
Data da páscoa e ano bissexto: A astronomia na história dos calendários

Rubens Machado • IAG/USP

Fevereiro 2014

A páscoa é uma das chamadas “festas móveis” do cristianismo. Ou seja, sua data não é a mesma todo ano. Por causa da história dos calendários, a determinação da data da páscoa envolve eventos astronômicos: fases da lua e estações do ano. A definição da data da páscoa foi estabelecida no Concílio de Nicéia (século IV d.C.) e pode ser enunciada da seguinte forma:

O domingo de páscoa é o primeiro domingo depois da primeira lua cheia depois do equinócio de primavera do hemisfério norte.

Vejam os que isso significa passo a passo: vamos recapitular o que são os ciclos de estações do ano e de fases da lua, e entender qual a relação destes fenômenos astronômicos com as tradições religiosas que influenciaram o desenvolvimento dos calendários.

1 Estações do ano

Os inícios das estações do ano são marcados pelos dois equinócios (de primavera e de outono) e pelos dois solstícios (de verão e de inverno). No hemisfério norte, as datas aproximadas costumam ser:

equinócio de primavera	21/março
solstício de verão	21/junho
equinócio de outono	23/setembro
solstício de inverno	21/dezembro

Para obter as datas do hemisfério sul, basta inverter primavera por outono, e verão por inverno.

Uma das maneiras de compreender estas quatro datas especiais é considerar a altura do sol ao meio-dia (ou seja, o ângulo entre o horizonte e o sol). No solstício de verão, a altura do sol é máxima; no solstício de inverno, é mínima. Nos equinócios, a altura do sol tem o valor intermediário. Observadores em diferentes pontos da superfície da Terra medirão ângulos diferentes, que dependem da sua latitude. Mas as quatro datas especiais são as mesmas.

Além disso, a duração do dia claro varia ao longo do ano. A noite mais longa é o solstício de inverno; a noite mais curta é o solstício de verão. Os equinócios são os únicos dois dias em que a noite e o dia claro têm durações iguais.

Note que estes quatro eventos são ocorrências naturais. Isto é, não são invenções humanas. Eles decorrem da configuração geométrica entre a Terra e o sol. Especificamente, da inclinação do eixo de rotação da Terra com relação ao plano da sua órbita.

2 Fases da lua

No nosso calendário (Gregoriano), as fases da lua não têm sincronia com os dias do mês nem com os meses do ano. Ou seja, a cada ano, as fases da lua ocorrem em datas diferentes. Também não há regularidade mês a mês.

Um ciclo completo das fases da lua chama-se uma *lunação*. É o tempo, por exemplo, entre uma lua cheia e a próxima lua cheia. Quanto tempo dura uma lunação? Quatro semanas? Cerca de um mês?

O tempo que a lua leva para executar uma volta completa ao redor da Terra é de aproximadamente 27 dias, 7 horas e 43 minutos. Este período se chama *mês sideral*, porque é o tempo que a lua leva para retornar a uma mesma posição na esfera celeste (com relação às “estrelas fixas”, ou estrelas muito distantes).

No entanto, este intervalo não corresponde a uma lunação completa. Por quê? Porque enquanto a lua gira ao redor da Terra, esta por sua vez avança um pouco ao longo da sua órbita anual ao redor do sol. Então a lua demora um pouco mais para alcançá-la. A lunação dura de fato 29 dias, 12 horas e 44 minutos, e este período também se chama *mês sinódico*. A lunação mede a periodicidade na repetição dos padrões de iluminação da lua, vistos da Terra. Por isso é natural que o período da lunação dependa da configuração relativa entre os três corpos: sol, Terra e lua. Como consequência da sua órbita elíptica, a Terra tem velocidade orbital variável ao longo do ano, sendo mais veloz no periélio e mais lenta no afélio. Por isso, o mês sinódico citado corresponde a um valor médio. (Aliás, é por causa da inconstante velocidade orbital da Terra que as quatro estações têm durações levemente diferentes).

O ano configura a repetição periódica das posições aparentes do sol e, portanto, das estações. A lua alterna suas fases recorrentemente. Ambos estes ciclos foram úteis na marcação do tempo desde épocas remotas, pelo seu caráter repetitivo. Ocorre que é difícil conceber um

calendário que consiga conciliar essas duas regularidades. A dificuldade decorre da incomensurabilidade entre os períodos destes dois fenômenos. Em outras palavras: em um ano não cabe um número inteiro de lunações. Em 365 dias caberiam 12 lunações, mas ainda sobram uns 11 dias.

O nosso calendário é um calendário solar e opta por priorizar a sincronia das datas com as estações do ano. Como resultado, as fases da lua caem em datas variáveis. Alternativamente, nos calendários lunares as datas estão atreladas às fases da lua. Em tais calendários, por outro lado, resulta que os inícios das estações do ano não se mantêm nas mesmas datas. Um exemplo de calendário lunar atualmente em vigor é o calendário islâmico, que tem 12 meses lunares somando 354 ou 355 dias. Já o calendário judaico é luni-solar, e é ele que está na origem histórica da definição da data da páscoa.

3 Quaresma

Esta dissincronia entre a lua e o calendário Gregoriano é o elemento que introduz a inconstância anual na data da páscoa. A cada ano transcorre um certo número de dias entre o equinócio e a primeira lua cheia. Este número pode ser no mínimo zero e no máximo 29 dias. Sabendo quando ocorre a primeira lua cheia depois do equinócio, basta aguardar o primeiro domingo, que será o domingo de páscoa.

Uma vez determinada a data do domingo de páscoa, conta-se 40 dias para trás (excetuando os domingos) e chega-se numa quarta-feira, que é a quarta-feira de cinzas. Este dia é o fim do carnaval e marca o início da *quaresma*. No catolicismo romano atual, a quaresma vai da quarta-feira de cinzas até a quinta-feira que antecede a páscoa. Por exemplo, em 2014 e em 2015, temos:

	2014	2015
equinócio	20/mar	20/mar
primeira lua cheia	15/abr	04/abr
domingo de páscoa	20/abr	05/abr
quarta-feira de cinzas	05/mar	18/fev

Quais são as datas extremas em que pode cair o domingo de páscoa? Se o equinócio é em 21/março (veja Seção 4.3), a primeira lua cheia pode ocorrer entre 21/março e 19/abril. Então a data mínima da páscoa é 22/março e a data máxima é 25/abril.

4 História

E de onde veio esta definição complicada? Note que a definição da data da páscoa – ao contrário dos movimentos naturais dos astros – é uma invenção humana. Ou seja, esta definição é uma convenção arbitrária, que resulta de decisões políticas e de tradições ancestrais. Apesar de a definição envolver fenômenos naturais, ela não decorre deles. Ou seja, qualquer outra definição seria igualmente válida.

4.1 Pessach

No judaísmo existe uma festa anual chamada Pessach, que é tradicionalmente celebrada no “14º dia do primeiro mês”. Por construção, os meses do calendário judaico começam sempre em luas novas, de modo que o 14º dia de qualquer mês é necessariamente uma lua cheia. O primeiro mês se chama Nisan e o ano deste calendário começava na época da primavera. Na tradição cristã, a narrativa sobre a morte de Jesus se passa na semana do Pessach. Por esta razão, desde os primeiros séculos do cristianismo, a data da páscoa acabou sendo associada à data do Pessach.

Por volta do século II, algumas dioceses cristãs (como Éfeso e Esmirna, na região da Anatólia, e outras na Síria) adotavam a prática de celebrar a páscoa exatamente no dia 14 Nisan, independentemente de que dia da semana fosse. Já outras (como Alexandria, Roma e Corinto) celebravam-na no domingo seguinte a esta data. Em ambos os casos, era necessário consultar a comunidade judaica para se informar sobre seu calendário. Por incrível que pareça, este detalhe gerou uma grave discordância entre os líderes religiosos daquelas comunidades cristãs, envolvendo inclusive ameaças de excomunhão, e a controvérsia não foi completamente resolvida pelos sínodos em que foi debatida. Além disso, por volta do século III, astrônomos deram-se conta de que ocasionalmente a data de 14 Nisan acontecia *antes* do equinócio, e não depois, como deveria ser. Portanto, a controvérsia envolvia por um lado considerações sobre a antigüidade da tradição e sobre o significado do domingo, e por outro lado a preocupação com o cálculo astronomicamente incorreto das datas. O entendimento era de que se a páscoa não estava sendo celebrada sempre na mesma época do ano (às vezes antes e às vezes depois do equinócio), então algo devia estar errado. Além disso, convém lembrar que historicamente existe a tradição de restrições alimentares praticadas pelos cristãos durante a quaresma. Este é um dos motivos pelos quais era de seu interesse saber se estariam jejuando na época ‘correta’.

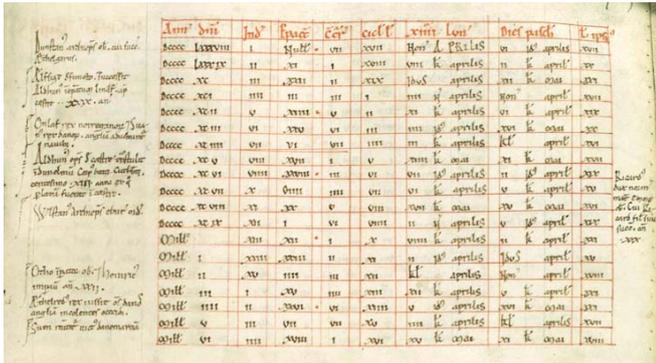
4.2 Concílio de Nicéia

No século IV, os cristãos decidiram desvincular a data da páscoa do calendário judaico. Esta decisão foi tomada no Concílio de Nicéia, o primeiro concílio ecumênico, realizado no ano 325. Numa época em que a noção de papado ainda não estava bem estabelecida, o concílio foi convocado pelo imperador romano Constantino. Ele reuniu cerca de 300 bispos na cidade de Nicéia, localizada a 70 km de Constantinopla. Nesta assembléia, os bispos debateram as controvérsias teológicas e políticas da época e tomaram decisões sobre tópicos centrais da doutrina e sobre detalhes da liturgia. Uma das decisões foi justamente a definição da data da páscoa. O concílio decidiu que todas as igrejas cristãs deveriam celebrar a páscoa na mesma data, num *domingo* a ser determinado independentemente do calendário judaico. Entretanto, do ponto de vista prático, os bispos não forneceram um método quantitativo para o cálculo exato dos instantes da lua cheia e do equinócio.

4.3 Computus

Desde antes do Concílio de Nicéia, já havia tabelas calculadas em Alexandria, em que se tentava determinar as seqüências periódicas de datas das luas cheias para fins pascais. Aliás, a Alexandria desta época era uma referência importante na vertente mais matemática da astronomia. Os princípios dos cálculos lá concebidos acabaram se tornando normativos para os desenvolvimentos subsequentes no calendário.

Durante os vários séculos que se seguiram, inúmeros esforços foram feitos no sentido de estabelecer técnicas precisas para calcular a data da páscoa. Este empreendimento como um todo é geralmente chamado de *computus* – da expressão latina *computus paschalis* – e está intimamente ligado ao desenvolvimento do nosso calendário.



Exemplo de *computus*: no século VIII, o monge inglês Beda empregou métodos introduzidos por Dionísio Exíguo no cálculo de tabelas pascais. (*Bede's 19 Year Cycles*, University of Glasgow)

Para tentar conciliar as regularidades da lua e do ano, astrônomos dedicaram séculos a este problema, criando extensas tabelas e desenvolvendo algoritmos altamente convoluídos na tentativa de expressar a recorrência das datas em termos de números inteiros. Podemos ter uma vaga noção das complicações envolvidas se considerarmos, por exemplo, a questão do Ciclo Metônico (que deve este nome a um astrônomo da Grécia antiga) e que dura cerca de 19 anos. Ocorre que dentro de 19 anos, cabe um número (quase) inteiro de lunações, mas sobram uns 7 dias. Então seria necessário intercalar um 13º mês extra no ano, desde que isso fosse feito 7 vezes a cada 19 anos. Isso dá uma idéia das complicações envolvidas.

Acabou sendo convencionado que – para fins do *computus* – o que se entende por ‘data do equinócio’ seria sempre 21/março, *por definição*, independentemente de observações astronômicas. Da mesma forma, definiu-se o conceito de *lua cheia paschal* (ou lua cheia eclesiástica), que é fixada 14 dias depois do início de um mês lunar que deve ser consultado em tabelas previamente calculadas. O equinócio astronômico pode cair em 20/março, e pode acontecer que a lua cheia astronômica discorde um pouco da lua cheia eclesiástica. Mas na prática, a data resultante quase sempre coincide.

† Mais rigorosamente, há diferentes definições para a duração do ano. Uma delas é o *ano sideral*, que é o tempo que a Terra leva para orbitar o sol, com relação às “estrelas fixas” da esfera celeste. Mas mais relevante para fins de calendário é o *ano trópico*, que é o período de repetição das estações do ano. O ano trópico é cerca de 20 minutos mais curto que o ano sideral, por causa de um fenômeno chamado de precessão dos equinócios. O eixo de rotação da Terra tem uma orientação quase fixa no espaço, mas na realidade ele oscila lentamente com período de cerca de 26000 anos. Este efeito é muito pequeno, mas é mensurável e já era conhecido pelos gregos antigos.

5 Ano bissexto

O calendário que vinha sendo empregado até então era o calendário Juliano, que tinha sido introduzido pelos romanos na época de Júlio César (século I a.C.). Este calendário era razoavelmente adequado, pois já trazia o conceito de ano bissexto, embora insuficientemente implementado.

Por que o ano bissexto é necessário? Porque a duração do dia e a duração do ano† são incomensuráveis. Em outras palavras: em um ano não cabe um número inteiro de dias. A idéia básica é simple: o tempo que a Terra leva para completar uma órbita ao redor do sol é de aproximadamente 365 dias e 6 horas, um número que pode ser expresso como:

$$365,25 = 365 + \frac{1}{4}$$

Portanto, se adotamos anos de 365 dias, estamos ignorando 6 horas por ano. Ao cabo de 4 anos teremos ignorado 24 horas, ou seja, um dia inteiro. Se não existisse o ano bissexto, as estações do ano ficariam defasadas com relação às datas. Por exemplo, o equinócio iria gradualmente se afastar de 21/março, e depois de um século já teríamos 25 dias de diferença.

Para evitar que isso aconteça, uma vez a cada 4 anos é introduzido um dia extra – o 29/fevereiro – e o ano fica com 366 dias. É claro que esta data específica não tem significado algum; o dia adicional poderia bem ser o ‘32/janeiro’ ou o dia ‘zero de abril’, não importa. De fato, os romanos contavam o dia 24/fevereiro duas vezes.

Mas esta ainda não é a história completa. Na realidade, o ano é levemente mais curto do que 365 dias e 6 horas. Ou seja, ao empregar a regra de 1 ano bissexto a cada 4 anos, estamos aplicando uma correção excessiva. Um valor um pouco melhor para a duração do ano é de cerca de 365 dias, 5 horas, 49 minutos e 19 segundos, que pode ser expresso como 365,2425 dias, ou ainda, escrito na forma de uma soma de frações:

$$365,2425 = 365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{100} + \frac{1}{400}$$

Assim, fica claro ver porque devemos: somar 1 dia a cada 4 anos; subtrair 1 dia a cada 100 anos; somar 1 dia a cada 400 anos. De fato, esta vem a ser justamente a regra exata que foi introduzida pelo calendário Gregoriano e que utilizamos atualmente.

Em outras palavras, os anos bissextos serão os anos múltiplos de 4 (por isso são bissextos por exemplo os anos 2004, 2008, 2012, 2016, ...). Entretanto, os anos que são também múltiplos de 100 deixam de ser bissextos (por isso *não são* bissextos os anos 1700, 1800, 1900, 2100, ...). Mas atenção: voltam a ser bissextos os anos que sejam também múltiplos de 400 (por isso são bissextos os anos 1600, 2000, 2400, ...).

6 Calendário Gregoriano

O calendário Juliano empregava somente a regra dos 4 anos, que, embora seja uma primeira aproximação razoável, começa a falhar dentro de alguns séculos. Por não levar em consideração as correções de ordem superior ($-1/100$ e $+1/400$ dias na duração do ano), ao longo dos séculos este calendário começou a ficar notavelmente defasado com relação às estações do ano.

De fato, como o erro é da ordem de quase 1 dia por século (na verdade um pouco menos), e mais de 12 séculos já tinham se passado desde o Concílio de Nicéia, resulta que no fim do século XVI, o equinócio estava ocorrendo em 11/março. Em 1563 o Concílio de Trento aprovou um plano para, nos anos seguintes, reformar o calendário de uma vez por todas. Uma das medidas implementadas na reforma Gregoriana foi deslocar imediatamente o calendário inteiro 10 dias para frente, para restaurar as datas corretas dos equinócios. Além disso, as regras adicionais do ano bissexto garantiriam a sincronia futura. Finalmente, com a definição eclesiástica da lua cheia pascal e com a fixação do equinócio em 21/março, solucionou-se definitivamente a questão do cálculo da data da páscoa.

A reforma foi promulgada pelo papa Gregório XIII em 1582 através de uma bula papal conhecida como *Inter gravissimas* e afetou, em princípio, o mundo católico romano. Já as igrejas cristãs ortodoxas seguiram utilizando o calendário Juliano, pois elas não reconhecem a primazia do bispo de Roma. Entretanto, estas igrejas cristãs do oriente aceitam a autoridade do Concílio de Nicéia, e continuam calculando a data da páscoa no contexto do calendário Juliano. O resultado é que com a atual defasagem de 13 dias entre os dois calendários, a ‘páscoa ortodoxa’ pode coincidir com a páscoa romana ou pode diferir por algumas semanas. As igrejas que seguem o rito bizantino têm também outras regras para a contagem de dias da quaresma. Gradualmente, os países protestantes da Europa acabaram adotando o novo calendário.

7 Futuro

O valor citado da duração do ano trópico justifica as regras do calendário Gregoriano. No entanto, sabemos que o valor atual mais acurado é de cerca de 365,2422 dias, o que significa que ainda teremos que lidar com um erro da ordem de 1 dia a cada 3300 anos. Esta pequena inacurácia ainda não teve tempo de se manifestar notavelmente nos últimos séculos. Além disso, por razões físicas, o ano trópico não é estritamente constante, e diminui uma fração de segundo por século. A própria rotação da Terra não é exatamente constante, e diminui alguns mili-segundos por século.

Referências

Boczko, R., 1984, *Conceitos de Astronomia*, Ed. Edgar Blücher
Lima Neto, G. B., 2011, *Astronomia de Posição*
Pannekoek, A., 1961, *A History of Astronomy*, Dover Publications
Phillip, A., 1921, *The Calendar: its history, structure and improvement*, Cambridge University Press