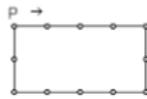


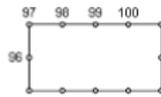
Fenômenos periódicos

Nos próximos exercícios ilustramos como o resto de uma divisão pode ser utilizado na resolução de problemas que envolvem fenômenos periódicos.

Exercício 1: Pedro caminha ao redor de uma praça retangular onde estão dispostas 12 árvores, brincando de tocar cada árvore durante seu passeio. Se no início ele toca a árvore indicada na figura, e se ele anda no sentido da seta, indique que árvore ele estará tocando ao encostar em uma árvore pela centésima vez.



Solução. Na figura, próximo de cada árvore escreva os números 1, 2, 3, ..., correspondentes aos números de árvores tocadas por Pedro (a árvore indicada pela letra P recebe o número 1, a próxima o número 2, e assim por diante). Como existem 12 árvores na praça, na árvore indicada pela letra P estarão escritos os números 1, 13, 25, ... que são todos os números que deixam resto 1 quando divididos por 12. Dividindo 100 por 12, obtemos quociente 8 e resto 4, isto é, $100 = 8 \times 12 + 4$. Daí vemos que na centésima vez, Pedro estará tocando a árvore que está 3 posições à frente daquela indicada pela letra P.



Exercício 2: Considere a seguinte sequência de números:

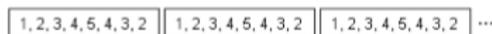
1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1, 2, 3, 4, 5...

formada alternadamente pelos algarismos (1, 2, 3, 4, 5) e pelos algarismos (5, 4, 3, 2, 1). Qual algarismo aparece na posição 2015 nesta sequência?

Solução. Na sequência dada é importante observar que o bloco de algarismos

1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2

fica se repetindo indefinidamente, como está ilustrado na figura a seguir:



Dividindo 2015 por 8 (que é a quantidade de algarismos do bloco que fica se repetindo), obtemos $2015 = 251 \times 8 + 7$. Daí, para se chegar até o algarismo da posição 2015, deve-se escrever 251 blocos de oito algarismos cada, e depois mais sete algarismos. Portanto o número que está na posição 2015 é o número da sétima posição dentro do bloco, ou seja, o número 3.

Exercício 3: Qual é o algarismo da unidade de 2^{2015} ?

Solução. Calculando as primeiras potências de 2 obtemos: $2^1 = 2$, $2^2 = 4$, $2^3 = 8$, $2^4 = 16$, $2^5 = 32$, $2^6 = 64$, $2^7 = 128$, $2^8 = 256$, $2^9 = 512$.

Observando esses números, vemos que os últimos algarismos formam uma sequência periódica: 2, 4, 8, 6, 2, 4, 8, 6, 2 etc., em que os quatro números 2, 4, 8, 6 ficam se repetindo infinitamente. Dividindo 2015 por 4 obtemos quociente 503 e resto 3, de modo que $2015 = 503 \times 4 + 3$. Na sequência acima, os expoentes que deixam resto 3 quando divididos por 4 definem potências de 2 com último algarismo 8 ($2^3 = 8$, $2^7 = 128$ etc.). Daí o algarismo da unidade de 2^{2015} é 8.

Exercício 4: João decidiu nadar de três em três dias. O primeiro dia que ele nadou foi um sábado, o segundo dia foi uma terça-feira, o terceiro dia foi uma sexta-feira, e assim por diante. Em qual dia da semana João estará nadando pela centésima vez?

Solução. Na tabela a seguir, listamos os dias da semana que João está nadando pelas primeiras 21 vezes.

dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab
6	4	2	7	5	3	1
13	11	9	14	12	10	8
20	18	16	21	19	17	15

Analisando a tabela vemos, por exemplo, que os múltiplos de 7 sempre estão na quarta-feira, que os números que deixam resto 1 quando divididos por 7 estão no sábado e que os números que deixam resto 2 quando divididos por 7 estão na terça-feira. Dividindo 100 por 7 obtemos quociente 14 e resto 2 ($100 = 14 \times 7 + 2$). Daí concluímos que na centésima vez, João estará nadando em uma terça-feira.

Exercício 5: Encontre o último algarismo do número 1989^{1989} .

Solução. Para começar, note que o último algarismo do número 1989^{1989} é igual ao último algarismo do número 9^{1989} . Escrevendo as primeiras potências de 9 obtemos: $9^1 = 9$, $9^2 = 81$, $9^3 = 729$ etc. Daí observamos que os últimos algarismos destes números formam a sequência 9, 1, 9, 1 etc. Assim o último algarismo de 9^n é 9 se n é ímpar e o último algarismo de 9^n é 1 se n é par.

Observamos que para resolver este tipo de problema, não é necessário calcular as potências de 9. Basta calcular o último algarismo das potências de 9. Para fazer isso, começamos por $9^1 = 9$. Multiplicando por 9, obtemos $9 \times 9 = 81$. Para calcular o último algarismo de 9^3 , multiplicamos o último algarismo de 9^2 por 9, obtendo $1 \times 9 = 9$. Então o último algarismo de 9^3 é 9. E assim, por diante, vamos olhando sempre para o último algarismo dos produtos, e efetuado o produto, consideramos somente o seu último algarismo para fazer a próxima multiplicação.

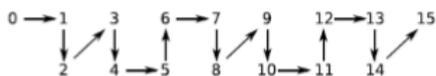
Exercício 6: Encontre o último algarismo do número 777^{777} .

Solução. Para começar, note que o último algarismo do número 777^{777} é igual ao último algarismo do número 777^7 . Procedendo como explicado no exercício anterior, podemos calcular o último algarismo das primeiras potências de 7.

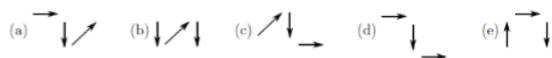
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
último algarismo de 7^n	7	9	3	1	7	9	3	1	7

Dai vemos que o ciclo 7, 9, 3, 1 se repete infinitamente. Dividindo 777 por 4 (que é o tamanho do ciclo), obtemos quociente 194 e resto 1. Daí o último algarismo de 777^7 é igual ao último algarismo de 7^1 , que é 7.

Exercício 7: Os números de 0 a 2000 foram ligados por flechas. A figura dada mostra o começo do processo.



Qual é a sucessão de flechas que liga o número 1997 ao número 2000?



Solução. A alternativa correta é a (e). Observe que o seguinte caminho, formado por seis flechas, é um padrão que se repete na figura dada.



Este caminho-padrão sempre começa nos múltiplos de 6, ou seja, em 0, 6, 12 etc. Vamos averiguar qual é a posição de 1997 em relação ao múltiplo de 6 mais próximo. Dividindo 1997 por 6, obtemos $1997 = 6 \times 332 + 5$, correspondendo a 332 caminhos-padrão mais o resto de 5 flechas. Portanto, 1998 é múltiplo de 6 mais próximo de 1997, ocupando a primeira posição no caminho-padrão. Assim, a figura seguinte ilustra as flechas que ligam 1997 a 2000.

