a usá-la em um dispositivo de cálculo. O Z1 era, em resumo, equipado com seis unidades básicas: unidade de controle, unidade aritmética, entrada/saída, memória, seletor de memória e leitor de fita (ROJAS, 2014, p. 4).

Insatisfeito com a confiabilidade das folhas de metal de comutação binária usadas no Z1, especialmente na unidade aritmética, Zuse decidiu, novamente com recursos privados, construir seu segundo computador, o Z2, com as unidades aritmética e de controle feitas por relés de telefones, facilmente acessíveis à época. Porém, devido ao alto custo dos relés, manteve a memória mecânica do Z1.

Como o Z2, concluído em 1939, mostrou-se suficientemente confiável nos cálculos aritméticos, Zuse convenceu-se que seu próximo computador, o Z3 (Figura 32), seria construído completamente com relés. O Z3, construído em 1941, foi o primeiro computador completamente construído com relés: 600 para a unidade aritmética e 1.400 para a memória (BURBANO, 2013, p. 137).

Zuse criou, ainda, a primeira linguagem completa de alto nível, a Plankalkül, que foi levada ao conhecimento público em um artigo de 1948. Zuse desenvolveu a linguagem usando um Z4, o único dos seus computadores que não foi destruído durante a Segunda Guerra Mundial.

A Plankalkül era notavelmente completa, com algum de seus recursos mais avançados na área de estrutura de dados. O tipo mais simples era o bit único. A partir dele eram construídos tipos para números inteiros e reais. [...] Além desses tipos escalares comuns, a Plankalkül incluía matrizes e registros como elementos. [...] ela incluí uma instrução iterativa semelhante ao **for** [...] A Plankalkül incluía uma instrução de seleção, mas não permitia uma cláusula **else**. (SEBESTA, 2010, p. 59).

6.3. O Mark I

O primeiro computador digital programável feito nos Estados Unidos foi o *Automatic Sequence Controlled Calculator* (ASCC), que ficou conhecido como Harvard Mark I (Figura 33). Construído pela IBM, em 1944, em uma parceria com a Universidade de Harvard, ele foi o primeiro de uma série de computadores concebidos por Howard H. Aiken (1900 – 1973). O Mark I era um gigante de 5 toneladas, com 2,5 m de altura, 16 m de largura e 0,6 m de profundidade (SWEDIN, 2007, p. 37). Continha 760 mil componentes, utilizou cerca de 800 km de fios e 3 milhões de

conexões de fios, 3.500 relés múltiplos com 35.000 contatos, 2.225 contadores e 1.484 interruptores de dez polos (ESSINGER, 2004). O Mark I operava

com números decimais e a entrada de dados e instruções era feita por meio de uma fita perfurada.

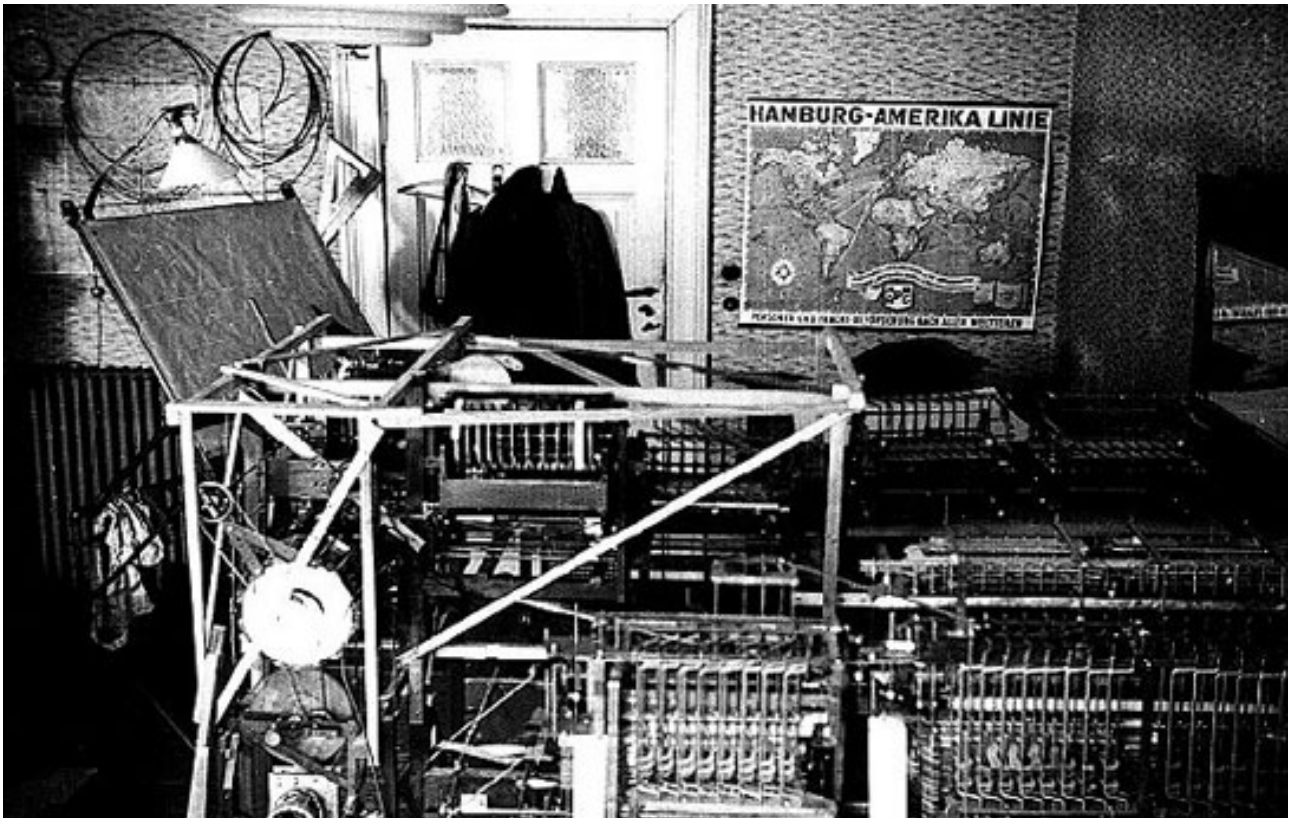


FIGURA 30 – Construção do Z1 no apartamento dos pais de Zuse (HISTORY OF COMPUTER, 2014d).

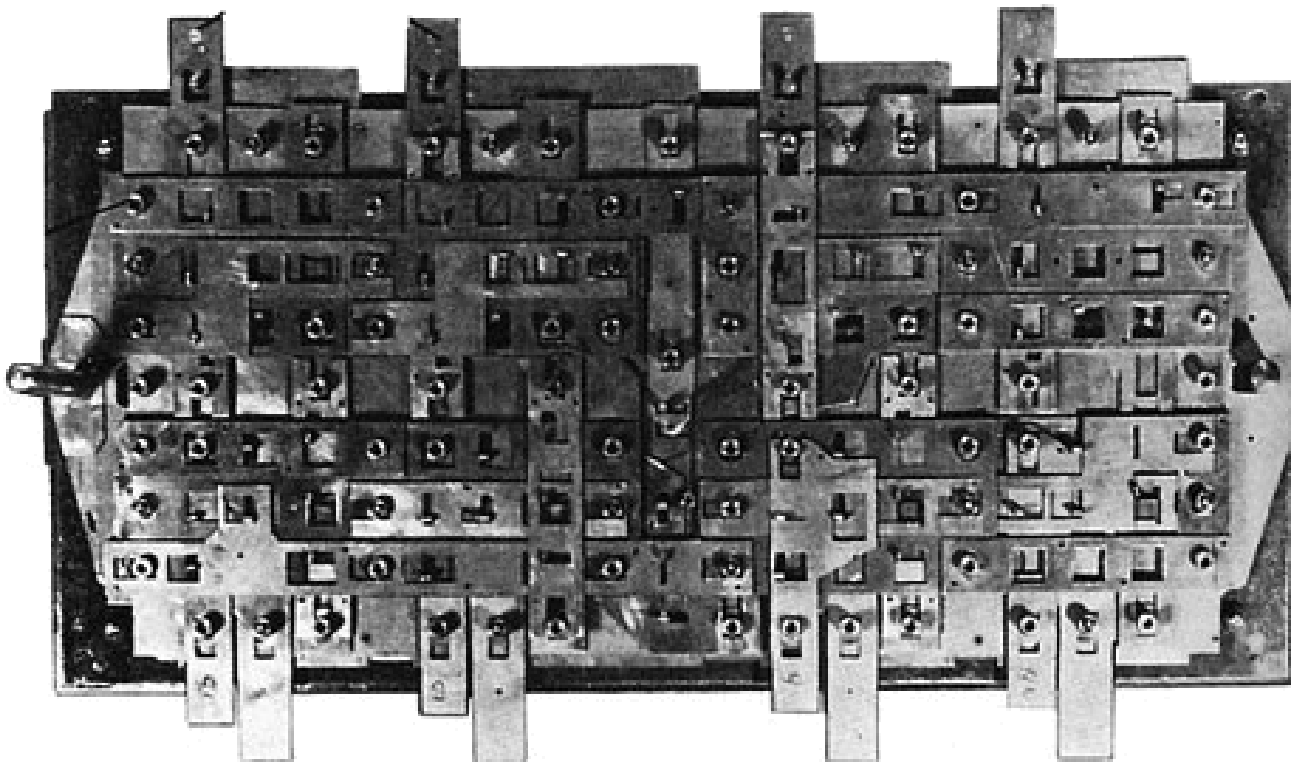


FIGURA 31 – Uma parte do Z1 (© Horst Zuse) (HISTORY OF COMPUTER, 2014d).

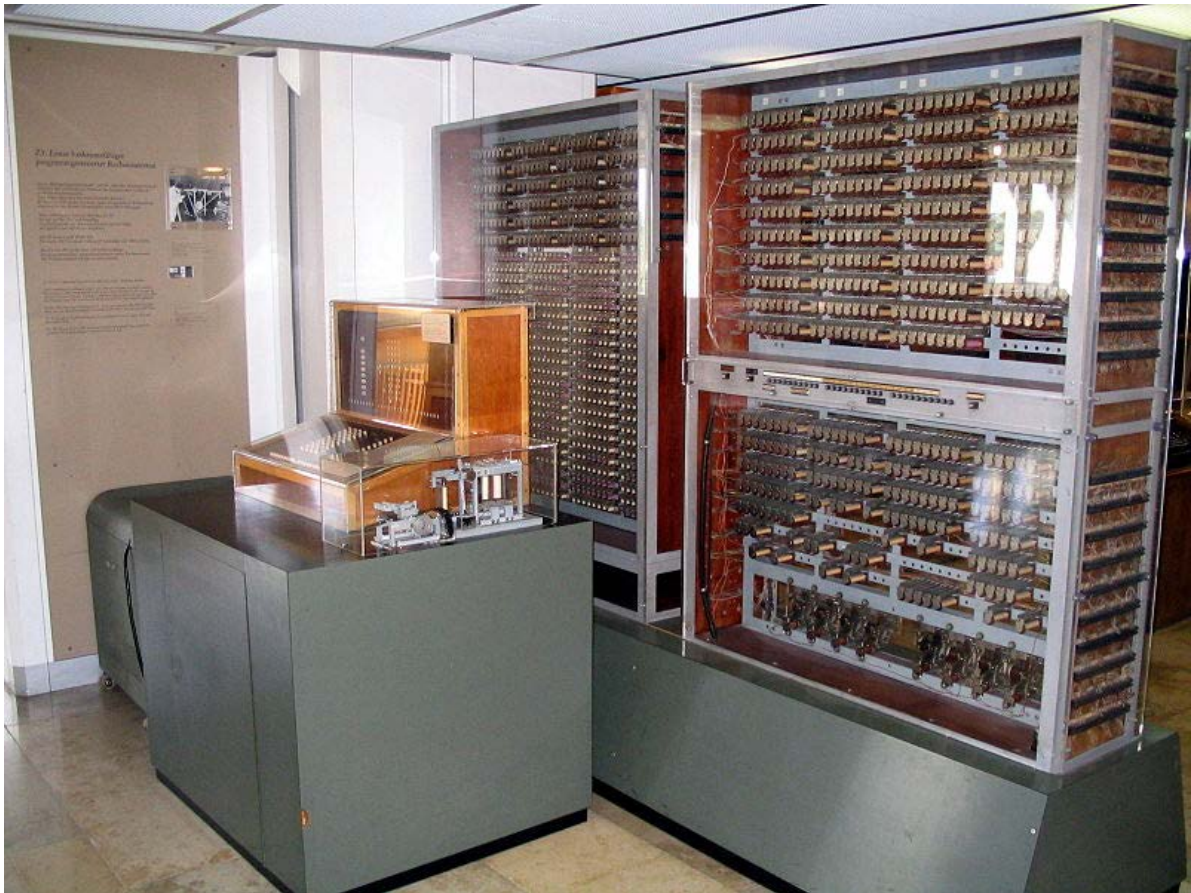


FIGURA 32 – Zuse Z3 construído no Deutschen Museum em Munique (WIKIMEDIA COMMONS, 2014b).



FIGURA 33 – O computador Mark I (IBM ARCHIVES, 2014).

O Mark I forneceu cálculos vitais para a Marinha dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial e continuou a sua operação em Harvard quatorze anos após o fim da guerra. Além de suas contribuições técnicas, Aiken criou em Harvard o primeiro programa de pós-graduação do mundo na área atualmente conhecida como ciência da computação, treinando alunos que constituíram novos departamentos de ciência da computação em diferentes universidades.

Trabalhando com o Mark I, Grace Hopper (1906 – 1992) criou, em 1953, a primeira linguagem de alto nível em inglês, a Flow-matic, a principal progenitora do COBOL. Grace Hopper desenvolveu, também, o primeiro compilador, um programa que converte um código fonte de alto nível em um código binário em linguagem de máquina. À Hopper, atribuí-se, também, a cunhagem do termo *debugging* para descrever o trabalho realizado para eliminar falhas em programas (DIXIT, 2010, p.14).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento tecnológico, assim como o científico, é motivado pela necessidade de resolução de problemas práticos. A necessidade de facilitar os trabalhos de cálculo já foi sentida em diversas sociedades antigas, resultando no desenvolvimento do ábaco e suas variantes. Os engenheiros da Roma antiga utilizaram ábacos para auxiliar nos cálculos dos projetos de aquedutos, monumentos e templos.

Os primeiros dispositivos mecânicos projetados para facilitar os trabalhos de cálculo apareceram no século XVII. As primeiras calculadoras não se mostraram práticas e tecnicamente confiáveis para atender as exigências do uso rotineiro da aritmética por parte de banqueiros, cientistas, engenheiros, coletores de impostos, dentre outros. Por muito

tempo se utilizaram de tabelas para o cálculo de valores de uma grande variedade de funções matemáticas, tabelas astronômicas, tabelas de navegação e tabelas de juros compostos. Até metade do século XX, a elaboração de tabelas foi uma indústria de sucesso e de contribuição inequívoca no avanço científico e econômico. Antes do século XX, a produção de tabelas se baseava principalmente no trabalho de computadores humanos, entediante e sujeito a erros que podiam causar, por exemplo, perda de receita para bancos e governos. Babbage projetou a sua primeira máquina diferencial com o intuito de calcular e imprimir tabelas automaticamente. Babbage concebeu, ainda, mais duas máquinas: a Máquina Analítica e a Máquina Diferencial II. Infelizmente, Babbage não conseguiu construir a sua avançada Máquina Analítica devido as limitações tecnológicas da Era Vitoriana.

No fim do século XIX, o rápido crescimento da população tinha tornado a realização do censo um empreendimento gigantesco. Nos Estados Unidos, o número de empregados da agência responsável pelo censo estava fora do controle. A solução tecnológica foi a máquina de tabulação e classificação com cartões perfurados de Hollerith, que levou a fundação da empresa que se tornaria a IBM.

O significado da palavra computador, derivada do latim *computare*, tem mudado ao longo do tempo. A mais antiga referência à palavra *computer* na literatura inglesa foi do cientista Sir Thomas Browne (1605 – 1682) em 1646, o mesmo cientista que cunhou a palavra *electricity* (REILLY, 2003, p. 51). Em seu *Pseudodoxia Epidemica*, ele usa sua forma plural para se referir as pessoas envolvidas em elaboração de calendários:

Agora está evidente, e a maioria de homens da mesma forma sabe, que os calendários destes computadores, e as contas de hoje em dia são muito diferentes: os gregos divergindo dos latinos, e os latinos de outros. (BROWNE, 1852 p. 129, a tradução é nossa).

Até a primeira metade do século XX, um computador ainda significava uma pessoa fazendo cálculos. Conforme foi dito, cálculos longos eram divididos em partes e realizados por um grupo de pessoas. Atualmente, a palavra computador é reservada para se referir a computadores digitais com programa armazenado internamente e modificável. Futuramente, esse significado deve novamente se alterar. Alguns futuristas acreditam que podemos até criar máquinas com inteligência muito maior do que a nossa.

Não obstante a sua importância, Charles Babbage não incorporou a sua Máquina Analítica a

ideia de armazenar programas e dados e trabalhar sobre eles no mesmo meio. Quase cem anos mais tarde, em 1936, Turing concebeu o conceito, porém a sua máquina era um computador hipotético. No início dos anos 1940, os relés eletromagnéticos substituíram as engrenagens, porém ninguém tinha avançado no princípio de Babbage: uma máquina era construída para fazer cálculos e se fazia ela trabalhar carregando as instruções codificadas armazenadas em outro meio, geralmente uma fita perfurada. Mais um passo era necessário na direção dos computadores atuais: armazenar o programa em memória, passo dado pelo húngaro John Von Neumann (1903 – 1957). Em 1945, conhecendo o trabalho de Turing, Von Neumann, em um documento de 101 páginas, descreve o projeto de um computador usando o conceito de programa armazenado. Porém, os detalhes dessa história só serão apresentados na segunda parte deste artigo.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, Simon. Máquina de Anticítera. In: CHALLONER, Jack (Org.). **1001 invenções que mudaram o mundo**. Sextante, 2010.
- ANÔNIMO. *Treviso Arithmetic*. 1478.
- BABBAGE, Charles. *Passages from the life of a philosopher*. Londres: Longman, 1864.
- BAUER, Friedric. *Origins and foundations of computing: in cooperation with Heinz Nixdorf MuseumsForum*. Springer, 2010.
- BOOLE, George. *The mathematical analysis of logic: being an essay towards a calculus of deductive reasoning*. Londres: Macmillan, 1847.
- _____. *An investigation of the laws of thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities*. Londres: Macmillan, 1854.
- BROWNE, Sir Thomas. *The works of Sir Thomas Browne: Pseudodoxia Epidemica, books V-VII. Religio medici. The garden of Cyprus*. H. G. Bohn, 1852.
- BUDIANSKY, Stephen. *Battle of wits: the complete story of codebreaking in World War II*. Simon and Schuster, 2000.
- BURBANO, Andrés. *Between punched film stock and the first computer: the work of Konrad Zuse*. In: CUBBITT, Sean e THOMAS, Paul (Orgs.). *Relive: media art histories*. MIT Press, 2013.
- BURROWS, Terry. Programa Computacional. In: CHALLONER, Jack (Org.). **1001 invenções que mudaram o mundo**. Sextante, 2010.

- CAJORI, Florian. *A History of elementary mathematics*. Cosimo, 2007.
- CAMPBELL-KELLY, Martin. Computação. **Scientific American Brasil**, n. 89, out. 2009.
- CERUZZI, Paul. *A history of modern computing*. 2a ed. MIT Press, 2003.
- CHARRETE, François. *High tech from Ancient Greece*. **Nature**, vol. 444, n. 7119, pp. 551-552, 2006. doi:10.1038/444551a.
- COMPUTER HISTORY MUSEUM. *Fragment of the Antikythera mechanism*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/revolution/calculators/1/42/300>>. Acessado em 22 de novembro de 2014a.
- _____. *Easy... and Accurate: Mechanical Calculators*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/revolution/calculators/1/45>>. Acessado em 22 de novembro de 2014b.
- _____. *A Leibniz stepped reckoner calculator*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/revolution/calculators/1/49>>. Acessado em 24 de novembro de 2014c.
- _____. *The Babbage engine: key people*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/babbage/henrybabbage/>>. Acessado em 24 de novembro de 2014d.
- _____. *The Babbage engine: the engines*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/babbage/engines/>>. Acessado em 24 de novembro de 2014e.
- CONDRA, Jill. *The Greenwood encyclopedia of clothing through world history: 1801 to the present*. Greenwood Publishing Group, 2008.
- CORTADA, James. *Before the computer: IBM, NCR, Burroughs, and Remington Rand and the industry they created, 1865-1956*. Princeton University Press, 2000.
- DA VINCI, Leonardo. *Codex Madrid I*. Fac-símile.
- DHUNNA, Mukesh, e DIXIT, J. B. *Information technology in business management*. Laxmi Publications, 2010.
- DIXIT, J. B. *Fundamentals of computers*. Laxmi Publications, 2010.
- ESSINGER, James. *Jacquard's web: how a hand-loom led to the birth of the information age*. Oxford University Press, 2004.
- FANTHORPE, Lionel e FANTHORPE, Patrícia. *Mysteries and secrets of numerology*. Dundurn, 2013.
- FRANKLIN, Stan. *Artificial Minds*. MIT Press, 1997.
- FREETH, T. *Decoding a ancient computer*. **Scientific American**, n. 301, pp. 79-83. dez. 2009.
- GUREVICH, Vladimir. *Electric relays: principles and applications*. CRC Press, 2005.
- HISTORY OF COMPUTER. *The pascaline of Blaise Pascal*. Disponível em: <<http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Pascal.html>>. Acessado em 23 de novembro de 2014a.
- _____. *The rechenuhr (calculating clock) of Wilhelm Schickard*. Disponível em: <<http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Schickard.html>>. Acessado em 23 de novembro de 2014b.
- _____. *Joseph-Marie Jacquard*. Disponível em: <<http://history-computer.com/Dreamers/Jacquard.html>>. Acessado em 24 de novembro de 2014c.
- _____. *Konrad Zuse—the first relay computer*. Disponível em: <<http://history-computer.com/ModernComputer/Relays/Zuse.html>>. Acessado em 25 de novembro de 2014d.
- HOOK, Diana e NORMAN, Jeremy. *Origins of cyberspace: a library on the history of computing, networking and telecommunication*. Norman Publishing, 2002.
- IBM ARCHIVES. *IBM's ASCC introduction*. Disponível em: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/markI/markI_intro.html>. Acessado em 25 de novembro de 2014.
- IFRAH, G. *The universal history of numbers*. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- IGARASHI, Yoshihide; ALTMAN, Tom; FUNADA, Mariko e KAMIYAMA, Barbara. *Computing: A Historical and Technical Perspective*. CRC Press, 2014.
- JONES, Douglas W. *Punched cards - A brief illustrated technical history*. 2012. Disponível em: <<http://homepage.cs.uiowa.edu/~jones/cards/history.html>>. Acessado em 25 de novembro de 2014.
- KETELAARS, Nicole. *Pascal's Calculator*. **AI-ME Magazine**, volume 9, pp. 3-5, dez. 2001.
- KOJIMA, Takashi. *The japanese abacus: its use and theory*. Japan: Charles E. Tuttle Company, 1954.
- KOPPLIN, John. *An illustrated history of computers*. 2002. Disponível em: <<http://www.computersciencelab.com/ComputerHistory/History.htm>>. Acessado em 25 de novembro de 2014.

LEIBNIZ, Gottfried. **A Monadologia e outros textos**. Trad. Fernando Gallas e Souza. SOUZA. São Paulo: Hedra, 2009.

_____. *New Essays on Human Understanding*. Cambridge University Press, 1996.

LIBRARY OF CONGRESS. *Hollerith punched card*. Disponível em: <<http://www.loc.gov/exhibits/treasures/images/0008.jpg>>. Acessado em 25 de novembro de 2014.

MENNINGER, Karl. *Number words and number symbols: a cultural history of numbers*. Dover Publications, 1992.

NAHIN, Paul. *The logician and the engineer: how George Boole and Claude Shannon created the information age*. Princeton University Press, 2013.

NAPIER, John. *Rabdologiae seu Numerationis per Virgulas libri duo*. Edinburgh: Andrew Hart, 1617.

NILSSON, Nils. *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge University Press, 2009.

PASCAL, Blaise. *Lettre dedicatoire a Monseigneur le Chancelier sur le sujet de la machine nouvellement inuentée par le sieur B.P. pour faire toutes sortes d'operations d'Arithmetique, par vn mouuement réglé, sans plume ny jettons*. 1645.

REILLY, Edwin. *Milestones in computer science and information technology*. Greenwood Publishing Group, 2003.

ROCKMAN, Howard. *Intellectual property law for engineers and scientists*. John Wiley & Sons, 2004.

ROJAS, Raul. *The Z1: architecture and algorithms of Konrad Zuse's first computer*. Freie Universität Berlin, 2014.

ROSSI, Cesare; RUSSO, Flavio e RUSSO, Ferruccio. *Ancient engineers' inventions: precursors of the present (History of mechanism and machine science)*. Springer; 2009.

SEBESTA, Robert. **Conceitos de linguagens de programação**. 9a ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SLIDE RULE MUSEUM. *Dietzgen*. Disponível em: <<http://sliderulemuseum.com/Dietzgen.htm>>. Acessado em 22 de novembro de 2014.

SMITHSONIAN INSTITUTION. *Annual report of the Board of Regents 1857*. Washington: William Harris, 1958.

SNYDER, Laura. *The philosophical breakfast club: four remarkable friends who transformed*. Crown Publishing Group, 2011.

SOLLA PRICE, Derek. *An Ancient Greek Computer*. **Scientific American**, n. 200, pp. 60-67. jun. 1959.

_____. *Gears from the greeks: the antikythera Mechanism - a calendar computer from C. 80 BC*. Science History Publications: 1975.

STRICKLAND, J. *More on roberto guatelli – the amazing model builder*. **Computer History Museum Volunteer Information Exchange**, vol. 2, n. 5, p. 3, mar. 2012a.

_____. *Who was that guy?* **Computer History Museum Volunteer Information Exchange**, vol 2, n. 3, fev. 2012b.

SWEDIN, Eric e FERRO, David. *Computers: the life story of a technology*. JHU Press, 2007.

THE LIVING MOON. *Ishango bone*. 2011. Disponível em <http://www.thelivingmoon.com/43ancients/02files/Ishango_Bone.html>. Acessado em 22 de novembro de 2014.

THE OUGHTRED SOCIETY. *Slide Rule History*. 2013. Disponível em: <<http://www.oughtred.org/history.shtml>>. Acessado em 22 de novembro de 2014.

WELLS, David. *Prime numbers: the most mysterious figures in math*. John Wiley & Sons, 2011.

WIKIMEDIA COMMONS. *Babbage difference engine.jpg*. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Babbage_Difference_Engine.jpg>. Acessado em 24 de novembro de 2014a.

_____. *Z3 Deutsches Museum*. Disponível em <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Z3_Deutsches_Museum.jpg>. Acessado em 25 de novembro de 2014b.

YOUTUBE. *Stepped drum*. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=klLB5k3LkwU>>. Acessado em 24 de novembro de 2014.