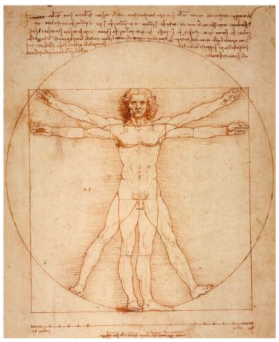


TRADUÇÕES - TRANSLATIONS

Calendários com exibição das Olimpíadas e de previsão de eclipses no Mecanismo Anticítera

Beatriz Bandeira
Doutora em Epistemologia e História da Ciência – UNTREF - Buenos Aires
Pós-Doutoranda em História da Ciência – FFLCH/USP
bandeirabeatrizbb@gmail.com

Este artigo apresenta as investigações pioneiras realizadas pelos pesquisadores membros (Freeth et. al., 2008) do Projeto de Pesquisa Mecanismo de Anticítera e demonstram, a partir de análises científicas e tecnológicas dos 82 fragmentos de bronze, suas inscrições e engrenagens, a estrutura e as funções do primeiro computador analógico da história, o Mecanismo de Anticítera, datado entre os séculos150 a.C. -100 a.C., por estes autores.

O aparato, neste contexto, representa a existência da concepção mecânica e da alta tecnologia certamente envolvida neste dispositivo, capaz de prever dados astronômicos tanto do passado, como do presente e do futuro.

Para melhor expor suas investigações referentes aos calendários com exibição das Olimpíadas e de previsão de eclipses localizados na parte posterior do mecanismo, os autores apresentam os dados analisados dos mostradores; Metônico (parte superior) e seus relógios subsidiários das Olimpíadas e do ciclo Calíptico, e, o Saros (parte inferior) com a exposição detalhada, dos fragmentos que compõem cada um dos mostrador, a estrutura desses calendários, com interpretações e combinações de glifos, observações dos esquemas babilônicos para previsões de eclipses lunares e solares, seguido da identificação dos problemas com os glifos das horas destas predições.

Diante deste contexto é oportuno salientar que, alguns pesquisadores do Centro de História da Ciência da Universidade de São Paulo instauraram no Brasil (2017) um Projeto de Investigação do Mecanismo de Anticítera e tem como

parceiros o Museu Cultural Catavento de São Paulo, que expõe no espaço Universo, uma réplica do dispositivo — doada pelos líderes do projeto —, o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), e o Núcleo de Tecnologias Tridimensionais (NT3D), de Campinas São Paulo, que reúnem esforços para reconstruir uma réplica dinâmica do aparato com todas as suas possíveis funções descobertas até o momento afim de viabilizar o acesso à história como patrimônio de toda a humanidade e potencializar a educação tecnológica e museal no cenário histórico, cultural e científico.

Calendários com exibição das Olimpíadas e de previsão de eclipses no Mecanismo Anticítera

Tony Freeth, Alexander Jones, John M. Steele e Yanis Bitsakis
NATURE| Vol. 454| 31 July 2008. DOI:10.1038/nature07130
© 2008 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

Pesquisas anteriores sobre o mecanismo Anticítera o definiram como sendo um dispositivo de engrenagens grego antigo altamente complexo com mostradores de saída posteriores (superiores e inferiores)[1,2]. No mostrador superior está um calendário de 19 anos, baseado no ciclo Metônico, disposto em uma espiral de cinco voltas[3,4,5]. E, no quadrante inferior está um mostrador de previsão de eclipse de Saros, organizado em uma espiral de quatro voltas dividia em 223 meses lunares, com glifos indicando previsões do eclipse[6].

Aqui, adicionamos resultados surpreendentes sobre as espirais destes mostradores. Embora nenhum dos nomes dos meses no calendário Metônico eram conhecidos anteriormente, agora identificamos todos os 12 meses, que revelam inesperadamente ser de origem Coríntia.

As colônias Coríntias do noroeste da Grécia ou de Siracusa, na Sicília, são as primeiras colocadas — esta última sugerindo uma herança que remonta a Arquimedes. Calendários com

---

[1] PRICE, D. de S. *Gears from the Greeks*: The Antikythera Mechanism—A calendar computer from ca. 80 BC. Trans. Am. Phil. Soc. New. Ser., 64, 1–70 (1974); reprinted by Science History Publications, New York, 1975.
[2] EDMUNDS, M. et al. *The Antikythera Mechanism research project*. Disponível em: http://www.antikythera-mechanism. com, 2008.
[3] PRICE, op. cit., 1974.
[4] FREETH, T. et al. Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism. *Nature* 444, 587–591, 2006.
[5] WRIGHT, M. T. Counting months and years: The upper back dial of the Antikythera Mechanism. *Bull. Sci. Instrum. Soc.* 87, 8–13, 2005.
[6] FREETH, et al., op. cit., 2006.

dias excluídos para regular o comprimento do mês, descritos em uma fonte do século I a.C.[7], até agora são descartados como implausível[8,9]. Demonstramos sua existência no calendário do mecanismo de Anticítera e, nesse processo, está estabelecido por que o discador Metônico tem cinco voltas. O mostrador subsidiário superior não é um discador Calíptico de 76 anos, como se pensava anteriormente[10], mas mostra o ciclo de quatro anos das Olimpíadas e seus jogos associados (Pan-Helênicos).

Letras de índice recém-identificadas em cada um dos glifos no quadrante de Saros mostram que uma reconstrução anterior precisa ser modificada[11]. Exploraremos então, modelos para gerar a distribuições incomuns de glifos e mostrar como as horas dos eclipses parecem contraditórias. Explicamos as quatro voltas do mostrador de Saros limitando-nos ao ciclo da Lua Cheia, e indicamos uma correção necessária para as horas dos eclipses previstos no mostrador Exeligmos. Os novos resultados no calendário Metônico, nos mostradores das Olimpíadas e de previsão de eclipses vinculam os ciclos das instituições humanas com os ciclos celestes incorporados nas engrenagens do aparato.

Este extraordinário dispositivo astronômico de cerca de 100 a.C. empregava engrenagens de bronze para fazer cálculos com base nos ciclos do Sistema Solar[12,13] (Notas Suplementares 1). Recuperado em 1901 por gregos pescadores de esponjas, seus restos corroídos estão agora divididos em 82 fragmentos menores - 7 fragmentos maiores (A–G) e 75 fragmentos menores (1–75)[14]. Os dados, coletados em 2005[15,16], incluíam fotografias, imagens digitais de superfície abrangendo ainda para este estudo, Tomografias Computadorizadas por raio-X de microfocos (CT)[17,18] (Figuras 1 a 3) e os detalhes estão em Notas Suplementares 2, e em: http://www.antikythera-mechanism.gr.

O principal mostrador superior traseiro é atualmente definido como sendo um calendário[19,20,21] (ver Figuras 1 e 2, Quadro Suplementar 1). A discagem deste quadrante possui inscrições visíveis apenas com o uso de CT por raios-X. Nesta ocasião, identificamos todos os 12

---

[7] EVANS, J. & BERGGREN, J. L. *Geminos's Introduction to the Phenomena*. Princeton Univ. Press, Princeton, 2006.
[8] NEUGEBAUER, O. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. Springer, New York, 617 p. 1975.
[9] TOOMER, G. J. *Ptolemy's Almagest*. Duckworth, London, 1984.
[10] WRIGHT, op. cit., 2005.
[11] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[12] PRICE, op. cit., 1974.
[13] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[14] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[15] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[16] EDMUNDS, et al., op. cit. 2008.
[17] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[18] HADLAND, R. et al. *Antikythera mechanism research project*: The inspection. Disponível em: http://www.xtekxray.com/applications/antikythera.html 2008.
[19] PRICE, op. cit., 1974.
[20] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[21] WRIGHT, op. cit., 2005.

meses deste calendário (ver Figuras 2, Notas Suplementares 3), que fornecem evidências conclusivas da regulamentação do calendário de uma sociedade civil grega por um ciclo Metônico, e inclusive pistas sobre a origem do instrumento.

Enquanto o calendário babilônico seguiu um ciclo Metônico por volta de 500 a.C., presume-se comumente que os meses intercalares dos numerosos calendários lunissolares das cidades gregas foram determinados arbitrariamente – pelos ciclos Metônico e Calíptico (Quadro Suplementar 1) — sendo usados apenas por astrônomos[22]. Os nomes dos meses do calendário na espiral Metônica, no entanto, pertencem a uma região não associada à astronomia técnica, sugerindo que podem ter sido comuns os calendários civis gregos seguirem o ciclo Metônico em aproximadamente 100 a.C.

As inscrições mostram que não apenas os nomes e a ordem dos meses foram regulamentados, mas também quais anos tinham 13 meses, quais eram repetidos nesses anos, e quais meses tinham 29 ou 30 dias. As regras são semelhantes às dadas pelo escritor Geminos[23] do primeiro século a.C., cuja precisão até agora tem sido questionada[24,25]. Os anos são numeradas de 1 a 19, e os meses intercalares são distribuídos de maneira possível ao longo do ciclo, de modo que cada ano comece com a primeira Lua Nova após o solstício ou equinócio[26.]

Em um ciclo Metônico, 110 dos 235 meses devem ter 29 dias (Quadro Suplementar 1). A divisibilidade de 110 e 235 por 5, explica as cinco voltas da espiral: sendo que, os meses no mesmo raio em todas as cinco voltas têm o mesmo comprimento.

Os números no interior de cada raio de 29 dias indicam qual dia nesses meses é ignorado (ver Figura. 2). Os dias pulados estão espalhados uniformemente em intervalos de 64 ou 65 dias em períodos sucessivos, melhorando o esquema de Geminos, que possuía intervalos uniformes de dias seguidos de 74 dias não ignorados no final.

Os nomes dos meses e a ordem nos calendários regionais gregos variam amplamente[27]. Os meses do mecanismo pertencem a uma família de calendários dóricos, com praticamente uma correspondência completa (11 a 12 nomes) com Ilíria e Epiro no noroeste da Grécia e com Corcira (Corfu) — todas as colônias Coríntias.

Os calendários de Corinto e sua outra importante fundação colonial, Siracusa, estão mal documentados. Sete dos meses do aparato, no entanto, coincidem em nome e sequência

---

22 HANNAH, R. *Greek & Roman Calendars*: Constructions of Time in the Classical World. Duckworth, London, 170 p. 2005.
23 EVANS & BERGGREN, op. cit., 2006.
24 NEUGEBAUER, op. cit., 1975.
25 TOOMER, op. cit., 1984.
26 JONES, A. *Calendrica, I*: New Callippic dates. Z. Papyrology Epigraphic 129, 141–158, 2000.
27 TRÜMPY, C. *Untersuchungen zu den altgriechischen Monatsnamen und Monatsfolgen (Bibliothek der Klassischen Altertumswissenschaften*, NF, 2nd Séries, Vol. 98, Carl Winter, Heidelberg, 1997.

com o calendário Taorminiano de Sicília, que provavelmente foi originado por colonos de Siracusa no século IV a.C. O calendário do mecanismo é, portanto, de Corinto ou de uma de suas colônias.

Além disso, a data estimada do dispositivo diminui após a devastação romana de Corinto (146 a.C.) e Epiro (171-168 a.C.). A candidatura de Siracusa sugere uma possível tradição mecânica que remonta a Arquimedes (falecido em 212 a.C.), que inventou um planetário descrito por Cícero[28] (primeiro século a.C.), e escreveu um livro sobre mecanismos astronômicos.

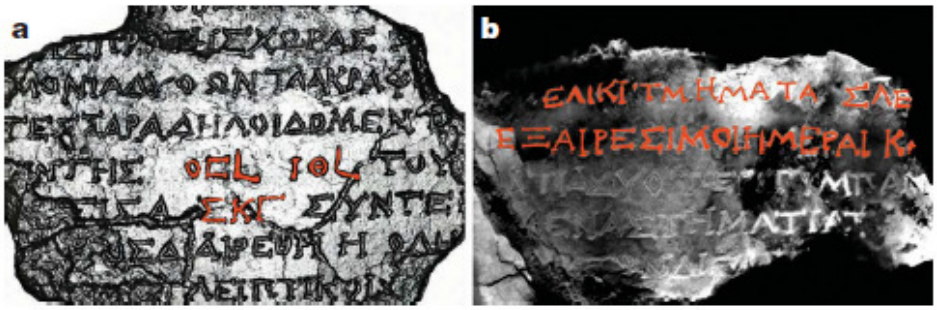


Figura 1. Manual de instruções. Inscrições previamente identificadas (PRICE, 1974; FREETH, et al., 2006) revelam os restos de um manual de instruções, descrevendo os ciclos, mostradores e funções, como pode ser visto em dois exemplos da parte posterior. a) Mapeamento de Textura Polinômica do fragmento 19 mostra detalhes finos da superfície, com texto com cerca de 2mm de altura. São destacados na cor vermelha 76 anos e 19 anos para os ciclos Calíptico e Metônico (Quadro Suplementar 1) respectivamente, e "223", para o ciclo de Saros (Quadro Suplementar 2). b) Tomografia de raios-X do Fragmento E revela textos com cerca de 2mm de altura. Estão destacados nas subdivisões em espiral 235, confirmando o mostrador Metônico (Quadro Suplementar 1); e dias excluídos 2 […], o final " K " presumivelmente representando o número 20 — parte dos 22 dias excluídos em cada uma das cinco voltas do calendário Metônico — embora " B " que completaria " KB " (22) permanece especulativo.

[28] KEYES, C. W. *Cicero XVI, De Re Publica,* Book 1, Sect. xiv, Para. 22. Loeb Classical Library No. 213, Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, 1928.

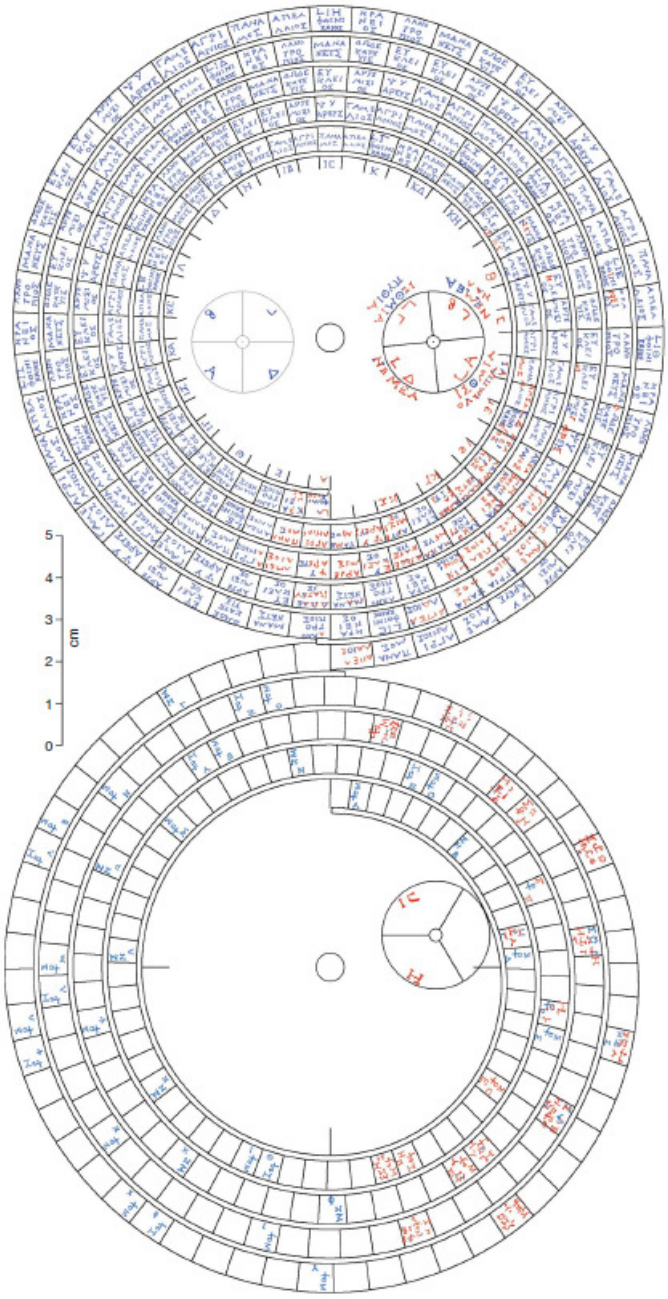


Figura 2. Parte posterior do Mostrador. O texto na cor vermelha foi rastreado por Tomografia de raios-X; o texto na cor azul foi reconstruído. O quadrante posterior Metônico é o principal mostrador superior: um calendário de 19 anos com 235 meses em uma espiral de cinco voltas. Embora as evidências sejam escassas, felizmente conseguimos decifrar todos os nomes dos meses por causa de sua repetição no mostrador. Com suposições razoáveis sobre quais anos têm 13 meses, e quais meses são repetidos nesses anos, podemos reconstruir todo o calendário devido à sua natureza cíclica. Os meses de Corinto recentemente identificados, escritos em duas ou três linhas em cada célula são: 1) ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ; 2) ΚΡΑΝΕΙΟΣ; 3) ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ; 4) ΜΑΧΑΝΕΣ; 5) ΔΩΔΕΚΑΤΕΎΣ; 6) ΕΎΚΛΕΙΟΣ; 7) ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ; 8) ΨΎΔΡΕΎΣ; 9) ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ; 10) ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ; 11) ΠΑΝΑΜΟΣ; 12) ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ. Os números: Α (1), Ε (5), Θ (9), ΙΓ (13), ao redor do interior da espiral especificam os dias excluídos a serem ignorados em cada um dos cinco meses de 29 dias no mesmo raio. No mostrador Metônico são exibidos dois quadrantes subsidiários. À direita, o mostrador das Olimpíadas (ver Figura 3), que é identificado aqui pela primeira vez. É um mostrador de quatro anos, representando o ciclo do Jogos Pan-Helênicos, uma parte central da cultura grega antiga e uma base comum para cronologia. À esquerda, o hipotético discador Calíptico, que segue um ciclo de 76 anos, indicado nas inscrições da parte detrás (ver Figura 1). Abaixo, o mostrador Saros é o principal inferior: um relógio de 18 anos (223- meses lunares) sobre uma espiral de quatro voltas, para

previsão de eclipses. As previsões são mostradas nos meses com glifos (ver Figura 4), que indicam eclipses lunares e solares e suas horas previstas do dia. Esta nova reconstrução possui 51 glifos, especificando 38 eclipses lunares e 27 eclipses solares. Os glifos das horas estão incompletos, pois a geração permanece obscura. As divisões de dentro do mostrador nos pontos cardeais indicam o início de um novo ciclo de Lua Cheia (Quadro Suplementar 2). No mostrador Saros está exibido um quadrante subsidiário, o Exeligmos: um mostrador triplo de 54 anos do Saros, cuja função é atualmente compreendida. O primeiro setor está em branco (representando 0) e os seguintes estão descritos com os números H (8) e Iς (16). O ponteiro de discagem indica qual número do glifo em horas deve ser adicionado para obter a hora do eclipse.

Acreditava-se anteriormente que mostrador subsidiário (ver Figura 3) que está dentro da espiral do Metônico era um quadrante subsidiário Calíptico de 76 anos[29] (Quadro Suplementar 1). Todavia, a partir de suas inscrições estabelecemos, que tal mostrador exibe o período de quatro anos do Ciclo das Olimpíadas — uma sugestão feita anteriormente para as principais discagens traseiras. Os quatro setores estão inscritos no sentido anti-horário sendo que cada um contém um número do Ano dos Jogos Panhelênicos: os Jogos da Coroa; Ístmicos, Olímpia, Nemea, Píticos e dois jogos menores: um de Naa (em Dodona) e um segundo ainda não decifrado[30,31].

Como jogos bienais, Ístmicos e Nemea ocorrem duas vezes. As Olimpíadas eram uma estrutura comum para a cronologia, com anos normalmente começando no meio do verão. Mas aqui o ano deve começar entre o início outono e início da primavera, porque os Jogos Ístmicos estão nos anos precedendo suas posições habituais no ciclo (ver Figura. 3). Vários nomes de meses favorecem um começo após o equinócio de outono. O pequeno deslocamento ($\sim 8°$, isto é, um mês), do mostrador levou em consideração a variação no início do calendário lunissolar e, assim, garantiu que o próximo ano das Olimpíadas nunca começaria antes do ano atual acabar.

O mostrador das Olimpíadas deve ser girado pela engrenagem existente a uma taxa de um quarto de volta por ano. Abaixo deste quadrante estão os restos de uma engrenagem isolada com 60 dentes[32,33]. Envolve-se nesse processo uma engrenagem adicional única com 57 dentes no eixo do Metônico. O ponteiro fornece a rotação correta no sentido anti-horário. Dimensionando esta engrenagem, com passo do dente igual à engrenagem de 60 dentes, fornece um raio exatamente conforme exigido pela distância interaxial: uma forte evidência de suporte tanto para o mostrador Olímpico quanto para esse arranjo mecânico.

A inscrição de "76 anos" (ver Figura 1), e outros fatores indicam o discador Calíptico, como o segundo discador subsidiário, em simetria com o discador das Olimpíadas — embora a perda de evidências signifique que a confirmação é improvável. Poderia um quarto subsidiário,

---

[29] WRIGHT, op. cit., 2005.
[30] DILLON, M. *Pilgrims and Pilgrimage in Ancient Greece*. 99–106. Routledge, London, 1997.
[31] CABANES, P. *Les concours des Naia de Dodone*. Nikephoros - Zeitschrift Fur Sport und Kultur Im Altertum 1, 49–84. 1988.
[32] PRICE, op. cit., 1974.
[33] FREETH, et al., op. cit., 2006.

simétrico com o mostrador Exeligmos (ver Figuras 1 e 2) completar o sistema de discagem? Um eixo existente aqui não transpassa a placa traseira, e não parece girar a uma taxa significativa. Desse modo, isso parece duvidoso.

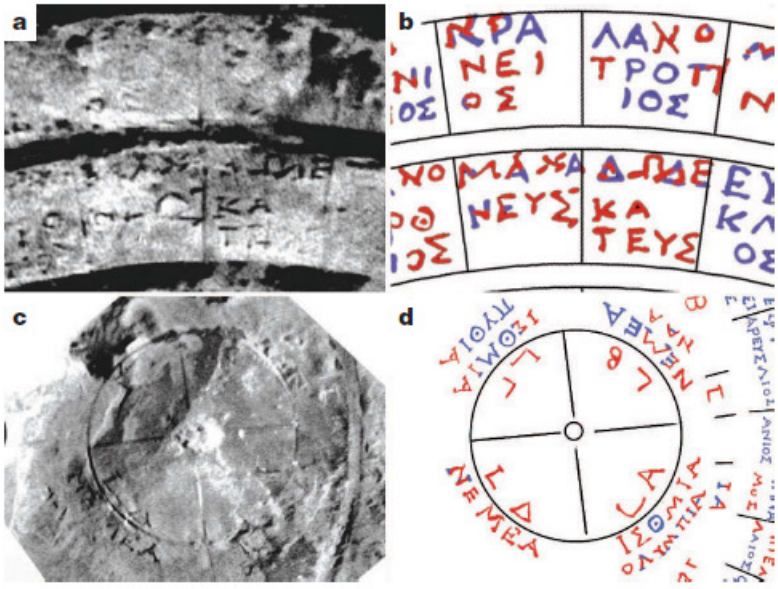


Figura 3. Decifração dos mostradores Metônico e das Olimpíadas. a) Fatia de Tomografia Computadorizada (TC) do Fragmento, B, exibindo parte do mostrador Metônico. As escalas têm 7 mm de largura e os textos 1,7 mm de altura (Notas Complementares 3). b) Os textos na cor vermelha foram rastreados a partir de TC — apenas o suficiente sendo decifrado para descobrir todos os nomes dos meses —; o texto na cor azul é reconstruído (a coloração em d) segue esta convenção). Os meses aqui são: ΚΡΑΝΕΙΟΣ; ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ; ΜΑΧΑΝΕΎΣ e ΔΩΔΕΚΑΤΕΎΣ. c) Fatia de TC do Fragmento B, mostrando o discador das Olimpíadas. ΛΔ e NEMEA podem ser vistos levemente no lado esquerdo. d) Os quatro setores do mostrador Olímpico são descritos como LA, LB, LΓ e LΔ - Anos 1, 2, 3 e 4. Na parte externa, estão os Jogos Pan-Helênicos: Ano 1: ΙΣΘΜΙΑ, ΟΛΎΜΠΙΑ; Ano 2: NEMEA, ΝΑΑ; Ano 3: ΙΣΘΜΙΑ; e Ano 4: NEMEA, e textos não decifrados. À direita do mostrador estão os números ϛ (6) e ΙΑ (11) para os dias excluídos.

Aumentamos o número de glifos de eclipses identificados[34] (Figura 4, Notas Suplementares 4) de 16 a 18. A decodificação desses glifos é estendida aqui com a observação de N\Y, abreviando, ΝΎΚΤΟΣ, (da noite) para eclipses solares e letras de índice na parte inferior de cada glifo em ordem alfabética. Isto significa que o mostrador Saros começa na parte superior (como sugerido inicialmente[35]) com a letra de índice "A" em vez de na parte inferior (como em um modelo posterior[36]). Pois, com qualquer outro início de discagem, a extrapolação das letras

[34] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[35] WRIGHT, op. cit., 2005.
[36] FREETH, et al., op. cit., 2006.

de índice de volta ao primeiro glifo as forçaria a começar no meio do alfabeto. As letras de índice alfabético também restringem o número de glifos.

Se os 18 glifos estão alinhados com os eclipses lunar e solar nos últimos quatro séculos a.C.[37], eles dão uma combinação perfeita para 100 datas de início, sugerindo um excelente esquema de previsão. No entanto, não acreditamos que os glifos se fundamentavam principalmente em observações: — mesmo extensas observações ao longo de décadas perderia uma alta proporção de 65 previsões de eclipses estimados (Quadro Suplementar 2).

Os glifos parecem que foram gerados por um esquema de possibilidades de eclipse, semelhante ao esquema babilônicos com um padrão 8-7-8-7-8. (Quadro Suplementar 2), que pode ser reproduzido a partir de um modelo aritmético simples de elongação nodal de uma sigízia[38]. No entanto, estes esquemas têm intervalos de 5 ou 6 meses entre todas as previsões, enquanto as letras de índice do mecanismo implicam em um esquema com alguns intervalos mais longos.

Consideramos então, modelos cinemáticos para geração de glifos, definidos por diferentes critérios de elongação nodal e computáveis com tecnologias semelhantes ao aparato ou a um método aritmético. Com critérios adequados, esses modelos geram todos os glifos do dispositivo sem deixar ausente nenhum glifo observável — se o modelo usa meses médios ou primeiros meses de anomalia (incorporando anomalias lunares e solares).

No entanto, nenhum destes modelos corresponde exatamente às letras de índice. Por causa da paralaxe, a probabilidade de um eclipse solar depende não apenas do elongação nodal de uma sizígia, mas também de ocorrer ao norte ou ao sul da eclíptica, como foi reconhecido na antiguidade[39].

A introdução dessa assimetria produz modelos (ambos usando média e primeiros meses de anomalia) que correspondem exatamente a todos os 18 glifos definidos com um único erro de letra de índice, causado pelo único exemplo em que os modelos geram dois glifos lunares adjacentes — algo que nunca apareceu nos esquemas babilônicos. E, descartar o segundo deles dá uma combinação perfeita, o que demonstra que estes modelos cinemáticos fornecem uma explicação persuasiva da sequência de glifos.

---

[37] ESPENAK, F. *NASA eclipse*. Disponível em: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>, 2008.
[38] AABOE, A. *Remarks on the theoretical treatment of eclipses in antiquity*. J. Hist. Astron. 3, 105–118. 1972.
[39] TOOMER, op. cit., 1984.

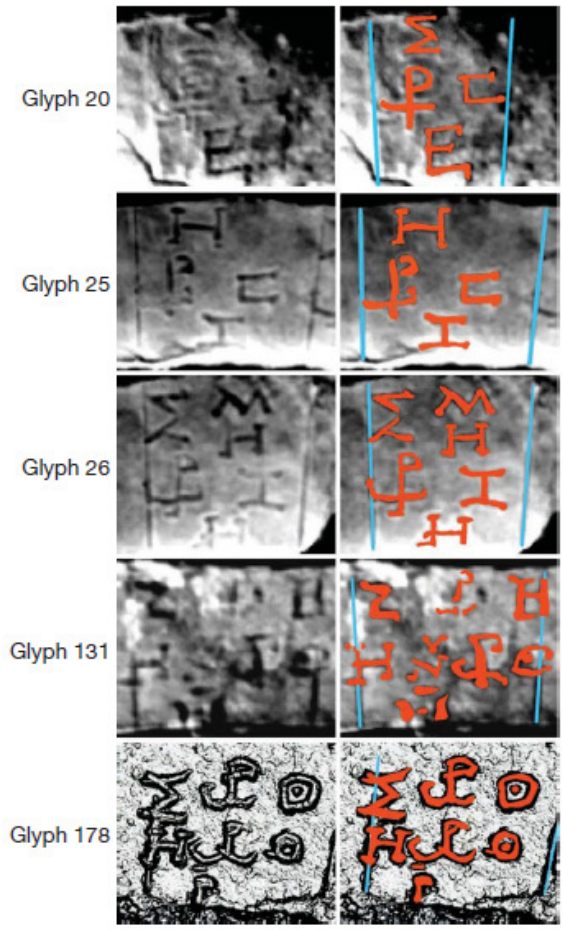


Figura 4. Glifos. Uma seleção dos 18 glifos de previsões de eclipses conhecidos (Notas Complementares 4). À esquerda, os dados brutos; Tomografia Computadorizada para os glifos 20, 25, 26 e 131 e, Mapeamento de Textura Polinômica para o glifo 178. À direita, o texto traçado na cor vermelha. A maioria dos símbolos dos glifos foi decodificada anteriormente[6]. Σ, ΣELHNH (Lua); H, HΛIOΣ (Sol); H\ᴹ, HMEPAΣ (do dia); ω\º, ωρα (hora) e o texto que segue marca o instante do eclipse em horas. Adicionamos aqui, N\ʏ, NΥKTOΣ (da noite), como visto no glifo 131, e a identificação de letras de índice na parte inferior de cada glifo em ordem alfabética. Nos glifos consecutivos 20, 25 e 26 podem ser vistas as letras de índice E, Z e H. (Z está sempre escrito no Mecanismo como um I com serifas longas.) Alguns dos glifos têm barras inexplicáveis sobre a letra de índice, como nos glifos 131 e 178. As letras de índice têm profundas consequências para o *design* da sequência dos glifos.

Combinando os glifos das horas com os horas reais dos eclipses nos últimos quatro séculos a.C. não descobrimos correlações estreitas, sugerindo que elas não eram precisas. Cinco dos oito glifos das horas definidas que incluem, H\ᴹ, **(**HMEPAΣ**,** do dia; ver Figura 4) estão em conformidade com um modelo que calcula os glifos das horas dos meses lunares médios — mas outros dois certamente não.

A introdução das primeiras anomalias lunares e solares na análise dos glifos das horas deve revelar um ciclo periódico de correções após o ciclo da Lua Cheia (Quadro Suplementar

2). Todavia, estes glifos das horas não estão em conformidade com este padrão, o que nos conduz a concluir que o processo de geração dos glifos das horas não é consistente e permanece obscuro.

Descobrimos também por que o mostrador de Saros é uma espiral de quatro voltas: cada um quarto de volta do mostrador cobre um ciclo de Lua Cheia (Quadro Suplementar 2). Portanto, o diâmetro aparente da Lua, que medeia a duração e tipo de eclipse, é indicado pelo ângulo do ponteiro dentro de cada quarto de volta do quadrante. Cada eclipse da série Saros ocorre cerca de 8 horas depois no dia (Quadro Suplementar 2). Após três ciclos de Saros (o Exeligmos) o eclipse está quase na mesma hora do dia. O mostrador Exeligmos[40] é dividido em três setores, sem inscrição em um setor e com os números 8 e 16 em setores sucessivos (ver Figura 2).

Concluímos que esses números informam ao usuário quantas horas adicionar ao tempo do glifo para obter a hora do eclipse previsto. As inscrições recém-descobertas revelam que o mecanismo de Anticítera não era simplesmente um instrumento da ciência abstrata, mas que exibiu fenômenos astronômicos em relação às instituições sociais gregas. É totalmente inesperado que ele tenha sido feito para uso no noroeste da Grécia ou na Sicília, em vez de Rodes, como costuma ser sugerido. O calendário Metônico, o mostrador das Olimpíadas, e o esquema de previsões de eclipses de Saros adicionam novas ideias às sofisticadas funções deste marco na história da tecnologia.

Informações Suplementares estão vinculadas à versão on-line do artigo em: https://www.nature.com/articles/nature07130.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada sob o amparo do Projeto de Pesquisa sobre Mecanismo com a colaboração de M. G. Edmunds, J. Seiradakis, X. Moussas, e A. Tselikas do Museu Arqueológico Nacional de Atenas. Reconhecemos a colaboração essencial do Diretor do Museu, N. Kaltsas, H. Mangou, M. Zafeiropoulou (que catalogou os fragmentos, revelando o fragmento F, e vários fragmentos menores), G. Makris e muitos outros funcionários. Os dados de raios X foram coletados por uma equipe da X-Tek Systems (Reino Unido) / Metris (NL), liderada por R. Hadland, e agradecemos particularmente a. Ramsey e A. Ray. Agradecemos o apoio de C. Reinhart, da Volume Graphics. Hewlett-Packard (EUA), liderada por T. Malzbender, que realizou a imagem de superfície. Somos gratos a N. Economou (falecido), H. Kritzas, E. Georgoudakis e M. Anastasiou. Agradecemos a F. Espenak da NASA / GSFC pelo fornecimento de todos os dados das previsões modernas de eclipses. A Fundação J.F. Costopoulos que financiou parcialmente a T.F.

[40] FREETH, et al., op. cit., 2006.

e a National Bank of Greece parcialmente financiado Y.B. J.M.S. foi apoiado por uma Royal Society Bolsa de Pesquisa Universitária.

Contribuições dos Autores

T. F. e A. J. realizaram as análises tomográficas das inscrições e A. J. forneceu a maior parte das interpretações e análises históricas, com contribuições as de Y. B. A. J. identificou os dias excluídos nos mostradores Metônico, das Olimpíadas, as letras de índice nos glifos. T.F. propôs como o mostrador Olímpico foi girado. J. S., T. F. e A. J. contribuíram com ideias sobre os glifos e T.F. realizou a análise de geração de sequência dos glifos, horas dos glifos e explicou por que o mostrador de Saros tem quatro voltas. J. S. identificou o papel do mostrador Exeligmos. Todos os autores contribuíram para o manuscrito escrito. T. F agrupou e condensou o texto e projetou as ilustrações.

Informações do Autor

Informações sobre reimpressões e permissões estão disponíveis em: http://www.nature.com/reprints. Correspondências e solicitações de materiais devem ser endereçadas a T. F. (tony@images-first.com).

Calendários com exibição das Olimpíadas e de previsão de eclipses no Mecanismo Anticítera – Notas Complementares

1.1 Visão geral do Mecanismo de Anticítera

1.2 Fragmentos

O Mecanismo de Anticítera foi recuperado em 1901 por mergulhadores gregos pescadores de esponjas, em um naufrágio Romano no primeiro século a.C.[41]. Inicialmente não reconhecido, foi levado ao Museu Arqueológico Nacional de Atenas, local onde permaneceu entremeio a uma grande quantidade de peças arqueológicas do naufrágio.

Quase certamente recuperado em uma única peça não foi inicialmente considerado como algo notável. Depois de alguns meses, ele se desmembrou, revelando a precisão de algumas engrenagens. Embora sua natureza não fosse compreendida, o ocorrido causou considerável inquietação[42], e, evidências atuais sugerem que o aparato data entre a segunda metade do segundo século a.C., e início do primeiro século a.C.[43].

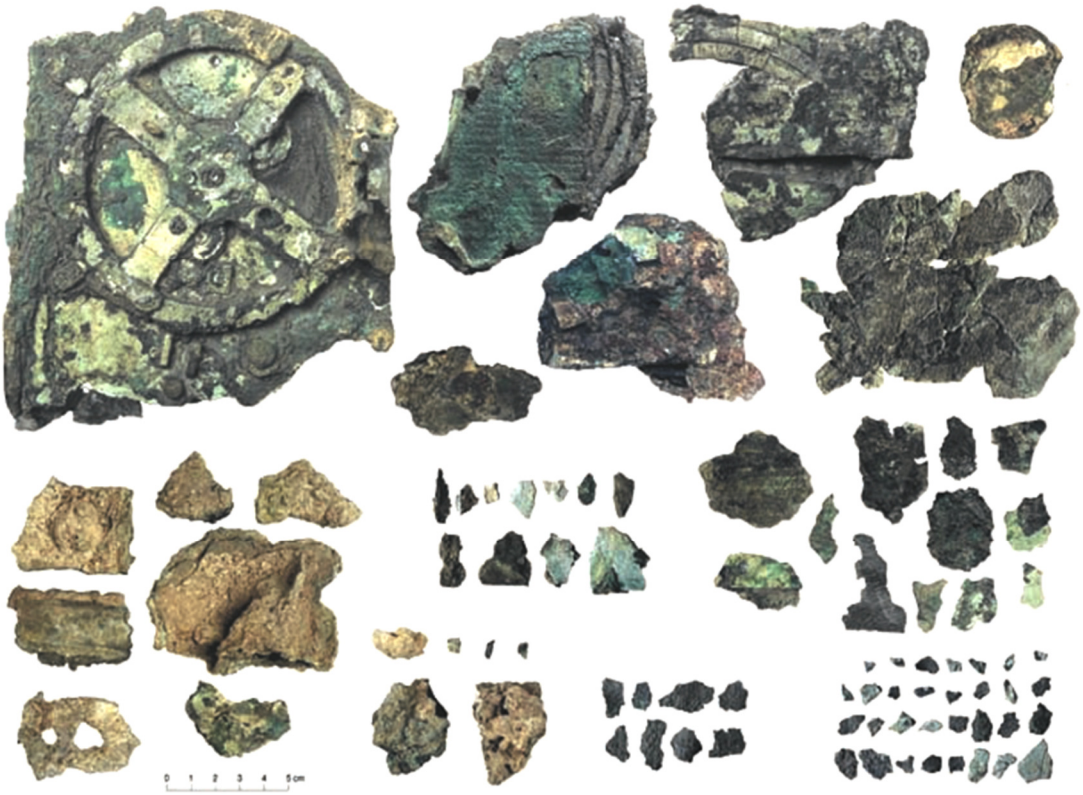


Figura Complementar 1. Os Fragmentos do Mecanismo de Anticítera. Fragmentos A-G estão na metade superior e 1-75 na metade inferior. É provável, mas não definitivo, que todos os fragmentos pertençam ao dispositivo.

41 PRICE, op. cit., 1974.
42 PRICE, op. cit., 1974.
43 FREETH, et al., op. cit., 2006.

Em 1974, o mecanismo era conhecido por constituir-se de quatro fragmentos principais (A-D) e cerca de 15 fragmentos menores[44]. O fragmento E, foi encontrado no Museu em 1976. O fragmento, F, foi encontrado junto com um grande número de fragmentos menores em 2005 nas seções da Coleção de Bronze. Estes foram então organizados e numerados pela equipe do Museu, de modo que os atuais fragmentos conhecidos hoje consistem em sete fragmentos maiores (A-G) e setenta e cinco fragmentos menores (1-75)[45,46].

1.3 Estrutura do Mecanismo

Os restos dos fragmentos do aparato contêm mais de trinta engrenagens dentadas com cerca de 1,5mm de comprimento, como foi confirmado no primeiro estudo com Raio-X[47]. Estas engrenagens permitem ao dispositivo fazer cálculos baseados em ciclos do Sistema Solar.

Um estudo atual mostrou que todas as contagens de dentes das engrenagens sobreviventes (com uma única exceção) podem ser explicadas em termos de dois ciclos do Sistema Solar, conhecidos tanto pelos antigos babilônios quanto pelos antigos gregos: os ciclos Metônico e Saros (Quadros Complementares 1 e 2). A estrutura básica e as funções das engrenagens foram previamente descritas[48]. Neste artigo, publicamos uma revisão deste diagrama de engrenagens que leva em conta a descoberta recente do mostrador das Olimpíadas.

A arquitetura geral do mecanismo foi publicada em 1974 em um estudo pioneiro[49], embora as funções de quase todos os seus mostradores tenham sido radicalmente reavaliadas desde então[50].

---

[44] PRICE, op. cit., 1974.
[45] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[46] EDMUNDS, et al., op. cit., 2008.
[47] PRICE, op. cit., 1974.
[48] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[49] PRICE, op. cit., 1974.
[50] FREETH, et al., op. cit., 2006.

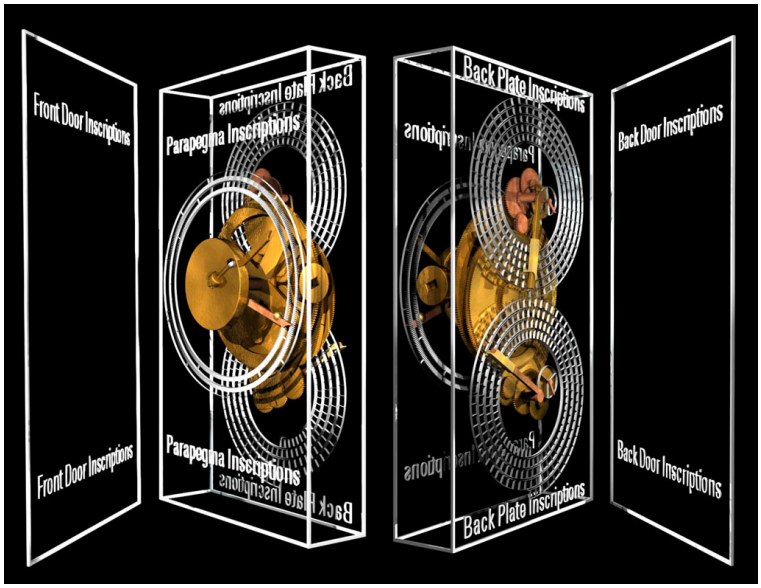


Figura Suplementar 2. Esquema mostrando a arquitetura geral do Mecanismo em um modelo de 2006. Modelo atual revisa os Mostradores Posteriores: a função do mostrador subsidiário superior e a geometria do mostrador principal inferior.

O aparato consiste em uma caixa que mede cerca de 33cm x 8cm x10cm (sendo a última medição a mais incerta). Ele tem um *input* de um lado, que provavelmente, era girado à mão e impulsionava o resto das engrenagens através de uma coroa. Nas faces frontal e traseira há vários mostradores de saída.

Os mostradores frontais consistem em dois grandes mostradores concêntricos: um mostrador com os signos do Zodíaco escritos em Grego, e um mostrador do Calendário, com os meses do calendário Egípcio marcados em Grego[51]. Este calendário consistia em 12 meses de 30 dias e 5 dias extras (epagômenos) — perfazendo 365 dias no ano. Pelo fato de faltar o quarto de dia extra do ano solar, o calendário egípcio se movia em relação às estações do ano. Isto foi acomodado no dispositivo com uma escala de calendário móvel. Esta escala pode ser movida em um dia a cada quatro anos, facilitada por um *pin and slot* na parte inferior da escala que se encaixa em uma sequência de 365 furos abaixo da escala do calendário.

Na escala do Calendário, um ponteiro teria mostrado a data no calendário Egípcio. Em um estudo anterior, este ponteiro da data também indicou a posição média do Sol no Zodíaco[52]. Entretanto, é provável que houvesse um ponteiro separado que exibisse a velocidade variável do Sol, de acordo com uma teoria solar relacionada à Hiparco. Havia também um ponteiro que

[51] PRICE, op. cit., 1974.
[52] PRICE, op. cit., 1974.

mostrava a posição da Lua no Zodíaco e agora entende-se que esse indicador incorporou a velocidade variável da Lua de acordo com uma teoria lunar epicíclica relacionada à Teoria de Hiparco[53].

No centro do mostrador dianteiro há uma peça adicional, que usa uma bola semi prateada para exibir as fases da Lua[54], que é calculada a partir das rotações diferenciais do Sol e da Lua. Também pode ter mostrado o ciclo Lunar em dias com uma escala adicional, estudo este que reforça essa proposta. Inclusive parece provável que o mecanismo também tenha exibido alguns, ou até todos os cinco planetas conhecidos na antiguidade, mas há um debate considerável sobre isso.

Os mostradores posteriores e suas funções são o assunto deste estudo e estão descritos em detalhes no texto principal.

2. Aquisição de Dados e Análise

2.1 Aquisição de Dados

No outono de 2005, três tipos de dados foram coletados sobre o Mecanismo de Anticítera sob o patrocínio do Projeto de Pesquisa Mecanismo de Anticítera[55].

1. Fotografia de alta resolução em filme de 6 cm x 7 cm.

2. Imagens digitais de superfície usando Mapeamento de Textura Polinômica (MTP)[56], reunido por uma equipe da *Hewlett-Packard* (EUA) com equipamentos especializados.

3. Tomografia Computadorizada por raio-X de microfocos (TC) adquirida por uma equipe da *X-Tek Systems* (Reino Unido), agora parte da *Metris* (Holanda), usando um protótipo de máquina de raios-X de alta capacidade[57].

---

[53] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[54] WRIGHT, M. T. The Antikythera Mechanism and the early history of the moonphase display. *Antiquary. Horol.* 29, 319–329. 2006.
[55] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[56] MALZBENDER, T. & GELB, D. *Polynomial Texture Mapping* (PTM). Disponível em: <http://www.hpl.hp.com/research/ptmæ>. 2006.
[57] HADLAND, et al., op. cit., 2008.

Figura Complementar 3. Fragmento, A, sendo montado na máquina de raios *X BladeRunner* da *X-Tek Systems* por Gerasimos Makris, Chefe Conservador do Museu Arqueológico Nacional de Atenas. O fragmento foi montado em um ângulo para viabilizar ao máximo o caminho do feixe de raio-X da amostra que foi girada na frente da fonte de raio-X.

Os fragmentos por si só estão em um estado muito delicado e em perigo de deterioração, apesar das medidas de conservação. A Tomografia Computadorizada por raio-X de microfocos (TC) é uma técnica totalmente não destrutiva, que permitiu que o rico armazenamento de informações que estavam escondidas por dentro dos fragmentos fossem preservados[58].

Os dados primários para este estudo foram as análises de Tomografias Computadorizadas por microfocos (TC)[59]. Estes foram adquiridos utilizando-se uma máquina de raios X *BladeRunner* especialmente fabricada pela *X-Tek Systems* (Reino Unido). Foram utilizadas fontes de raios-X de microfocos de 450kV e 225kV. Estes foram direcionados para a amostra, que foi colocada em uma plataforma giratória enquanto a imagem de raios-X foi projetada em um detector de tela plana bidimensional *Perkin Elmer* que forneceu todos os dados para este estudo.

[58] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[59] HADLAND, et al., op. cit., 2008.

Para evitar qualquer choque mecânico nas amostras, elas foram giradas continuamente (através de pouco mais de 360°), enquanto as projeções das imagens de raios X foram coletadas em intervalos regulares com 2.048 x 2.048 TIFF de 16 bits.

O número de imagens adquiridas variou entre 1.492 e 2.957, para diferentes varreduras. A resolução de uma varredura depende da ampliação geométrica da amostra no detector — com amostras menores produzindo maior ampliação e, portanto, maior resolução. A resolução variou de 46 microns a 136 microns para diferentes fragmentos. Todos os 82 fragmentos conhecidos do Mecanismo foram escaneados — os maiores individualmente —, e os fragmentos menores foram escaneados em lotes de até oito de cada vez. E cerca de 600GB de dados de raios-X foram reunidos.

2.2 Análises de Dados

Os dados analisados foram processados em volumes de raios-X visíveis filtrados usando-se o software CT Pro[60] com imagens de reprojeções filtradas (Filtered Back Projection) de propriedade da *X-Tek Systems*. Esses volumes gráficos foram então visualizados com o software VGStudio Max da *Volume Graphics* — que tem a capacidade de isolar fatias de raios-X individuais através dos fragmentos e que podem ser inclinados para coincidir tanto quanto possível aos planos das placas e engrenagens do aparato —. A alta resolução das tomografias de raios-X de microfocos, juntamente com a sua capacidade de isolar um único plano através de uma amostra, estão no centro das novas leituras das inscrições relatadas aqui.

Até onde sabemos, sobre o uso dessa técnica no dispositivo[61] é a primeira vez que inscrições significativas foram lidas dentro de um artefato arqueológico. A análise da estrutura do mecanismo foi realizada tanto dentro do programa *VGStudio Max* como pela exportação de fatias de tomografias computadorizadas para o software de desenho *Vectorworks* (Nemetschek) auxiliado por um computador, onde as medições podiam ser feitas, e a geometria sobreposta. Essa foi a base das análises das engrenagens relatada anteriormente[62].

Apesar de o aparato ter permanecido dois mil anos submerso pela água, detalhes finos nos fragmentos foram preservados em escalas submilimétricas. Inscrições em grego cobrem as placas externas, com textos variando entre 1,2 mm e 5 mm de altura. Conforme os textos, o

[60] HADLAND, et al., op. cit., 2008.
[61] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[62] FREETH, et al., op. cit., 2006.

dispositivo parece ser um documento original extremamente raro que nos fornece informações fundamentais sobre a astronomia e tecnologia de sua época.

As análises dos textos foram realizadas através da visualização de fatias dos fragmentos, tanto no programa VGStudio Max usado para analisar e visualizar dados de tomografia computadorizada, quanto pelo software de processamento de imagens Adobe Photoshop. Os planos das placas de bronze, nos quais os textos estão inscritos, podem não ter sido fabricados de maneira completamente plana e ao longo do tempo certamente foram distorcidos. Nem todas as inscrições podem ser vistas em uma única fatia de tomografia computadorizada. Às vezes, apenas um único caractere pode ser lido em uma fatia, e esse caractere não pode ser visto em uma fatia paralela a apenas 20 microns de distância. Para ler o máximo possível do texto, várias fatias foram exportadas do VGStudio Max como pilhas de imagens para as camadas de um arquivo do Photoshop, onde os textos foram rastreados e decodificados em diferentes camadas.

3. Mostradores Metônico, Olimpíadas e Calíptico

3.1 Fragmentos que confirmam o Mostrador Posterior

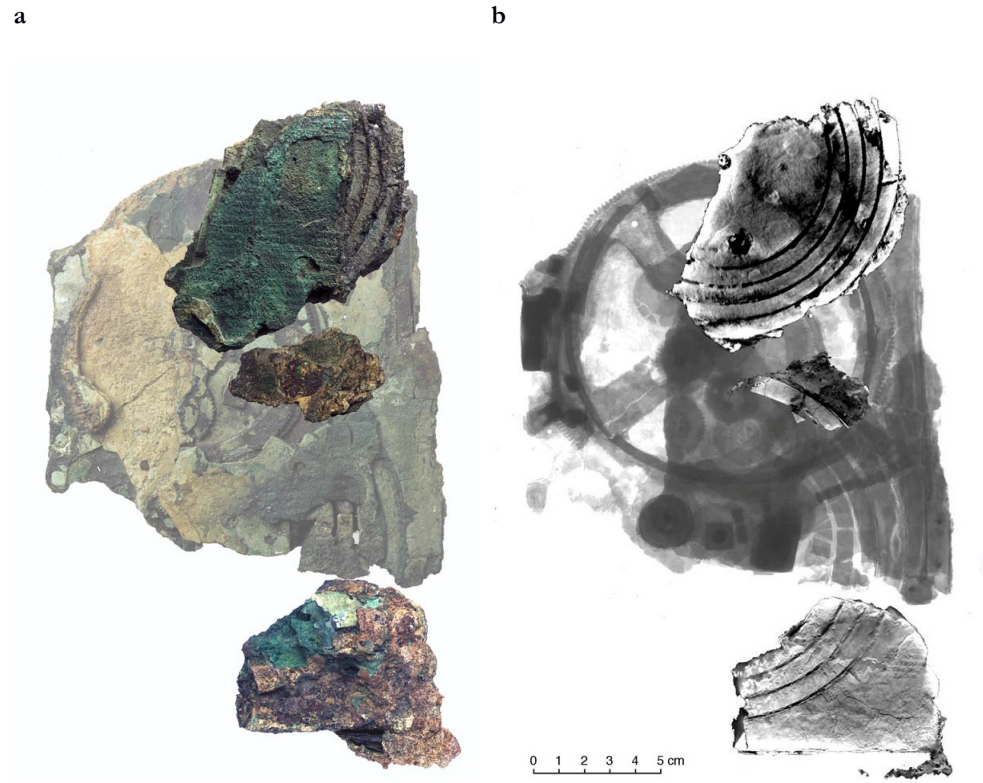


Figura Complementar 4. Orientação dos principais fragmentos envolvidos no Mostrador Traseiro. a) De cima para baixo, Fragmentos B, E, e F com Fragmento A em segundo plano. b) Fatias de Tomografias Computadorizadas (CT) de B, E, e F, com uma radiografia de A no fundo.

O sistema da parte superior do mostrador posterior é comprovado pelo Fragmento, B, cuja orientação relativa ao Fragmento principal, A, foi previamente determinada pela observação de um eixo comum compartilhado pelos dois fragmentos e o alinhamento horizontal do texto impresso na parte de trás do fragmento[63].

O sistema da parte inferior posterior é comprovado pelos Fragmentos A, E e F e suas orientações relativas foram previamente determinadas[64] pelas análises de tomografias computadorizadas (CT) dos textos ocultos, das divisões das escalas nesses fragmentos e pelo entendimento de que nessa parte do sistema está representado o mostrador de previsões de eclipses Saros.

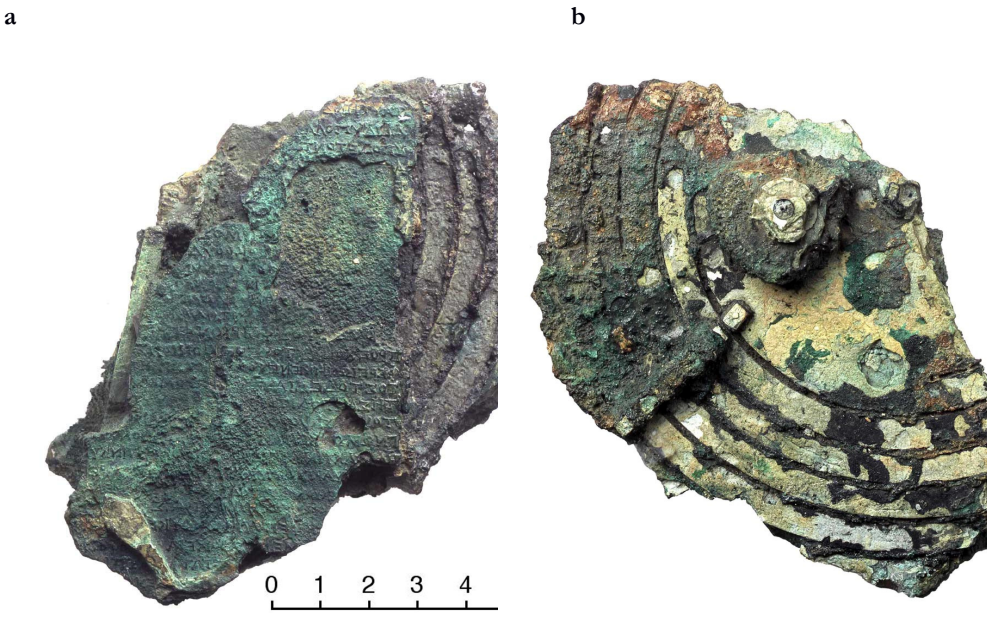


Figura Complementar 5. Fragmento, B. a) A face externa está coberta por uma camada de inscrições espelhadas que são uma lista de textos originalmente situados na face interna da parte traseira. b) A face interna mostra a parte detrás dos anéis da escala, mantidos juntos com uma peça de ligação. Os restos da engrenagem 01 (Figura Complementar 13) também podem ser vistos no eixo que aciona o mostrador Olímpico recém identificado.

O fragmento, B, um dos maiores fragmentos sobreviventes, é um amálgama de várias características separadas do dispositivo original. Entre os quais estão: os anéis parciais da escala do sistema de discagem posterior superior; a nova identificação das inscrições da placa posterior impressas em escrita espelhada com material fino cobrindo grande parte da escala; uma pequena

[63] PRICE, op. cit., 1974.
[64] FREETH, et al., op. cit., 2006.

parte da própria placa traseira; e um mostrador subsidiário escondido nessa placa com uma única engrenagem por baixo.

3.2 Calendário da espiral do Metônico

Quadro Suplementar 1. Calendários Metônico e Calíptico

Desde os tempos antigos, os astrônomos distinguiram vários períodos orbitais diferentes da Lua. O mês sideral é o período da Lua em sua passagem de uma estrela de volta para a mesma estrela (27,32 dias); o mês sinódico (ou lunar) é o período de uma fase da Lua a outra (29,53 dias).

Os Calendários eram baseados no ciclo lunar sinódico, no ciclo solar ou em ambos. Doze meses lunares são cerca de 11 dias mais curtos do que um ano, portanto os calendários nessa base não permaneciam sincronizados com as estações do ano. Tentativas de corrigir isso significam encontrar períodos inteiros de anos, que também são números inteiros de meses lunares. Um dos mais precisos deles é o ciclo de 19 anos de 235 meses lunares, atribuído a Méton de Atenas no século V a.C.. O ciclo Metônico é um dos dois ciclos básicos que sustentam quase todo o conhecimento sobre o funcionamento do Mecanismo de Anticítera.

A duração média do mês lunar (29,53 dias) pode ser bem aproximada em um calendário de 235 meses, fazendo 125 desses meses completos de 30 dias e 110 meses de 29 dias. Os 19 anos de 12 meses fariam 228 meses, então 7 anos precisam conter um décimo terceiro mês intercalar para completar os 235 meses do período de 19 anos. Com base nessas ideias, pode-se imaginar calendários lunissolares artificiais que, na medida do possível, distribuam uniformemente tanto os meses vazios quanto os 13 meses do período de 19 anos. Os 125 meses de 30 dias e 110 meses de 29 dias somam 6.940 dias, que é o período do calendário Metônico.

No século IV a.C., Cálipo apontou que os 6.940 dias do Calendário Metônico implicam um ano de duração que é $^{1}/_{76}$ dias a mais do que o comprimento de um ano, tomado como $365^{1}/_{4}$ dias. Por isso, ele propôs um aperfeiçoamento no calendário Metônico, que é um período de 76 anos, consistindo em quatro subperíodos de 19 anos Metônicos menos um dia. Portanto, o Calendário Calípico tem (4 x 6.940) - 1 = 27.759 dias.

Figura Complementar 6. Fragmento, B, Tomografia Computadorizada (TC) mostrando alguns dos textos dos nomes dos meses.

Uma proposta de que o principal mostrador da parte detrás é um calendário Metônico[65,66] está bem demonstrado atualmente[67]. As escalas do mostrador Metônico de cinco voltas estão cobertas de inscrições em duas ou três linhas delimitadas por divisões de escala que definem cada mês da escala de 235 meses.

Estas inscrições são identificadas aqui pela primeira vez, como os meses e anos de início do calendário Metônico e sua organização é compreendida nos dias de hoje. É digno de nota, que quase todo o texto onde o material da superfície foi removido no passado para revelar as escalas foi perdido.

Para ler o máximo possível dos textos, importamos sessenta fatias de Tomografias Computadorizadas do Fragmento, B, em intervalos de 70 microns para um arquivo de Photoshop. Nos casos em que era difícil de decifrar o texto, foram criadas pilhas de imagens adicionais da região de interesse, em alta resolução, e espaçadas mais próximas (até 15 microns). Várias centenas de fatias de TC foram utilizadas para a análise global. Para ajudar a decifrar os caracteres de textos obscuros, os volumes de TC também foram visualizados diretamente no VGStudio Max, onde a orientação exata da fatia, seu brilho e contraste poderiam ser alterados para aprimorar o texto.

65 PRICE, op. cit., 1974.
66 WRIGHT, op. cit., 2005.
67 FREETH, et al., op. cit., 2006.

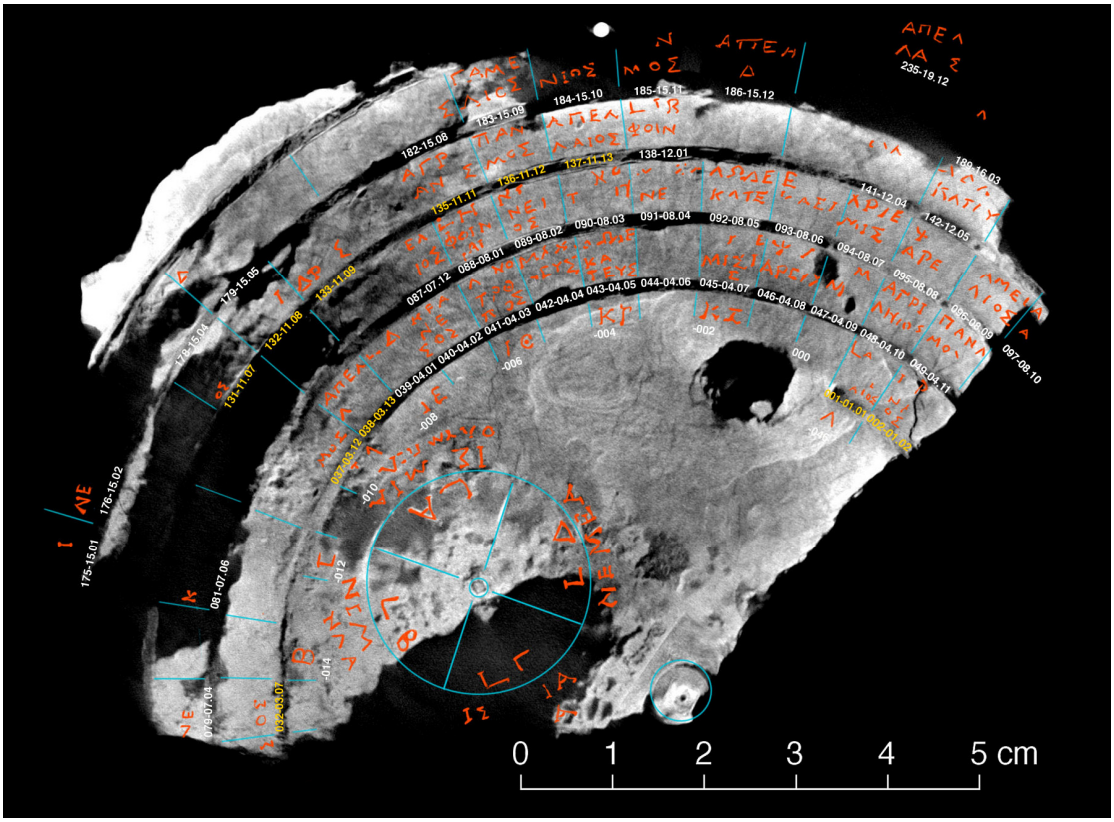


Figura Complementar 7. Tomografia Computadorizada por raio X de microfocos do Fragmento, B, com textos observados marcados na cor vermelha. A marcação abaixo de cada célula indica a posição do mês na escala de 235 meses, seguida do número do ano e do número do mês nesse ano. Anos de 13 meses estão demarcados na cor amarela.

Muito pouco dos meses foram identificados a partir do texto decifrado em uma única célula do mês. O conhecimento da estrutura do calendário Metônico permitiu a identificação de outras células com evidências adicionais de textos para o mesmo mês. O aprimoramento do software da *X-Tek Systems* na reconstrução dos volumes de raios-X do fragmento, B, possibilitou maior resolução e alcance dinâmico.

Finalmente, apenas detalhes suficientes dos caracteres dos textos foram reunidos para garantir a identificação de todos os nomes de doze meses.

Quando completa, a espiral do Metônico tinha 235 células, uma para cada mês lunar de um período Metônico, percorrendo no sentido horário em direção ao exterior a partir de um ponto inicial na parte inferior interna da espiral. Numeramos as células de 001 a 235. Cada célula continha uma inscrição com o nome de um mês do calendário, dividido em duas ou três linhas. Na célula correspondente ao primeiro mês (Phoinikaios) de cada um dos 19 anos civis, o nome do mês foi precedido pelo símbolo padrão em forma de L para *etos* (ano) e um numeral alfabético (Iônico) para o número ordinal do ano, de 1 a 19.

Partes dessas inscrições, às vezes completas, às vezes somente com uma única letra, foram detectadas em 49 células na parte sobrevivente da espiral (que é aproximadamente um terço do total, centrado no canto inferior direito).

Ocasionalmente, um dos nomes dos meses mais longos parece ter sido reduzido pela simples omissão das letras finais. Em nossa transcrição abaixo, que mescla a evidência das várias células, indicamos as letras visíveis, mas não totalmente legíveis em qualquer célula, por meio de tons de fundo, e as letras que não podem ser vistas em nenhuma das células estão entre colchetes. Os pontos de interrogação designam células contendo rastreios que são insuficientes para garantir a identidade do nome do mês nessa célula.

No.	*Transliteration*	*Transcription*	*Surviving Cells*
1.	Phoinikaios	ΦΟΙΝḭḴΑΙΟΣ	001, 039, 088, 138, 175?
2.	Kraneios	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	002, 040, 089, 176
3.	Lanotropios	Λ[Α]ΝΟΤΡΟΠ[Ι]ΟΣ	041, 090, 189?
4.	Machaneus	ΜΑΧḀΝΕΥΣ	042, 079?, 091, 141, 178
5.	Dodekateus	ΔΩΔΕΚΑΤḛΥΣ	043, 092, 142, 179
6.	Eukleios	Ε[Υ]ΚΛΕΙΟΣ	031?, 032?, 081?, 093, 131?
7.	Artemisios	ḀΡΤḛΜΙΣΙ[Ο]Σ	045, 094, 132?
8.	Psydreus	Ψ[Υ]ΔΡΕΥ̣Σ	046, 095, 133, 182
9.	Gameilios	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	047, 096, 183
10.	Agrianios	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	048, 097, 135, 184
11.	Panamos	ΠΑΝΑΜΟΣ	037, 049, 136, 185
12.	Apellaios	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	038, 087, 137, 186, 235

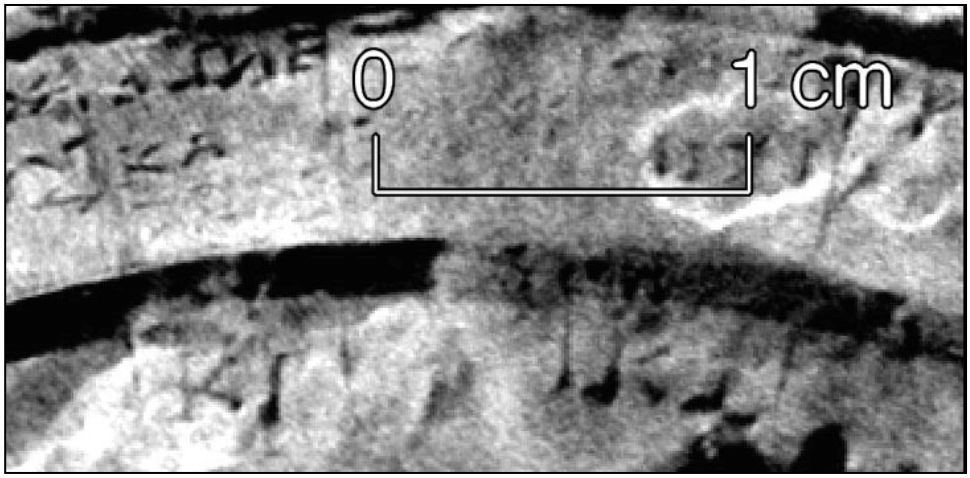


Figura Complementar 8. Os números, K□ (23), e, KZ (27), podem ser vistos na parte inferior, inscritos dentro da escala em espiral do calendário Metônico. Estes representam dias excluídos – ver 3.3.

Além disso, numerais alfabéticos estão inscritos abaixo (ou seja, dentro) de algumas células no contorno mais interno da espiral: 1 (provavelmente) abaixo da célula 1, 2 abaixo da célula 33, 6 abaixo da célula 35, 11 abaixo da célula 37, 15 abaixo da célula 39, 19 abaixo da célula 41, 23 abaixo da célula 43, e 27 abaixo da célula 45.

Evidências para os nomes foram traçadas a partir de Tomografia Computadorizada (TC) e (em um caso) um Mapeamento de Textura Polinômica (MTP). As células dos meses são organizadas em cinco colunas para as cinco voltas do mostrador da espiral. A inscrição da célula,0 88-08.01, significa Mês 088-Ano 8. Mês 01. As inscrições das células na cor roxa são para anos de 13 meses.

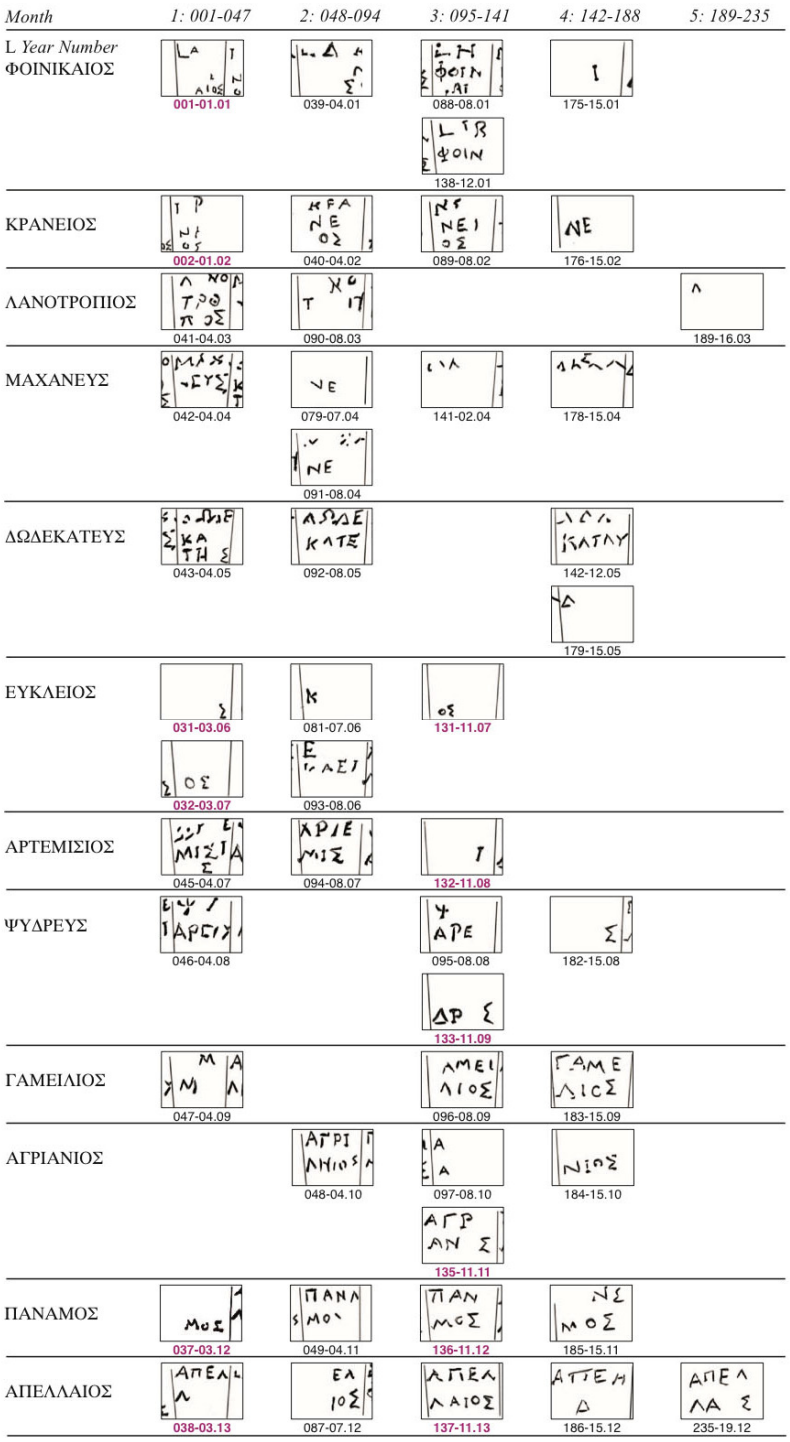


Figura Complementar 9. Evidências para os nomes dos meses no calendário Metônico.

3.3 Estrutura do Calendário

O estudo dos sistemas cronológicos antigos[68,69] e dos calendários Gregos em particular[70,71] depende de evidências literárias e arqueológicas dispersas, complementadas por muitas reconstruções conjunturais. A Espiral do Metônico é um novo e importante documento que ilumina muitos aspectos mal compreendidos desses assuntos.

Um ciclo Metônico especifica quais sete dos 19 anos têm um décimo terceiro mês. Nos calendários Gregos, a intercalação era feita repetindo um dos doze meses regulares, e o ciclo deveria, portanto, determinar qual dos doze era repetido em cada ano intercalar; sendo que, o mês intercalado não precisa ser o último, e poderia ser diferente em diferentes anos intercalares do ciclo. Um exemplo de um ciclo Metônico de intercalações — na verdade, o único da antiguidade que é completamente conhecido — é o ciclo do calendário Babilônico dos últimos cinco séculos a.C., que teve 12 meses intercalares nos anos 1, 4, 7, 9, 12, e 15, e um sexto mês intercalar no ano 18[72].

Para o calendário do Mecanismo, podemos deduzir a partir das inscrições, que dois meses intercalares caíram entre as células 2 e 37, uma entre as células 49 e 87, duas entre as células 96 e 133, uma entre as células 142 e 175, e uma após a célula 189. Um bom esquema de intercalação espalhará os anos intercalares o mais uniformemente possível, de modo que o número de anos entre as intercalações será alguma rotação da sequência 2-3-3-2-3-3-3 (como no calendário Babilônico). Gemino, por exemplo, declara expressamente (*Isagoge* 8)[73] que esse tipo de distribuição foi usado para ciclos Metônicos.

Uma vez que descobrimos que duas intercalações ocorreram até o final do ano 3, o padrão teria que ser 2-3-3-2-3-3-3 ou 2-3-3-3-2-3-3. Este último pode ser descartado porque colocaria o primeiro mês do ano 12 na célula 137. Portanto, é muito provável que as intercalações tenham sido nos anos 1, 3, 6, 9, 11, 14 e 17.

Infelizmente, não há nenhuma atribuição clara de duas células consecutivas contendo o mesmo nome do mês sobrevivente. O mês intercalar do ano 3 deve ter sido antes do mês 12, e o do ano 11 deve ter sido antes do mês 9. Uma hipótese simples, entre muitas possíveis, é que o mês intercalado era sempre o mês 6, nos quais as células 31 e 32 teriam ambas contido o nome do mês Eukleios.

---

[68] GINZEL, F. K. *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie.* Hinrichs, Leipzig, 1906-1914.
[69] BICKERMAN, E. *Chronology of the Ancient World.* Thames & Hudson, London, 1968.
[70] SAMUEL, A. E. *Greek and Roman Chronology, Calendars and Years in Classical Antiquity* (Handbuch der Altertumswissenschaft, Abt. 1., Teil. 7, Beck, München, 1972.
[71] TRÜMPY, op. cit., 1997.
[72] BRITTON, J. P. Calendars, Intercalations and Year-Lengths in Mesopotamian Astronomy. In *Calendars and Years: Astronomy and Time in the Ancient Near East* (ed. Steele, J.M.) 115-132. Oxbow, Oxford, 2007.
[73] EVANS & BERGGREN, op. cit., 2006.

No calendário babilônico, a duração de cada mês (29 ou 30 dias) não era determinada por sua posição no ciclo, mas pela observação direta ou por um cálculo astronômico independente do ciclo[74]. Gemino (Isagoge 8) afirmou que os comprimentos dos meses nos ciclos Metônicos gregos foram determinados atribuindo-se primeiramente um mês de 30 dias a cada um dos 235 meses (7.050 dias), e depois apagando 110 dias em intervalos de 64 dias, resultando em um total de 6.940 dias[75] (Quadro Suplementar 1). (Na realidade, Gemino diz em intervalos de 63 dias, porque ele não contou o próprio dia omitido.) A maioria desses dias excluídos (*exairesimoi*) cairia no meio de um mês, de modo que, por exemplo, em um mês, o 9º dia poderia seguir imediatamente após o 7º, enquanto dois meses depois seria o 13º imediatamente após o 11º.

De fato, Gemino não esclareceu se, em um calendário regulado pelo ciclo Calíptico, a exclusão de dias em intervalos de 64, é executada continuamente durante todos os 76 anos do ciclo ou se começa de novo em cada um dos quatro ciclos Metônicos que compõem o ciclo Calíptico. Também não explicou onde um dia adicional é eliminado de forma que o ciclo Calíptico terá os requeridos 27.759 dias em vez dos 27.760 que resultariam da concatenação[76] de quatro ciclos Metônicos de 6.940 dias.

Conjecturamos que em um ciclo Calíptico, os dias teriam sido eliminados em intervalos uniformes de 64 dias continuamente ao longo dos 76 anos, com mais uma exclusão no final do mês do ciclo. No entanto, muitos historiadores consideram o relato de Gemino sobre os dias excluídos como uma ficção implausível[77].

---

[74] STEELE, J. M. The Length of the Month in Mesopotamian Calendars of the First Millennium BC. In *Calendars and Years: Astronomy and Time in the Ancient Near East* (ed. Steele, J. M.), 133-148, Oxbow, Oxford, 2007.
[75] EVANS & BERGGREN, op. cit., 2006.
[76] FOTHERINGHAM, J. K. The Metonic and Callippic Cycles. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 84, 383-392, 1924.
[77] JONES, op. cit., 2000.

Excl.	SPIRAL TURN 1				SPIRAL TURN 2				SPIRAL TURN 3				SPIRAL TURN 4				SPIRAL TURN 5			
	Month	Name	Days	Year	Month		Month	Name	Days	Year	Month		Month	Name	Days	Year	Month		Month	Name	Days	Year	Month	
1	001	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	01	01		048	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	04	10		095	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	08	08		142	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	12	05		189	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	16	03	
	002	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	01	02		049	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	04	11		096	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	08	09		143	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	12	06		190	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	16	04	
5	003	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	01	03		050	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	04	12		097	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	08	10		144	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	12	07		191	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	16	05	
	004	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	01	04		051	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	05	01		098	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	08	11		145	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	12	08		192	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	16	06	
9	005	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	01	05		052	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	05	02		099	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	08	12		146	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	12	09		193	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	16	07	
	006	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	01	06		053	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	30	05	03		100	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	09	01		147	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	30	12	10		194	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	16	08	
13	007	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	01	07		054	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	05	04		101	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	09	02		148	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	12	11		195	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	16	09	
	008	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	01	08		055	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	05	05		102	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	30	09	03		149	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	12	12		196	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	30	16	10	
17	009	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	01	09		056	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	05	06		103	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	09	04		150	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	13	01		197	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	16	11	
	010	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	01	10		057	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	05	07		104	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	09	05		151	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	13	02		198	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	16	12	
21	011	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	29	01	11		058	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	05	08		105	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	09	06		152	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	13	03		199	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	17	01	
	012	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	01	12		059	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	05	09		106	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	09	07		153	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	13	04		200	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	17	02	
26	013	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	01	13		060	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	05	10		107	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	09	08		154	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	13	05		201	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	17	03	
	014	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	02	01		061	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	05	11		108	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	09	09		155	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	13	06		202	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	17	04	
30	015	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	02	02		062	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	05	12		109	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	09	10		156	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	13	07		203	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	17	05	
	016	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	02	03		063	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	06	01		110	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	30	09	11		157	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	13	08		204	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	17	06	
	017	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	02	04		064	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	06	02		111	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	09	12		158	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	13	09		205	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	17	07	
4	018	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	02	05		065	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	06	03		112	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	09	13		159	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	13	10		206	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	17	08	
	019	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	02	06		066	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	06	04		113	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	10	01		160	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	13	11		207	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	17	09	
8	020	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	02	07		067	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	06	05		114	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	10	02		161	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	13	12		208	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	17	10	
	021	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	02	08		068	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	06	06		115	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	10	03		162	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	14	01		209	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	30	17	11	
12	022	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	02	09		069	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	06	07		116	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	10	04		163	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	14	02		210	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	17	12	
	023	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	30	02	10		070	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	06	08		117	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	10	05		164	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	30	14	03		211	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	17	13	
16	024	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	02	11		071	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	06	09		118	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	10	06		165	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	14	04		212	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	18	01	
	025	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	02	12		072	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	06	10		119	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	10	07		166	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	14	05		213	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	18	02	
20	026	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	03	01		073	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	29	06	11		120	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	10	08		167	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	14	06		214	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	18	03	
	027	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	03	02		074	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	06	12		121	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	10	09		168	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	14	07		215	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	18	04	
24	028	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	03	03		075	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	06	13		122	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	10	10		169	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	14	08		216	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	18	05	
	029	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	03	04		076	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	07	01		123	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	10	11		170	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	14	09		217	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	18	06	
28	030	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	03	05		077	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	07	02		124	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	10	12		171	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	14	10		218	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	18	07	
	031	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	03	06		078	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	07	03		125	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	11	01		172	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	30	14	11		219	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	18	08	
	032	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	03	07		079	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	07	04		126	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	11	02		173	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	14	12		220	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	18	09	
2	033	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	03	08		080	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	07	05		127	ΛΑΝΟΤΡΟΠΙΟΣ	29	11	03		174	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	14	13		221	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	18	10	
	034	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	03	09		081	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	07	06		128	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	11	04		175	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	15	01		222	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	18	11	
6	035	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	03	10		082	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	07	07		129	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	11	05		176	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	15	02		223	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	18	12	
	036	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	30	03	11		083	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	07	08		130	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	11	06		177	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	15	03		224	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	19	01	
11	037	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	03	12		084	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	29	07	09		131	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	11	07		178	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	15	04		225	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	19	02	
	038	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	03	13		085	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	30	07	10		132	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	11	08		179	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	15	05		226	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	19	03	
15	039	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	04	01		086	ΠΑΝΑΜΟΣ	29	07	11		133	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	11	09		180	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	15	06		227	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	29	19	04	
	040	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	04	02		087	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	07	12		134	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	11	10		181	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	15	07		228	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	30	19	05	
19	041	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	29	04	03		088	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	29	08	01		135	ΑΓΡΙΑΝΙΟΣ	29	11	11		182	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	15	08		229	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	29	19	06	
	042	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	04	04		089	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	08	02		136	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	11	12		183	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	15	09		230	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	19	07	
23	043	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	04	05		090	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	29	08	03		137	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	11	13		184	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	15	10		231	ΨΥΔΡΕΥΣ	29	19	08	
	044	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	04	06		091	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	08	04		138	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	12	01		185	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	15	11		232	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	19	09	
27	045	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	29	04	07		092	ΔΩΔΕΚΑΤΕΥΣ	29	08	05		139	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	29	12	02		186	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	29	15	12		233	ΑΓΡΙΑΝΟΣ	29	19	10	
	046	ΨΥΔΡΕΥΣ	30	04	08		093	ΕΥΚΛΕΙΟΣ	30	08	06		140	ΛΑΝΟΤΡΟΠΟΣ	30	12	03		187	ΦΟΙΝΙΚΑΙΟΣ	30	16	01		234	ΠΑΝΑΜΟΣ	30	19	11	
	047	ΓΑΜΕΙΛΙΟΣ	30	04	09		094	ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΣ	30	08	07		141	ΜΑΧΑΝΕΥΣ	30	12	04		188	ΚΡΑΝΕΙΟΣ	30	16	02		235	ΑΠΕΛΛΑΙΟΣ	30	19	12	

Figura Complementar 10. Proposta da estrutura do Calendário Metônico. Todos os meses têm 30 dias, exceto aqueles com dias excluídos, que têm 29 dias. Na extrema esquerda estão os dias excluídos, sendo aqueles na cor vermelha observados no fragmento B. O dia excluído está retirado de cada mês em todas as cinco voltas da espiral — Em outras palavras, todos os meses na mesma linha horizontal no diagrama. Todas as lacunas entre os dias excluídos são de 64 dias, exceto as indicadas pelos quadrados azuis (primeira coluna á esquerda), que são 65 dias. Os anos de 13 meses estão na cor roxa. No Mecanismo de Anticítera, encadear sucessivos períodos Metônicos juntos mantém a regularidade do esquema de dias excluídos, enquanto o esquema de Gemino fica com uma lacuna irregular de 74 dias nos limites entre os períodos Metônicos. Este é um esquema possível entre vários, com diferentes distribuições dos anos de 13 meses e diferentes repetições de meses nesses anos.

O diagrama do aparato está projetado fundamentalmente com o ciclo Metônico e não com o ciclo Calíptico em mente, e concorda com Gemino em conseguir uma distribuição de 30 dias, e 29 dias por mês pulando dias em diferentes estágios no meio dos meses nominalmente de 30 dias, mas não invariavelmente em intervalos de 64 dias. Se 110 dias forem excluídos em intervalos de 64 dias, o último dia omitido do ciclo será 74, e não 64 dias antes do primeiro dia omitido do ciclo seguinte.

No dispositivo, essa descontinuidade é suavizada, prolongando-se dez dos intervalos para 65 dias. O ciclo Metônico naturalmente se divide em cinco subciclos de 47 meses, em cada um dos quais os intervalos de 65 dias surgem aproximadamente ¼ e ¾ do caminho através do subciclo. Isso explica o fato de a espiral Metônica ter cinco voltas, cada curva representando um subciclo de 47 meses, tendo a distribuição idêntica de dias omitidos, que são indicados por numerais escritos no interior da primeira volta (Figura 1, e Figura Complementar 8). O primeiro

dia omitido, surpreendentemente, é o primeiro dia do primeiro mês do subciclo. Isso significa que não haverá dia de Ano Novo neste ano.

Se, como acreditamos, o calendário exibido no Mecanismo deveria ser regulado a longo prazo de acordo com o ciclo Calíptico, então mais um dia teria que ser ignorado no quarto ciclo Metônico. Este pode ter sido o último dia do último mês do quarto ciclo, caso em que a contagem de dias teria ocorrido diretamente a partir do dia 29 do último mês (Apellaios) do ciclo Calíptico, até o 2º dia do primeiro mês (Phoinikaios) do próximo ciclo.

Claramente teria sido difícil excluir dias de um mês lunar se não houvesse meios fáceis, de contá-los, no aparato. Portanto, uma exibição dos dias do mês lunar parece essencial. É evidente que isso não pode ser feito nos mostradores traseiros, pois os ponteiros giram muito lentamente para a inclusão de dias na escala. No entanto, anteriormente foi sugerido que isso poderia ser feito em combinação com o mecanismo das fases da Lua incluído no Mostrador Frontal[78].

Nesta proposta, o movimento diferencial dos ponteiros do Sol e da Lua mostram os dias do mês lunar, que estão indicados em uma escala de dias anexada ao ponteiro do Sol (o ângulo entre os ponteiros do Sol, e da Lua sendo a elongação da Lua a partir do Sol). Uma modificação dessa ideia é anexar a escala de dias ao ponteiro da Lua com o dia indicado na escala pelo ponteiro do Sol. Isso poderia explicar perfeitamente a característica cilíndrica do mecanismo da fase lunar, que poderia facilmente ter sido inscrito com uma escala, já que parece redundante. No entanto, ainda não encontramos nenhuma evidência disso na tomografia computadorizada (TC), possivelmente porque o cilindro está coberto de corrosão.

3.4 Origem dos Calendários

Os calendários das cidades gregas eram sempre lunissolares, tendo doze meses nominais e um ano civil que era mantido em uma parte mais ou menos fixa do ano natural por meio de meses intercalados. Os nomes dos meses propriamente ditos e o alinhamento do calendário com as estações do ano variavam de cidade para cidade, embora muitas vezes exibissem semelhanças familiares que geralmente, refletem uma etnia compartilhada ou uma relação histórica mais próxima; por exemplo, cidades fundadas por colonizadores de outras cidades que normalmente retêm ou adaptam o calendário de seus ancestrais.

Nosso conhecimento relacionado aos calendários da maioria das cidades é altamente dependente das datas nas inscrições. É raro que conheçamos todos os nomes de doze meses, às

[78] WRIGHT, op. cit., 2006.

vezes apenas um ou dois, e evidências diretas da sequência de meses e seu alinhamento sazonal é ainda mais raro. Assim sendo, conhecemos mais detalhes do calendário do dispositivo de Anticítera do que qualquer calendário grego, exceto o de Atenas.

Os nomes de dois meses do calendário do Mecanismo; Artemisios e Panamos, são encontrados, em várias formas ortográficas, em numerosos calendários regionais pertencentes a mais de um dos mais amplos agrupamentos de calendários baseados em etnias, especialmente o grupo Jônico e o Grego Ocidental (Dórico ou Grego do noroeste). Seu principal valor para nós é que eles parecem ter tido fortes associações sazonais, com Artemisios e suas variantes caindo na primavera, e Panamos e suas variantes no final da primavera ou no verão. Isso implicaria que o início do calendário do aparato fosse no final do verão ou no início do outono, seis meses antes de Artemisios e dez meses antes de Panamos.

Outros meses do dispositivo são característicos de calendários do grupo Grego ocidental e de seu subgrupo Dórico, embora a maioria dos calendários Dóricos compartilhasse apenas uma minoria de meses com o mecanismo. Por exemplo, todos os 12 meses do calendário de Rodes são conhecidos, e os únicos compartilhados com o aparato — permitindo a variação ortográfica — são: Karneios (Kraneios), Agrianios, Artamitios (Artemisios) e Panamos. Sendo que considerações semelhantes excluem a identificação do calendário do aparato com outros calendários Dóricos do Dodecaneso e do sudoeste da Ásia Menor, Creta e Peloponeso.

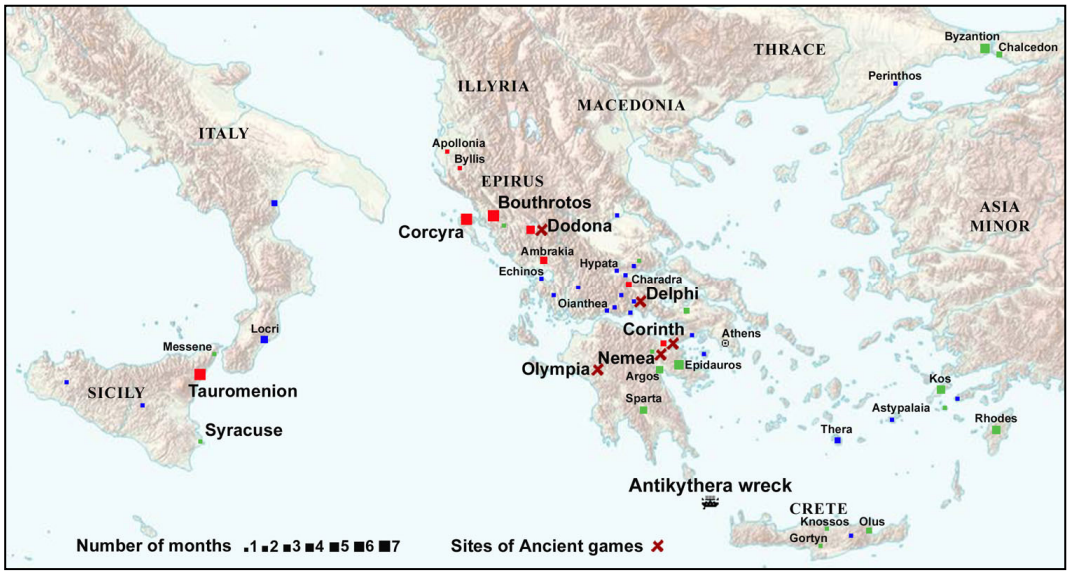


Figura Complementar 11. Mapa da distribuição dos nomes dos meses do Anticítera (preparado por M. Anastasiou, Universidade Aristóteles de Tessalônica*).*

■ (a) Marcadores na cor azul para locais com uma versão de pelo menos um mês *Artemisios/Artemitios*, *Apellaios*, *Panamos*, mas nenhum de (b) e (c).
■ (b) Marcadores na cor verde para locais com pelo menos um mês *Karneios/Kraneios*, *Machaneus*, *Eukleios*, *Gamilios*, *Agrianos*, mas nenhum de (c).
■ (c) Marcadores na cor vermelha para locais com pelo menos um mês *Phoinikaios, Lanotropios / Lanotros, Dodekateus / Dyodekateus, Psydreus*.

Aqui (Figura suplementar 11) um tipo de letra maior foi usado para nomes de lugares com relevância particular para o texto. A divisão dos meses nas três categorias é baseada no seguinte:

1. *Arte/amit/sios, Apellaios e Panamos* são meses muito comuns entre os calendários das antigas cidades gregas, amplamente espalhados também nas regiões Jônicas, onde eram conhecidos como Artemision, Apellaion e Panemo.

2. s. *Karneios/Kraneios, Machaneus/Machaneios, Eukleios, Gamilios e Agrianios/Agrionios* são meses conhecidos apenas nos calendários Dóricos do noroeste. Alguns deles são bastante comuns.

3. *Phoinikaios, Lanotropios/Lanotros, Dodekateus/Dyodekateus e Psydreus* são quatro meses conhecidos apenas a partir dos calendários de Taorminianos, Corinto, colônias Coríntias e outras cidades que adotaram parte ou todo o calendário Coríntio.

Um calendário Dórico recentemente reconstruído a partir de evidências de inscrições[33,16], foi evidentemente compartilhado por várias cidades do sul da Ilíria, Epiro e Corcira (estas cidades estão agora no sul da Albânia, noroeste da Grécia continental e Corfu). Para ser breve, vamos nos referir a isso como o calendário Epirótico. No qual estão incluídos dez meses que também são encontrados no mecanismo: (em ordem alfabética): 1) Agrianios, 2) Apellaios, 3) Artemisios, 4) Gamilios, 5) Eukleios, 6) Kranios, 7) Machaneus, 8) Panamos, 9) Phoinikaios e 10) Psidreus.

Na realidade, um décimo primeiro mês pôde ser encontrado como Deudekatos ou Dyodekatos atestado em duas inscrições (*I. Apollônio* 385 e IG IX.1 694), mas não anteriormente reconhecido como um nome de mês.

Um único mês do calendário Epirótico (Alotropios, com escrita ajustada para Haliotropios) o Lanotropios parece diferir do aparato, embora os nomes tenham uma semelhança gráfica óbvia. (Dois outros meses: Datírios e Heraios, propostos até agora para o calendário Epirótico, fundamentam-se em evidências duvidosas e provavelmente não pertencem). Correspondências para onze dos doze meses, é uma quase coincidência com o calendário do dispositio confirmam a validade da hipótese de um calendário comum para as cidades desta região, bem como estabelecem a ordem dos meses e, provavelmente, o início do ano, com Phoinikaios no início do outono.

Também parece que identificamos uma proveniência do mecanismo nesta região sul da Ilíria, mas tal conclusão seria prematura. As cidades que compartilharam o calendário Epirótico traçaram suas origens, direta ou indiretamente, para as colonizações de Corinto nos séculos VII a.C. e VI a.C., ou estavam em contato cultural próximo com suas colônias. Portanto, devemos considerar se o calendário deles era o calendário Corinto.

Infelizmente, as evidências para os meses do calendário Coríntio são extremamente insuficientes, tendo em vista que este mês é consistente com o calendário Epirótico: uma prova do mês Phoinik [aios] em uma inscrição em Corinto, e uma referência a um mês Panemos de Corinto (provavelmente uma representação Iônica de Panamos) em um discurso de Demóstenes (Discurso 18, 157).

A inscrição do mês Phoinikaios de Corinto é na verdade a única prova do nome deste mês no calendário Epirótico e, no momento atual, no aparato. Outro item de informação que vem de Demóstenes, é que o mês Panemos de Corinto era equivalente (em 339 a.C.) ao mês ateniense Boedromion, que normalmente começou com a terceira Lua Nova após o solstício de verão, no final de agosto ou setembro. Se o mês Panamos do calendário do dispositivo normalmente tinha essa posição, seu ano teria começado em meados do outono, um pouco depois do que nossas outras evidências sugerem.

A forte confirmação de que o calendário do mecanismo é idêntico, ou quase, ao calendário Coríntio vem do calendário Taorminiano (da moderna Taormina) na Sicília[79]. As inscrições nos fornecem não apenas onze dos nomes dos doze meses, mas também sua sequência, embora não o qual deles marcou o início do ano. Na comparação a seguir, escolhemos um ponto de partida que destaca mais claramente a relação com o calendário do Mecanismo:

	TAORMINA	MECANISMO
1.	Itonios	Phoinikaios
2.	**Karneios**	**Kraneios**
3.	**Lanotr[opios]**	**Lanotropios**
4.	Apollonios	Machaneus
5.	**Dyodekateus**	**Dodekateus**
6.	**Eukleios**	**Eukleios**
7.	**Artem[isios]**	**Artemisios**
8.	Dionysios	Psydreus
9.	(unknown)	Gameilios
10.	Damatrios	Agrianios
11.	**Panamos**	**Panamos**
12.	**Apellaios**	**Apellaios**

[79] TRÜMPY, op. cit., 1997.

Estes dois calendários têm uma relação notável. Sete de seus meses (destacados em negrito) coincidem não só no nome, mas também em suas posições relativas na sequência, e estes incluem o mês incomum Eukleios, e os meses extremamente raros Lanotropios e Dodekateus. Os quatro meses restantes conhecidos do calendário Taorminiano são em contra partida, completamente diferentes do calendário do mecanismo. Eles podem ser encontrados em outras localidades; por exemplo, os meses Dionysios e Damatrios ambos são registrados por Locri Epizefiri (Locri moderna, sul da Itália), e Itonios e Apollonios por Tessália.

A explicação dessa relação deve estar situada na história Taormeniana, que originalmente era um assentamento de indígenas Sicels, mas em 392 a.C., foi colonizada pelo tirano Dionísio de Siracusa com seus mercenários Gregos. É provável que o calendário Taorminiano tenha sido adotado na época dessa refundação. Onde os mercenários de Dionísio eram desconhecidos, mas a composição do calendário sugere uma fusão de elementos de vários calendários regionais distintos, com o calendário Corinto fornecendo o quadro estrutural assim como a maioria dos nomes de meses.

Embora não se possa excluir a possibilidade de que essa estrutura seja atribuída à presença de soldados de Corinto ou das colônias Coríntias do noroeste da Grécia (ou, menos plausivelmente, à influência Coríntia na época das campanhas Sicilianas de Timoleão de Corinto em 344-338 a.C.), a fonte mais provável para isso parece ser a própria Siracusa, uma vez que esta foi fundada como uma colônia Coríntia no século VIII a.C. e, portanto, é provável que tenha mantido o calendário de Corinto.

A comprovação para o calendário de Siracusa é lamentavelmente pequena; tal como é, oferece obstáculos para equacionar o calendário Siracusiano com o calendário Coríntio. Em primeiro lugar, um nome de início de mês "Apo" parece ser registrado em uma única inscrição; isso foi restaurado conjecturalmente como Apollonios, um nome de mês encontrado no calendário Taorminiano, mas não no Coríntio. Todavia, pouco peso pode ser atribuído a essa leitura duvidosa.

Em segundo lugar, Plutarco (Nicéia, 28) refere-se a um mês Siracusiano, que estava no calendário Coríntio. Mas Plutarco equaciona este mês com o segundo mês do calendário Ateniense e não, como seria de esperar da discussão acima, com o quarto mês Ateniense, Pyanopsion. Talvez Plutarco simplesmente assumisse que o ano de Siracusa começou na mesma época que o ano Ateniense, mas a inconsistência é inquietante.

Para resumir os argumentos até o momento, o calendário do aparato pode ser identificado, com certeza, como uma versão do calendário usado nas colônias Coríntias do noroeste da Grécia, que foi muito provavelmente o mesmo que o calendário de Corinto e, com menor probabilidade, o calendário de Siracusa. Ao contrário do calendário Ateniense (ou, aliás, do calendário Egípcio em sua adaptação em língua grega), esse calendário era de significado puramente

local e quase certamente não teria sido usado como um quadro cronológico astronômico especial.

Sua presença no mostrador Metônico conecta o dispositivo a uma das três regiões: Corinto e sua vizinhança imediata, e as duas regiões onde as colônias de Corinto foram fundadas e que ainda existiam no final do período Helenístico, a saber, noroeste da Grécia e da Sicília. Não pode existir qualquer dúvida de que o mecanismo foi planejado para ser usado em um desses lugares. Todavia, não pode ser provado que o aparato foi realmente construído lá, mas as inscrições, bem como os ajustes das engrenagens e ponteiros devem ter sido executadas por alguém que tinha informações muito completas sobre os detalhes deste calendário.

Também é difícil evitar a conclusão de que a maneira como o calendário está estruturado no dispositivo, incluindo os detalhes do ciclo intercalar Metônico e a especificação dos dias excluídos, reflete as práticas locais da época, pois, caso contrário, as informações exibidas no mecanismo teriam frequentemente entrado em conflito com a realidade.

Este é um resultado de considerável importância para a nossa compreensão dos calendários gregos, uma vez que fornece forte apoio à alegação de Gemino de que os calendários civis gregos de seu tempo eram estritamente regulados de acordo com ciclos que fixavam precisamente a colocação de meses intercalares e o padrão de 29 dias e 30 dias

Por último, perguntamos se quaisquer considerações favorecem uma ou outra das três regiões que identificamos como candidatas para o local de uso pretendido do aparato. Para esta questão, a data da construção do dispositivo é crucial. Atualmente, a melhor estimativa, baseada nas formas das letras das inscrições, é que o mecanismo foi feito no decorrer da segunda metade do segundo século a.C., mas uma data ligeiramente anterior ou posterior não pode ser excluída (acredita-se que o naufrágio de Anticítera tenha ocorrido ao longo da primeira metade do primeiro século a.C.).

É difícil pensar em prováveis centros de produção de um artefato tecnológico e científico como o aparato no noroeste da Grécia — ou patronos que provavelmente o encomendaram — no decurso do segundo século, especialmente depois da devastação da região nas mãos dos romanos após a Terceira Guerra da Macedônia (171-168 a.C.). Corinto, por outro lado, era uma cidade próspera e poderosa durante a primeira metade do século, mas foi destruída pelos romanos em 146 a.C. e só foi refundada um século depois.

Assim, ao longo da maior parte do período em que o dispositivo parece ter sido feito, o único lugar que, provavelmente utilizou o calendário do mecanismo é Siracusa — que naquela época era a capital da rica província romana da Sicília —, que provavelmente, desfrutou da prosperidade econômica e cultural que poderia ter dado origem ao aparato.

Uma proveniência Siracusiana para o mecanismo — que, devemos enfatizar, está longe de ser certa — parece sugerir que ele foi produto de uma tradição local de fabricação de mecanismos astronômicos originários do matemático Arquimedes (século III a.C.) de Siracusa, identificado há muito tempo na pesquisa[80] clássica como o provável iniciador da tradição da tecnologia de engrenagens para exibir informações astronômicas das quais o aparato, pode ser um representante muito posterior, recorrendo-se às descrições das esferas astronômicas de Arquimedes, e especialmente à descrição por Cicero (*De Re Pública* 1.21-22)[81].

> […] Lembro-me de um incidente na vida de Caio Sulpício Galo […] que por acaso estava na casa de Marco Marcelo, seu colega no consulado (166 a.C.), ordenou que fosse trazido o globo celestial que seu avô trouxe de Siracusa, quando aquela cidade foi tomada, (212 a.C.), embora levasse para casa com ele nada mais do que o grande estoque de saque capturado [...]. Eu tinha ouvido sobre este globo com bastante frequência por causa da fama de Arquimedes [...] Concluí que o famoso siciliano tinha sido dotado de um gênio maior do que é possível imaginar para um ser humano. [...] esse novo tipo de globo, disse ele, no qual foram delineados os movimentos do Sol, e da Lua e daquelas cinco estrelas que são chamadas de errantes, ou, como poderíamos dizer, viajantes, (por exemplo: os cinco planetas) continham mais do que poderia ser mostrado no globo sólido, e a invenção de Arquimedes mereceu admiração especial porque ele havia pensado caminhos diferentes para representar precisamente movimentos diversos e divergentes com suas diferentes taxas de velocidade num único dispositivo. E quando Galo moveu esse globo, mostrou a relação da Lua com o Sol e houve o mesmo número de voltas no dispositivo de bronze que o número de dias no verdadeiro globo celeste. Assim, o mesmo eclipse do Sol aconteceu no globo como aconteceria de fato […], bem como mostrou a Lua entrando na área de sombra da Terra, quando o Sol está alinhado.

No entanto, a pesquisa clássica[82] não propôs uma ligação geográfica mais direta com Arquimedes, preferindo localizar o lugar de origem do dispositivo em Rodes. Enquanto Arquimedes tinha a expertise astronômica, matemática e mecânica para projetar mecanismos que refletiam as teorias astronômicas de seu tempo, seus projetos provavelmente teriam sido executados por uma oficina, e tal oficina poderia continuar a fazer dispositivos semelhantes após sua morte (212 a.C.), revisando e ampliando o projeto à luz da teoria astronômica mais recente.

[80] PRICE, op. cit., 1974.
[81] KEYES, op. cit., 1928.
[82] PRICE, op. cit., 1974.

Os princípios astronômicos básicos e as relações de períodos das exibições de eclipses do calendário do mecanismo de Anticítera poderiam muito bem ter sido conhecidos por Arquimedes e expressos em sua esfera.

No entanto, os modelos para explicar a variação na velocidade aparente dos corpos celestes por epiciclos ou círculos excêntricos, como por exemplo, as engrenagens que representam a anomalia lunar no aparato, não foram encontradas na astronomia grega antes do segundo século a.C., e assim foram quase certamente posteriores à Arquimedes.

3.5 Mostrador das Olimpíadas

O mostrador das Olimpíadas (anteriormente identificado como mostrador do período Calíptico) é dividido em quatro quadrantes iguais por dois diâmetros perpendiculares, que são inclinados aproximadamente 8° no sentido anti-horário a partir da horizontal e vertical. Dentro do aro circular do mostrador estão os números do ano escritos com o símbolo em forma de L para a palavra em itálico (*ano*) seguido por um numeral alfabético, correndo de alfa (1) no quadrante inferior direito e no sentido anti-horário até delta (4) no quadrante inferior esquerdo. Isto é, até onde sabemos, a única exibição no Mecanismo que tinha um ponteiro girando no sentido anti-horário.

a **b**

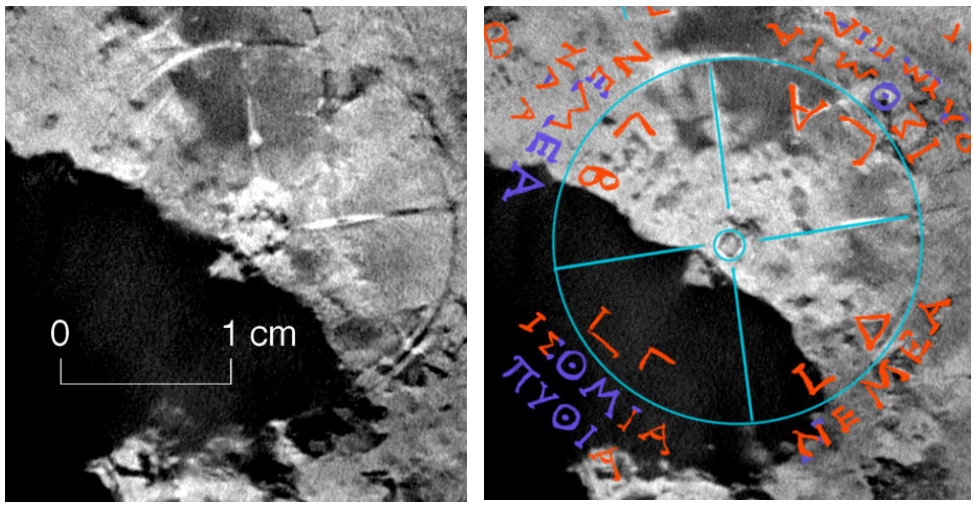


Figura Complementar 12. a) Fatia de Tomografia Computadorizada (TC) exibindo o mostrador das Olimpíadas. b) As inscrições que foram traçadas a partir das fatias de TC estão na cor vermelha; aquelas que foram reconstruídos estão na cor azul. Traços do texto NEMEA abaixo do setor LΔ ainda não foram decifrados.

Fora da borda (do mostrador), na mesma orientação (isto é, com os topos das letras voltadas para o centro do mostrador), cada quadrante é rotulado em letras ligeiramente menores com inscrições de duas ou três palavras.

Cada palavra é aproximadamente centralizada abaixo da indicação do número do ano, com exceção da última linha do Ano 1, que está com sua gravação restrita à esquerda do centro pela proximidade das inscrições para os dias excluídos dentro da espiral Metônica. As inscrições de discagem das Olimpíadas (ver Tabela 1) podem ser transcritas e traduzidas em formato tabular da seguinte maneira (as leituras restauradas estão entre colchetes):

Tabela 1. Inscrições de discagem das Olimpíadas.

Grego

L A	L B	L Γ	L Δ
ΙΣ[Θ]ΜΙΑ	ΝΕΜ[ΕΑ]	ΙΣ[ΘΜ]ΙΑ	ΝΕΜΕΑ
ΟΛΥΜΠΙΑ	ΝΑΑ	[ΠΥΘΙ]Α	vestígios
			vestígios?

Português

Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Ístmicos	Neméia	Ístmicos	Neméia
Olímpicos	Naios	Píticos	vestígios
			vestígios?

Deixando de lado Naa e o texto não lido até agora para o Ano 4, as inscrições são obviamente referências às quatro famosas competições esportivas conhecidas como Jogos Pan-Helênicos (abertos a todos os Gregos) ou Jogos da Coroa (porque os prêmios para os vencedores eram coroas de folhas)[83]. Esses eram os Jogos Olímpicos, realizados a cada quatro anos na cidade de Olímpia; os jogos Píticos, realizados a cada quatro anos em Delfos; os jogos de Nemeus, realizados a cada dois anos em Neméia; e os jogos Ístmicos, realizados a cada dois anos em Corinto.

Os Jogos Pan-Helênicos eram eventos de grande importância cultural para os gregos. Eles eram associados a festivais religiosos em importantes locais de culto e destacavam-se nos contatos diplomáticos entre as cidades. A participação e a vitória nos jogos aumentavam o prestígio dos cidadãos ricos[84].

[83] DILLON, op. cit., 1997.
[84] WRIGHT, op. cit., 2002.

Como cada competição era realizada regularmente em intervalos de quatro ou dois anos, era convencional encaminhá-los para um ciclo olímpico de quatro anos, de tal forma que o Ano 1 era o ano dos Jogos Olímpicos, tradicionalmente considerado o mais antigo e venerável das competições.

Cronologistas e historiadores antigos usavam as Olimpíadas como uma estrutura para datar eventos, contando-os a partir da data tradicional dos primeiros Jogos Olímpicos em 776 a.C.. Para tais propósitos, era prática normal coordenar as Olimpíadas com os anos do calendário Ateniense, que começaram com a primeira Lua Nova depois do solstício de verão.

Fica claro, pela comparação a seguir (ver Tabela 2), que os anos do Mostrador das Olimpíadas tinham um ponto de partida diferente, de modo que os jogos que aconteciam na primavera eram contados como sendo no mesmo ano do verão seguinte, e não no verão anterior.

Tabela 2. Anos do Mostrador das Olimpíadas.

Ano Ateni-ense	**Mostrador das Olimpíadas**	**Estação Aproximada**	**Jogos**
1	1	Final do Verão	Olímpicos
2	2	Início do Verão	Nemeus
2	3	Primavera	Ístmicos
3	3	Final do Verão	Píticos
4	4	Início do Verão	Nemeus
4	1	Primavera	Ístmicos

Também está evidente que, para cada setor do mostrador, as inscrições seguem para fora na ordem temporal em que ocorreram as competições.

Além das seis competições Pan-Helênicas realizadas em uma Olimpíada, as inscrições do mostrador das Olimpíadas incluem pelo menos mais uma competição, a Naa (ou Naia) realizada em Dodona[85]. Esta foi uma das várias competições que reivindicaram *status* ao longo do período Helenístico. Até aqui nem a frequência da competição de Naa nem sua posição no ciclo

[85] CABANES, op. cit., 1998.

da Olimpíadas são conhecidas, embora uma inscrição de Dodona nos revela que ocorreu no decorrer do mês Apellaios.

Como mostramos, tanto o calendário de Dodona, como o da espiral Metônica do mecanismo, era o calendário Coríntio e o último mês do ano deste calendário era o Apellaios, normalmente começando com a última Lua Nova antes do equinócio de outono.

Estamos agora em posição de acrescentar que, no momento da fabricação do aparato, a competição Naa ocorreu em intervalos de quatro anos no final do verão do segundo ano do ciclo da Olimpíada, após os jogos de Nemea.

As evidências do Ano 4 provavelmente pertencem aos nomes de uma ou duas competições atléticas ainda não identificadas. Sua posição implica que eles ocorreram no final do verão do quarto ano do ciclo, após os jogos da Nemea. É tentador estabelecer uma conexão entre os fatos que a única competição até agora identificada no mostrador além do ciclo Pan-Helênico universalmente reconhecida estava em Dodona, que se encontrava dentro da região noroeste da Grécia, onde o calendário Coríntio da espiral Metônica estava em uso. No mínimo, parece mais provável que a competição Naa tenha sido um evento de importância para os gregos que viviam nas partes do Mediterrâneo a oeste do Mar Egeu.

A inclinação de 8° das divisões do mostrador (representando um mês) pode ser explicada da seguinte maneira. Propomos que os anos do mostrador foram destinados a representar os mesmos anos do calendário Coríntio que foram exibidos na espiral Metônica.

No entanto, por sua natureza, o mostrador não poderia refletir o comprimento variável dos anos lunissolares, mas deve aproximar-se deles como anos solares de duração constante. Também levantamos a hipótese de que o aparato foi configurado inicialmente para que, quando o ponteiro da espiral Metônica estivesse no início do Ano 1 do ciclo Metônico, apontando diretamente para baixo, o ponteiro do mostrador da Olimpíada também estaria indicando para baixo.

Como as intercalações do ciclo Metônico foram aparentemente arranjadas de modo que o Ano 1 teve o início anterior em relação ao ano solar de qualquer um dos 19 anos do ciclo Metônico, no início de qualquer outro ano deste ciclo o ponteiro de discagem das Olimpíadas não seria orientado com precisão vertical ou horizontal, mas até o movimento do mês mais no sentido anti-horário, ou seja, até quase 8°.

Consequentemente, a data de um festival de atletismo, como a competição Naa, que ocorreu no último mês do calendário, corresponderia frequentemente, a uma direção do ponteiro um pouco no sentido anti-horário da horizontal ou vertical. O deslocamento das divisões setoriais do mostrador parece ter sido planejado para que o ponteiro nunca indicasse o ano errado durante a parte do ano em que ocorreram as competições Pan-Helênicas, com aproximadamente a última metade do ano coincidindo com a temporada de navegação do Mediterrâneo.

Reconhecemos então, que o mostrador de quarto ano das Olimpíadas também teria permitido ao usuário saber quando mover a escala do calendário Egípcio para trás por um dia, para fazer ajustes do ano bissexto.

A descoberta de um mostrador exibindo ciclos de quatro anos solares não altera radicalmente nossa compreensão do dispositivo como sendo um artefato antigo, mas que, junto com a identificação do calendário da espiral Metônica, tem profundo significado para qualquer interpretação do propósito do mecanismo.

Até o momento presente tem sido possível ver o aparato como um instrumento de astronomia pura, exibindo longitudes de corpos celestes no mostrador frontal, previsões de eclipses na parte inferior posterior, e um ciclo de calendário exibido parte superior posterior que se acredita ser estritamente usado por astrônomos. Atualmente, descobrimos que a parte superior traseira era inteiramente dedicada a questões de interesse social, não científico: um calendário civil local e um ciclo de competições esportivas associadas a festivais religiosos.

Como não é preciso uma informação de alta tecnologia para acompanhar um ciclo simples de quatro anos, os pontos chave do mostrador das Olimpíadas não são as previsões específicas que ele faz, mas as correlações das organizações humanas com os ciclos celestes em outras partes do dispositivo. Talvez não seja extravagante ver o mecanismo como um microcosmo ilustrando a harmonização temporal da ordem humana e divina.

3.7 Engrenagem do Mostrador das Olimpíadas

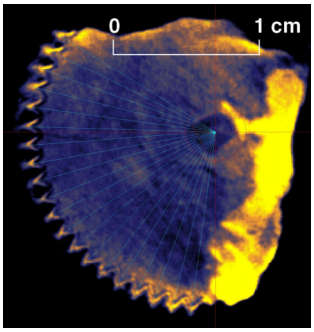


Figura Complementar 13. Tomografia Computadorizada do Fragmento B em cores falsas, mostrando a engrenagem o1, que agora é compreendida como acionadora do ponteiro das Olimpíadas. As estatísticas estabelecem além de qualquer dúvida razoável que ela tinha 60 dentes.

Atualmente, a questão de como esse mostrador foi acionado a partir do restante da engrenagem pode ser respondida. Abaixo do mostrador das Olimpíadas, existem restos parciais da engrenagem com 60 dentes com um raio estimado de 12,5mm.

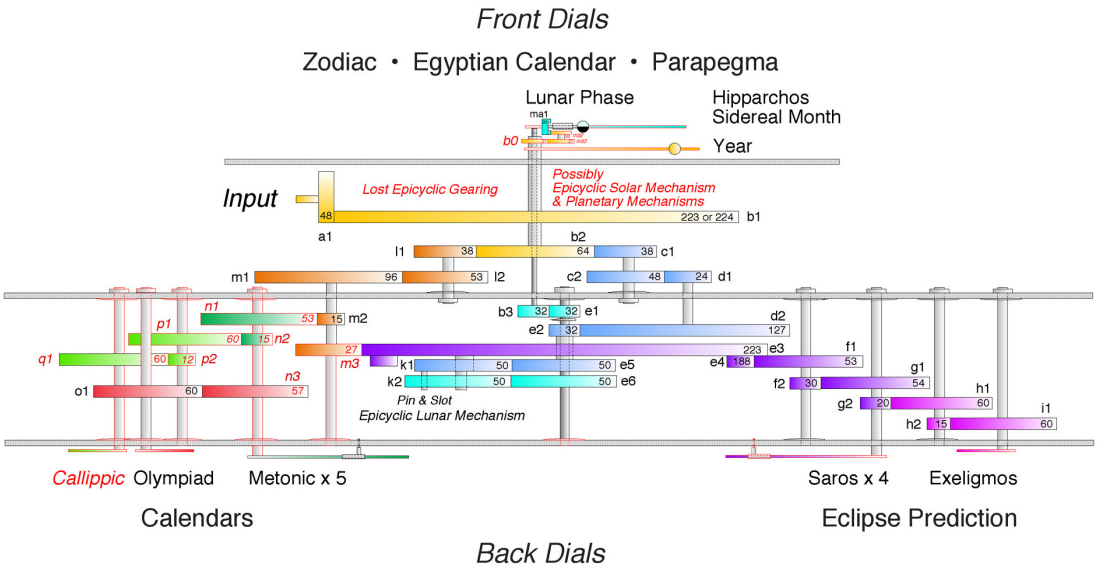


Figura Complementar 14. Esquema revisado do digrama do Mecanismo de Anticítera. Elementos marcados na cor preta são diretamente suportados por evidências, enquanto elementos na cor vermelha são hipotéticos. As revisões deste diagrama comparadas com o modelo publicado anteriormente (FREETH, et al., op. cit., 2006) são a adição hipotética da engrenagem n3 de 57 dentes para acionar o mostrador Olímpico e a imagem espelhada da engrenagem proposta anteriormente (WRIGHT, op. cit., 2005) para acionar o Mostrador Calíptico.

O ponteiro do Metônico gira no eixo, *n*, em - 5/19 rotações por ano (o sinal de menos indica que sua rotação está no sentido horário na parte detrás do aparato). Uma única engrenagem adicional neste eixo, *n3*, que tem 57 dentes e engata com o1, giraria a uma taxa de - 5/19 x - 57/60 = ¼ rotações por ano, que é exatamente o que queremos para os quatro anos do Mostrador das Olimpíadas. O sinal positivo significa rotação no sentido anti-horário e isso explica por que os setores de discagem estão inscritos no sentido anti-horário — para tornar a engrenagem do mostrador o mais simples possível.

Este é outro exemplo da economia do projeto do sistema de engrenagens do dispositivo. O raio estimado do passo de uma engrenagem com 57 dentes e o mesmo passo de dente da engrenagem, o1, é 11,9mm. A distância interaxial entre ambos os eixos *n* e *o*, é de 24,4mm — exatamente a soma dos raios de inclinação estimados das engrenagens o1 e *n3*, (embora, n3, possa ter sido feita um pouco menor para evitar amarras das engrenagens).

Estas dimensões adicionam forte suporte tanto à engrenagem hipotética n3 quanto à identificação do disco do mostrador das Olimpíadas.

3.8 Mostrador Calíptico

O mostrador das Olimpíadas foi anteriormente considerado como sendo um mostrador Calíptico[86] de 76 anos. Isso foi considerado plausível por vários motivos. Há uma inscrição no Fragmento 19 (ver Texto Principal, Figura 2), que diz [...] 76 anos [...], que faz parte de uma inscrição maior que descreve as funções dos mostradores traseiros. O mostrador está dividido em quatro setores: como o mostrador Calíptico permitiria a contagem de anos nos mostradores traseiros além daqueles no mostrador Metônico, que funcionam apenas de 1 a 19.

A inclusão do mostrador Exeligmos de 54 anos sinaliza claramente que o uso pretendido do mecanismo era por escalas de tempo mais longas que 19 anos. Por isso, estamos a favor de um segundo mostrador subsidiário dentro do mostrador Metônico colocado simetricamente ao lado oposto esquerdo do Mostrador das Olimpíadas, impulsionados pela imagem espelhada da engrenagem originalmente proposta para este mostrador[87] (Figura Complementar 14).

Atualmente é possível fazermos uma reconstrução dos mostradores superiores posteriores, embora existam alternativas para os anos com 13 meses e os meses que são duplicados nesses anos. Além disso, o texto NEMEA da parte de fora do setor LΔ do mostrador das Olimpíadas ainda não foi resolvido.

[86] WRIGHT, op. cit., 2005.
[87] WRIGHT, op. cit., 2005.

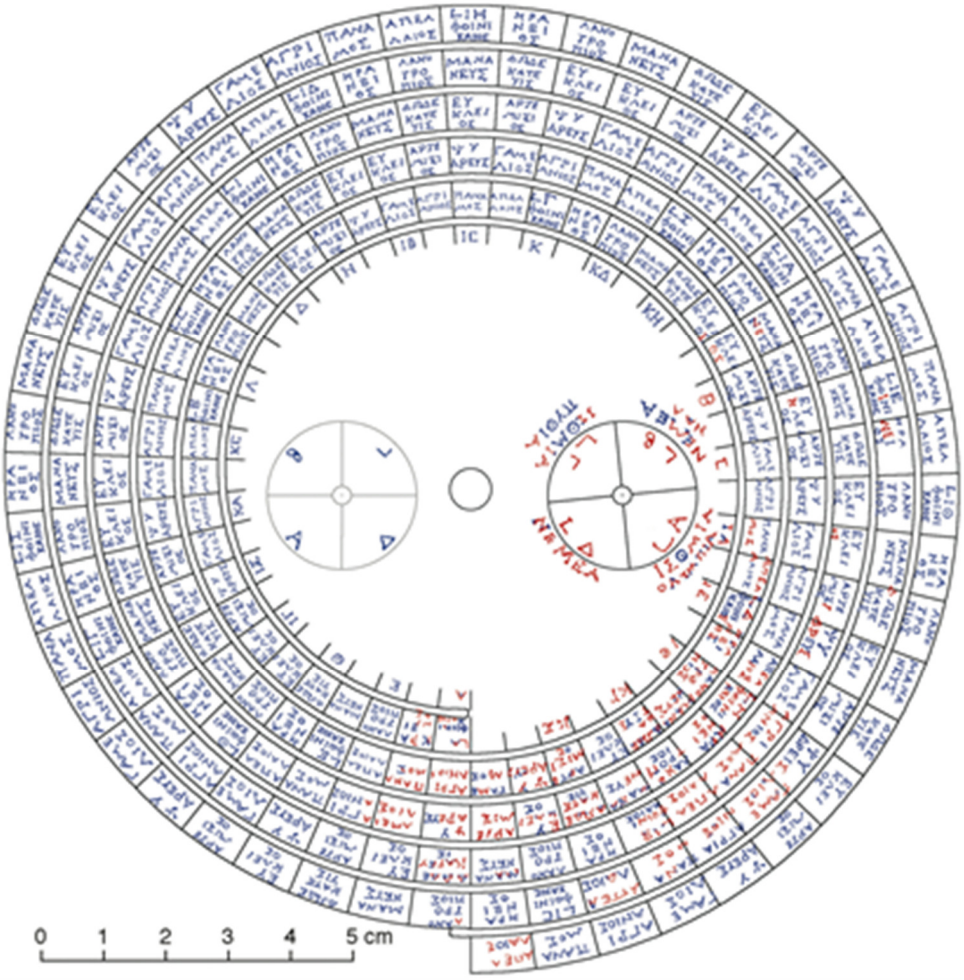


Figura complementar 15. Reconstrução da parte superior dos mostradores do Mecanismo de Anticítera. Os textos traçados na cor vermelha são evidências e os na cor azul são reconstruídos

4. Mostradores Saros e Exeligmo

4.1 Mostrador Saros e Glifos

Quadro suplementar 2 | Ciclos Saros, Exeligmos e Lua Cheia

A órbita da Lua está inclinada para a órbita da Terra, de modo que o Sol, a Lua e a Terra nem sempre se alinham bem o suficiente a cada mês para que ocorra um eclipse. Os dois pontos em que a órbita da Lua encontra o plano da órbita da Terra (a eclíptica) são os nodos lunares. A passagem da Lua de um nodo de volta ao mesmo nodo é o mês dracônico (27,21 dias). Conforme observado na Terra, a velocidade angular da Lua varia ao longo do mês anomalístico (27,55 dias).

O termo sizígia é um substantivo coletivo para indicar quando há o quase alinhamento entre três corpos celestes — Sol, Terra e Lua —. Os eclipses ocorrem em sizígias próximas suficientemente de um dos nodos (linha do nodo ascendente — onde a Lua passa por cima do plano da eclíptica —, e linha do nodo descendente — onde a Lua passa por baixo do plano da eclíptica —. Os eclipses lunares ocorrem na Lua Cheia e são visíveis em quase metade do globo, enquanto os eclipses solares ocorrem na Lua Nova e têm visibilidade geográfica limitada. Os ciclos de previsão de eclipses dependem da coincidência de um número inteiro de meses sinódicos com um número inteiro de meses dracônicos.

Conhecido pelo menos desde o século VI a.C., o ciclo de Saros é um ciclo de previsão de eclipses de 223 meses lunares — pouco mais de 18 anos — que prevê a repetição de eclipses ao longo de muitos séculos. O período de Saros também está próximo de um número inteiro de meses anomalísticos, o que significa que os eclipses repetidos têm características semelhantes. Em termos numéricos, o ciclo de Saros é: 223 meses sinódicos = 242 meses dracônicos = 239 meses anomalísticos. O Saros é o segundo dos dois ciclos astronômicos que são a base de quase todo o funcionamento conhecido no Mecanismo. É um período de cerca de $6.585^{1/3}$ dias. O $^1/_3$ de dia significa que o eclipse de repetição após 223 meses lunares é deslocado por cerca de 8 horas no tempo e, para os eclipses solares (onde a visibilidade geográfica é limitada) por cerca de 120° de longitude. O ciclo Exeligmos (Curva do Disco) é um ciclo Triplo de Saros, que repara o eclipse repetido para a mesma hora e longitude

Ano Eclipse é o período que o Sol leva (como visto da Terra) para completar uma órbita em relação a um dos nodos da Lua (11,74 meses lunares). Ele determina quando eclipses podem ocorrer. Pode ser visto como o período de movimento dos meses sinódicos e dracônicos. O ciclo de Saros implica que há 242-223 = 19 anos de Eclipse por período de Saros. Os períodos de Eclipse ocorrem duas vezes mais frequentemente, já que a Lua tem dois nodos — executando 38 eclipses em cada período de Saros, com um intervalo médio de 5,87 meses —.

Astrônomos babilônios produziram esquemas de previsão de eclipses com 38 possibilidades de eclipse no período Saros com um padrão 8-7-8-7-8: 8 eclipses com intervalos de 6 meses que são seguidos por um intervalo de 5 meses e, em seguida, 7 eclipses com 6 meses de intervalo e assim por diante. Esse padrão pode ser repetido várias vezes para produzir um esquema de previsão de todas as possibilidades de eclipses em um longo período de tempo.

O ciclo da Lua Cheia é o ciclo de mudanças no diâmetro da Lua, que depende de quão perto este Astro está da Terra em sua órbita elíptica. É o período que o Sol leva (como visto da Terra) para completar uma órbita relativa ao perigeu da Lua (13,94 meses lunares). Pode ser visto como o período de movimento dos meses sinódico e anomalístico. O ciclo de Saros implica que existem 239 - 223 = 16 períodos de Lua Cheia a cada ciclo de Saros.

Os mostradores inferiores da parte posterior podem ser vistos nas radiografias dos fragmentos A, E e F[88,89] (Figura Complementar 4). Estas evidências mostram que o principal mostrador inferior traseiro é o Saros (Quadro Suplementar 2), baseado em uma escala de 223 meses lunares, com previsões de eclipses apresentadas como glifos em meses selecionados em volta do mostrador[90]. Algumas das divisões das escalas do mostrador de Saros e os glifos de previsões de eclipses podem ser vistos na superfície do Fragmento, A, mas a maioria só pode ser vista na tomografia computadorizada (TC).

Os glifos são classificados de acordo com seu número do mês na escala de 223 meses lunares e todos os 18 glifos conhecidos são ilustrados na Figura Complementar 16. A maior parte das evidências vêm da TC, mas dois deles estão fotografados pelo Mapeamento de Textura Polinômica (MTP). Os dois glifos recém-identificados são os Glifos 67 e 120 e, as evidências para ambos está no limite da resolução da TC do Fragmento A.

Os glifos não fazem apenas previsões sobre a possibilidade de um eclipse lunar ou solar em um determinado mês, mas também, da hora do dia que essa possibilidade de eclipse ocorreria. As horas dos eclipses são dadas por glifos em uma escala de 12 horas usando o sistema de números grego antigo padrão, com o alfabeto representando números e um símbolo adicional ς para 6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Α	Β	Γ	Δ	Ε	ς	Ζ	Η	Θ	Ι	ΙΑ	ΙΒ

As predições de eclipses nos glifos são descritas pelos símbolos:

Σ: **ΣΕΛΗΝΗ** (Lua) para eclipses lunares.

Η: **ΗΛΙΟΣ** (Sol) para eclipses solares.

As horas dos eclipses são indicadas como se segue:

ω\ ρ Abreviação para **ωρα** (hora), seguida por um caractere de texto que indica o tempo em horas. Isto está escrito como um sinal combinando **ω** e **ρ.**

[88] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[89] EDMUNDS, et al., op. cit., 2008.
[90] FREETH, et al., op. cit., 2006.

H\M: Abreviação para ΗΜΕΡΑΣ ('de dia'). Isto precede ω\ ρ para um eclipse lunar que ocorre ao longo do dia e, portanto, não pode ser visto.

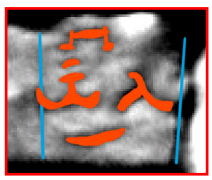
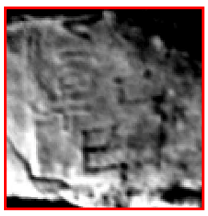
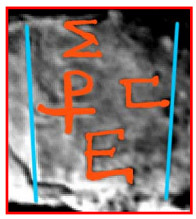
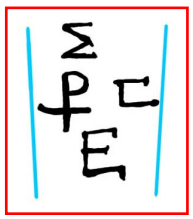
N\Y: Abreviação de ΝΥΚΤΟΣ (de noite). Isto precede ω\ ρ para um eclipse solar que ocorre durante a noite e, portanto, não pode ser visto (nova identificação).

Além disso, na parte inferior de cada glifo há letras de indexação e estão em ordem alfabética (nova identificação).

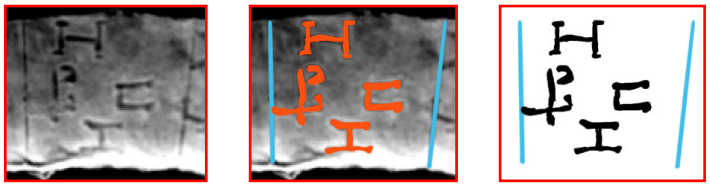
Abaixo estão listados todos os glifos conhecidos e suas interpretações. Cada glifo é numerado pelo número do mês em volta da espiral de quatro voltas do mostrador Saros. A inscrição após isso denota o fragmento e a posição do glifo - por exemplo, F-2.5 significa que o glifo foi observado no Fragmento F na Escala 2 (contando as quatro voltas da espiral a partir do interior) e foi o quinto glifo encontrado, arredondando esta escala. Na extrema direita está a interpretação do texto.

Usamos as seguintes convenções de cores para interpretação de dados:

- Texto observado e rastreado a partir de dados.
- Texto inferido a partir de dados e/ou contexto.
- Texto de interpretação incerta.

Mês	*Fragmento*	*Gllifos & Símbolos*	*Símbolos*	Σ/Η, *Hora/Dia/Noite/Índice*
013	A-1.1				Η ω\ρ A ou Δ Γ
020	F-1.1				Σ ω\ρ ς Ε

025 F-1.6

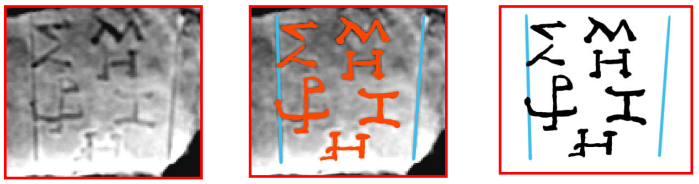


H

ω\ρ ς

Z

026 F-1.7

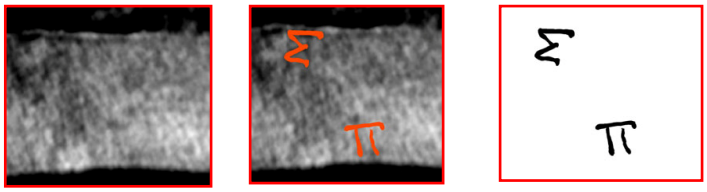


Σ H\M

ω\ρ Z

H

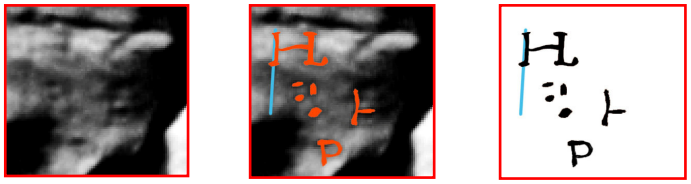
067 A-2.1



Σ

Π

072 A-2.2

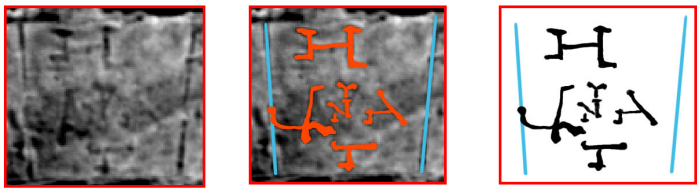


H

H

P

078 F/2.4

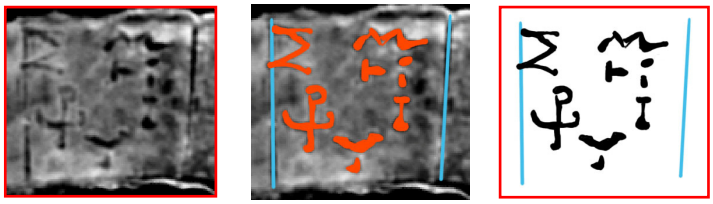


H

ω\ρ N\Y A

T

079 F/2.5

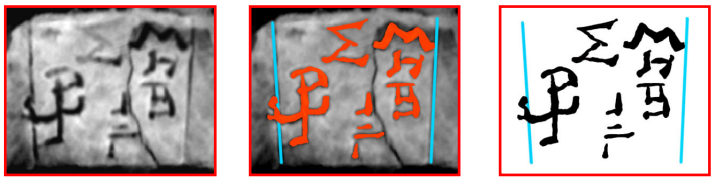


Σ H\M

ω\ρ I

Y

114 E/3.1

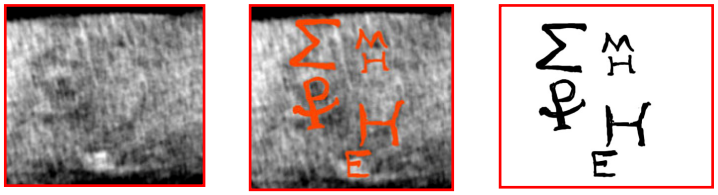


Σ H\M
ω\ρ IB
Γ

119 E-3.6

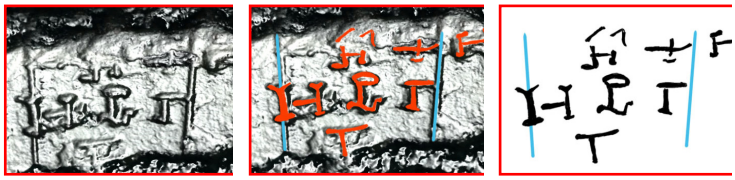
H N\Y
ω\ρ I?
Δ

120 A-3.1



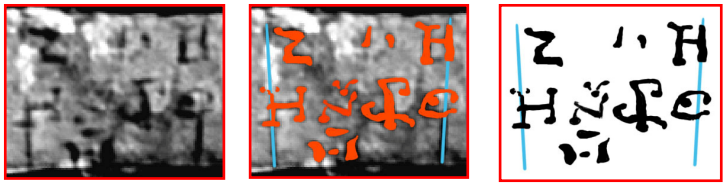
Σ H\M
ω\ρ H
E

125 A-3.2



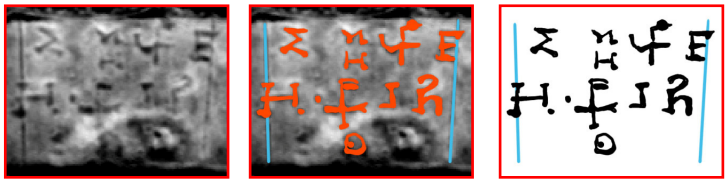
Σ H\M ω\ρ H
H ω\ρ Γ
Z

131 F-3.1



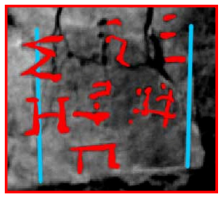
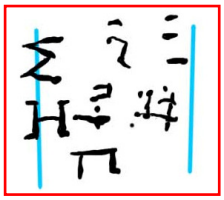
Σ ω\ρ B
H N\Y ω\ρ Θ
H

137 F-3.7



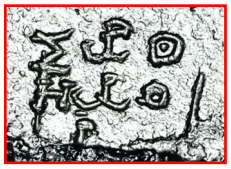
Σ H\M ω\ρ E
H ω\ρ IB
Θ

172 E-4.2

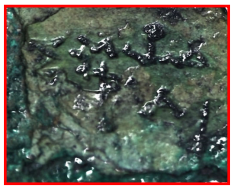
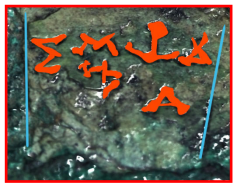
Σ ω\ρ E
H ω\ρ IB
$\bar{\Pi}$

178 A-4.2



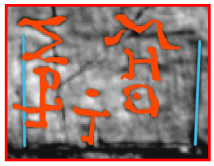
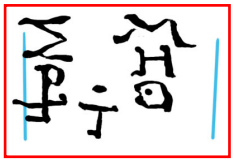
Σ ω\ρ Θ
H ω\ρ Θ
$\bar{P}$

184 A-4.8

Σ H\M ω\ρ Δ
H ω\ρ A
$\bar{\Sigma}$

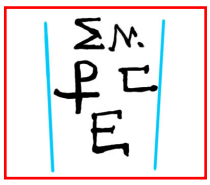
190 F-4.5

Σ H\M
ω\ρ Θ
$\bar{T}$

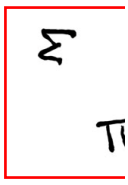
GLIFOS LUNARES

20 F-1.1



26 F-1.7

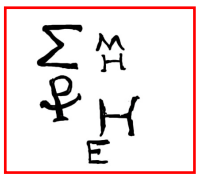
67 A-2.?



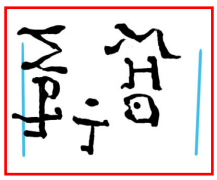
79 F/2.5

114 E/3.1

120 A-3.1



190 F-4.5



GLIFOS SOLARES

13 A-1.1 | 25 F-1.6 | 72 A-2.? | 78 F/2.4 | 119 E-3.6

GLIFOS LUNARES E SOLARES

125 A-3.2 | 131 F-3.1 | 137 F-3.7 | 172 E-4.2 | 178 A-4.2

184 A-4.8

Figura Complementar 16. Glifos observados no mostrador Saros.

Nos glifos com previsões lunares e solares, Σ sempre precede H. (ver Figura Complementar 16). Isto sugere fortemente que os eclipses lunares (que acontecem na Lua Cheia) precedem os eclipses solares (que acontecem em Lua Nova). Isso foi confirmado quando os glifos foram combinados com os dados reais dos eclipses, conforme descrito abaixo.

Em uma obra grega de astronomia técnica, os meses lunares podem ser tratados como iniciados com o momento da conjunção, mas tanto os calendários civis gregos, como o calendário babilônico, usavam o fenômeno diretamente observável da primeira Lua crescente para marcar o começo de cada mês. Os meses da Espiral Saros são aparentemente do mesmo tipo que os da espiral Metônica, começando no primeiro crescente da Lua em vez de em uma conjunção, de modo que os eclipses solares ocorrem no final do mês, não no começo.

A pequena barra acima de algumas das letras indexadas só ocorre no segundo alfabeto de letras de índice, embora algumas delas claramente não possuam barras. Encontramos barras nos Glifos 114, 119, 131, 178 e 190; e evidências de que, quase certamente, não havia barras nos

Glifos 20, 25, 26, 78, 79, 125, 137 e 172. Não parece haver nenhum padrão óbvio e ainda não sabemos o que eles significam. Uma possível observação do Glifo 8 é tão incerta que não foi incluída.

O Glifo 14, deveria estar ao lado do Glifo 13, no Fragmento A, mas não conseguimos encontrá-lo. Deveria estar na escala exposta do Fragmento A. O Glifo 13, foi previamente observado no local[91], mas não está mais visível na superfície mesmo com Mapeamento de Textura Polinômica (MTP) e só pôde ser visto na Tomografia Computadorizada (TC). Então, a explicação mais provável é que essa evidência tenha desaparecido.

O Glifo 125, parece estender-se para o Mês 126. Há um H no canto superior esquerdo do Mês 126 que não faz sentido como um glifo solar separado. A linha superior do Glifo125 no mês 125, parece ser lida como: $\Sigma\ {}^{M}/_{H}\ {}^{\varrho}/\omega$, não deixando espaço para o glifo da hora. Então, assumimos que o H (8) no mês 126 é o eclipse lunar do Glifo 125.

4.2 Combinações de Glifos com Observações

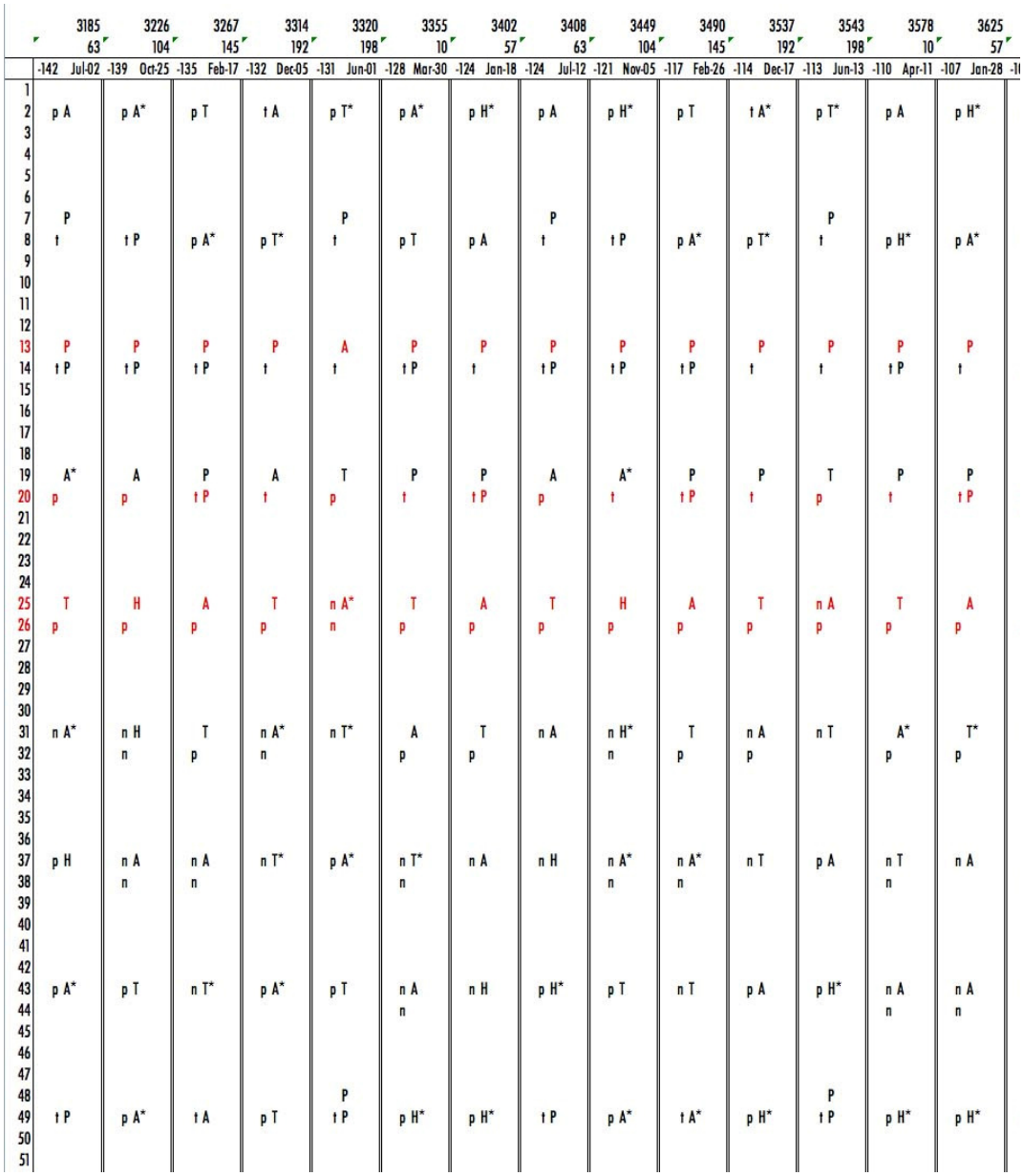
Quão bom é o esquema de previsão do eclipse no mecanismo de Anticítera? Uma abordagem para responder a essa pergunta é verificar o quão bem a sequência de glifos corresponde em dados aos eclipses reais. Para isso, consideramos uma escala de tempo histórico nos últimos quatro séculos a.C. que abrange a época em que o aparato foi construído. As informações, sobre as ocorrências de eclipses foram obtidas no site da NASA/GSFC22.

O problema de combinar a sequência dos glifos com os eclipses reais é semelhante a combinar um pequeno comprimento de DNA com uma sequência mais longa. O software de correspondência de DNA foi inicialmente usado para esta pesquisa e encontramos com sucesso uma correlação.

Posteriormente, os registros históricos dos eclipses foram importados para uma planilha do Excel e o problema foi abordado de maneira geral para encontrar todas as correspondências, usando-se o programa Macro para Excel no *Visual Basic*[92]. Em função disso, verificou-se todas as correspondências possíveis ao longo do período de tempo e encontramos a princípio, 100 datas de iniciais consistentes com a sequência de glifos com Σ-glifos combinando meses com eclipses lunares, H-glifos correspondentes aos meses com eclipses solares e Σ, H-glifos

[91] PRICE, op. cit., 1974.
[92] FREETH, et al., op. cit., 2006.

estabelecendo meses com eclipses lunares e solares. Este foi claramente um resultado positivo em termos de eficácia dos glifos para a previsão do eclipse.



	3185 63	3226 104	3267 145	3314 192	3320 198	3355 10	3402 57	3408 63	3449 104	3490 145	3537 192	3543 198	3578 10	3625 57
	-142 Jul-02	-139 Oct-25	-135 Feb-17	-132 Dec-05	-131 Jun-01	-128 Mar-30	-124 Jan-18	-124 Jul-12	-121 Nov-05	-117 Feb-26	-114 Dec-17	-113 Jun-13	-110 Apr-11	-107 Jan-28
1														
2	p A	p A*	p T	t A	p T*	p A*	p H*	p A	p H*	p T	t A*	p T*	p A	p H*
3														
4														
5														
6														
7	P				P			P				P		
8	t	t P	p A*	p T*	t	p T	p A	t	t P	p A*	p T*	t	p H*	p A*
9														
10														
11														
12														
13	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P
14	t P	t P	t P	t	t	t P	t	t P	t P	t P	t	t	t P	t
15														
16														
17														
18														
19	A*	A	P	A	T	P	P	A	A*	P	P	T	P	P
20	p	p	t P	t	p	t	t P	p	t	t P	t	p	t	t P
21														
22														
23														
24														
25	T	H	A	T	n A*	T	A	T	H	A	T	n A	T	A
26	p	p	p	p	n	p	p	p	p	p	p	p	p	p
27														
28														
29														
30														
31	n A*	n H	T	n A*	n T*	A	T	n A	n H*	T	n A	n T	A*	T*
32		n	p	n		p	p		n	p	p		p	p
33														
34														
35														
36														
37	p H	n A	n A	n T*	p A*	n T*	n A	n H	n A*	n A*	n T	p A	n T	n A
38		n	n			n			n	n			n	
39														
40														
41														
42														
43	p A*	p T	n T*	p A*	p T	n A	n H	p H*	p T	n T	p A	p H*	n A	n A
44						n							n	n
45														
46														
47														
48					P							P		
49	t P	p A*	t A	p T	t P	p H*	p H*	t P	p A*	t A*	p H*	t P	p H*	p H*
50														
51														

Figura Complementar 17. Parte de uma grande planilha que mostra sequências de eclipses atuais que correspondem exatamente à nossa sequência de glifos, tanto na posição quanto no tipo de eclipse. À esquerda na primeira coluna estão os números do mês do período de Saros. No topo estão os números dos meses desde o início da sequência, começando no Mês 1 em -399 (400 a.C.). Na seguinte linha abaixo está o número do mês (Módulo 223) - assim, as sequências com o mesmo número nessa linha iniciam um múltiplo de um período de Saros à parte. A terceira linha mostra a data do início de cada sequência de correspondência, usando a convenção usual de que -99 é 100 a.C.. A primeira coluna de cada sequência correspondente mostra os eclipses lunares com n = penumbral, p = parcial e t = total. A segunda coluna mostra eclipses solares com P = Parcial, A = Anular, H = Híbrido e T = Total. Se A, H ou T estão marcados com um "*", então provavelmente eram visíveis de alguma parte do mundo antigo, a julgar pela visão dos mapas dos caminhos do eclipse solar. Eclipses na cor vermelha correspondem aos glifos conhecidos no mecanismo de Anticítera. Todos os dados dos eclipses são derivados do site (ESPENAK, op. cit., 2008) da NASA / GSFC22.

A figura complementar 17 mostra uma pequena seleção das sequências correspondentes. Os eclipses na cor vermelha são aqueles que correspondem aos glifos identificados no mecanismo. É impressionante como os outros eclipses são organizados em linhas quase consistentes por tipo de eclipse, sendo que estas correspondem às estações dos eclipses (Quadro Suplementar 2), com cinco ou seis meses de intervalo.

Cabe aqui uma observação: as correspondências dependem da inclusão dos eclipses lunares penumbrais dados pela NASA e, se forem excluídas, não há resultados. Os eclipses penumbrais foram raramente observados na antiguidade e há, no máximo, algumas observações registradas[93].

No entanto, como discutido em seguida, acreditamos que os glifos foram projetados como previsões de possibilidades de eclipses no estilo dos esquemas babilônicos e não como um conjunto de observações extrapoladas. Portanto, é de se esperar algumas correspondências com os eclipses lunares penumbrais.

4.3 Esquemas Babilônicos para Previsões de Eclipses

O período Saros de 223 meses lunares era conhecido na antiguidade como um ciclo de eclipses. Astrônomos babilônios combinaram os Saros com o conhecimento de que as possibilidades de eclipses lunares (por exemplo, sizígias em que um eclipse lunar é possível, em oposição àquelas onde não há possibilidade de um eclipse) podem ser separadas por intervalos de seis ou, menos frequentemente, cinco meses.

Com o uso de uma Matemática simples (6a + 5b = 223 onde, *a,* e, *b,* são o número de possibilidades de eclipse em intervalos de seis e cinco meses respectivamente, devem ser números inteiros com *a* pouco maior que b, mostrado dentro de um período de Saros de 223 meses 33 possibilidades de 5/eclipse com um intervalo de seis meses para a próxima possibilidade de eclipse e 5 possibilidades de eclipse com um intervalo de cinco meses para a próxima possibilidade de eclipse.

Ao distribuir os intervalos de seis e cinco meses da maneira mais uniforme possível dentro do período de Saros, os babilônios foram capazes de identificar todas as possibilidades de eclipses lunares em um único Saros. Como após um período de Saros, os eclipses recorrem a características semelhantes, eles perceberam que a distribuição das possibilidades dos eclipses

[93] STEELE, J. M. *Observations and Predictions of Eclipse Times by Early Astronomers.* Kluwer, Dordrecht, 2000.

dentro do Saros poderia ser repetida muitas vezes para produzir um esquema capaz de prever todas as possibilidades de eclipses lunares durante um longo período de tempo[94,95].

Esquemas idênticos para prever as possibilidades de eclipses solares foram construídos por analogia. Várias tabuletas cuneiformes da babilônia formatadas de acordo com esses esquemas foram preservadas. Um papiro demótico de Abusir al-Malak no Médio Egito, por exemplo, contendo predições de eclipses lunares para 85-74 a.C. foi quase certamente compilado usando um esquema[96,97] similar.

Uma abordagem teórica para prever as possibilidades de eclipses também é encontrada em fontes cuneiformes e de papiro. Uma sequência de possibilidades de eclipses semelhante à encontrada nos esquemas descritos acima pode ser gerada usando-se um modelo aritmético simples de elongação nodal em sizígia. Um esquema de inclinações alternadas onde a elongação nodal aumenta uniformemente mês a mês até atingir 180 graus (correspondendo ao nodo oposto) no qual subtraem 180° e o processo continua, é encontrado em textos cuneiformes e um papiro demótico provavelmente datando para o segundo século d.C.[98].

Os exemplos preservados dessa abordagem são baseados em um ciclo de eclipse de 135 meses, mas é quase certo que métodos semelhantes baseados no ciclo de Saros também foram usados. Ajustando a elongação nodal máximo no qual um eclipse pode ocorrer, estas funções da sizígia podem ser usadas para gerar diferentes distribuições de possibilidades de eclipses dentro de um Saros.

Os esquemas babilônicos são baseados em 38 possibilidades de eclipses em um período de Saros com um padrão 8-7-8-7-8, com 8 eclipses com intervalos de 6 meses (7 intervalos no total) são seguidos por um intervalo de 5 meses, 7 eclipses com intervalos de 6 meses (6 lacunas no total) e assim por diante. Os hifens indicam as lacunas de 5 meses.

Este padrão, no entanto, não define o ponto de partida para o esquema que pode começar, por exemplo, no meio de um dos "8". Todavia, o fator crítico na análise abaixo se estabelece onde estão as lacunas de 5 meses.

Ambos glifos 120 e 125 são Σ-glifos e são separados por 5 meses. Os glifos 79, 114 também são Σ-glifos e o número de meses entre estes é 35. Em um esquema babilônico isso deve consistir em 5 intervalos de 6 meses e uma lacuna de 5 meses. Ao recorrermos para trás a partir do glifo 120, deve haver 6 ou 7 intervalos de 6 meses entre Σ-glifos antes disso, porque há um intervalo de 5 meses após o glifo 120. Se houvesse 7 intervalos de 6 meses antes do glifo

---

94 STEELE, op. cit., 2000.
95 BRITTON, J. P. *in Die Rolle der Astronomie in den Kulturen Mesopotamiens* (ed. Galter, H. D.) 61–76 (rm-Druck & Vergansgesellschaft, Graz), 1993.
96 SAMUEL, op. cit. 1972.
97 BRITTON, op. cit., 2007.
98 AABOE, op. cit., 1972.

120, isso nos levaria de volta ao mês 78 como uma previsão de Σ. Mas sabemos que o glifo 79, é um Σ-glifo, então só pode haver 6 intervalos de 6 meses antes do glifo 120, e o intervalo após o glifo 79, deve ser um intervalo de 5 meses.

Portanto, qualquer esquema babilônico que seja consistente com os glifos deve ter intervalos de 5 meses entre os meses 79 e 84 e entre os 120 e os 125. Isso conserta um dos "7"s no padrão 8-7-8-7-8, e é fácil ver que isso, fixa então, todo o padrão babilônico relativo aos glifos. Diante disso, é rotina verificar se todos os Σ-glifos correspondem ao esquema babilônico resultante para as previsões Σ.

Argumentos similares (todavia mais complexos) mostram que existem exatamente dois esquemas babilônicos consistentes com os glifos H. Consequentemente, se os glifos são gerados por esquemas babilônicos para ambos glifos Σ e H, então há apenas duas possibilidades para o esquema de glifos que conforme veremos, nenhum destes é consistente com as letras indexadas nos glifos do mecanismo**.**

4.4 Letras de Índice Alfabético

A identificação das letras indexadas transformou nossa compreensão da distribuição dos glifos. Todas as letras de índice definidas nos glifos estão em ordem alfabética (13 circunstâncias). Quando a evidência de uma letra de índice é apenas parcial (4 circunstâncias), o texto é consistente com a ordem alfabética: por exemplo, não é possível ter confiança em atribuir uma interpretação à letra indexada no Glifo 13, mas é consistente com Γ.

Portanto, estamos confiantes de que as letras de índice estão em ordem alfabética. Os glifos 20 e 25 têm as letras de índice E e Z. Como esses glifos são separados por cinco meses, não pode haver outro glifo entre eles (desde que as estações do eclipse ocorram em intervalos de cinco ou seis meses).

Assim, sabemos que as letras alfabéticas não estão complementadas com o símbolo numérico ϛ, representando o número 6. As letras de índice são, portanto, letras, em vez de letras representando números. Todos os glifos têm letras de índice. Portanto, não é consistente supor que as letras indexadas se referem apenas as previsões lunares ou apenas as previsões solares: elas devem indexar glifos em vez de previsões.

Para analisar as letras de índice, designamos as letras do alfabeto grego por sua posição no alfabeto da seguinte forma:

Α	Β	Γ	Γ	Δ	Ε	Ζ	Θ	Η	Κ	Λ	Μ
α1	α2	α3	α4	α5	α6	α7	α8	α9	α10	α11	α12

Ν	Ξ	Ο	Π	Ρ	Σ	Σ	Τ	Φ	Υ	Φ	Χ
α13	α14	α15	α16	α17	α18	α19	α20	α21	α22	α23	α24

As letras de índice podem ser observadas ou inferidas nos glifos da seguinte maneira. (Designações com a mesma cor estão em ordem consecutiva):

13	20	25	26	67	72	78	79	114	119	120	125	131	137	172	178	184	190
α3	**α5**	**α6**	**α7**	**α16**	**α17**	**α19**	**α20**	**α3**	**α4**	**α5**	**α6**	**α7**	**α8**	**α16**	**α17**	**α18**	**α19**

Glifos com um componente Σ estão como segue:

20	26	67	79	114	120	125	131	137	172	178	184	190
α5	**α7**	**α16**	**α20**	**α3**	**α5**	**α6**	**α7**	**α8**	**α16**	**α17**	**α18**	**α19**

Glifos com um componente H estão como segue:

13	25	72	78	119	125	131	137	172	178	184
α3	**α6**	**α17**	**α19**	**α4**	**α6**	**α7**	**α8**	**α16**	**α17**	**α18**

Atualmente podemos verificar a consistência dos dois esquemas de previsão solar babilônico com as letras de índice que correspondem aos glifos do aparato. Examinando estes dois (não incluídos nestas notas), fica imediatamente claro que em ambos os casos há muitas previsões de eclipses nos esquemas babilônicos para combinar com as letras indexadas nos glifos. Por exemplo, em ambos os esquemas de correspondência, o sexto glifo na sequência corresponde ao glifo 20, que possui a letra de índice E - a quinta letra do alfabeto. Pelo glifo 78, com a letra de índice T, a décima nona letra do alfabeto, existem 21 previsões em um esquema e 22 no outro. Pelo glifo 190, com a letra de índice 19 do segundo alfabeto - em outras palavras, a quadragésima terceira letra - há 49 previsões em um esquema babilônico e 52 no outro. Os esquemas babilônicos geram significativamente mais previsões do que aquelas incluídas no dispositivo.

4.5 Modelos para gerar a Sequência de Glifos no Mecanismo de Anticítera

Eclipses ocorrem em sizígias suficientemente próximas de um nodo (Quadro Suplementar 2). O fato de haver menos predições no esquema do mecanismo de Anticítera em comparação com os esquemas babilônicos sugere-se que os glifos podem ser gerados por um modelo definido por um critério mais rigoroso da elongação nodal na sizígia.

Ao considerarmos as maneiras pelas quais o projetista do instrumento poderia ter construído tal modelo, a primeira questão é como os comprimentos de meses foram gerados. Em termos do conhecimento disponível no momento da construção do aparato, duas definições parecem prováveis: os meses lunares foram simplesmente calculados como meses lunares médios; ou os meses foram gerados incluindo a primeira anomalia lunar (e possivelmente também a primeira anomalia solar).

A inclusão da primeira anomalia lunar é plausível, uma vez que se sabe agora que o aparato incorpora um dispositivo que expressa a primeira anomalia da Lua[99]. Isso significa que é muito provável que ele também inclua uma realização epicíclica da primeira anomalia do Sol (como sugerido anteriormente[100]), já que é mecanicamente muito mais fácil incluir do que a primeira anomalia da Lua.

A seguir, consideramos detalhadamente o caso em que os comprimentos dos meses são simplesmente baseados em meses médios, conforme calculado no dispositivo usando o ciclo Metônico e um ano de duração de $365^{1/4}$ de dias.

Tomamos um eclipse lunar total (eclipse de calibração) como o ponto de partida para cada modelo. Neste momento, a sizígia está em um nodo e ambos os meses sinódico e dracônicos estão no início de um ciclo. Além disso, é um momento adequado para calibrar o mecanismo, uma vez que a longitude eclíptica da Lua pode ser observada e a do Sol pode ser inferida, porque deve estar no ponto oposto do Zodíaco.

Em cada sizígia subsequente, calculamos a diferença angular entre a sizígia e o nodo, assumindo que as velocidades de movimento da Lua através dos meses sinódico e dracônico são constantes. Tais modelos são registrados na antiguidade com um conjunto de regras aritméticas para fazer os cálculos[101]. O modelo também poderia ter sido gerado usando uma tecnologia semelhante à do aparato.

---

[99] FREETH, et al., op. cit., 2006.
[100] WRIGHT, op. cit., 2002.
[101] AABOE, op. cit., 1972.

Todos os modelos considerados foram desenvolvidos em uma planilha no Macro para Excel no *Visual Basic* e foram usados para testar diferentes possibilidades. O primeiro modelo usado significa meses. Para cada sizígia após o eclipse de calibração, calculou-se a elongação da sizígia de seu nodo mais próximo. Este foi então comparado com um critério pré-estabelecido de proximidade, como 15° para sizígias lunares e 10° para sigízias solares. Uma predição era registrada se a elongação estivesse dentro do critério selecionado.

Estas previsões foram geradas para dois ciclos de Saros e para cada possível data de início dentro deste período as sequências de previsões geradas foram comparadas com a sequência de glifos para vermos se havia uma correspondência, sendo que, tal correspondência foi definida da seguinte forma:

1. Toda previsão dos glifos lunar ou solar foi igualada exatamente por uma previsão gerada.
2. A sequência de previsões gerada não produziu quaisquer previsões em que um glifo estivesse ausente na observação.
3. Não houve erros combinados no sentido de que tanto uma previsão lunar quanto solar foi gerada para o mesmo mês em que o glifo claramente não é um glifo lunar e solar combinado.
4. Não houve erros de letra de índice no sentido de que o número de previsões geradas não correspondia às letras de índice (o que extingue o número de glifos nas lacunas entre os glifos conhecidos).

Uma sequência de previsões geradas que atendiam a essas condições para uma determinada data de início após o eclipse de calibragem foi chamada de correspondência perfeita.

A verificação sistemática com o Macro para Excel para correspondências com os critérios definidos em intervalos de 0,1° em uma ampla faixa de critérios não gerou combinações perfeitas, embora houvesse algumas falhas. Essas pequenas imprecisões geraram o tipo de sequência que esperávamos com algumas lacunas de 11 meses, em oposição às lacunas de 6 ou 5 meses dos esquemas babilônicos.

Uma modificação desse esquema foi então introduzida com uma justificativa histórica. No *Almagesto*[102], Ptolomeu relata que, por causa da paralaxe, a probabilidade de um eclipse solar não depende apenas de quão perto a Lua Nova está de um nodo, mas também se ocorre ao norte ou ao sul da eclíptica. Ele propôs que um eclipse solar ocorrerá se a sizígia ao norte do nodo tiver elongação dentro de 17.7°, mas que ele deve estar dentro de 8.4° se a sizígia estiver ao sul do nodo.

[102] TOOMER, op. cit., 1984.

A introdução dessa assimetria solar em nosso modelo produziu resultados muito melhores, com uma correspondência quase perfeita com apenas um erro de letra de índice, a qual chamaremos de melhor combinação. No exame desta combinação, pode-se ver que para os eclipses lunares, o processo gerou 39 previsões lunares — uma a mais do que o esquema babilônico padrão —. E, duas destas previsões ocorreram em meses adjacentes, o que nunca ocorreu em esquemas babilônicos. Além disso, o exame dos dados da NASA[103] sobre os históricos de eclipses nos últimos quatro séculos a.C., mostra que os eclipses lunares nos meses adjacentes são sempre ambos penumbrais — com apenas duas exceções ao longo do período de quatrocentos anos em que um dos eclipses foi parcial —.

Se descartarmos a segunda das previsões lunares adjacentes, ficamos com um esquema de previsão para os eclipses lunares, que é exatamente o único esquema babilônico que combina com a sequência de glifos do mecanismo. Com base nisso, nos sentimos justificados em descartar a segunda das previsões de eclipses lunares adjacentes.

No caso dos eclipses solares a situação é melhor. Há uma combinação perfeita para os glifos solares com a possibilidades de 27 eclipses — muito menos do que o padrão de 38 para os esquemas babilônicos —. Isso explica a comparativa falta de letras de índice. O esquema gerado é um subconjunto de ambos os esquemas babilônicos que correspondem à sequência de glifos solares, embora não pareça ser possível gerar o esquema do aparato a partir do padrão simples de eliminação de um dos esquemas babilônicos.

A dispersão comparativa das previsões solares no aparato pode ter refletido uma impressão subjetiva de que os eclipses solares são muito mais raros do que os eclipses lunares, o que é verdade para um único local, mas não é verdadeiro no geral. De fato, os eclipses solares (visíveis de algum lugar da Terra) são superficialmente mais frequentes que os eclipses lunares[104].

A reconstrução completa das previsões geradas pelo nosso modelo é dada abaixo. A sequências estão baseadas em critérios de elongação assimétrica, como segue (onde qualquer número no intervalo dado produzirá a mesma sequência gerada):

Lunar	15.4° - 16.1°	por exemplo, 16°
Solar -Norte	15.4° - 16.1°	por exemplo, 16°
Solar - Sul	5.7° - 6.1°	por exemplo, 6°

[103] ESPENAK, op. cit., 2008.
[104] ESPENAK, op. cit., 2008.

Estas são comparadas aos números de Ptolomeu no século II d.C. para estimar a probabilidade do eclipse por elongações da sizígia do nodo mais próximo:

Lunar	12.2°
Solar - Norte	17.7°
Solar - Sul	8.4°

A sequência correspondente começa no mês lunar 210 após o eclipse de calibração.

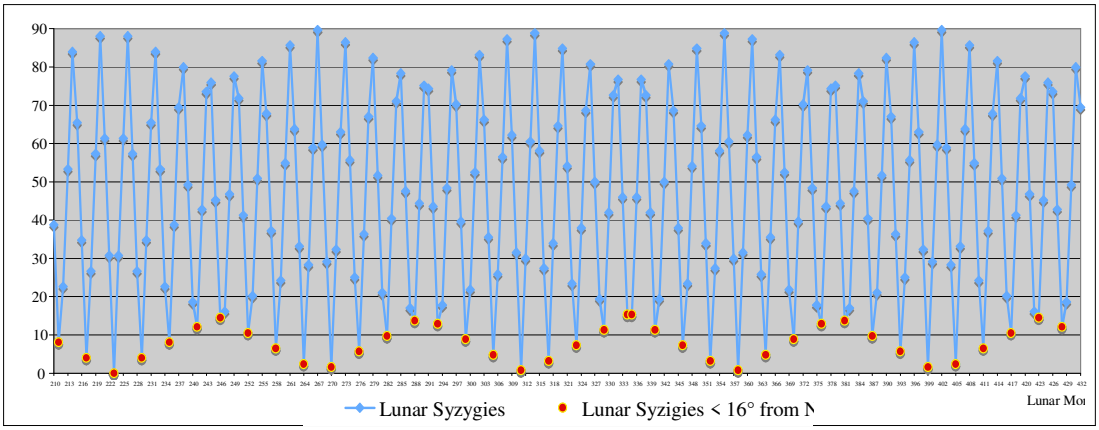


Figura Complementar 18. Gráfico dos eclipses lunares, mostrando graus de elongação entre a sizígia e o nodo mais próximo. Isso mostra o padrão regular de um esquema de previsão babilônica com seu padrão 8-7-8-7-8. Os picos das sizígias marcados correspondem aos intervalos de 5 meses. O ponto vermelho dobrado no terceiro pico mostra as previsões dos eclipses lunares em meses adjacentes — sendo o segundo descartado para nossa reconstrução.

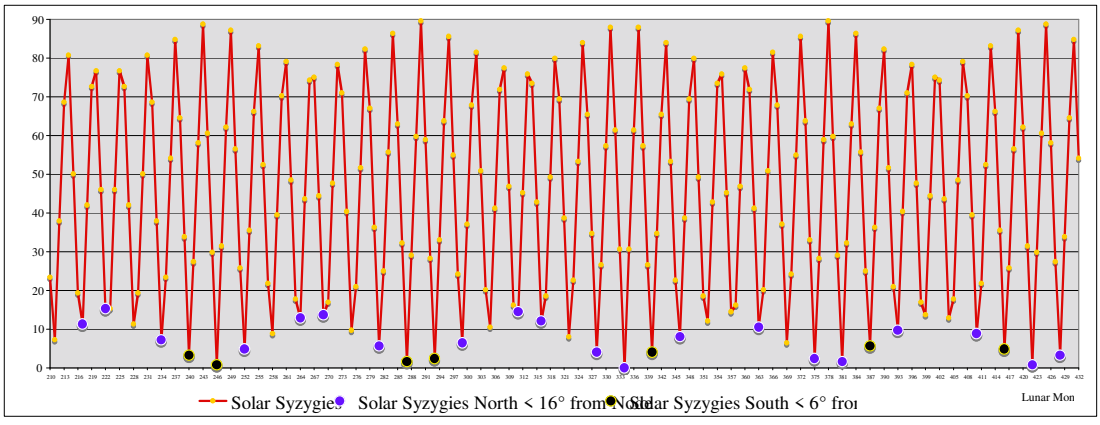


Figura Complementar 19. Gráfico para os eclipses solares, mostrando graus de elongação entre a sizígia e o nodo mais próximo. O modelo mostra o efeito dos critérios assimétricos para as sizígias ao norte ou ao sul da eclíptica. O padrão irregular das lacunas implicado pelas letras indexadas parece se aplicar apenas às previsões solares.

As figuras Complementares 18 e 19 mostram as previsões dos eclipses geradas pelo nosso modelo. Colocá-los juntos gera a nossa sequência de glifos reconstruída. Na lista abaixo, os elementos na cor vermelha são os glifos observados; na cor azul são inferidos a partir da evidência e do contexto; e na cor preta são reconstruídos pelo modelo. O glifo gerado no mês 126 está em itálico, uma vez que foi descartado como um glifo lunar adjacente.

Mês	Glifo	Índice
2	Σ	Α
8	Σ, Η	Β
13	Η	Γ
14	Σ	Δ
20	Σ	Ε
25	Η	Ζ
26	Σ	Η
31	Η	Θ
32	Σ	Ι
37	Σ, Η	Κ
43	Σ, Η	Λ
49	Σ	Μ
55	Σ, Η	Ν
60	Η	Ξ
61	Σ	Ο
67	Σ	Π
72	Η	Ρ
73	Σ	Σ
78	Η	Τ
79	Σ	Υ
84	Σ, Η	Φ
90	Σ, Η	Χ
96	Σ	Ψ
102	Σ, Η	Ω
107	Η	$\bar{\text{Α}}$
108	Σ	$\bar{\text{Β}}$
114	Σ	$\bar{\Gamma}$
119	Η	$\bar{\Delta}$
120	Σ	$\bar{\text{Ε}}$
125	Σ, Η	$\bar{\text{Ζ}}$
126	*Σ*	

Mês	Glifo	Índice
131	Σ, Η	
137	Σ, Η	$\bar{\Theta}$
143	Σ	$\bar{\text{Ι}}$
149	Σ	$\bar{\text{Κ}}$
154	Η	$\bar{\Lambda}$
155	Σ	$\bar{\text{Μ}}$
161	Σ	$\bar{\text{Ν}}$
166	Η	$\bar{\Xi}$
167	Σ	$\bar{\text{Ο}}$
172	Σ, Η	$\bar{\Pi}$
178	Σ, Η	$\bar{\text{Ρ}}$
184	Σ, Η	$\bar{\Sigma}$
190	Σ	$\bar{\text{Τ}}$
196	Σ	$\bar{\text{Υ}}$
201	Η	$\bar{\Phi}$
202	Σ	$\bar{\text{Χ}}$
207	Η	$\bar{\Psi}$
208	Σ	$\bar{\Omega}$
213	Η	$\bar{\mathbf{A}}$
214	Σ	$\bar{\text{Β}}$
219	Σ, Η	$\bar{\mathbf{\Gamma}}$

Figura Complementar 20. O melhor esquema de glifos gerados. Ele reconstrói não apenas os glifos, mas também as letras de índice para todo o mostrador. Existem 51 glifos em todo o esquema, com 38 previsões lunares, e 27 previsões solares — um total de 65 previsões de eclipses ao longo do período de Saros.

Uma análise semelhante pôde ser realizada usando-se meses que incorporam as primeiras anomalias do Sol e da Lua — uma ideia motivada pelo conhecimento de que a anomalia lunar é conhecida por ter sido incorporada ao mecanismo[105] e a anomalia solar provavelmente foi incluída —.

Neste caso, a sequência é gerada a partir de dados do eclipse para um local específico (no nosso caso, a Sicília), onde são conhecidas as fases das anomalias lunar e solar em um eclipse lunar total.

Foi necessário fazermos então, uma suposição precisa sobre a magnitude das excentricidades lunares e solares empregadas. Foram experimentadas então, várias excentricidades lunares: dois valores de Hiparco 0,079 (495/6.245) e 0,104 (983/9432); um valor de Ptolomeu de 0,0875 (7/80, próximo do valor verdadeiro); e duas medições feitas no próprio aparato de 0,112 e 0,125. Com a excentricidade solar usou-se o valor de Ptolomeu de 0,042 (1/24).

Toda esta análise é tecnicamente mais complexa, mas produz um resultado muito semelhante ao da média de meses usados, embora apenas o valor muito baixo de Hiparco de 0,079 para a excentricidade lunar tenha dado uma boa correspondência. Por este motive, e pelo fato o eclipse de calibração para a melhor correspondência ocorrer em 5 de janeiro de 196 a.C., o que é quase certamente muito cedo para o dispositivo, e por isso não acreditamos que essa abordagem acrescente muito à análise.

4.6 Problema dos Glifos das Horas

O quadro de referência para as horas dos de eclipses indicados nos glifos não está claro. Parece razoável aceitar que as horas usadas eram equinociais (onde o dia e a noite são considerados de igual duração e ambos são divididos em doze horas iguais), ao contrário das horas sazonais que dividiam os intervalos entre o nascer e o pôr do Sol em partes iguais.

Embora a função recém-identificada do mostrador Exeligmos realmente não faça sentido sem horas equinociais (ver abaixo), não temos provas de que as horas equinociais foram empregadas. Os glifos contêm abreviações para Dia (H\$^{M}$) e Noite (N\$^{Y}$) e, portanto, assumimos que, se as horas equinociais foram usadas, os horários foram referenciados ao um nascer e pôr do Sol nominal às 6:00h e 18:00h. Todas as horas observadas nos glifos são números entre 1 e 12.

[105] FREETH, et al., op. cit., 2006.

As horas dos eclipses provavelmente referem-se ao tempo de sizígia, embora o período de duração dos eclipses menores ou maiores sejam outros possíveis candidatos. Para os eclipses solares, a hora inicial do eclipse até sua hora final é quase sempre menor que 1,5 horas e, frequentemente é menor que uma hora. Para os eclipses lunares, o intervalo inicial do eclipse parcial até sua hora final é quase sempre menor que duas horas e geralmente da ordem de 1,5 horas.

Portanto, a diferença no tempo estimado do eclipse é de uma ou duas horas no máximo. A diferença entre a sizígia e o maior eclipse é uma pequena fração de uma hora. Examinaremos as horas lunar e solar separadamente.

Na tabela a seguir (Figura complementar 21), H\$^{M}$ = 0 se H\$^{M}$ estiver ausente no glifo; = 1 se estiver presente. Nós medimos os horários desde o nascer do sol nominal às 6 da manhã. Se H\$^{M}$ = 0, então 12 horas são adicionadas para obter Tempo em 24 horas. Média é o módulo residual 24 do número do mês do glifo vezes o mês sinódico médio (com base no ciclo Metônico) expresso em horas. 24 horas = Hora se H\$^{M}$ = 1; = Tempo + 12 se H\$^{M}$ = 0. Média Menor = Tempo - Média (Módulo 24). Ambos Média e Média Menor contêm uma constante desconhecida. Os números na cor verde são incertos.

Glifo	*H\$^{M}$*	*Hora*	*Tempo em 24 horas*	*Média*	*Média Menor*	*Comentários*
20	0	6	18	14.8	3.2	
26	1	7	7	19.3	11.7	
79	1	10	10	22.5	11.5	
114	1	12	12	12.4	23.6	
120	1	8	8	16.9	15.1	
125	1	8	8	8.6	23.4	*H (8) no mês 126*
131	1	2	2	13.0	13.0	*H\$^{M}$=1 espaçamento frontal do texto*
137	1	5	5	17.4	11.6	
172	0			7.4		
178	0	9	21	11.8	9.2	
184	1	4	4	16.2	11.8	
190	1	9	9	20.7	12.3	

Figura Complementar 21. Análise das horas dos glifos lunares

Se as horas fossem baseadas simplesmente nos meses lunares médios, esperaríamos que os períodos na coluna da Média Menor fossem iguais. Se ignorarmos as durações incertas, cinco de oito vezes se ajustam bem a esse modelo, mas dois dos outros certamente não.

Uma possível solução para esse problema pode ser que os horários incluam uma correção para a primeira anomalia lunar. Se este fosse o caso, então as correções criadas pela anomalia deveriam seguir um período baseado no ciclo da Lua Cheia. Essa análise (não incluída em detalhes aqui) mostra que eles não estão em conformidade com esse padrão.

Se H\$^{M}$ = 1, então o eclipse não era observável do local pretendido de uso do mecanismo, pois representaria um eclipse lunar durante o dia. O fato de que sete (com mais dois possíveis) dos glifos Σ incluem H\$^{M}$ enfatiza que os glifos representam predições das possibilidades de eclipse, e não previsões de eclipses observáveis.

Uma análise comparativa pode ser realizada para os eclipses solares. Para a nomenclatura anterior, adicionamos N\$^{Y}$ = Noite e a convenção de que N\$^{Y}$ = 0 se N\$^{Y}$ estiver ausente no glifo; = 1 se estiver presente. 24 horas = Hora se N\$^{Y}$ = 0; = Tempo + 12, se N\$^{Y}$ = 1.

Se N\$^{Y}$ = 1, então o eclipse não era observável do local pretendido de uso do Mecanismo, pois representaria um eclipse solar durante a noite.

Glifo	*N\$^{Y}$*	*Hora*	*Tempo em 24-horas*	*Média*	*Média Menor*	*Comentários*
13	0	?		16.0		
25	0	6	6	0.9	5.1	
72	?	?		23.7		
78	1	1	13	4.1	8.9	
119	1	10	22	22.5	23.5	*Hora poderia ser 12*
125	0	3	3	2.9	0.1	
131	1	9	21	7.4	13.6	
137	0	12	12	11.8	0.2	
178	0	9	9	6.2	2.8	
184	0	1	1	10.6	14.4	

Figura Complementar 22. Análise das horas dos glifos solares

As horas dos glifos solares não parecem exibir uma derivação de meses lunares médios, uma vez que os números da coluna da Média Menor variam amplamente. Uma análise das horas em termos das primeiras correções de anomalia também produz resultados contraditórios — embora não apresentemos esse argumento em detalhes aqui. As horas dos glifos também foram comparados com as horas reais de eclipses para sequências de dados de eclipse nos últimos quatro séculos a.C. que correspondem exatamente à sequência de glifos do aparato. Contudo, nenhuma correlação persuasiva foi encontrada.

Não descobrimos uma base racional ou plausível para os glifos das horas. Concluímos que a geração desses glifos pode não ter sido bem fundamentada e, portanto, pode ser difícil descobrir como isso foi realmente feito.

4.7 Mostrador de Quatro Voltas do Saros

A razão para as cinco voltas do mostrador Metônico agora está clara, mas por que o mostrador Saros tem quatro voltas? O Ciclo da Lua Cheia (Quadro Suplementar 2) segue a mudança no diâmetro aparente da Lua na sizígia. Pode ser visto como o período de movimento entre os meses sinódico e anomalístico. Como há 223 meses lunares e 239 meses anomalísticos em um período de Saros, deve haver 239 - 223 = 16 ciclos de Lua Cheia em um período de Saros. Isto significa que cada quarto de volta do mostrador Saros é um ciclo de Lua Cheia, e o ângulo do ponteiro de Saros dentro de cada volta indica a fase do ciclo.

O diâmetro da Lua interfere na duração e no tipo de um eclipse, por exemplo, quando o diâmetro aparente da Lua é pequeno, um eclipse solar pode ser anular, em vez de total. Deste modo, o aparato fornece informações adicionais sobre os eclipses e temos uma justificativa para as quatro voltas do mostrador de Saros.

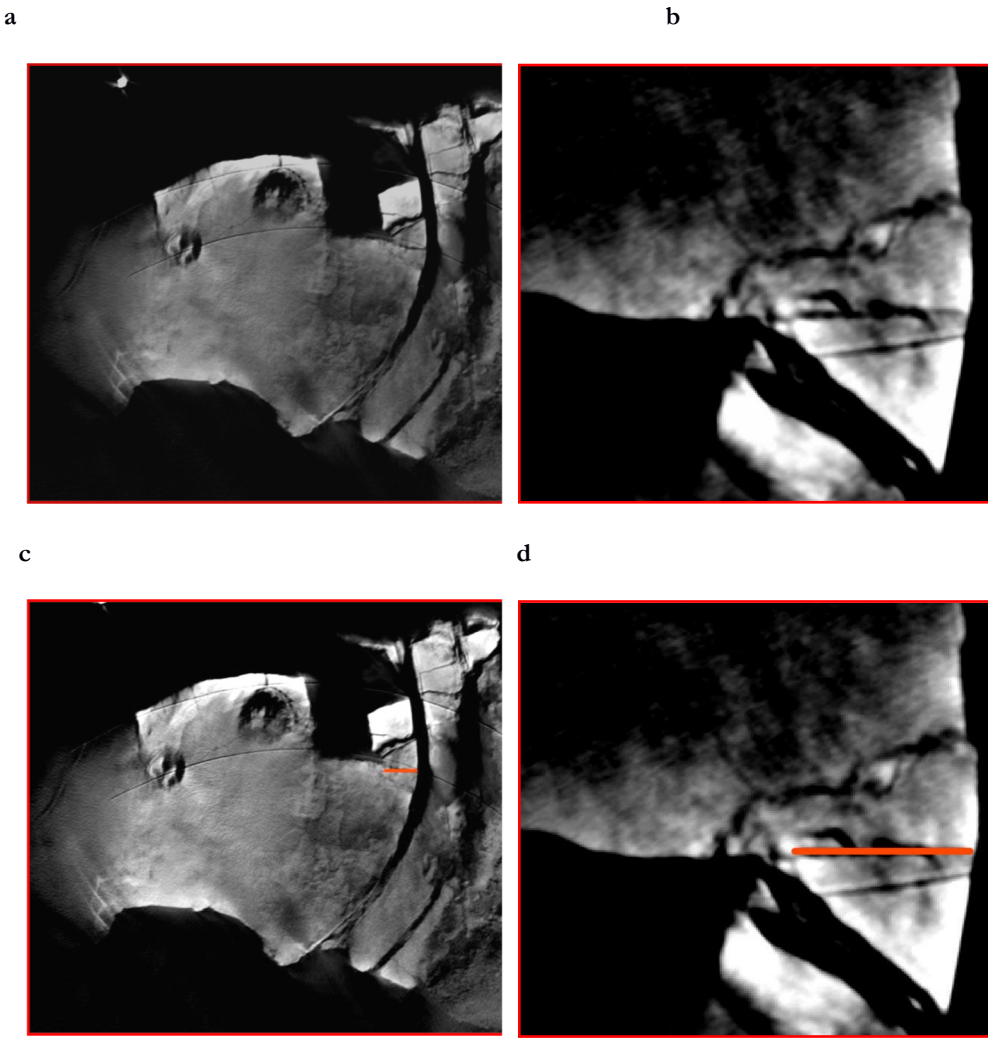


Figura Complementar 23. a) Fatia de tomografia computadorizada do Fragmento A, exibindo o centro do mostrador de Saros, com uma possível marca de escala na posição de 3 horas. b) Visão aproximada da possível marca de escala. c) e d). Marca possível é destacada na cor vermelha. A marca aparente em um ângulo por baixo disso é parte de uma "marca em forma de anel", criada pelo processo de raios-X, e por isso deve ser desconsiderado.

Uma possível marca de escala exatamente na posição de 3 horas na placa central do mostrador de Saros dá suporte à ideia de que pode ter existido divisões marcando o início de cada ciclo de Lua Cheia em torno do mostrador. Seria de se esperar que também houvesse divisões intercardinais a 45° em relação às quatro principais divisões. No entanto, não conseguimos encontrar nenhuma evidência para tal.

4.8 Mostrador Exeligmos

A evidência para o mostrador Exeligmos vem do Fragmento A (ver figura Complementar 24). Parte dele é visível na superfície, incluindo uma letra proeminente, H, na borda do mostrador. O resto do mostrador sobrevivente pode ser visto na Tomografia Computadorizada.

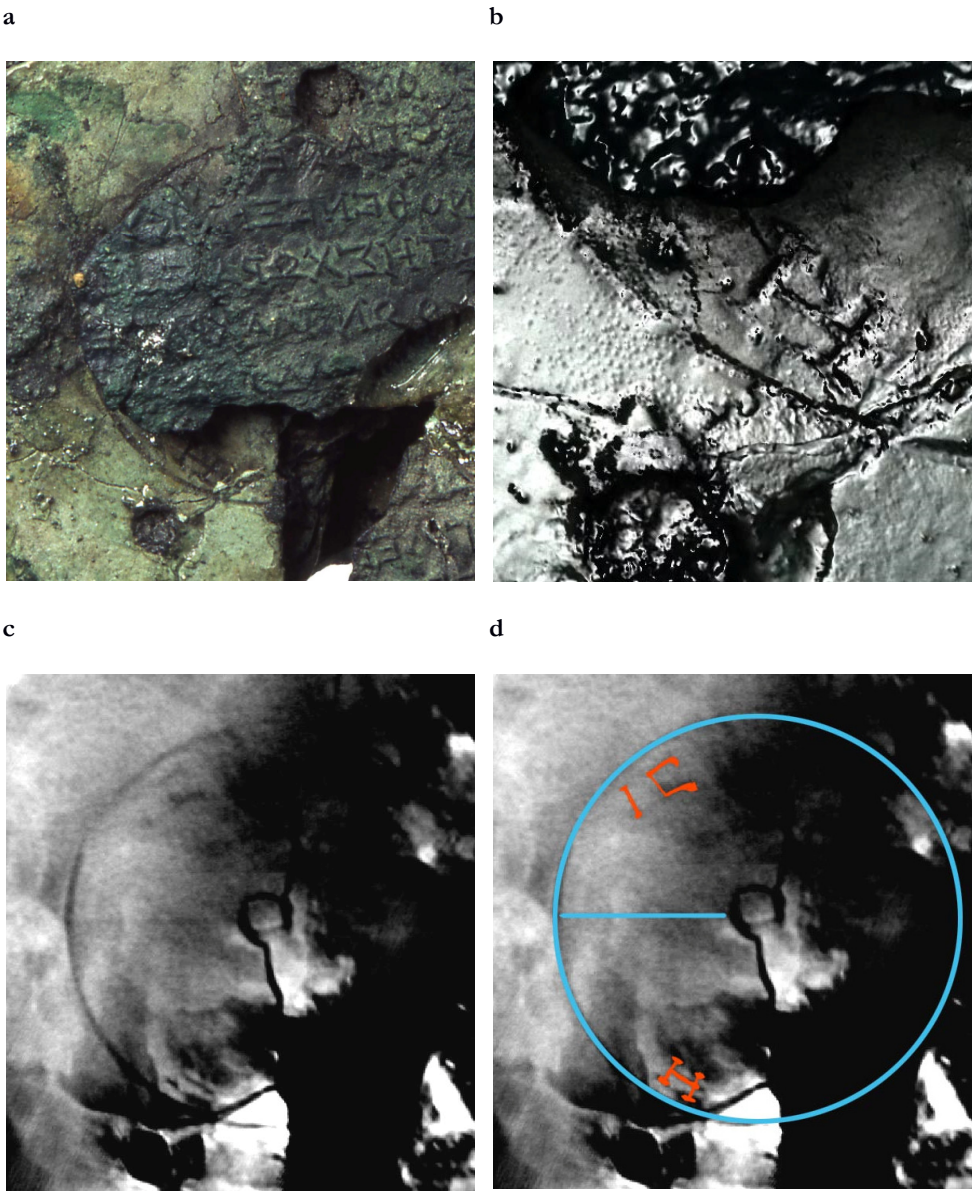


Figura Complementar 24. Mostrador Exeligmos. a) Uma foto em foco da parte posterior do Fragmento A, exibindo o mostrador Exeligmos, sobreposto principalmente por um texto espelhado da parte detrás. b) Mapeamento de Textura Polinômica (MTP) ressaltando a letra, H, que é visível na superfície do Fragmento A. c) Fatia de Tomografia Computadorizada (TC) mostrando as letras; H (8), e Iς (16) nas posições do relógio; 7 horas e 11 horas. Também pode ser vista uma fraca divisão na escala horizontal. d) As características visíveis do mostrador estão destacadas.

Ao contrário de todos os outros ciclos de eclipses de curto período, o ciclo Saros de 223 meses é particularmente útil para prever eclipses porque a variação em seu comprimento é comparativamente pequena: ele excede 6.585 dias em uma faixa de apenas 6 a 9 horas.

Vários autores antigos consideraram o excedente de exatamente 8 horas, como um ciclo completo de $6.585^{1/3}$ dias e cada eclipse se repetindo 8 horas mais tarde no dia. Com base nisso, três ciclos Saros, conhecidos na Grécia Antiga como o ciclo Exeligmos (na parte interna da volta da espiral do Saros), são exatamente 19.756 dias, após os quais os eclipses se repetem praticamente na mesma hora do dia. O mostrador Exeligmos está dividido em três setores: um sem inscrição e os números (8) e (16) nos setores sucessivos (ver Figura Complementar 25).

Atualmente, compreendemos que a finalidade desse mostrador é informar ao usuário quantas horas — 0, 8 ou 16 — adicionar ao glifo para obter a hora do eclipse previsto.

4.9 Reconstrução do Mostrador Posterior Inferior

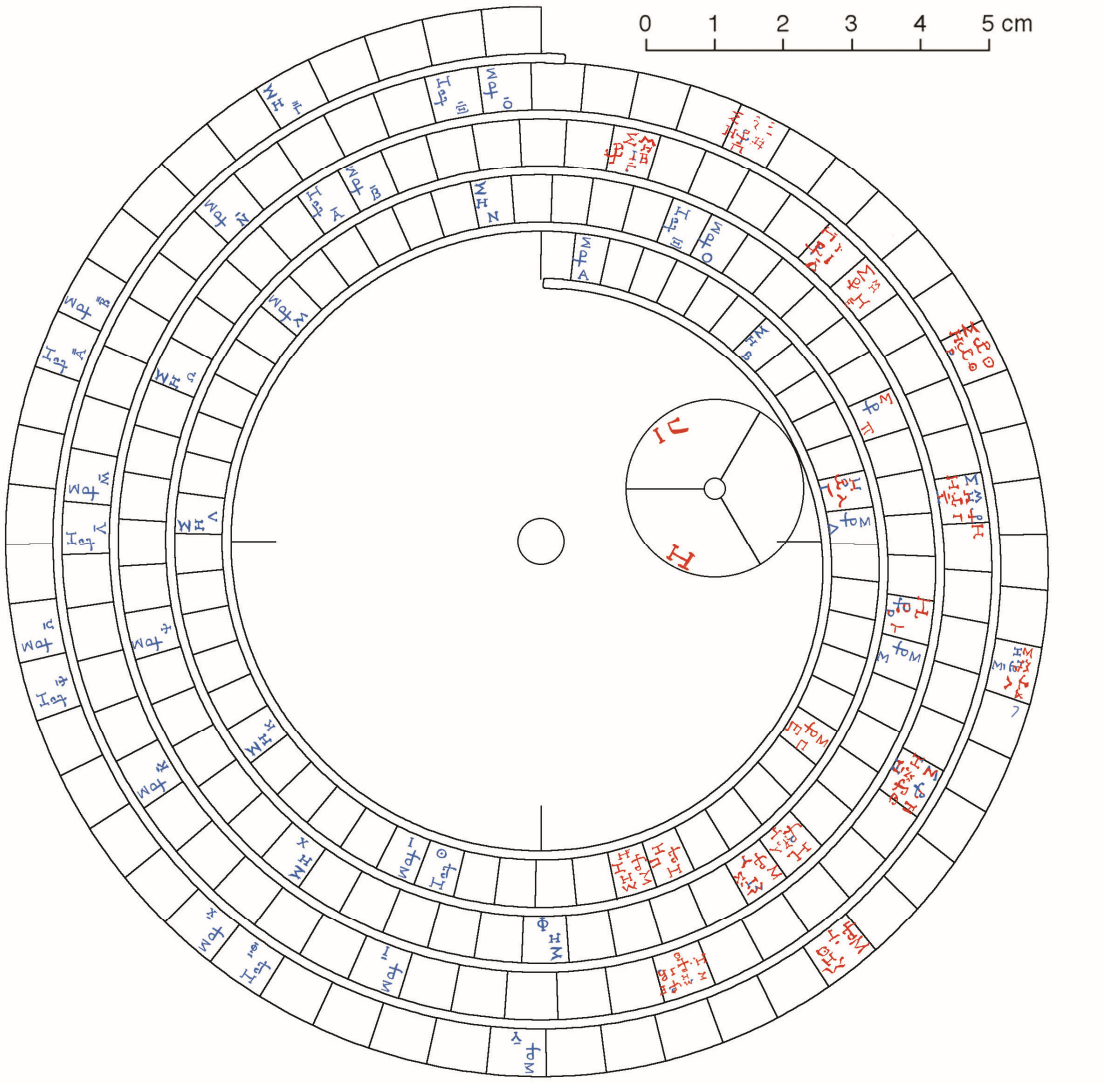


Figura Complementar 25. Reconstrução dos mostradores inferiores da parte posterior. Texto na cor vermelha são traçados a partir das evidências, e na cor azul são reconstruídos. Os glifos reconstruídos no mostrador Saros estão fundamentados em um modelo de mês médio, usando critérios assimétricos para a geração de glifos solares. O glifo das horas nos glifos reconstruídos estão faltando, pois o processo de sua geração não foi descoberto.

Autoria e Direitos Autorais

Estas Notas Suplementares foram escritas por Tony Freeth, Alexander Jones, John M. Steele & Yanis Bitsakis, *com ilustrações de* Tony Freeth.

Todas as ilustrações neste documento são protegidas por direitos autorais. Todos os direitos são reservados. Para mais informações por favor entre em contato:

Tony Freeth, Secretário do Projeto de Pesquisa sobre o Mecanismos de Anticítera
Email: tony@images-first.com

Figura Complementar 11 foi organizada por M. Anastasiou (Universidade Aristóteles de Salônica). *A informação de fundo inclui um mapa extraído do site interativo do Mediterrâneo Antigo (http://iam.classics.unc.edu). O mapa foi copiado, reutilizado ou redistribuído nos termos da política de uso do IAM. © 1998, Mediterrâneo Antigo Interativo.*