

# Aula 5

## DIAGRAMA DE FASES DE MISTURAS

### **META**

Transmitir para o aluno os principais conceitos relacionados aos diagramas de fase de misturas binárias, capacitando-o a identificar as principais características e a extrair informações destes diagramas.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá: aprender sobre as principais características e a como extrair informações dos diferentes tipos de diagramas de fase de misturas tais como: líquido – vapor, líquido-líquido e líquido – sólido. Para isso aprenderá também a regra da alavanca, um importante conceito para a análise de quantidades relativas de misturas.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Conceitos básicos de diagrama de fase de substância simples (unário); Regra de Gibbs;

**Glauber Silva Godoi**

## INTRODUÇÃO

Caro aluno(a), você irá agora aprender um pouco mais sobre o assunto diagrama de fases. Na aula 1 você aprendeu como um diagrama de fase de substância simples pode ser obtido e como interpretar as principais informações nele contidas. Aprendeu também sobre a regra de Gibbs, bastante útil quando queremos avaliar as condições de equilíbrio de um sistema. Nesta aula você irá aprender sobre os diferentes tipos de diagramas de fase de misturas. Estes diagramas são de grande importância nas diversas áreas de conhecimento, como exemplo, nas ciências farmacêuticas, engenharia química, engenharia metalúrgica, entre outras. Uma nova regra importante a ser aprendida é a regra da alavanca que permite avaliar a quantidade relativa de cada componente presente na mistura. Por questão de simplificação, os diagramas que você irá ver são de misturas binárias. No entanto, é importante destacar que em muitas das aplicações, principalmente industriais, os sistemas envolvidos apresentam mais de um componente, podendo ser diagramas ternários, quaternários, etc.

Na aula 1 discutimos sobre os diagrama de fase de substâncias puras (unário) e vimos que a fase mais estável é função de uma condição específica de pressão e temperatura. Nesta aula a composição será uma nova variável, e, para tornar o diagrama mais simples, iremos em todos os casos trabalhar com uma condição de pressão isobárica, de modo que apenas a temperatura e a composição serão variáveis. Caso tivéssemos interesse em realizar um diagrama contendo  $p$ ,  $T$  e  $x_i$  como variáveis, teríamos que recorrer para um diagrama em três dimensões.

Vamos considerar o seguinte caso. Se formos aplicar a regra de Gibbs para um sistema binário,  $C=2$ , mantendo a pressão constante em  $1\text{ atm}$ , qual seria a equação correspondente para a regra de Gibbs? Lembre-se que a regra de Gibbs é:  $F = C - P + 2$ , onde o número 2 está associado à pressão e temperaturacomo variáveis.

Se você respondeu  $F = 3 - P$  está correto. Recapitulando com base nos dados mencionados temos:  $F = 2 - P + 1$ . O número 1 quer dizer que apenas a temperatura tem “liberdade” para variar. Para este tipo de situação o diagrama de interesse é do tipo temperatura – composição, já que ambos são variáveis do sistema. A figura 5.1 mostra um exemplo de diagrama temperatura – composição hipotética para fins de ilustrar algumas regiões e conceitos importantes.

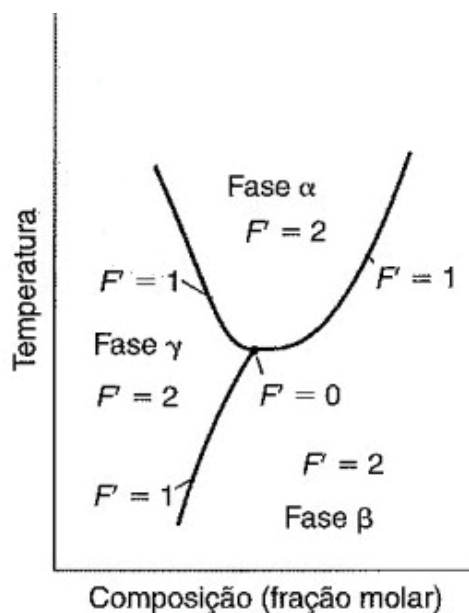


Figura 5.1: Exemplo de diagrama de fase temperatura-composição.

Observe que existem três fases distintas,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , e três curvas de equilíbrio bifásico. Quando a condição de temperatura e composição produz um equilíbrio ternário, significa dizer que nesta condição o grau de liberdade é nulo, ou seja, qualquer modificação de temperatura ou de composição “tira” o sistema desta condição de equilíbrio. Quando a condição leva a um ponto sobre a curva de equilíbrio bifásico, o resultado é um grau de liberdade unitário (1), ou seja, para esta situação ou a temperatura ou a composição podem ser variadas, livremente, e ainda assim ser mantido o equilíbrio bifásico. Caso ambas sejam alteradas aleatoriamente, a condição de equilíbrio bifásico é desfeita, e o sistema “cai” em um campo de fase específico ( $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$ ). Para a condição em que estamos exatamente em um campo de fase específico, seja  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , temos como consequência uma situação em que o grau de liberdade é dois (2), ou seja, neste caso é possível manter o sistema nesta condição monofásica alterando tanto temperatura como composição. É importante que você observe que a partir desta abordagem, o termo grau de liberdade, como o próprio nome diz, está associado ao número de variáveis independentes do sistema, ou seja, que podem ser alteradas de modo a manter a condição de equilíbrio que o sistema se encontra.

## MISTURAS DE LÍQUIDOS VOLÁTEIS

Considere um diagrama de fase de uma mistura de duas substâncias voláteis. Esse tipo de diagrama é bastante importante na área de destilação fracionada, que é um tipo de processo de separação muito usado em laboratório ou na indústria. A figura 5.2 mostra um exemplo deste tipo de diagrama.

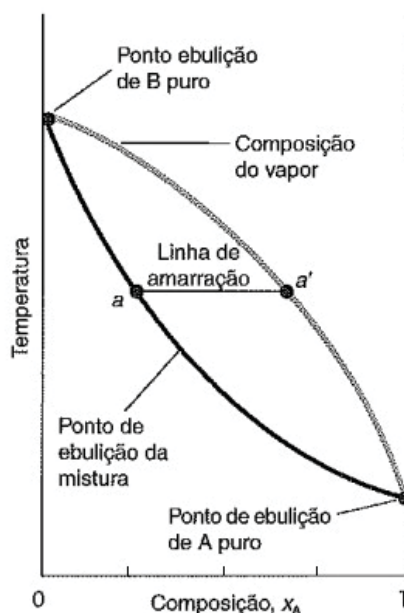


Figura 5.2: Diagrama de fase temperatura-composição para uma mistura de líquidos voláteis.

A idéia básica deste tipo de diagrama é que o ponto de ebulição da mistura varia entre os valores correspondentes para cada componente da mistura. Observe que esta variação no valor do ponto de ebulição é relativamente suave. Na coluna direita do gráfico, onde temos o componente A puro, ou seja,  $x_A = 1$ , podemos identificar o seu respectivo ponto de ebulição. De maneira análoga, o mesmo pode ser dito com relação à B, porém, este ponto se encontra no lado esquerdo do gráfico, onde  $x_A = 0$  e  $x_B = 1$  (lembre-se que  $x_A + x_B = 1$ ). Qualquer ponto, isto é, condição de composição e temperatura, que esteja abaixo da curva do líquido (curva preta) significa que o sistema se encontra totalmente no estado líquido. Qualquer ponto que esteja acima da curva de vapor (curva cinza) significa que o sistema se encontra totalmente no estado vapor. E se um determinado ponto se encontra na região delimitada pelas curvas de líquido e de vapor, qual deve ser a situação do sistema? Se você respondeu que o sistema é bifásico você acertou.

Embora a interpretação possa parecer um pouco abstrata, outra maneira bastante prática de interpretar este diagrama usa como recurso bastante simples, a linha de amarração. Esta linha nos permite determinar qual a composição do líquido e do vapor em equilíbrio para uma determinada condição de temperatura.

Vamos dar um exemplo com base na figura 5.2. Se um líquido com composição de aproximadamente  $x_A = 0,25$  for aquecido até atingir o ponto a da figura ele irá iniciar o processo de ebulição. O vapor gerado durante este processo pode ter a sua composição facilmente determinada. Basta fazer a leitura do ponto a' obtido a partir da intersecção da curva de vapor com a linha de amarração. Se formos fazer uma leitura aproximada podemos

afirmar que o vapor gerado terá composição de aproximadamente  $x_A = 0,70$ , o que faz sentido já que o componente A é mais volátil (menor ponto de ebulição). Estes diagramas costumam ser determinados experimentalmente. Para isso, as curvas de líquido e vapor precisam ser definidas. A primeira pode ser obtida medindo-se o ponto de ebulição de uma série de misturas. Já a curva de vapor pode ser obtida medindo-se a composição do vapor em equilíbrio com sua respectiva mistura líquida em ebulição.

Agora vamos analisar um exemplo relativo a um processo de destilação. A figura 5.3 ilustra uma série de mudanças que podem ocorrer quando aquecemos uma mistura de composição  $a_1$ .

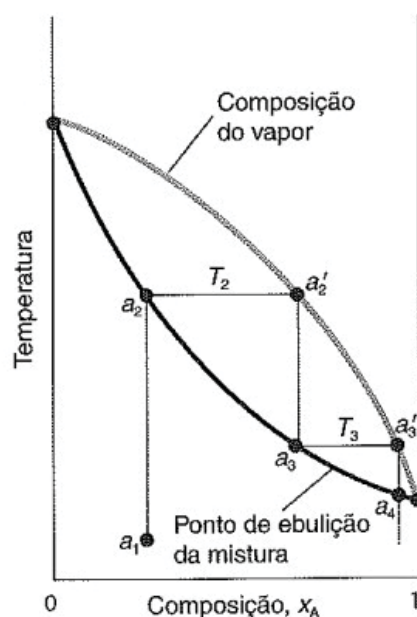


Figura 5.3: Representação do processo de destilação fracionada.

A mistura líquida atinge a temperatura  $T_2$ , correspondente ao ponto  $a_2$ , quando se inicia a sua ebulição. Este ponto na curva de líquido é também denominado de ponto de bolha. Analisando a linha de amarração sabemos que o vapor em equilíbrio tem composição  $a_2'$ . Este vapor gerado irá se dirigir para uma região superior da coluna de destilação onde a temperatura é mais fria ( $T_3$ ). É importante ressaltar que o aquecimento é feito na base da coluna de destilação. Nesta região mais fria o vapor condensa formando um líquido de composição  $a_3$  e que ferve na temperatura  $T_3$ . Usando procedimento análogo, o vapor gerado pela fervura do líquido  $a_3$  possui composição  $a_3'$ . Este vapor irá ascender na coluna de maneira que o processo se repete até que na região mais alta da coluna seja possível a obtenção da substância mais volátil, ou seja, de menor ponto de ebulição. Na figura 5.3 qual é o líquido em fervura mais rico na composição menos volátil? Se você respondeu  $a_2$  você acertou. Observe que se fizermos um raciocínio análogo ao feito anteriormente, porém para a fase líquida formada

iremos obter na base da coluna o líquido rico no componente menos volátil (B), seja ainda como uma mistura rica neste componente, ou até mesmo isento do componente mais volátil (A) caso a coluna possua temperatura da base alta o suficiente. O importante destacar é que o processo de destilação permite a separação de líquidos que apresentam este tipo de comportamento quando misturados.

No entanto, este comportamento não é válido para todas as misturas, e desta forma nem sempre é possível usar a destilação para este fim de separação. Algumas misturas apresentam um comportamento bastante peculiar, apresentando para uma composição intermediária, uma temperatura de fervura que pode ser superior ao do componente menos volátil ou inferior ao do componente mais volátil. Elas são denominadas, respectivamente, de azeótropo de máximo e azeótropo de mínimo. O termo azeótropo vem do grego e significa “fervor sem alterar” e descreve bem o que ocorre com estes compostos. As figuras 5.04 e 5.05 mostram exemplos destes diagramas.

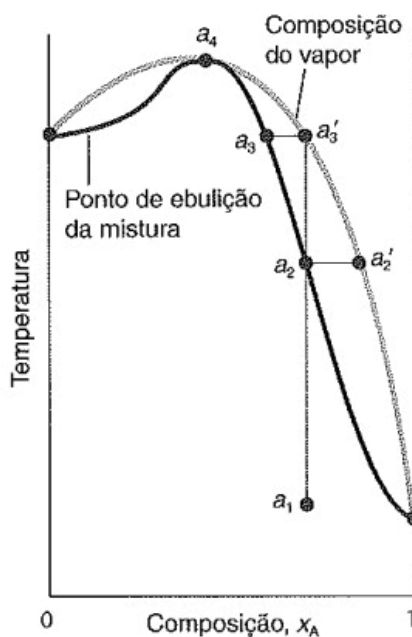


Figura 5.4: Diagrama temperatura-composição para um azeótropo de máximo.

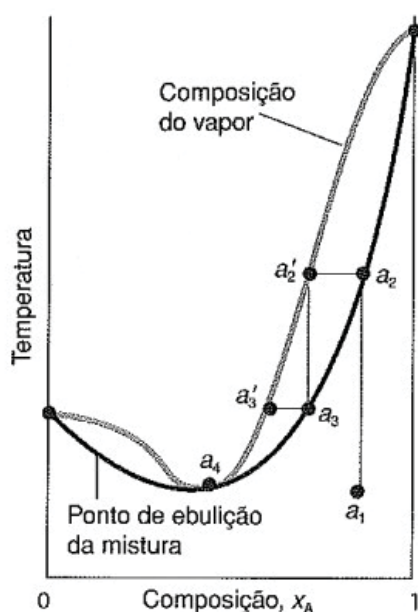


Figura 5.5: Diagrama temperatura-composição para um azeótropo de mínimo.

Vamos analisar inicialmente o diagrama da figura 5.4 que possui um azeótropo de máximo. Um líquido de composição  $a_1$  irá gerar na parte mais baixa da coluna (temperatura mais alta) o azeótropo de composição  $a_4$ , isto é, não será possível obter o componente menos volátil puro. Qualquer composição, não importa que seja à direita ou à esquerda do máximo, produzirá no fundo da coluna, na melhor das hipóteses, o azeótropo. Se você não entendeu, vamos analisar com mais detalhes. À medida que o líquido  $a_1$  vai descendo na coluna, sua temperatura aumenta até que ele inicia sua fervura ( $a_2$ ). O vapor gerado de composição  $a_2'$  se dirige para regiões superiores da coluna enquanto que o líquido residual continua descendo pela coluna até atingir uma temperatura mais alta, onde um novo vapor,  $a_3'$ , é formado. Este vapor se dirige para regiões mais frias da coluna enquanto que o líquido em equilíbrio,  $a_3$ , continua a descer pela coluna. Este processo se repete até que o vapor possui composição igual ao líquido em equilíbrio (azeótropo). Nesta condição não é mais possível enriquecer o líquido no componente menos volátil através do aumento da temperatura. O aumento da temperatura irá apenas produzir um vapor de composição azeotrópica, produzindo uma mudança de fase como se a mistura fosse uma substância pura (ferver sem alterar).

Você pode estar se perguntando o motivo deste fenômeno ocorrer. De maneira simplificada, podemos justificar isto em termos de uma maior energia de interação entre as substâncias que compõe a mistura. Um exemplo de azeótropo de máximo é a mistura ácido clorídrico / água. Para a composição de 80% em água, o azeótropo formado ferve à 108,6 °C.

Já no caso da figura 5.5, temos o exemplo contrário. Como exercício, procure analisar qual seria a posição da coluna em que o azeótropo seria recolhido. No topo ou na base da coluna? Explique detalhadamente todo o processo envolvido ao longo da coluna.

Para este último caso, temos o exemplo de azeótropo de mínima mistura etanol / água. Para o teor de 4% de água a mistura ferve à 78 °C.

## DIAGRAMAS DE FASE LÍQUIDO-LÍQUIDO

Este tipo de diagrama é bastante importante para o caso de uma mistura de líquidos parcialmente miscíveis, isto é, que se misturam parcialmente, como por exemplo, a mistura de hexano e nitrobenzeno. Neste tipo de mistura binária, cada fase formada é rica em um dos componentes e para determinar a quantidade relativa entre elas é necessário utilizar da regra da alavanca. Na verdade, existe uma região do diagrama em que os dois sistemas apresentam solubilidade total (mistura monofásica). Apenas na região intermediária denominada de hiato (gap) de miscibilidade é que a solubilidade é limitada, e o sistema é bifásico. A figura 5.06 mostra um exemplo deste tipo de diagrama para o sistema hexano – nitrobenzeno.

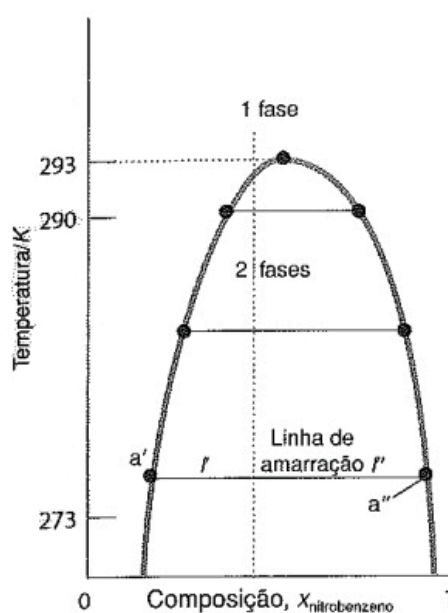


Figura 5.6: Diagrama temperatura-composição para hexano e nitrobenzeno a 1 atm

Se considerarmos uma mistura de composição global  $x_A$ , podemos verificar que na temperatura de 293 K o sistema é monofásico. À medida que este sistema é resfriado, observe que ele irá “entrar” na região do hiato de miscibilidade, de modo que o sistema passará a apresentar duas fases, uma “rica” em hexano(a) e a outra “rica” em nitrobenzeno ( $a'$ ). No diagrama da figura 5.6 apenas três linhas de amarração são mostradas. Iremos avaliar



agora a quantidade relativa de cada fase presente (e a  $\hat{v}$ ) a partir da regra da alavanca. A origem deste nome se deve ao fato de que para a determinação da quantidade relativa entre as fases, fazemos uma espécie de analogia com o comportamento de uma alavanca (uma espécie de balança de dois pratos) em que a condição de equilíbrio está associada a uma igualdade no torque produzido em cada braço. Para auxiliar na compreensão, considere o diagrama da figura 5.7, que está representando parte de um diagrama de fase binário qualquer (pode ser um diagrama líquido-vapor, líquido-líquido ou sólido-líquido). O ponto de apoio da alavanca é representado no diagrama pela composição global  $x_A$ .

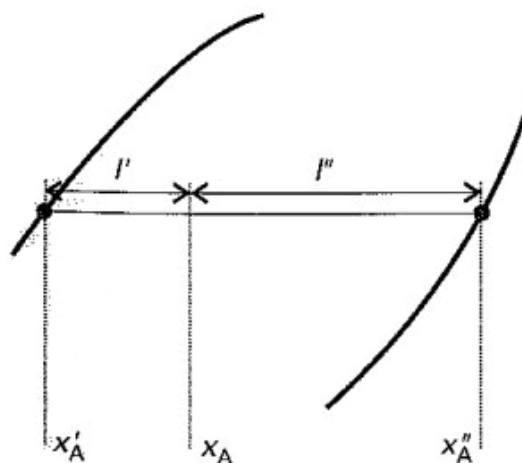


Figura 5.7: Coordenadas e composições referentes à regra da alavanca.

Antes de usarmos a regra da alavanca para determinar a quantidade relativa de cada fase, responda a seguinte pergunta: Se a quantidade de cada fase,  $n'$  e  $n''$ , no sistema binário fosse considerada como uma determinada “massa” colocada sobre cada prato da balança, você diria, com base nos comprimentos  $l'$  e  $l''$  representados na figura, que qual das duas “massas” seria a maior?  $n'$  ou  $n''$ ? Intuitivamente é fácil responder, com base na analogia da balança de pratos (conceito da alavanca) que  $n'$  possui a maior “massa” ou, em termos mais apropriados, a fase em maior quantidade. Mas como podemos fazer isso matematicamente? Vamos responder essa questão partindo, inicialmente, da equação geral de balanço de massa do sistema (equação 5.1):

$$n = n' + n'' \quad (5.1)$$

Onde  $n$  é o número total de mol do sistema,  $n'$  o número de mol em uma fase e  $n''$  o número de mol da outra fase presente no sistema.

De maneira análoga, se escolhermos um dos componentes, por exemplo, A, podemos escrever também uma equação de balanço de massa semelhante à equação 5.1:

$$nx_A = n'x'_A + n''x''_A \quad (5.2)$$

Onde  $n$ ,  $n'$  e  $n''$  tem o mesmo significado descrito na equação 5.1, e  $x_A$ ,  $x'_A$  e  $x''_A$  são as suas respectivas frações molares de A. Em outras palavras, a equação 5.2 é a representação matemática de que a quantidade de A presente no sistema como um todo ( $n$ ) é igual a quantidade de A presente em  $n'$  e  $n''$  somadas.

Agora, multiplicando ambos os membros da equação 5.1 por  $x_A$ , temos:

$$nx_A = n'x'_A + n''x''_A \quad (5.3)$$

Igualando as equações 5.2 e 5.3 e após rearranjo:

$$n'(x_A - x'_A) = n''(x''_A - x_A) \quad (5.4)$$

Ou de acordo com a figura 5.7:

$$n'l' = n''l'' \quad (5.5)$$

Reorganizando:

$$n' / n'' = l'' / l' \quad (5.6)$$

Desta maneira, fica mais evidente o motivo da analogia com a alavanca. A fase que apresenta a maior quantidade (maior número de mol) é a que possui o braço da alavanca mais curto, ou seja, aquela mais próxima do “ponto de apoio” (fulcro) da alavanca.

Retornando à análise do diagrama da figura 5.7, outro aspecto importante é que à medida que um dos componentes é adicionado à mistura, por exemplo, o componente A, a composição global  $x_A$  fica mais rica neste componente. No entanto, a composição de cada fase presente no equilíbrio,  $n'$  ou  $n''$ , continua a mesma, ou seja,  $x'_A$  e  $x''_A$ , respectivamente. O que muda é a quantidade relativa entre as fases. Neste caso, qual seria a fase a ter sua quantidade aumentada,  $n'$  ou  $n''$ ? Vale ressaltar que para esta análise é importante considerar a temperatura constante.

Se você respondeu que a fase que aumenta a sua quantidade é  $n''$  você acertou. Observe ainda que se o componente A for continuamente adicionado, o sistema irá se dirigir para fora do hiato de miscibilidade, retornando a condição monofásica. Em outras palavras, a grande quantidade do componente A se torna capaz de solubilizar o outro componente da mistura. É importante lembrar que quando o sistema se situa fora do hiato de miscibilidade apenas a composição global é relevante já que o sistema se torna monofásico novamente.

Este tipo de sistema apresentado na figura 5.6 apresenta o que é conhecido como temperatura consoluta superior ( $T_{cs}$ ), isto é, a máxima temperatura possível em que o sistema pode se encontrar no estado bifásico. Acima desta temperatura os componentes da mistura se tornam miscíveis devido o maior movimento térmico das moléculas do sistema. Este efeito entrópico contribui para a que a energia de Gibbs se torne negativa acima

desta temperatura. Alguns sistemas apresentam um hiato de miscibilidade com temperatura consoluta inferior ( $T_{ci}$ ), isto é, uma temperatura mínima para que o sistema possa apresentar duas fases. Neste caso, a baixas temperaturas os componentes são miscíveis, pois formam um complexo fraco que lhes confere estabilidade. Com o aumento da temperatura esta estrutura deixa de existir e o sistema se torna bifásico. Um exemplo deste tipo de sistema é a mistura água-trietilamina, como mostra a figura 5.8.

Existem ainda os sistemas que apresentam temperaturas consolutas superior e inferior, como é o caso da mistura água – nicotina, que são parcialmente miscíveis entre 61 °C e 210 °C (figura 5.9).

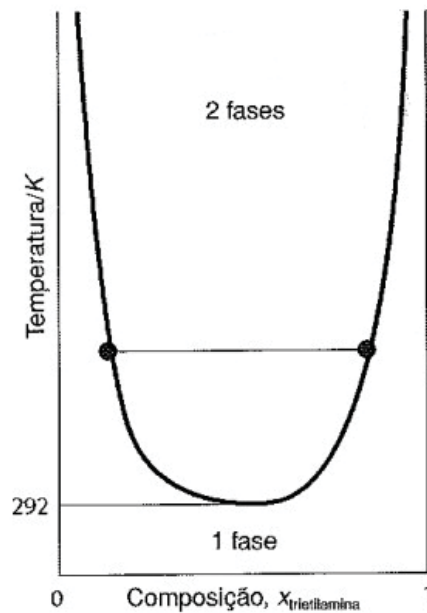


Figura 5.8: Mistura água-trietilamina.

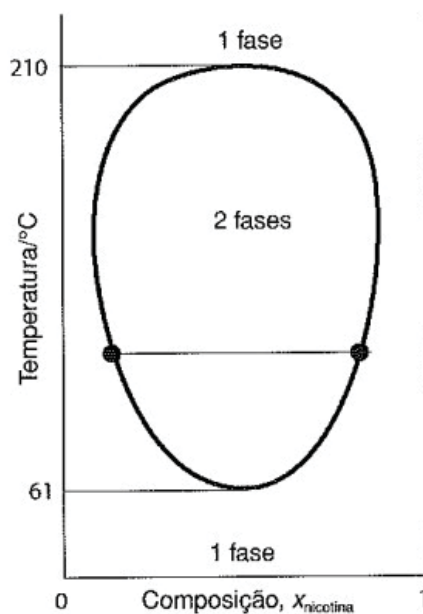


Figura 5.9: Mistura água – nicotina.

## DIAGRAMAS DE FASE LÍQUIDO-SÓLIDO

Os diagramas de fase líquido-sólido são bastante úteis em diversas áreas da engenharia tais como: engenharia civil, no estudo de propriedades de fases cimentícias; engenharia metalúrgica, na obtenção de ligas metálicas; engenharia de materiais, na preparação de revestimentos cerâmicos; entre outras.

A figura 5.10 apresenta um exemplo de diagrama de fase típico para um sistema composto por dois metais, parcialmente miscíveis,  $A$  e  $B$ .

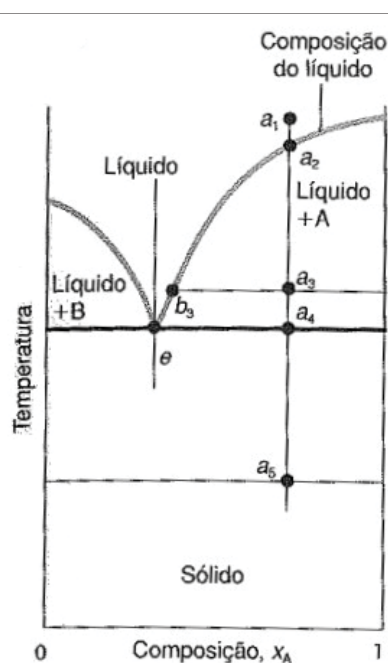


Figura 5.10: Diagrama temperatura-composição para dois sólidos parcialmente miscíveis e seus líquidos completamente imiscíveis.

Considere, como condição inicial, a mistura líquida com composição  $a_1$ . Se o líquido for continuamente resfriado, ele irá se dirigir para o ponto  $a_2$ , limite entre o campo de fase monofásico líquido e o campo de fase bifásico, composto por líquido + sólido A. O ponto  $a_2$  é onde ocorre o início da solidificação de A. Reduzindo ainda mais a temperatura atingimos o ponto  $a_3$ . Nesta temperatura podemos identificar a linha de amarração traçada que ilustra a presença de duas fases presentes: líquido de composição  $b_3$  + sólido A. Lembre-se que uma vez estabelecida a linha de amarração, é possível aplicarmos a regra da alavanca. Continuando o resfriamento, o sistema atinge o ponto  $a_4$ . Neste ponto é atingido o limite entre dois campos de fase: o campo líquido + sólido A e o campo monofásico sólido (solução entre A e B). É importante observar que o líquido em equilíbrio com o sólido A nesta última situação ( $a_4$ ) tem uma composição bastante peculiar denominada composição eutética, do grego “de fácil fusão”. O significado deste termo se deve ao fato de que o sólido de composição eutética se funde,

completamente, no líquido de mesma composição, como se fosse uma substância pura. Note que se a composição for diferente deste valor o sistema será completamente líquido em temperaturas maiores, daí o termo “de fácil fusão”. No ponto  $a_5$ , por exemplo, o sistema já se encontra completamente sólido, ou seja, uma mistura monofásica entre  $A$  e  $B$ .

Outra observação importante a ser feita é que se o líquido possuir composição hiper-eutética, ou seja, à direita do eutético, o sistema irá solidificar  $A$  inicialmente. Caso seja hipo-eutética, ou seja, à esquerda do eutético, o sistema irá solidificar  $B$ . Somente quando a temperatura estiver abaixo da temperatura eutética é que o sistema será completamente sólido, isto é, uma fase única composta por  $A+B$ .

Uma técnica importante para determinar eutéticos é a análise térmica. Isto é feito a partir da análise do tempo de resfriamento do líquido analisado. A figura 5.11 ilustra um diagrama típico de análise térmica contendo três curvas distintas, cada qual para uma composição específica.

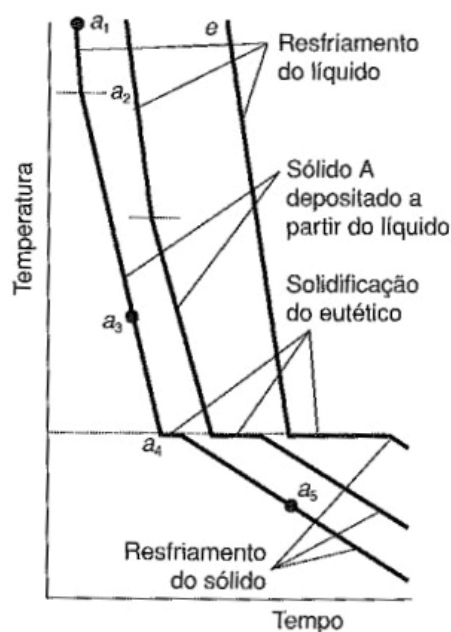


Figura 5.11: Diagrama típico de análise térmica contendo três curvas distintas.

A curva da esquerda é referente à composição  $a_1$  quando resfriada. A curva da direita é referente à composição eutética,  $e$ . Já a curva intermediária é de uma composição intermediária entre  $a_1$  e  $e$ . A mudança de inclinação das curvas permite identificar as transformações que ocorrem no material à medida que ele atravessa os diferentes campos de fase durante o resfriamento. Tomemos como exemplo a curva da esquerda, isto é, do resfriamento de  $a_1$ . A primeira mudança de inclinação denuncia o início da solidificação de  $A$ ; em  $a_3$  a inclinação continua a mesma, já que o sistema continua no campo de fase líquido +  $A$ ; em  $a_4$  o sistema possui líquido

de composição eutética e  $+A$ . Nesta condição, a temperatura se mantém constante até todo o sistema se tornar sólido. Este patamar característico é denominado de parada eutética.

Analisando agora a curva da direita (líquido de composição eutética), é possível observar que o resfriamento é uniforme, já que ele não “entra” no campo de fase bifásico líquido  $+A$ , e por este motivo atinge diretamente a parada eutética.

Já a curva intermediária (composição intermediária entre  $a_1$  e  $e$ ) possui um comportamento parecido com a da curva de  $a_1$ . No entanto, é possível ainda observar algumas peculiaridades. A primeira é que por apresentar uma composição mais rica em  $B$  (mais à esquerda de  $a_1$ ), é possível observar que a solidificação de  $A$  ocorre em uma temperatura mais baixa (primeira mudança de inclinação). O segundo aspecto interessante está relacionado com a parada eutética mais extensa (maior duração). Isto se deve ao fato de que o sistema possui maior quantidade de líquido de composição eutética nesta temperatura, e por isso a reação líquido  $+A \rightarrow$  sólido leva maior tempo para ocorrer completamente. Abaixo da temperatura eutética todas as curvas não apresentam mudança de inclinação, já que todas se encontram em um único campo de fase (sólido).

## CONCLUSÃO

Nesta aula você aprendeu sobre diferentes tipos de diagrama de fase binários. Como mencionado no início da aula, existem diagramas de fase contendo mais de dois componentes, tais como, os diagramas ternários, quaternários, etc, que muitas vezes são tão importantes quanto os binários em termos de aplicação industrial. No entanto, devido a maior complexidade deste tipo de diagramas, o seu estudo está fora do objetivo do nosso curso.



## RESUMO

Caro aluno(a), nesta aula você aprendeu vários conceitos novos envolvendo a interpretação de diagramas de fase composição-temperatura para misturas binárias. Três tipos de diagrama foram analisados: vapor-líquido, líquido-líquido, e líquido-sólido. Os diagramas de fase do tipo líquido-vapor são muito importantes em destilação quando as substâncias envolvidas não apresentam formação de azeótropo. Lembre-se que azeótropos são compostos que fervem sem alterar a sua composição, isto é, o líquido de composição azeotrópica quando entra em ebulição produz um vapor de mesma composição. No caso de misturas que envolvem a formação de

azeótropo, outros processos de separação são necessários. Os diagramas de fase do tipo líquido-líquido são importantes no estudo de misturas líquidas, podendo ser “ampliados” em diagramas ternários a partir da adição de um terceiro componente. Neste caso, a importância tecnológica seria em outro processo de separação denominado extração. Uma regra importante no estudo das quantidades relativas entre as fases presentes no sistema binário é a regra da alavanca, que pode ser aplicada em qualquer um dos tipos de diagrama mencionados. Em se tratando dos diagramas de fase do tipo líquido-sólido, você aprendeu o conceito de eutético, que é uma composição específica de uma determinada mistura que apresenta um ponto de fusão inferior ao de seus respectivos componentes. O termo eutético é de origem grega e significa “de fácil fusão”. Um diagrama de fase líquido-sólido pode ser obtido a partir da análise térmica de misturas de várias composições.



### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula você irá aprender novos conceitos relacionados com equilíbrio químico e eletroquímica..Até a próxima!

### REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. W.; Físico-Química - Fundamentos, 3 ed., Editora LTC, São Paulo, 2003.
- CASTELLAN, G.; Fundamentos de físico-química, Editora LTC, São Paulo, 1972.
- MOORE, W. J.; Físico-química, vol 1, Editora Edgar Blucher, São Paulo, 1976.