

Eletricidade e estrutura atômica

Meta da aula

Discutir o fenômeno da eletricidade e relacioná-lo à estrutura atômica da matéria.

objetivos

Espera-se que, após estudar o conteúdo desta aula, você seja capaz de:

- descrever o fenômeno da eletricidade;
- correlacionar experiências realizadas com objetos macroscópicos aos aspectos do mundo atômico, em relação ao fenômeno da eletricidade.

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, por meio de uma experiência bastante simples, chegamos à conclusão de que os átomos de chumbo e de ferro são diferentes porque têm *massas* atômicas e/ou *volumes* atômicos diferentes. Chegaríamos a uma conclusão idêntica se fizéssemos experiências semelhantes com quaisquer outros dois elementos. Mas os átomos dos elementos não são diferentes somente em massa e/ou volume atômicos. Várias outras propriedades poderiam ser usadas para diferenciá-los, como veremos mais adiante.

REVELANDO A ESTRUTURA DOS ÁTOMOS

O nosso problema agora é tentar entender a origem dessas diferenças; por exemplo, o que há no átomo de chumbo que o torna mais pesado do que o de ferro? Bem, para responder a perguntas deste tipo, temos que tentar, de alguma maneira, saber como são os átomos. Nossa esperança é que, sabendo como eles são, passemos também a entender como são as moléculas, já que estas são formadas de átomos. Sabendo como são as moléculas das substâncias, poderemos entender as diferenças e semelhanças entre as propriedades de diferentes substâncias.

A partir desse conhecimento, poderemos compreender todos os *fenômenos químicos* que discutimos anteriormente. Por exemplo: Por que algumas substâncias se misturam e outras não? Por que certas substâncias são sólidas (como o açúcar, o sal), outras líquidas (água, álcool, éter) e outras gasosas (hidrogênio, oxigênio, nitrogênio)? Como produzir um material (um plástico, por exemplo) com propriedades definidas? São inúmeras as perguntas para as quais poderíamos achar as respostas, com base no conhecimento das *estruturas moleculares*. Dentre elas, a mais importante para a Química seria entender por que e como uma reação química acontece. Ou seja, como e por que as moléculas de reagentes são transformadas em moléculas de produtos.

Para atingir esse nosso objetivo, vamos ter que falar um pouco sobre um outro fenômeno, extremamente importante e curioso: a eletricidade. Como? Eletricidade? Mas o que tem a ver eletricidade com Química, átomos e moléculas? Tem tudo a ver.

Você, por acaso, nunca usou uma lanterna durante as faltas de luz? Ou um radinho portátil para escutar seu jogo de futebol? Ou um telefone celular num caso de emergência? Ou mesmo sem necessidade alguma de usá-lo? Algum destes instrumentos, você certamente já usou.

E como eles funcionam? Você sabe? Ah! Funcionam com pilhas e baterias, não é? E você, por acaso, sabe o que são pilhas e baterias? Não sabe? Pois bem, pilhas e baterias são dispositivos que geram *eletricidade* a partir de uma *reação química*!

É isso aí! As reações químicas são as responsáveis pelo funcionamento de lanternas, radinhos de pilha, telefones celulares etc. Também os carros e os ônibus precisam de bateria para funcionar. Essas reações que ocorrem em pilhas e baterias são de um tipo muito importante denominadas genericamente de *reações de oxirredução*. Ao longo do nosso curso, vamos estudar muitas reações desse tipo.



As reações de oxirredução serão vistas, com mais detalhes, futuramente.

Viu só como a Química tem tudo a ver com a eletricidade? Mas o que tem a eletricidade a ver com os átomos?

INTERMEZZO: O FENÔMENO DA ELETRICIDADE

Intermezzo é uma palavra italiana que significa *intervalo*. Sim, vamos fazer um pequeno intervalo para estudar um pouco deste fenômeno, *eletricidade*, que nos possibilitará aprender muitas coisas a respeito de como são os átomos.

Vamos realizar algumas experiências muito simples, mas extremamente curiosas, que nos darão importantes informações de como são os átomos e moléculas. Pegue um pente, um pedaço de seda, ou mesmo uma flanela para lustrar móvel. Corte um pequeno pedaço de papel e coloque-o sobre uma superfície qualquer.

Esfregue com força uma parte do pente com a flanela, até que a flanela fique quente. Nesse instante, pare de esfregar o pente e aproxime-o do pedaço de papel, *sem tocá-lo*. O que aconteceu? Se você não tem condições de fazer esta experiência em casa, veja a **Figura 5.1**.



Figura 5.1: O pente, que sofreu atrito com a seda, atrai pedacinhos de papel.

O resultado é altamente curioso: o pedaço de papel foi atraído pelo pente! Repita a experiência sem esfregar a flanela e você verá que o pente não atrairá o pedaço de papel.

Uma experiência análoga a esta foi realizada há milhares de anos, na antiga Grécia, por **THALES**, na cidade de Mileto. Só que ele não usou um pente, mas sim um pedaço de âmbar, um material muito utilizado hoje em dia para fazer jóias.

THALES

Thales de Mileto (cerca de 640-548 a.C.) é natural de Mileto, colônia cretense no Mediterrâneo. É considerado filósofo naturalista pré-socrático e, também, o “pai da filosofia grega”. Nada deixou por escrito. Suas teorias são conhecidas por intermédio de Aristóteles, Diógenes Laércio, Heródoto, Teofrasto e Simplicio. Aristóteles refere-se a ele como “o fundador” da filosofia ocidental. Fonte: <http://www.pucsp.br/~filopuc/verbete/tales.htm>



Figura 5.2: Colar de âmbar.
Fonte: www.sxc.hu/photo/457959

Thales notou que o âmbar, depois de atritado com um pedaço de seda, adquiria a propriedade de atrair objetos leves.

Talvez você já tenha ouvido esta história, mas o que você talvez não saiba é que a palavra grega para âmbar é *elektron*!

Muitos anos mais tarde, quase 19 séculos após as experiências de Thales, William Gilbert, na Inglaterra, descobriu que muitos outros materiais, quando atritados, exibiam, como o âmbar, a propriedade de atrair objetos leves. Para indicar que eles se comportavam de forma similar ao âmbar (*elektron*), Gilbert dizia que eles estavam *eletrizados*. A este fenômeno, que se manifestava quando dois materiais eram atritados, que ele não sabia explicar, Gilbert chamou de *eletricidade*.

William Gilbert (1540-1603), médico inglês, estudou, entre vários temas, o magnetismo e os fenômenos elétricos com base em experiências simples. Leia um pouco mais sobre seus estudos na Internet: <http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d/apostila/renasc7/node8.html>

Até hoje usamos esses termos. Assim, dizemos que um objeto está *eletrizado* se ele exibe o fenômeno da eletricidade, ou seja, se ele é capaz de atrair outros objetos, mesmo que a distância. Os objetos *neutros* são aqueles que não estão eletrizados. Atualmente sabemos que quaisquer dois materiais, quando atritados, se eletrizam. Entretanto, nem todos se eletrizam com a mesma facilidade. Além disso, quando utilizados para realizar a experiência descrita anteriormente, os materiais podem apresentar comportamentos diferentes. Vamos olhar estas diferenças com um pouco mais de detalhe.

ELETRICIDADE POSITIVA E NEGATIVA

Vamos agora realizar algumas outras experiências, também muito simples, mas que requerem certo cuidado. Encha um balão de gás, desses usados em aniversário de criança. Amarre a boca do balão com um barbante e prenda-o, bem firme, na soleira de uma porta. Escolha um lugar da casa onde não haja corrente de ar, pois o balão precisa ficar paradinho no ar, preso pelo barbante.

Segure firme o balão e esfregue, com força, um de seus hemisférios com um pedaço de algodão. Feito isso, aproxime lentamente uma folha de papel do balão para evitar um deslocamento brusco de ar, o que provocaria o movimento do balão. O que você observou?

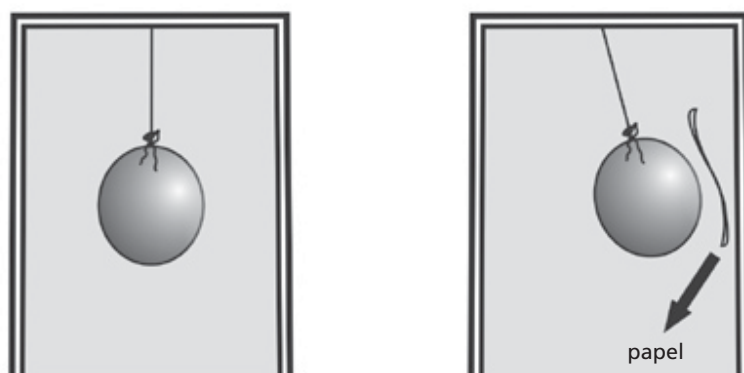


Figura 5.3: Atração entre a folha de papel e o balão, depois de este ter sido atritado com um pedaço de algodão.

O balão se desloca na direção da folha de papel. É o mesmo fenômeno que observamos antes, com o pente e um pedaço de papel. Da mesma forma que o pente, o balão foi eletrizado pelo algodão e passou a exibir eletricidade.

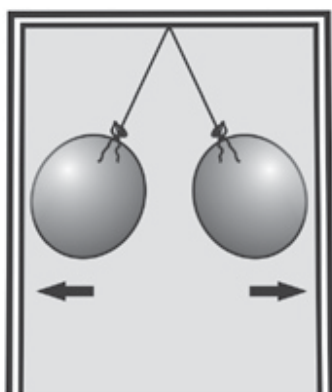


Figura 5.4: Dois balões se repelem depois que cada um deles foi atritado com um pedaço de algodão.

Encha um outro balão de gás, de forma que ele fique, tanto quanto possível, com o mesmo volume do primeiro balão. Esfregue um dos hemisférios de cada balão com um pedaço de algodão e aproxime os dois balões pelos hemisférios atritados com algodão. O que aconteceu?

Os balões se repeliram! Este é um fato novo. Isso nos revela que o fenômeno da eletricidade não causa só atração entre objetos, mas também repulsão.

Mais uma experiência. Esfregue novamente um dos balões com um pedaço de algodão e depois aproxime o algodão de um pequeno pedaço de papel, exatamente como na experiência com o pente. Você notará que o algodão também atrairá o pedaço de papel. Ou seja, o algodão também foi *eletrizado*, ao ser atritado sobre a superfície do balão.

! Quando atritamos dois objetos, *ambos* ficam eletrizados.

Vamos à última experiência desta série. Atrite o balão com um pedaço de algodão. Sabemos, das experiências anteriores, que tanto o balão (atrai a folha de papel) quanto o algodão (atrai um pequeno pedaço de papel) se eletrizam ao serem atritados. Muito bem, aproxime agora o pedaço de algodão do balão. O que aconteceu? Veja que na **Figura 5.5** o pedaço de algodão *atrai* o balão!



Figura 5.5: Balão e algodão se atraem.

Como entender o fato de que objetos eletrizados, ou seja, que adquirem eletricidade, possam se atrair ou se repelir? Estes dois tipos de comportamento sugerem a existência de *dois tipos* de eletricidade. Vamos chamá-los de eletricidade *positiva* e eletricidade *negativa*. Na experiência com os dois balões, como eles foram eletrizados da mesma maneira (atritados com algodão), é razoável supor que eles adquiriram o mesmo “tipo” de eletricidade. Como eles se repelem, somos levados a concluir que objetos com o *mesmo tipo* de eletricidade *se repelem*.

E, na experiência com o balão e o pedaço de algodão, como eles se atraem, podemos concluir que cada um dos objetos está com um tipo diferente de eletricidade.

Mas ainda temos um problema. Como saber se os dois balões foram eletrizados positiva ou negativamente? E no caso do balão com o algodão, qual dos dois estaria com eletricidade positiva? Ou negativa? A resposta é: *não temos como saber!* Por *convenção*, vamos considerar que o balão fica eletrizado *negativamente* e que o pedaço de algodão fica com eletricidade *positiva*. Poderíamos fazer a escolha inversa, ou seja, o balão com eletricidade positiva e o algodão com eletricidade negativa. Entretanto, adotada uma convenção, temos que *usar sempre a mesma!*



ATIVIDADE

1. Adotando outra convenção

Imagine que tivéssemos adotado a convenção contrária, ou seja, o balão com eletricidade positiva e o algodão com eletricidade negativa. Haveria alguma alteração nos resultados das experiências realizadas anteriormente? Justifique descrevendo o fenômeno da eletricidade.

RESPOSTA COMENTADA

O resultado das experiências é que objetos com o mesmo tipo de eletricidade se repelem (**Figura 5.4**) e que objetos com tipos diferentes se atraem (**Figura 5.5**). Portanto, a mudança de convenção não mudaria a essência do resultado.

A conclusão desta série de experiências pode ser reescrita da seguinte forma:

Existem *dois* tipos de eletricidade: *positiva* e *negativa*. Dois objetos com eletricidade de mesmo sinal se repelem enquanto que objetos com eletricidade de sinais contrários se atraem.

Modernamente não utilizamos mais o termo eletrizado, mas sim *carregado*. Assim, diríamos que o balão fica carregado negativamente ou com *carga* negativa, enquanto que o algodão fica carregado positivamente ou com *carga positiva*.

Esta terminologia foi introduzida por Benjamin Franklin ao desenvolver uma teoria para explicar as experiências de Gilbert. Embora errada, sua teoria foi importante para o desenvolvimento do nosso conhecimento deste fenômeno – *eletricidade*.

A teoria do americano Benjamin Franklin (1706 – 1790) é conhecida como teoria do fluido único. Admitia que todo corpo possuía certa quantidade de um fluido indestrutível, associado à matéria em maior ou menor quantidade. Um corpo em estado neutro teria uma quantidade desse fluido elétrico, que era chamada de quantidade normal de fluido para esse corpo. Se o corpo tivesse excesso desse fluido, estaria eletrizado positivamente. Se tivesse falta, estaria eletrizado negativamente. A eletrização por atrito entre os dois corpos era explicada pela passagem de fluido de um corpo a outro.

Na nova terminologia poderíamos dizer que:

Objetos com cargas de mesmo sinal se *repelem* enquanto que objetos com cargas de sinal contrário se *atraem*.

CONSERVAÇÃO DE CARGA

Vamos repetir a experiência do balão com carga negativa e o algodão com carga positiva. Se aproximarmos um do outro, já sabemos que eles se atraem. Mas por quanto tempo? Se os dois objetos forem bem carregados, ao se aproximarem, o pedaço de algodão ficará colado ao balão. Mas, após um certo tempo, os objetos deixam de se atrair. Se agora tentarmos aproximar do balão uma folha de papel, a folha *não* mais será atraída por ele. Da mesma maneira, se tentarmos aproximar o pedaço de algodão de um pedaço de papel, não veremos mais nenhuma atração. *Ou seja, nem o balão nem o algodão estão mais eletrizados (carregados)*.

A conclusão que podemos tirar dessas duas observações é que, após um certo tempo de contato, tanto o balão quanto o pedaço de algodão perdem suas cargas, tornando-se objetos *neutros*, incapazes de atrair outros objetos. Entretanto, antes de colocarmos o balão e o pedaço de algodão em contato, eles estavam carregados, um positiva e outro negativamente. Se, após um certo tempo de contato, eles ficaram neutros, é porque:

a. a carga negativa do balão foi “transferida” para o algodão, neutralizando sua carga positiva;

b. ou a carga positiva do algodão foi “transferida” para o balão, neutralizando sua carga negativa.

Independentemente de ter havido “transferência” de carga do algodão para o balão ou vice-versa, para que ambos os objetos, ao final da experiência, estejam neutros, isto é, sem carga, a *quantidade de carga negativa* (q_B^-) presente no balão teria que ser *igual à quantidade de carga positiva* no algodão (q_A^+).

Mas você lembra como tudo começou? Pegamos dois objetos *neutros* ($q = 0$), um pedaço de algodão que esfregamos no balão. Como resultado desta operação, os dois objetos neutros se carregaram, um negativamente (o balão) e outro positivamente (o algodão). Colocados em contato por um certo tempo, eles novamente se tornam neutros. Os resultados estão resumidos na **Tabela 5.1**.

Tabela 5.1: Evolução da carga nos materiais durante a experiência de atrito

	Cargas		
	Balão	Algodão	Total
Início	0	0	$0 + 0 = 0$
Após atrito	q_B^-	q_A^+	$q_A^+ + q_B^-$
Final	0	0	0

Esse resultado indica que, no processo de eletrização, os dois objetos ficaram com as mesmas quantidades de carga, mas de sinais opostos. Então:

$$q_A^+ + q_B^- = 0$$

$$q_A^+ = -q_B^-$$

Portanto, a carga *total* antes, durante e após o contato dos objetos é a mesma, ou seja, é *conservada*.

Além da conservação da carga total, esta última experiência nos revela que o processo de neutralização envolve a *passagem de eletricidade* de um objeto para o outro.

Tenho a impressão de que, após todas estas experiências, há algo que lhe incomoda profundamente. E não me espantaria nem um pouco se você me perguntasse: “Tudo bem, mas de onde surgem essas cargas?”

Veja só uma coisa. Das experiências anteriores, concluímos que, no processo de neutralização, há passagem de eletricidade de um objeto (balão) a outro (algodão), mas não sabemos ainda por qual dos dois processos, (a) ou (b). Para poder continuar a desenvolver nosso raciocínio, vamos supor que tenha sido através do processo (a). Esta escolha não fará a menor diferença para o resultado final. Veja a **Figura 5.6**.

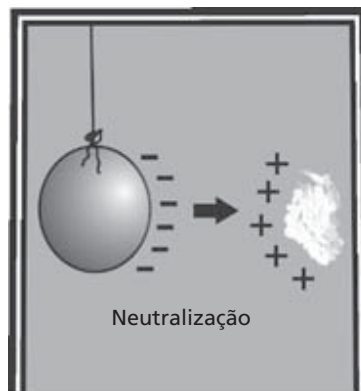


Figura 5.6: Cargas negativas fluem do balão para o algodão durante o processo de neutralização.

Mas, antes de esfregarmos o algodão no balão, este estava sem carga. Logo, a carga negativa adquirida pelo balão só pode ter sido passada pelo pedaço de algodão! Sim, mas de onde veio a carga positiva do algodão? A resposta é: *de lugar nenhum!* A carga positiva estava lá, no pedaço de algodão, o tempo todo! Não há outra explicação possível! Observe a **Figura 5.7**.

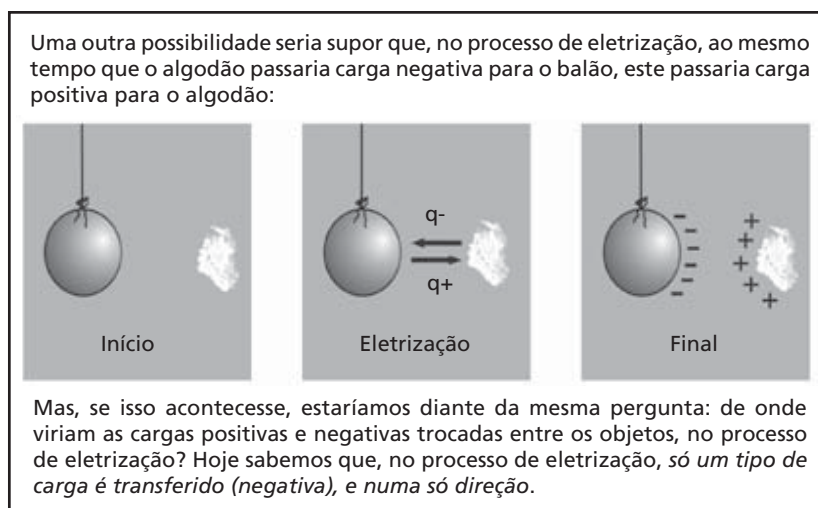


Figura 5.7: As cargas positivas e negativas já se encontram nos objetos. Se o objeto é neutro, teremos a mesma quantidade de carga positiva e negativa. Caso contrário, haverá excesso de um dos tipos de carga.

Sabe qual é o problema? Nós começamos esta discussão descrevendo o processo de eletrização de um objeto. E definimos como *neutro* um objeto não eletrizado. Em seguida, vimos que, para entender as várias experiências de atração e de repulsão, teríamos que supor a existência de dois tipos de carga: positiva e negativa. E, para entender o processo de eletrização, teríamos que supor que a eletricidade (ou a carga) pode passar de um objeto para outro. Mas como um objeto pode passar algo que não tem para outro? Não pode, é claro. Mas, se a carga negativa que o algodão passou para o balão já estava no algodão, antes do processo de eletrização, como é que o algodão podia estar neutro, isto é, sem carga? Aí é que está o nosso grande erro: acreditar que um objeto neutro não possui carga (elétrica). Qualquer objeto neutro possui, sim, carga; só que ele possui tantas cargas negativas quanto positivas, de forma que a carga total seja *nula*.

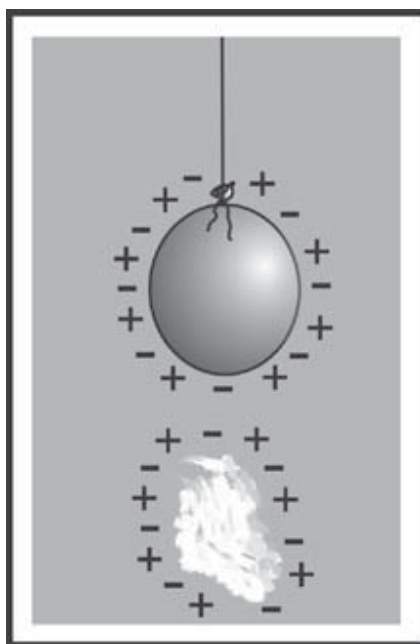


Figura 5.8: Objetos com a mesma quantidade de cargas positivas e negativas.

Estamos quase no final da nossa viagem ao mundo microscópico, não é? Você, provavelmente, não concorda. Mas veja o seguinte. Acabamos de concluir que todos os objetos (o balão, o algodão, o pente etc.) contêm cargas positivas e negativas. Por outro lado, sabemos que estes materiais (a borracha do balão de gás, o plástico do pente, o algodão etc.) são feitos de moléculas, que por sua vez são formadas de átomos.

Logo, os átomos que formam as moléculas, que formam os objetos, têm que ser feitos dessas cargas, positivas e negativas, *em igual número*, para garantir a neutralidade.



Átomos são formados de cargas positivas e negativas em igual número.

Um “modelo” bastante simples de um átomo poderia ser representá-lo por uma esfera contendo um número igual de cargas positivas e negativas (Figura 5.9). Em breve, mostraremos que este modelo está longe de ser satisfatório. Antes disto, vamos fazer, na próxima aula, algumas outras experiências.

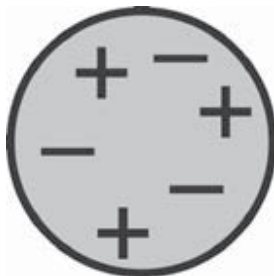
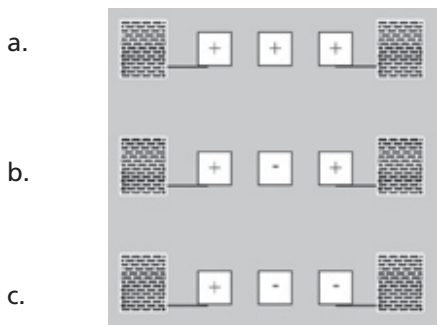


Figura 5.9: Modelo simplificado para o átomo.

ATIVIDADE FINAL

Atração ou repulsão?

Imagine que cada quadrado branco a seguir seja um objeto. Para cada uma das situações, descreva como se moverá o objeto carregado no centro, considerando que os objetos carregados nas extremidades estão fixos, ou seja, que não podem se mover. Considere que as cargas têm o mesmo valor.



RESPOSTA COMENTADA

No caso a. a carga central é repelida para a esquerda pela carga localizada à direita, mas também é repelida para a direita pela carga localizada à esquerda. O resultado é que o objeto não se move.

No caso b. a carga central é atraída para a esquerda pela carga localizada à esquerda, mas também é atraída para a direita pela carga localizada à direita. O resultado é que o objeto não se move.

No caso c. a carga central é repelida para a esquerda pela carga localizada à direita, e também é atraída para a esquerda pela carga localizada à esquerda. O resultado é que o objeto se move para a esquerda.

RESUMO

Dois objetos quaisquer quando atritados se eletrizam, ou seja, ficam com excesso de carga elétrica. O excesso pode ser de carga positiva ou negativa. Entretanto, como a carga total tem que ser conservada, o excesso de carga positiva de um dos objetos será necessariamente igual ao excesso de carga negativa do outro. Objetos com carga de mesmo sinal se repelem, enquanto que objetos com cargas de sinais contrários se atraem. Átomos são formados por cargas negativas e positivas em igual número.