

HISTÓRIA DA ASTRONOMIA NO EGITO ANTIGO: MÉTODOS DE MEDIÇÃO DO TEMPO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

HISTORY OF ASTRONOMY IN ANCIENT EGYPT: TIME MEASUREMENT METHODS AND SCIENTIFIC EDUCATION

Amanda Salgueiro de Souza¹
Ricardo Roberto Plaza Teixeira²

¹ Licencianda em Física - Instituto Federal de São Paulo – Campus Caraguatatuba
<http://lattes.cnpq.br/1650704781712683>
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7282-2244>
Email: amanda.salgueiro@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor em Ciências - Instituto Federal de São Paulo – Campus Caraguatatuba
<http://lattes.cnpq.br/3547496765385198>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-1774>
Email: rteixeira@ifsp.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi investigar como conhecimentos sobre a história da astronomia desenvolvida na antiguidade pela civilização egípcia podem colaborar para a educação científica dos alunos. O desenvolvimento da fundamentação teórica ocorreu por meio da análise de artigos acadêmicos e livros importantes para essa pesquisa. Os egípcios utilizavam os conhecimentos astronômicos para a agricultura e a construção de pirâmides e de outras edificações. No Egito antigo, foram desenvolvidos calendários baseados em observações astronômicas, como a do nascimento heliaco de Sirius, a estrela mais brilhante do céu. Além disso, eram utilizados instrumentos astronômicos, como os relógios de sol e de água. Conhecimentos sobre a história da astronomia no Egito Antigo foram analisados da perspectiva de como eles podem ser úteis no contexto da educação científica. Em particular, este artigo analisa como os egípcios determinaram que o ano tinha aproximadamente 365 dias e como dividiram o dia em 24 horas. Essa investigação permitiu perceber a importância da utilização, no contexto educacional, de questões problematizadoras que podem alavancar o processo de aprendizagem acerca de conceitos científicos e da metodologia da ciência. Um exemplo foi: Como é possível determinar a duração em dias de um ano?

Palavras-chave: medida; ano; calendário; nascimento heliaco; aprendizagem.

ABSTRACT: The objective of this work was to investigate how knowledge about the history of astronomy developed in ancient times by the Egyptian civilization can contribute to the scientific education of students. The development of the theoretical foundation occurred through the analysis of academic articles and books important to this research. The Egyptians used astronomical knowledge for agriculture and the construction of pyramids and other buildings. In ancient Egypt, calendars were developed based on astronomical observations, such as the heliac birth of Sirius, the brightest star in the sky. In addition, astronomical instruments were used, such as sundials and water clocks. Knowledge about the history of astronomy in Ancient Egypt was analyzed from the perspective of how they can be useful in the context of science education. In particular, this article looks at how the Egyptians determined that the year had approximately 365 days and how they divided the day into 24 hours. This investigation allowed us to realize the importance of using, in the educational context, problematizing questions that can leverage the learning process about scientific concepts and the methodology of science. An example was: How is it possible to determine the duration in days of a year?

Keywords: measurement; year; calendar; heliacal rising; learning.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo refletir sobre como conhecimentos acerca da História da Astronomia no Egito Antigo, em particular no que diz respeito aos métodos usados para medir o tempo, podem ser úteis no que diz respeito à educação científica. De início, a partir de uma extensa revisão bibliográfica, é realizado um estudo de fundamentação teórica a respeito dos tópicos abordados, para uma melhor compreensão acerca do desenvolvimento da Astronomia durante o Egito Antigo e das suas realizações nesta área do conhecimento. Na sequência, são feitas algumas reflexões e considerações sobre o modo como estes conhecimentos e saberes podem ser usados no contexto educacional. Ao término são feitas as considerações finais com algumas sugestões e conclusões.

A astronomia clássica, inclusive em específico a astronomia desenvolvida pelos egípcios na antiguidade, pode ser usada em projetos educacionais inovadores conectando ideias de modo interdisciplinar (EFF-DARWICH *et al.*, 2020). Isto evidencia a relevância didática deste tipo de temática, o que é reforçado pelo fato de que conteúdos relacionados à Astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental estão presentes na Base Nacional Curricular Comum (BNCC) na disciplina de Ciências, no eixo estruturante Terra e Universo: devido à obrigatoriedade da BNCC em todo o território brasileiro, desde 2020, é importante investigar as possibilidades existentes para o ensino de Astronomia (BUFFON; NEVES; PEREIRA, 2022).

Os antigos egípcios eram um povo muito prático e, do ponto de vista da astronomia, realizaram as suas observações do céu com vistas a produzir um sistema de contagem de tempo que fosse útil para os negócios e para a administração; assim eles produziram duas contribuições principais: o ano com duração de 365 dias e a divisão de um dia em 24 unidades de tempo menores, as horas (TERESI, 2008). No que diz respeito às horas, foi só posteriormente, no período helenístico, que a base sexagesimal para a contagem do tempo dos babilônios se combinou com a divisão do dia e da noite em duas fases de 12 horas, para produzir as 24 horas diárias de 60 minutos com cada minuto tendo 60 segundos, sistema esse que usamos atualmente para a contagem de tempo ao longo de um dia.

Portanto, os conhecimentos desenvolvidos pelos egípcios tinham um caráter eminentemente utilitário, com o intuito de aumentar a produção agrícola, ampliar a quantidade de víveres, melhorar o nível de vida, amplificar a arrecadação de impostos e liberar uma parte do tempo de alguns indivíduos da necessidade de procurar comida, para, por exemplo, funções religiosas e para atividade de observação do céu noturno (ROSMORDUC, 1983). Não é por outro motivo que a astrono-

mia foi um dos primeiros campos de conhecimento hoje considerados científicos, a se desenvolverem na história humana.

Os mapas do céu noturno eram utilizados pelos egípcios tanto para motivos religiosos, pois estavam relacionados aos seus deuses, quanto para se localizarem à noite, bem como em atividades agrícolas: assim sendo, o mundo das ideias e o mundo das necessidades materiais se somavam na busca por conhecimentos astronômicos. O céu estrelado serviu de referência para muitas das manifestações culturais do antigo Egito, de modo que a influência direta ou indireta da astronomia pode ser encontrada nos seus textos cosmogônicos que chegaram até os dias de hoje, bem como em esferas muito diferentes, como a arquitetura (LULL, 2016).

Um calendário é um sistema útil para agrupar dias para o cálculo da duração de longos intervalos de tempo. Os calendários forneceram as bases não somente para atividades como agricultura, caça e migração, mas também para adivinhação e prognóstico (astrologia), para a manutenção de ciclos religiosos e para a marcação de eventos civis, bem como, em um outro nível, para atender ao desejo psicológico dos seres humanos de organizar e controlar o tempo (LANKFORD, 1997).

No que diz respeito ao Egito Antigo, as informações que temos a respeito das suas concepções cosmogônicas, da sua arquitetura, da tentativa de estabelecimento de uma imagem para a ordem cósmica pelos sacerdotes astronômicos, dos instrumentos astronômicos para medir o tempo e dos saberes existentes acerca dos corpos da abóbada celeste se interrelacionam e evidenciam a importância dos conhecimentos astronômicos para essa civilização, tanto cultural, quanto economicamente (LULL, 2016).

EGITO ANTIGO

O vale do Rio Nilo, localizado na região nordeste do continente africano, foi o espaço geográfico onde se assentou o povo que deu origem à civilização egípcia (MENA, 2009). O Nilo é o rio mais longo do mundo, com cerca de 6825 km de comprimento (SAID, 1993), e atravessa de sul para norte uma região desértica: assim, diz-se que o Egito é “uma dádiva do Nilo”. Todo ano, durante as enchentes, os sedimentos carregados corrente abaixo, são espalhados em camadas finas sobre o solo das suas margens, atuando como um fertilizante. Além disso, na antiguidade, em uma época em que o transporte terrestre era bastante primitivo, o Rio Nilo era também uma espécie de “estrada”, ao longo da qual os barcos podiam transportar para partes longínquas do reino e a baixo custo alimentos, pedras para construção e outros produtos (BLAINEY, 2015).

O Egito faraônico representa um dos primeiros reinos unificados historicamente conhecidos, mas também uma das mais longas experiências humanas de continuidade política e cultural, transcorrendo de aproximadamente 3000 a.C. até 332 a.C., quando ocorreu a conquista do Egito por Alexandre, o Grande, e o decorrente processo de helenização (difusão da cultura grega) daquela região (CARDOSO, 1982). O isolamento geográfico do Egito antigo, cercado por desertos no canto nordeste do continente africano, explica, pelo menos parcialmente, a perseverança única do Egito Faraônico por cerca de três milênios (VAN DOREN, 1991), algo que não ocorreu, por exemplo, com as civilizações que habitaram a região mesopotâmica.

ECONOMIA E AGRICULTURA NO EGITO ANTIGO

A astronomia no Egito Antigo foi desenvolvida com finalidades práticas, como, por exemplo, com o objetivo de fornecer o suporte de conhecimentos necessários para colaborar com a tarefa de cultivar a terra para atividades agrícolas. Para entender isso, é fundamental compreender minimamente acerca do funcionamento da economia egípcia na antiguidade.

O aparecimento a oriente, acima do horizonte, da estrela mais brilhante do céu (Sirius), poucos instantes antes do fim da noite, era percebido pelos egípcios como um fenômeno de bom augúrio, um prenúncio da enchente do rio Nilo, fenômeno necessário para fertilizar terras e produzir boas colheitas. Assim, os egípcios passaram a se preocupar com observações astronômicas associadas ao problema da medição do tempo, porque isso era fundamental para a sua agricultura (MENA, 2009), a base econômica dessa civilização.

Durante a cheia do rio Nilo, milhões de microrganismos florescem quando o nível das águas começa a subir: este processo é alimentado pelas águas de sedimentos provenientes do Platô da Etiópia. A conseqüente inundação das margens do rio Nilo traz um rico limo (lodo) que as tornam bastante férteis para o cultivo agrícola (CIRILO, 2017). Esses dias, posicionados no início do ano egípcio, significavam a chegada das águas que tornavam verdejante o vale do Nilo (BELMONTE, 2009). Os alimentos básicos plantados no vale do rio Nilo eram o trigo, a cevada, tâmaras, figos, olivas e uvas (BROWN, 2010). Uma das conseqüências disso é que o pão se tornou um alimento muito popular no Egito Antigo (LEEK, 1972).

A relação entre o ciclo anual e a própria sobrevivência econômica e material dos Egípcios advinda das atividades agrícolas realizadas às margens do rio Nilo, que atravessa uma região desértica, levou-os à associação temporal entre o periódico

retorno da inundação e o movimento cíclico anual da estrela Sirius: a constatação desta coincidência entre fenômenos celestes e terrestres só ocorreu após muitas observações sistemáticas e registros de dados, algo que reconhecemos hoje como sendo a base sobre a qual o conhecimento científico repousa.

O Egito Faraônico pode ser encarado como uma “rede de cooperação em massa”, mas que obviamente não foi voluntária, pois foi fruto de coerção, opressão e exploração; ela também não foi igualitária: os camponeses pagavam os impostos com uma parte apreciável da sua produção de alimentos (HARRARI, 2015). Com o desenvolvimento agrícola, a economia de subsistência foi abandonada, com os excedentes sendo usados para a manutenção dos artesãos e de outros trabalhadores que viviam nas cidades (JOHNSON, 2010). Os alimentos produzidos às margens do Nilo alimentavam não somente aqueles que trabalhavam no campo, mas também cerca de um décimo da população que morava nas cidades e servia ao faraó e aos seus súditos (BLAINEY, 2015).

A revolução da agricultura acabou por produzir a divisão social do trabalho, com um grupo pequeno dedicando-se a comandar e o resto (a grande maioria) dedicando-se a trabalhar (DOBERSTEIN, 2010). O faraó era temido, adorado e obedecido: não fazer isto significava desafiar tudo, incluindo a regularidade das inundações do rio, das quais dependia a sobrevivência da vida da comunidade e a ordem social. Assim, o respeito à tradição e à ordem eram elementos essenciais na sociedade egípcia da antiguidade (VAN DOREN, 1991). A necessidade de calcular os momentos de enchentes do rio Nilo colaborou para o surgimento da astronomia egípcia e, associado a ela, destacou-se a predominância da classe sacerdotal como orientadora das atividades agrícolas (MARX, 1970).

Os excedentes agrícolas obtidos com os ganhos de produtividade passaram a superar as necessidades anuais daqueles que os produziam: eles representavam uma nova forma de riqueza que passou a ser controlada e apropriada por minorias pequenas, mas poderosas – no caso do Egito Antigo, relacionadas ao faraó, à sua família e ao seu entorno – que se utilizavam de diferentes formas de coerção para manter estável aquele tipo de civilização agrária. Mas à medida que os excedentes cresciam, multiplicavam-se também as especializações, inclusive com o surgimento dos sacerdotes encarregados de observar o céu noturno e interpretar o que viam (CHRISTIAN, 2019).

MEDIÇÃO DO DIA EM HORAS NO EGITO ANTIGO

A observação dos movimentos do Sol, da Lua e das estrelas possibilita medir a passagem do tempo e a estruturação de

calendários e relógios. Para isso, os povos da antiguidade, em particular os egípcios, desenvolveram marcadores astronômicos com a finalidade de ajudar a medir o transcorrer do tempo.

Uma medida de tempo menor que o dia, usada no Egito Antigo, foi a hora; ela foi criada a partir da divisão da noite (parte do dia sem a luz do Sol) em 12 horas, bem como da divisão da parte do dia iluminada com a luz do Sol também em outras 12 horas (para manter uma simetria entre dia e noite, luz e escuridão), perfazendo um total de 24 horas medidas em um dia completo. Estas são as denominadas horas equinociais, determinadas como sendo iguais a 1/24 do dia.

Em particular, para medir as horas, a civilização egípcia desenvolveu instrumentos como o relógio de sol, o merkhet e o relógio de água (clepsidra).

Durante o período diurno, era usado o relógio de Sol, no qual a sombra de uma haste vertical, ou em alguns casos, oblíqua (denominada de gnômon pelos gregos e pelos romanos), uma espécie de ponteiro, marcava as horas sobre uma superfície graduada plana: onde a sombra estivesse corresponderia ao horário daquele momento. O gnômon foi possivelmente o mais antigo instrumento de observação astronômica (EVANS, 1998): é possível aprender muito sobre o movimento do Sol, inclusive em contextos educacionais, seguindo o movimento da ponta da sombra do gnômon.

No período noturno, a observação das estrelas era realizada por relógios estelares, como o merkhet, que usava fios-de-prumo com uma função similar à do astrolábio. A observação das estrelas era feita por sacerdotes incumbidos da missão de medir o tempo: eles desempenhavam, em certo sentido, a função de astrônomos dessa época e mediam a altura de estrelas importantes usadas como referência, registrando suas medidas em tabelas. Essa classe de sacerdotes astrônomos era, portanto, encarregada de observar as estrelas com o objetivo prático de determinar os horários, em particular durante a noite (LULL, 2004).

Assim, os egípcios conseguiam determinar de modo aproximado, em qualquer momento da noite, a hora local. Como os movimentos de rotação e de translação da Terra determinam constantes mudanças no posicionamento das estrelas, esse era um trabalho que tinha que ser realizado de modo sistemático (CANHÃO, 2006).

Em meados do segundo milênio a.C. (durante a XVIII dinastia, entre os séculos XVI a.C. e XIII a.C.) foi inventada a clepsidra, o relógio de água. Enchia-se com água um grande recipiente com uma escala horária gravada em seu interior e com um pequeno orifício no fundo: conforme o tempo passasse, a gravidade fazia com que a água escorresse de modo constante pelo orifício, esvaziando o recipiente. As graduações

das clepsidras indicavam as horas da noite. A grande maioria das clepsidras encontradas eram relógios de água de fluxo de saída (Outflow water clock), como o descrito anteriormente, mas havia também os relógios de água de fluxo de entrada (Inflow water clock). Os usuários destes relógios presumivelmente devem ter percebido que o fluxo de água não era uniforme e procuraram criar mecanismos para contornar os erros que isto produziria nas medidas das horas, como, por exemplo, pelo uso de recipientes com formato de troncos de cones, em vez de cilindros (CLAGETT, 1995).

MEDIÇÃO DO ANO EM DIAS NO EGITO ANTIGO

Das principais unidades de medida de tempo usadas até hoje (como o dia, a semana, o mês e o ano), é possível afirmar que o dia de 24 horas e o ano de 365 dias são heranças da civilização egípcia; no segundo caso, o legado foi aperfeiçoado, posteriormente, no período da civilização greco-romana, para chegar à proposição do ano bissexto com 366 dias (DEPUY-DT, 2017). Geralmente, as principais unidades de medida de tempo se relacionam umas com as outras, de modo que um número inteiro de uma das unidades compõe exatamente uma outra dessas unidades: por exemplo, um ano tem doze meses no calendário ocidental moderno. Assim como o ano, associado ao movimento orbital da Terra em torno do Sol, o dia, associado ao movimento de rotação da Terra em torno do próprio eixo, é uma unidade natural de medida de tempo, principalmente pelos seus diversos impactos para a vida humana e devido ao ciclo ou ritmo circadiano (MOORE-EDE; SULZMAN; FULLER, 1984), o mecanismo pelo qual nosso organismo se regula pelas 24 horas diárias, entre o dia e a noite, ou seja, entre a luz e a escuridão: deste modo, todos os calendários sempre tiveram o dia como unidade básica para o ano.

A mensuração de um ano, pela determinação de quantos dias eles tem, não é algo fácil de realizar (SIMMONS, 1999). Uma questão importante acerca da duração do ano – bem como sobre a medida de qualquer duração de tempo – é definir quando a medida do ano começa, bem como quando ela termina. Basicamente, o ano pode ser definido como sendo o tempo transcorrido entre dois eventos sazonais, com ciclos anuais que se repetem sistematicamente: por exemplo, no caso do Egito, entre duas épocas de enchentes do Rio Nilo. Mas essa determinação medida a partir de duas enchentes sucessivas é bem imprecisa no que diz respeito ao número exato de dias de duração de um ano: para uma medida específica, em um dado ano, o número de dias ao qual se chega provavelmente estará entre 300 e 400, mas esta quantidade de dias mensurada deste

modo empírico varia de ano para ano.

Nesta questão, para os egípcios, Sirius – a estrela mais brilhante no céu noturno, também conhecida como sendo a “estrela do Cão” (CASAS, 2002) na constelação de Canis Major – tinha uma importância fulcral. Vênus é mais brilhante que Sirius, mas é um planeta (não uma estrela) e por isso tem sua posição se modificando ao longo dos dias, em relação ao fundo de estrelas fixas, ao contrário de Sirius. O intenso brilho de Sirius no céu noturno ocorre tanto porque ela é uma estrela grande (tendo aproximadamente o dobro da massa do Sol), quanto porque ela está relativamente próxima do nosso Sistema Solar, a uma distância de 8,6 anos-luz da Terra (HOWELL, 2018). A estrela Sirius era conhecida como Sopdet pelos egípcios (ROONEY, 2018) e, posteriormente, por Sótis pelos gregos (VERDET, 1991): por este motivo, o calendário egípcio é também denominado de Calendário Sótico ou Sotíaco (LLAGOSTERA, 2006). Sopdet era associada a uma Deusa representada pela imagem de uma mulher com uma estrela de cinco pontas sobre a cabeça.

Em um certo momento da órbita da Terra em torno do Sol, ao longo de um ano, o Sol está em um ponto entre a Terra e a estrela de Sirius que nesta época não aparece visível no céu noturno, devido ao brilho do Sol. Em meados de julho, Sirius aparece novamente no céu noturno, logo acima do horizonte, levantando-se pouco antes que o Sol o faça no início da manhã; obviamente, logo depois de alguns instantes Sirius desaparece ofuscado pela luz brilhante do sol. Esse é o chamado nascimento helíaco ou heliacal de Sirius: o nascimento helíaco de uma determinada estrela ocorre, portanto, em um determinado dia de cada ano em que no final da noite essa estrela surge no céu alguns momentos antes do Sol (“Helios”) nascer. A partir do dia do seu nascimento heliacal, conforme os dias iam se passando, Sirius passava a nascer cada vez antes, de modo que muitos dias mais a frente, Sirius nascia no meio da noite e, mais tempo adiante, Sirius aparecia no céu noturno por pouco tempo, logo depois do anoitecer. Na latitude geográfica de Memphis, a antiga capital do Egito Antigo, situada nas proximidades da atual cidade do Cairo (JONG, 2006), devido ao brilho ofuscante do Sol, Sirius ficava aproximadamente 70 dias sem aparecer no céu noturno (PARKER, 1950), até que em um determinado dia Sirius novamente aparecia no horizonte alguns poucos instantes antes do Sol nascer: este era um novo nascimento (subida) heliacal de Sirius. A contagem dos 365 dias que transcorriam entre dois nascimentos heliacais sucessivos de Sirius foi o mecanismo que permitiu aos egípcios determinar pela primeira vez no terceiro milênio antes de Cristo, a duração aproximada do ano como sendo de 365 dias.

O aparecimento helíaco de Sirius, no Egito Antigo, caía na

época do ano em que o rio Nilo começava a subir. O início do ano novo egípcio foi então definido, de modo bastante lógico como sendo nesse dia em que ocorria a ascensão de Sirius pouco antes do Sol nascer pela manhã, o que era acompanhado, concomitantemente, pelo início da cheia do rio Nilo: este é o paradigma Nilo-Solar do calendário do Egito Antigo (BELMONTE, 2009). Obviamente a realização deste tipo de observação astronômica de fenômenos que ocorrem perto do horizonte envolve algumas dificuldades de ordem prática, tais como aquelas relativas à topografia, à extinção atmosférica (o fenômeno de redução do brilho de objetos estelares, quando os fótons provenientes deles atravessa a nossa atmosfera) e à refração da luz ao passar pela atmosfera de modo rasante: combinados, estes fatores implicavam em um certo nível de imprecisão nas medidas feitas (BELMONTE, 2006). Em particular, a variabilidade das condições atmosféricas poderia afetar consideravelmente a determinação do dia exato de nascimento heliacal de Sirius (JONG, 2006).

Hoje sabemos que a razão entre um ano e um dia não é um número inteiro: de fato, não há motivo para que o tempo de duração da órbita da Terra em torno do Sol (um ano) seja um múltiplo inteiro do tempo de duração da rotação da Terra em torno do próprio eixo (um dia). A duração do ano de modo mais preciso é de cerca de 365 dias e mais um quarto de dia (cerca de 6 horas): assim, a duração de um ano é de cerca de 365,25 dias ou $365 \frac{1}{4}$ dias. Mais exatamente, a duração de um ano é de 365,2422 dias (TARSIA, 1995), ou seja, 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 46 segundos (SIMMONS, 1999). É isso que levou à necessidade de criação do ano bissexto, um ano com 366 dias que seria colocado posteriormente a cada sequência de três anos de 365 dias: um dia a mais são 24 horas a mais, ou seja, o quádruplo de seis horas. Esta foi a solução encontrada para o problema de imprecisão associado ao fato de que anualmente as estações do ano se adiantavam cerca de seis horas, no caso do ano de 365 dias.

Devido ao fato de que o ano civil egípcio sempre durava 365 dias – ou seja, que nunca tinha 366 dias, portanto sem a inclusão do dia adicional de 29 de fevereiro, uma vez a cada quatro anos, como no calendário moderno – fazia com que, com o transcorrer dos anos, as estações “mudassem de posição”. Após quatro anos, os quatro quartos de dias (4×6 horas), que não foram considerados no ano civil, somavam um dia inteiro (24 horas): assim, quatro anos civis (que têm 1460 dias) são um dia mais curtos do que quatro anos solares (que têm 1461 dias). Portanto, a cada quatro anos civis, o ano novo egípcio (definido pelo nascimento heliacal de Sirius) retroagia e passava a cair um dia antes em relação às estações do ano. Uma taxa de movimento ou de deriva de um dia a cada quatro anos,

correspondia a uma taxa de retrocesso de 30 dias (um mês) a cada 120 anos (DESPLANCQUES, 2009) ou de 365 dias a cada 1460 anos (4×365): deste modo, após 1460 anos, o ano novo civil retornava ao mesmo ponto em relação às estações. Portanto, o ano novo voltou cerca de duas vezes a coincidir com a ascensão heliaca de Sirius no curso dos cerca de três milênios da história egípcia na Antiguidade (DEPUYDT, 2017). Esse período de 1460 anos é denominado ciclo sótico.

Como um dia tem 24 horas e uma hora tem 60 minutos, o dia tem 1440 minutos (24×60). Devido ao movimento orbital da Terra, a cada dia, o céu que se observa segundos antes do nascer do Sol é o céu que se contempla cerca de 4 minutos antes do Sol nascer no dia posterior, pois 1440 minutos dividido por 365,25 dias são cerca de 3,94 minutos por dia ou, mais aproximadamente ainda, 4 minutos por dia. As estrelas fixas do céu noturno em um determinado horário da noite vão rotacionando cerca de 4 minutos a cada dia que se passa: em graus, isto corresponde a aproximadamente 1o por dia, o que é possível perceber a partir da proximidade em termos numéricos dos fatos de que a rotação completa em termos geométricos tem 360o e de que o ano tem 365 dias: 360 e 365 são números bem próximos. Entretanto, somente após existir uma observação sistemática do céu noturno é que é possível notar essa rotação das estrelas fixas do céu noturno conforme as noites transcorrem uma após a outra.

Os 365 dias do ano egípcio foram divididos em 12 meses de 30 dias perfazendo um total de 360 dias (12×30), aos quais eram adicionados mais 5 dias de festas que ocorriam depois da colheita: esses 5 dias festivos – que foram chamados pelos gregos de epagômenos, termo que significava em grego “adicionados” (EVANS, 1998) – homenageavam o nascimento dos deuses Osíris, Seth, Horus, Isis e Néftis (BELMONTE, 2010). A duração de um mês de 30 dias estava relacionada ao tempo de aproximadamente 29,5 dias que a Lua demora para voltar à mesma fase (uma luação). O número de 12 meses no ano tinha a conveniência de ser dividido por 2, por 3, por 4 e por 6, produzindo os bimestres, trimestres, quadrimestres e semestres que são usados atualmente (CARUSO, 2002). O calendário civil egípcio tendo como base um ano com uma duração fixa de 365 dias ($=12 \times 30 + 5$) surgiu provavelmente por volta do ano 2600 a.C. (DEPUYDT, 2017).

Para os egípcios existiam três estações do ano (PETRUSKI, 2015), e não quatro estações, como é comum definirmos atualmente. Essas três estações eram marcadas pelas necessidades agrícolas (CANHÃO, 2006): a estação de Inundação (denominada Aket, iniciando-se aproximadamente em julho), a estação de Semeadura, Germinação e Crescimento (denominada Peret, iniciando-se aproximadamente em novembro) e a esta-

ção de Colheita (denominada Shemu, iniciando-se aproximadamente em março).

Como o ano civil tinha 12 meses de 30 dias, cada uma das três estações do ano era composta por 4 meses com um total de 120 dias. Os quatro meses da estação Aket de Inundação (aproximadamente entre julho e outubro) eram Toth, Paofi, Atir e Choiak; o início da estação Aket, era próximo do solstício de verão no hemisfério norte (21 de junho). Os quatro meses da estação Peret de Semeadura, Germinação e Crescimento (aproximadamente entre novembro e fevereiro) eram Tibi, Mechir, Famenot e Farmut. Finalmente, os quatro meses da estação Shemu de Colheita (aproximadamente entre março e junho) eram Pachon, Payni, Epifii e Messori (LLAGOSTERA, 2006). Os nomes dos meses citados anteriormente foram apresentados como são conhecidos em grego. Um dia no calendário civil era indicado por um número junto ao respectivo mês (IDEA, 2008).

Cada mês de 30 dias era dividido em três “décadas” – Tepi, a primeira, Her-ib, a segunda, e Pehui, a última (CANHÃO, 2006) – que eram períodos ou “semanas” de 10 dias: assim, o ano era composto de 36 décadas agrupadas em 12 meses. Associado a essas décadas, existiam 36 estrelas ou grupos de estrelas cujos nascimentos heliacais ocorriam em sucessão, aproximadamente com 10 dias de diferença e que eram usados como marcadores dos períodos de 10 dias (RUGGLES, 2005). Estes 36 decanos ou “constelações decanais” estão localizados em 36 seções (aberturas angulares) com cerca de 10o ao longo do Zodíaco, ou seja, em um cinturão (uma faixa) aproximadamente paralelo à eclíptica (NEUGEBAUER, 1975).

Nas representações astronômicas dos egípcios, o registo que diz respeito à Lua e ao seu ciclo, aparece sempre em segundo lugar, ao contrário por exemplo, do que ocorreu com a astronomia e o calendário desenvolvidos pelos povos mesopotâmicos. Assim, enquanto diversos povos da antiguidade desenvolveram calendários lunares, baseados nas fases da Lua e corrigindo artificialmente o desfasamento em relação ao ano solar, os egípcios usavam muito pouco o calendário lunar (MARQUES, 2006) que era quase que somente para a determinação de festas religiosas que tinham, portanto, datas móveis no ano civil, como, em certo sentido, ocorre hoje com o Carnaval, a Páscoa e o dia das mães. Como o tempo de uma luação (de uma Lua cheia até a Lua cheia seguinte) era muito próximo de 29,5 dias, o calendário lunar (assim como no caso dos babilônicos) tinha um total de 354 dias ($29,5 \times 12$) divididos em 12 meses: destes 12 meses, seis meses tinham 30 dias, enquanto os outros 6 meses tinham 29 dias (DESPLANCQUES, 2009).

Próximo ao final dos cerca de três milênios da civilização

Egípcia Antiga, o Egito passou a sofrer a influência da cultura greco-romana. A cultura helênica se estabeleceu no Egito com a invasão realizada por Alexandre, o Grande, em 332 a.C. Após a morte de Alexandre, se estabeleceu o reino ptolomaico do Egito, com forte influência da cultura grega; esse reino foi anexado pelo Império Romano em 30 a.C. (BOWMAN, 1996). Sob a influência cultural helênica, a partir do conhecimento de que o ano solar tinha 365,25 dias, foi decidido acrescentar definitivamente 1 dia extra a cada 4 anos, criando-se o ano bissexto, como conhecemos atualmente (LLAGOSTERA, 2006). Essa solução do ano bissexto para o fato de que o ano civil era cerca de 6 horas menor que o ano solar, foi oficialmente tomada durante a Roma republicana por Caio Júlio César (100 a.C.-44 a.C.), com a criação do denominado Calendário Juliano que passou a vigorar a partir do ano 45 a.C.: com isso o calendário romano tornou-se um calendário solar, alinhado com as estações do ano.

A contagem do tempo em anos, para a civilização do Egito Antigo, dependia então da diferença existente entre o ano civil de 365 dias e o ano sótico (ou sotíaco) de cerca de 365,25 dias, definido como sendo a duração do tempo para que a estrela Sirius retorne à mesma posição em relação ao Sol; entretanto, é importante destacar a este respeito, que a duração de um “ano estelar” medida desta forma varia ligeiramente com a precessão axial, o movimento do eixo da Terra em relação ao Sol. Apesar de os anos (calendários) civil e sotíaco terem convivido entre os egípcios, em contextos administrativos, o ano sotíaco nunca conseguiu suplantar o ano civil, até o período de influência greco-romana no Egito. A natureza prática do ano civil (com um número fixo de 365 dias) provavelmente o transformou em um sistema ideal de medição do tempo para os negócios do dia a dia, nas esferas administrativa e econômica (PORCEDDU *et al.*, 2008)

A metodologia desenvolvida a partir da astronomia para a medição do tempo pela civilização egípcia permite, hoje, estabelecer a cronologia dos acontecimentos políticos no antigo Egito (como a sequência de reinados e de dinastias), mas há uma certa imprecisão neste processo: a margem de erro para a determinação da data de um dado evento histórico, que é de cerca de 200 anos no terceiro milênio a.C., cai para aproximadamente 20 anos durante o segundo milênio a.C. e para próximo de zero em meados do primeiro milênio a.C. (KIT-CHEN, 1991).

Os conhecimentos desenvolvidos para a criação de calendários pelos egípcios, foram utilizados também durante a construção das pirâmides, como as de Gizé – as pirâmides de Quéops, Quéfren e Miquerinos – aproximadamente entre 2550 a.C. e 2470 a.C. (MURRAY, 2005), nas proximidades do Cairo,

que levaram em conta dois tipos de alinhamento, os pontos cardeais, com um alinhamento geográfico e as constelações, com um alinhamento astronômico (MARTINS; BUFFON; NEVES, 2019). O período do Antigo Império Egípcio, entre 2686 a.C. e 2181 a.C. foi denominado de Era das Pirâmides (AGGARWAL *et al.*, 2015), pois foi quando os maiores monumentos funerários da humanidade foram criados; foi nesta época também que o uso do calendário civil se disseminou (CLAGETT, 1995), tornando-se o padrão cronológico administrativo. Aliás, a cronologia de diversos eventos históricos da história do Egito Antigo é parcialmente bem estabelecida, pelo menos em termos relativos, também graças às informações astronômicas de efemérides, como o nascimento heliacal de Sirius (VAN DE MIEROOP, 2011). Entretanto, uma fonte de imprecisão nas datas obtidas deve-se ao fato de que é necessário ter conhecimento das localizações de onde foram feitas as observações astronômicas usadas (SHAW, 2000).

O transcorrer do tempo estava relacionado a algo importante na mitologia egípcia que eram as batalhas infundáveis entre os deuses Hórus (que representaria o dia) e Seth (que representaria a noite), o que retratava simbolicamente o combate eterno e cíclico das trevas contra a luz: essa aliás é uma metáfora que perpassa a História por cinco milênios, desde os deuses da civilização egípcia na antiguidade até, por exemplo, o universo da saga contemporânea de ficção científica “Star Wars” (“Guerra nas Estrelas”), passando também por símbolos usados por diversas religiões, como o cristianismo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma etapa fundamental para a realização desta investigação foi a revisão da bibliografia existente e, para isto, foram construídos critérios para a escolha das palavras-chave a serem pesquisadas. Os artigos e trabalhos utilizados na revisão bibliográfica da pesquisa foram obtidos principalmente pelo uso do site de busca *Google Scholar* (ou *Google Acadêmico*). A leitura de trabalhos de referência obtidos por este modo forneceu conhecimentos importantes para a fundamentação teórica deste estudo: este trabalho de revisão da literatura científica existente se relacionou não somente com a seleção do material escolhido, mas também com o modo de apropriação dos seus conteúdos, em seus diversos estágios, como leitura, fichamento, organização e sistematização (GIL, 2017). Particularmente, foram analisadas concepções presentes no campo do ensino de astronomia e da história da ciência que permitem pensar sobre questões que interrelacionam astronomia, história e educação, sobretudo tendo em vista as metodologias possíveis para o trabalho didático com esse eixo temático.

Deste modo, na sequência desta seção serão analisadas as possibilidades em trabalhar tópicos da História da Astronomia referentes ao Egito Antigo no contexto da educação científica, com o intuito de investigar os meios pelos quais isso possa ocorrer, sobretudo tendo como referencial a área da História da Ciência. A ideia básica é que há um grande manancial de possibilidades didáticas por trás da questão problematizadora referente à forma pela qual, na antiguidade, foi determinado que a duração de um ano era de 365 dias. Este é um problema simples e que pode ser pensado em qualquer tempo, portanto, pode se tornar uma alavanca, em termos educacionais, para articular, construir e discutir diversos conhecimentos astronômicos que precisam ser usados de modo a obter uma resposta satisfatória.

Atividades práticas de exercícios para tentar medir a passagem do tempo a partir da observação do céu noturno podem colaborar de diversos modos para a formação científica dos cidadãos. A pergunta problematizadora de caráter bastante simples sobre como é possível determinar a quantidade de dias que tem um ano – questionamento esse que os egípcios passaram a se fazer em um determinado momento histórico da sua história – pode ser feita também aos alunos em um contexto educacional: a procura por métodos que permitam responder essa questão pode colaborar significativamente com a formação científica dos envolvidos, sobretudo por ajudar a esclarecer como a ciência procura responder questões como essa.

Além disso, o estudo acerca das formas de medir o tempo pode ajudar a esclarecer a importância das observações para a estruturação de conhecimentos acerca do universo, da natureza e da sociedade em que vivemos. Métodos de calcular o tempo usados no passado têm que ser colocados sob a perspectiva dos atuais sistemas de mensuração do tempo, não somente para poder tornar a datação de alguns eventos históricos possível, mas também para poder analisar as possíveis vantagens e desvantagens de cada sistema.

O erro no contexto didático pode ser encarado como algo positivo, normal e útil, até porque é, de fato, parte integrante de todo trabalho intelectual e de pesquisa (BACHELARD, 1996). Os erros têm uma função constitutiva importante para a ciência, porque as verdades são sempre provisórias: mas esses erros precisam ser distinguidos de afirmações gratuitas, inconsequentes e que não exigiram esforço de pensamento. Em termos educacionais, é importante que os alunos compreendam como é lento, penoso, sinuoso e contraditório o processo de produção e evolução das ideias científicas, inclusive a partir dos entrelaçamentos de atividades de domínios bastantes distintos da ciência, na forma em que é concebida atualmente, como as artes, a religião, a magia e a astrologia (PONCZEK, 2002), para tentar entender e controlar o mundo.

O sacerdote no Egito Antigo era uma mistura de mago, religioso, astrônomo e matemático que fazia a sua própria síntese dos conhecimentos aos quais tinha acesso, de modo a tentar compreender o mundo no contexto em que vivia: essa mistura de saberes fazia todo o sentido naquele momento específico da história humana. Assim como a magia era aprendida no Egito Antigo com o objetivo de tentar preservar a ordem do mundo, hoje a matemática e a ciência em geral estão bastante estruturadas na busca por padrões que conferem uma ordem racional aos fenômenos naturais que observamos e experimentamos (JACQ, 2001).

Aquilo que é considerado como sendo um fato científico não depende apenas do mundo natural em um dado momento histórico, mas também de onde, quando e por quem é feita a pesquisa, portanto depende das histórias das civilizações que desenvolveram aqueles conhecimentos e que fizeram aquelas perguntas – e não outras – que foram propulsoras de desenvolvimentos fundamentais no âmbito da ciência (FARA, 2014). No caso dos antigos egípcios, o pensamento deles tinha como base a acumulação de exemplos concretos, não em teorias gerais (CARDOSO, 1982): a abstração, inclusive na matemática, na forma como a conhecemos hoje, surgiu posteriormente, na Grécia Antiga, a partir de meados do século V a.C.

A ciência é uma forma de compreender a natureza e de descobrir coisas sobre o mundo e sobre tudo o que faz parte dele – inclusive sobre nós mesmos – de modo a tentar responder perguntas feitas sobre o que as pessoas veem ao seu redor. Ao longo do tempo, as respostas para estas perguntas sofreram muitas mudanças, assim como as próprias perguntas, o que evidencia o caráter dinâmico e histórico da ciência que se desenvolve sobre ideias que são transmitidas, mas também reformuladas de uma geração para a próxima. A curiosidade e a imaginação, por um lado, juntamente com as necessidades materiais dos seres humanos, são os motores da ciência (BYNUM, 2017).

A História da Astronomia desenvolvida no Egito Antigo pode ser usada no Ensino para atender diversos propósitos: atenuar a compartimentalização do conhecimento científico em disciplinas, na estrutura curricular; apresentar a ciência e sua história como parte integrante do patrimônio cultural da humanidade; evidenciar que a ciência não é algo definitivo e irrevogável, mas sim objeto de constante revisão; exemplificar sobre como o pensamento científico se modifica com o tempo; esclarecer que concepções filosóficas, religiosas, culturais e éticas influenciam o trabalho científico desde a antiguidade; mostrar como a disputa pela hegemonia do conhecimento muitas vezes transcende os aspectos estritamente internos da ciência; revelar como podem ser complexos e sutis os meca-

nismos de aceitação de novos conhecimentos; ressaltar que o empreendimento científico é uma construção coletiva e não-linear (PEDUZZI, 2011). Ela pode também promover a alfabetização cultural dos cidadãos (BASTOS, 1998), pois existe um valor intrínseco em se compreender episódios que foram fundamentais na história do pensamento humano.

A história da astronomia vai muito além de ser um gênero de história da ciência, pois pelo fato de ser um reflexo das percepções e das ideias desenvolvidas pela humanidade ao longo da História, ela permite compreender melhor as diferentes culturas da humanidade, inclusive a própria cultura ocidental contemporânea (COUPER; HENBEST, 2009). O céu noturno foi no passado uma espécie de teto em forma de cúpula para os seres humanos (BLAINEY, 2015), em especial obviamente para os povos nômades, mas também para as civilizações baseadas na agricultura, como foi o caso do Egito Antigo. Neste teto, as estrelas e constelações representavam figuras importantes para cada cultura em específico, revelando, em certo sentido, as suas preocupações e aspirações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os egípcios foram os primeiros a estabelecer um calendário civil tendo como base movimentos de astros em relação ao Sol. Posteriormente, este calendário serviu de base para os calendários juliano e gregoriano, este último usado contemporaneamente (MENA, 2009). Eles relacionaram o início das cheias do rio Nilo com o dia do ano em que a estrela Sirius aparecia no céu, pouco antes do Sol nascer, o denominado nascimento helíaco de Sirius. Do mesmo modo, também na área da educação, a observação atenta e metódica dos astros do céu noturno pode envolver atividades práticas que colaboram com a formação científica dos envolvidos.

Tanto a astronomia, quanto a história da civilização egípcia são duas áreas do conhecimento que estimulam o interesse de um número considerável de pessoas do público em geral e de alunos da educação básica em particular. Portanto, este interesse genuíno e duplo pode ser usado para trabalhar didaticamente com conceitos científicos importantes, de modo que os envolvidos adquiram uma maior clareza de como a ciência produz novos conhecimentos, sobretudo aqueles relacionados às necessidades materiais de um certo período histórico.

A astronomia desenvolvida durante o Egito Antigo, há cerca de cinco milênios serviu como base para desenvolvimentos posteriores dessa disciplina em diversos aspectos. Os egípcios desenvolveram suas pesquisas astronômicas com maestria, usando um instrumento de observação disponível fartamente, os “olhos” humanos, associados a metodologias que eles mes-

mo estruturaram para tentar de algum modo compreender o cosmos de acordo com a visão de mundo prevalecente na época. Atualmente temos equipamentos como telescópios e observatórios para o desenvolvimento da astronomia, da astrofísica e da cosmologia e, de modo análogo, também precisamos de metodologias para fundamentar e dar sentido às observações que fazemos. Assim, é importante notar, inclusive nas situações de aprendizagem de tópicos científicos, que os dados empíricos nunca acontecem sobre uma “página em branco”, desprovida de pressupostos teóricos.

Essa pesquisa possibilitou compreender, no contexto educacional, a importância da utilização de questões problematizadoras acerca das técnicas de mensuração do tempo usadas pelos antigos egípcios, que podem alavancar com sucesso o processo de aprendizagem acerca de conceitos científicos e sobre os métodos usados pela ciência para resolver problemas. Um exemplo neste sentido é a pergunta: Como é possível determinar a duração em dias de um ano?

A realização deste trabalho também revelou a importância da realização de mais pesquisas acerca de temas da História da Astronomia que permitem destacar o caráter coletivo do fazer científico e valorizar culturas que existiram no passado e que tiveram grande importância para o desenvolvimento da astronomia atual, além de enfatizar a importância de entender a história da astronomia na perspectiva de cada civilização do passado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP pelo fomento dado para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, Yash P. et al. **Ancient Astronomy**: India, Egypt, China, Maya, Inca, Aztec, Greece, Rome, Genesis, Hebrews, Christians, the Neolithic and Paleolithic. Cosmology Science Publishers, 2015.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BASTOS, Fernando. **História da ciência e ensino de biologia**. 1998. 212 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1998.

BELMONTE, Juan Antonio. Astronomy on the Horizon – A Tool for ancient Egyptian Chronology? In: HORNUNG, Erik; KRAUSS, Rolf; WARBURTON, David A. **Ancient Egyptian Chronology**. Leiden. Netherlands: Brill, 2006.

BELMONTE, Juan Antonio. The Egyptian Civil Calendar: a Masterpiece to Organize the Cosmos. **Cosmology Across Cultures**, ASP Conference Series, v. 409, p. 116-127, 2009.

BELMONTE, Juan Antonio. Chapter 4 – The Egyptian Calendar: Keeping Maat on Earth. In: BELMONTE, Juan Antonio; SHALTOUT, Mosalam. **In Search of Cosmic Order: Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy**. Cairo: American University in Cairo Press, 2010.

BLAINEY, Geoffrey. **Uma breve história do mundo**. Curitiba: Editora Fundamento, 2015.

BOWMAN, Alan K. **Egypt after the Pharaohs, 332 BC-AD 642: from Alexander to the Arab conquest**. Berkeley, U.S.A.: University of California Press, 1996.

BROWN, Cynthia Stokes. **A Grande História: Do Big Bang aos dias de hoje**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

BUFFON, Alessandra Daniela; NEVES, Marcos César Danhoni; PEREIRA, Ricardo Francisco. O ensino da Astronomia nos anos finais do ensino fundamental: uma abordagem fenomenológica. **Ciência & Educação**, v. 28, e22006, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-731320220006>>. Acesso em: 31 out. 2022.

BYNUM, William. **Uma breve História da Ciência**. Porto Alegre: L&PM, 2017.

CANHÃO, Telo Ferreira. O calendário egípcio: Origem, estrutura e sobrevivências. **Cultura – Revista de História e Teoria das Ideias**, v. 36, p. 39-61, 2006. Disponível em: <https://journals.openedition.org/cultura/1296>. Acesso em: 27 dez. 2021.

CARDOSO, Ciro Flamarion S. **O Egito Antigo** – Coleção Tudo é História. São Paulo: Editora Brasiliense, 1982.

CARUSO, Januário. O calendário - algumas curiosidades. **Sinergia**, v. 3, p. 56-63, 2002.

CASAS, Renato Las. **Calendários**. 2006. Disponível em: <<http://xingu.fisica.ufmg.br:8087/oap/public/pas39.htm>>. Acesso em: 27

dez. 2021.

CHRISTIAN, David. **Origens: Uma grande história de tudo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

CIRILO, Luciana Bruneli. **Explorando a construção de calendários no ensino fundamental e médio**. 2017. 186 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da UNESP, São José do Rio Preto, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/149904/cirilo_lb_me_sjrp.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 27 dez. 2021.

CLAGETT, Marshall. **Ancient Egyptian Science** – Volume Two: Calendars, Clocks and Astronomy. Philadelphia, U.S. A.: American Philosophical Society, 1995.

COUPER, Heather; HENBEST, Niegel. **A história da astronomia**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

DEPUYDT, Leo. The Calendars and the Year-counts of Ancient Egypt. **Chronique d'Égypte**, XCII, fasc. 184, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326372357_The_Calendars_and_the_Year-counts_of_Ancient_Egypt>. Acesso em: 26 dez. 2021.

DESPLANCQUES, Sophie. **Egito Antigo**. Porto Alegre: L&PM, 2009.

DOBERSTEIN, Arnaldo Walter. **O Egito antigo**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2010.

EFF-DARWICH, Antonio et al. Classical Astronomy as an educational resource in a Faculty of Education. **Proceedings IAU Symposium**, n. 367, p. 411-412, 2020. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-international-astronomical-union/article/classical-astronomy-as-an-educational-resource-in-a-faculty-of-education/BD2E5F4A28CB3BE1F3ED428FC4EA9535>>. Acesso em: 31 out. 2022.

EVANS, James. **The History and Practice of Ancient Astronomy**. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1998.

FARA, Patricia. **Uma breve história da ciência**. São Paulo: Fundamento, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

- HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. Porto Alegre: L&P`M, 2015.
- HOWELL, Elizabeth. **Sirius: Brightest Star in Earth's Night Sky**. 2018. Disponível em: <<https://www.space.com/21702-sirius-brightest-star.html>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- IDEA – Institute for Dynamic Educational Advancement. **Other Ancient Calendars**. 2008. Disponível em: <<http://www.webexhibits.org/calendars/calendar-ancient.html>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- JACQ, Christian. **O mundo mágico do Egito Antigo**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- JOHNSON, Paul. **Egito Antigo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2010.
- JONG, Teije de. The Heliacal Rising of Sirius. In: HORNUNG, Erik; KRAUSS, Rolf; WARBURTON, David A. **Ancient Egyptian Chronology**. Leiden. Netherlands: Brill, 2006.
- KITCHEN, K. A. The chronology of ancient Egypt. **World Archaeology**, v. 23, n. 2, p. 201-208, 1991. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00438243.1991.9980172>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- LEEK, F. Filce. Teeth and Bread in Ancient Egypt. **The Journal of Egyptian Archaeology**, v. 58, n. 1, p. 126-132, 1972. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/030751337205800109>>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- LANKFORD, John. **History of Astronomy: An Encyclopedia**. New York, U.S.A.: Routledge, 1997.
- LLAGOSTERA, Esteban. La medición del tiempo en la Antigüedad: el calendario egipcio y sus "herederos", el Juliano y el Gregoriano. **Espacio, tiempo y forma**, Serie II, Historia antigua, v. 19-20, p. 61-76., 2006-2007. Disponível em: <<http://revistas.uned.es/index.php/ETFII/article/view/4445/4284>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- LULL, José. En torno a la figura del sacerdote-astrónomo egipcio. **Boletín de la Asociación Española de Egiptología**, v. 14, p. 63-78, 2004. Disponível em: <<https://www.aedeweb.com/assets/4-EN-TORNO-A-LA-FIGURA-DEL-SACERDOTE-ASTR%C3%93NOMO-EGIPCIO.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- LULL, José. Una aproximación a la astronomía del antiguo Egipto desde diversas perspectivas. **Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid**, n. 1, p. 389-418, 2016. Disponível em: <<http://astronomia.ign.es/rknowsys-theme/images/webAstro/paginas/documentos/Anuario/AproximacionAstronomiaAntiguoEgipto.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- MARQUES, Manuel Nunes. **Origem e evolução do nosso calendário**. 2006. Disponível em: <<http://rotasul.net/folhinha/calendarios/marques.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- MARTINS, Milene Rodrigues; BUFFON, Alessandra Daniela; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. A astronomia na antiguidade: um olhar sobre as contribuições chinesas, mesopotâmicas, egípcias e gregas. **Revista Valore**, v. 4, n. 1, p. 810-823, 2019. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/197>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- MARX, Karl. **O Capital**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1970.
- MENA, Ligia Carvajal. Aspectos históricos, filosóficos y astronómicos de la cultura egipcia. **Revista Estudios**, n. 22, p. 255-266, 2009. Disponível em: <<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/estudios/article/view/24264>>. Acesso em: 26 dez. 2021.
- MOORE-EDE, Martin C.; SULZMAN, Frank M.; FULLER, Charles A. **The Clocks That Time Us: Physiology of the Circadian Timing System**. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: Harvard University Press, 1984.
- MURRAY, Mary Anne. Feeding the Town: New Evidence from the Complex of the Giza Pyramid Builders. **Bulletin of the General Anthropology Division**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2005.
- NEUGEBAUER, O. **A History of Ancient Mathematical Astronomy**. New York, U.S.A.: Springer-Verlag, 1975.
- PARKER, Richard A. **The Calendars of Ancient Egypt**. Chicago, U.S.A.: The University of Chicago Press, 1950. Disponível em: <<https://oi.uchicago.edu/sites/oi.uchicago.edu/files/uploads/shared/docs/saoc26.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- PEDUZZI, Luiz O. Q. **Evolução dos Conceitos da Física**. Florianópolis: UFSC, 2011.

PETRUSKI, Maura Regina. Para além das pirâmides e das múmias: a festa de Bubástis no Egito antigo. **NEARCO – Revista Eletrônica de Antiguidade**, Ano VIII, Número II, p. 141-158, 20215. Disponível em: <<http://www.neauerj.com/Nearco/arquivos/numero16/8.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

PONCZEK, Roberto Leon. Capítulo I – Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, José Fernando et al. **Origens e evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

PORCEDDU, Sebastian et al. Evidence of Periodicity in Ancient Egyptian Calendars of Lucky and Unlucky Days. **Cambridge Archaeological Journal**, v. 18, n. 3, p. 327–39, 2008. Disponível em: <<https://www.mv.helsinki.fi/home/jetsu/papers/egypt1.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

ROSMORDUC, Jean. **De Tales a Einstein**. Lisboa: Editorial Caminho, 1983.

ROONEY, Anne. **A História da Astronomia**. São Paulo: M.Books, 2018.

RUGGLES, Clive. **Ancient Astronomy: an encyclopedia of cosmologies and myth**. Santa Barbara, U.S.A.: ABC-CLIO, 2005.

SAID, Rushdi. **The River Nile: Geology, Hydrology and Utilization**. Oxford, U.K.: Pergamon Press, 1995.

SHAW, Ian. **The Oxford History of Ancient Egypt**. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 2000.

SIMMONS, Lorna. **Ancient Time Keepers**. 1999. Disponível em: <<http://websites.umich.edu/~lowbrows/reflections/1999/l Simmons.2.html>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

TARSIA, Rodrigo Días. O calendário Gregoriano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 17, n. 1, p. 50-54, 1995. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a06>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

TERESI, Dick. **Descobertas perdidas: As raízes antigas da ciência moderna, dos babilônios aos maias**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

VAN DE MIEROOP, Marc. **A History of Ancient Egypt**. Singapore: Wiley-Blackwell, 2011.

VAN DOREN, Charles. **Uma breve história do conhecimento**. Rio de Janeiro: cada da palavra, 1991.

VERDET, Jean-Pierre. **Uma história da astronomia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1991.