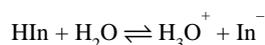


Indicadores e Titulações

Indicadores

São espécies químicas que admitem colorações distintas de acordo com o pH do sistema. Normalmente são ácidos fracos (aqui representados por HIn) em que a forma ionizada (In⁻) tem uma coloração diferente da forma não-ionizada (HIn).

Com um pouco de matemática e algumas aproximações, é possível estimar o pH de viragem dos indicadores. Considere o equilíbrio:



A espécie não ionizada (HIn) será chamada de **forma ácida**, pois, com a presença de um ácido, o equilíbrio se desloca para a esquerda, enquanto a forma ionizada (In⁻) será chamada de **forma básica**. A expressão da constante de ionização será:

$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

e admita que uma cor se torna visível sobre outra, quando a concentração de uma espécie se torna 10 vezes maior que a concentração da outra espécie. Aplicando esse fator e o conceito de logaritmo, percebemos que o pH de viragem se situa em torno de $\text{p}K_{\text{In}} \pm 1$. Observe a tabela de indicadores a seguir:

Indicador	Cor da forma ácida	Faixa de pH da mudança de cor	$\text{p}K_{\text{In}}$	Cor da forma básica
azul timol	vermelho	1,2 a 2,8	1,7	amarelo
	amarelo	8,0 a 9,6	9,0	azul
alaranjado de metila	vermelho	3,2 a 4,4	3,4	amarelo
azul de bromofenol	amarelo	3,0 a 4,6	3,9	azul
verde de bromocresol	amarelo	3,8 a 5,4	4,7	azul
vermelho de metila	vermelho	4,8 a 6,0	5,0	amarelo
litmus	vermelho	5,0 a 8,0	6,5	azul
azul de bromotimol	amarelo	6,0 a 7,6	7,1	azul
vermelho fenol	amarelo	6,6 a 8,0	7,9	vermelho
azul timol	amarelo	8,0 a 9,6	8,9	azul
fenolftaleína	incolor	8,2 a 10,0	9,4	rosa
amarelo alizarina r	amarelo	10,1 a 12,0	11,2	vermelho
alizarina	vermelho	11,0 a 12,4	11,7	violeta

Peter Atkins & Loretta Jones

A escolha de um indicador em uma titulação é uma tarefa essencial. Na prática, um bom indicador é aquele em que o pH do ponto estequiométrico é igual a $\text{p}K_{\text{In}}$ mais ou menos 1 unidade:

$$\text{pH}_{\text{ponto estequiométrico}} \approx \text{p}K_{\text{In}} \pm 1 \approx \text{faixa de viragem}$$

Titulações ácido-base

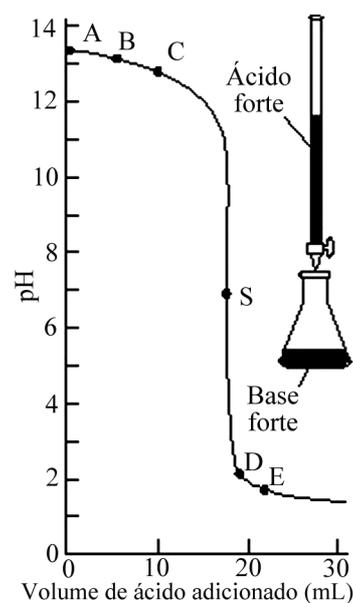
A titulação consiste em adicionar por meio de uma bureta, uma solução chamada **titulante**, em um frasco contendo a solução-problema, chamada de **analito**. Alguns termos são especialmente importantes para entendermos titulações:

- **ponto estequiométrico**: também conhecido como ponto de equivalência ou ponto de neutralização, é calculado quando a quantidade em mol de H_3O^+ (ou OH^-) adicionado como titulante é igual à quantidade em mol de OH^- (ou H_3O^+) presente no analito.
- **ponto médio**: é o ponto onde a metade de titulante necessário foi adicionado. Se a titulação ocorrer entre um ácido fraco e uma base forte, veremos que o pH coincide com o $\text{p}K_{\text{a}}$ do ácido.

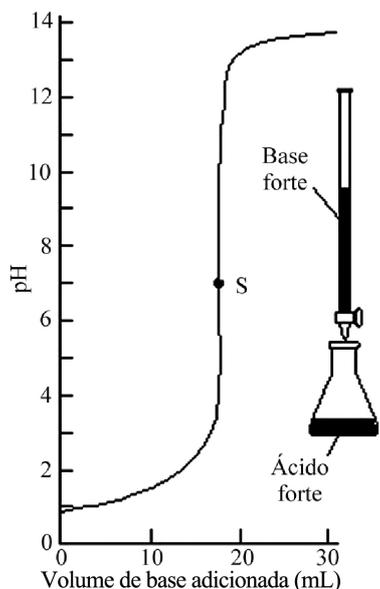
As titulações que estudaremos se classificam em dois grupos fundamentais. Veremos a ideia central de cada um e uma curva de titulação que atenda a cada situação:

1º caso: titulação de ácido forte com base forte.

O ponto estequiométrico é exatamente no $\text{pH} = 7$ e não há hidrólise de íons, muito menos a formação de regiões tamponadas. A curva característica de uma titulação de uma base forte (25,0mL de NaOH 0,25M) com um ácido forte (HCl 0,34M):

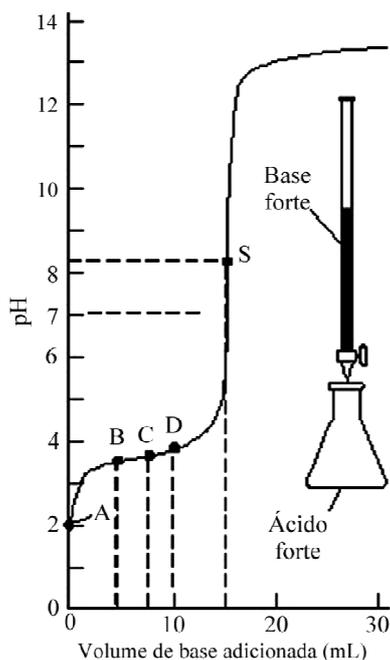


Já a curva para a titulação de um ácido forte por uma base forte é mostrada a seguir:

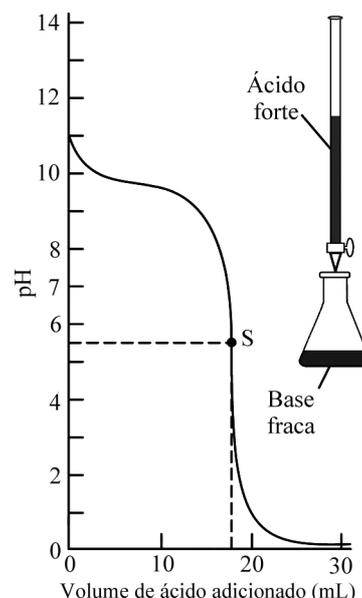


2º caso: titulação de ácido fraco com base forte (ou base fraca com ácido forte).

O ponto estequiométrico tem pH superior a 7 graças à hidrólise do ânion. Há formação de região tamponada e o ponto médio da titulação tem $\text{pH} = \text{p}K_a$. A curva característica de uma titulação de um ácido fraco (25,0mL de CH_3COOH 0,10M) com uma base forte (NaOH 0,15M) é:

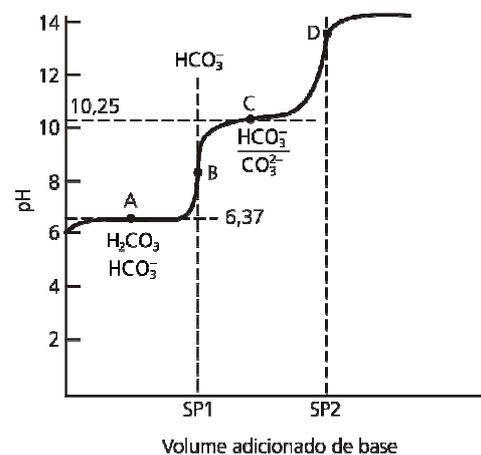
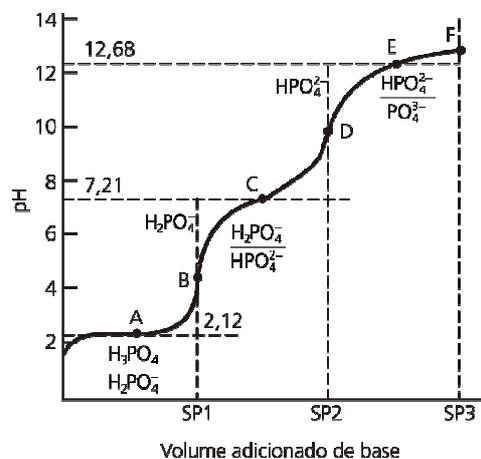


Uma curva característica de uma titulação de uma base fraca por um ácido forte tem a forma mostrada a seguir. Note que o pH do ponto estequiométrico é inferior a 7, graças à hidrólise do cátion, há uma região tamponada e o ponto médio da titulação ocorre onde $\text{pOH} = \text{p}K_b$.



Observação:

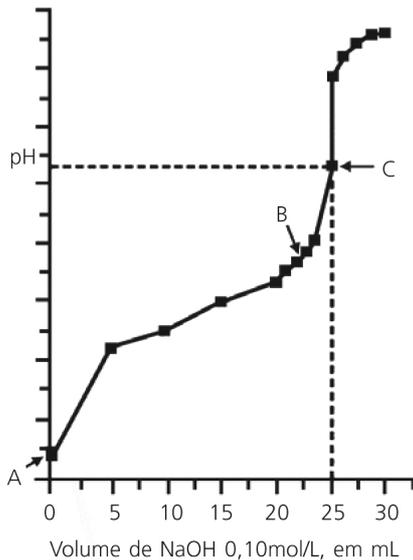
Em caso de titulação para ácidos polipróticos, a curva de titulação apresentará mais de um ponto estequiométrico, mais de um ponto médio e mais de uma região tamponada. Observe as curvas para uma titulação do ácido fosfórico (triprótico) e para o ácido carbônico (diprótico), respectivamente:





Exercícios de Fixação

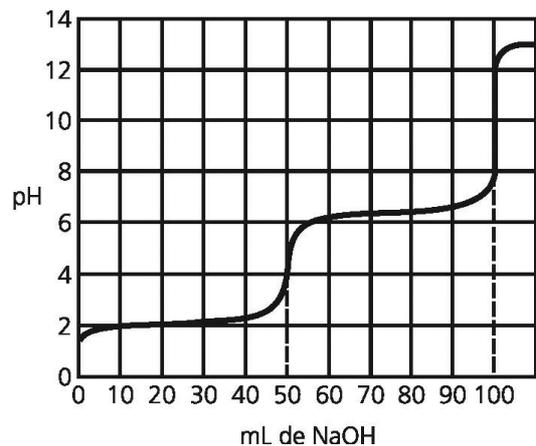
1. (Unifesp) Os resultados da titulação de 25,0 mililitros de uma solução 0,10mol/L do ácido CH_3COOH por adição gradativa de solução de NaOH 0,10mol/L estão representados no gráfico.



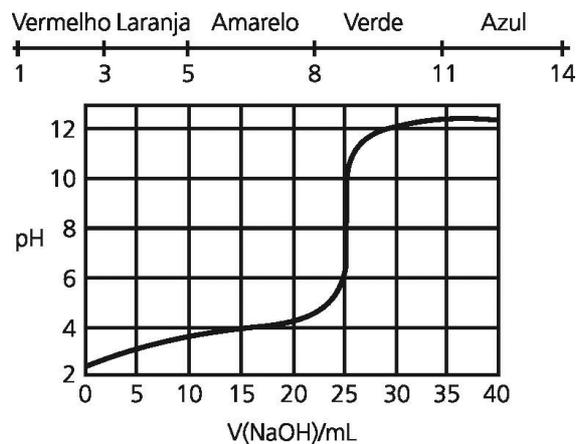
Com base nos dados apresentados nesse gráfico foram feitas as afirmações.

- I. O ponto **A** corresponde ao pH da solução inicial do ácido, sendo igual a 1;
 - II. O ponto **B** corresponde à neutralização parcial do ácido, e a solução resultante é um tampão;
 - III. O ponto **C** corresponde ao ponto de neutralização do ácido pela base, sendo seu pH maior que 7.
- É **correto** o que se afirma em:
- A) I, apenas.
 - B) II, apenas.
 - C) I e II, apenas.
 - D) II e III, apenas.
 - E) I, II e III.
2. Utilizando a tabela de indicadores apresentada na argumentação teórica, observe os itens a seguir.
- I. A fenolftaleína é um bom indicador para uma titulação entre HCl 0,1M e NaOH 0,1M;
 - II. A fenolftaleína é um bom indicador para uma titulação entre NaOH 0,1M e CH_3COOH 0,1M;
 - III. O vermelho de metila é um bom indicador para uma titulação entre HCl 0,1M e NH_3 0,1M.
- É(ão) **correta(s)**, apenas:
- A) I
 - B) II
 - C) III
 - D) II e III
 - E) I, II e III
3. (UFC-Modificada) O gráfico a seguir representa a variação do pH de 50mL de uma solução aquosa de um ácido H_2X em

função do volume de NaOH 0,30 mol L^{-1} adicionado.



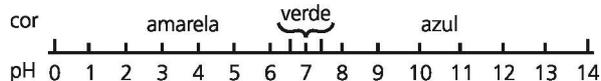
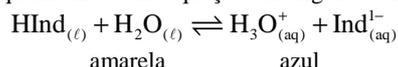
- A) Quais os valores de pK_{a1} e pK_{a2} ?
 - B) Qual a concentração, em mol L^{-1} , da solução de H_2X ?
4. (Fuvest) Um indicador universal apresenta as seguintes cores em função do pH da solução aquosa em que está dissolvido.



A 25,0mL de solução do ácido fórmico (HCOOH), de concentração 0,100mol/L, contendo indicador universal, foi acrescentada, aos poucos, solução de hidróxido de sódio (NaOH), de concentração 0,100mol/L. O gráfico mostra o pH da solução resultante no decorrer dessa adição. Em certo momento, durante a adição, as concentrações de HCOOH e de HCOO^- se igualaram. Nesse instante, a cor da solução era:

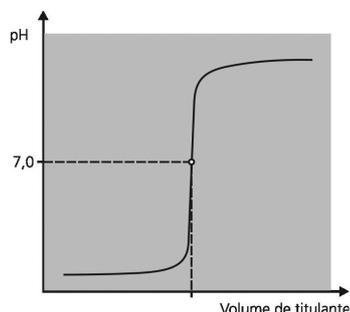
- A) vermelha.
- B) laranja.
- C) amarela.
- D) verde.
- E) azul.

5. (Unicamp-SP) As propriedades de um indicador ácido-base estão esquematizadas na equação e na figura abaixo:



Que cor apresentará esse indicador quando adicionado em cada uma das situações aquosas das seguintes substâncias:

- A) ácido acético.
 B) amônia.
 C) acetato de sódio.
 D) cloreto de hidrogênio.
 E) cloreto de sódio.
6. O vinagre é uma solução aquosa que contém 6% em massa de ácido acético – $\text{H}_3\text{CCOOH}_{(aq)}$. Uma amostra de 100mL dessa solução é neutralizada com hidróxido de sódio 0,1mol/L.
Dado: Considere a densidade do vinagre aproximadamente igual a $1\text{g}/\text{cm}^3$.
 A) Admitindo que o ácido acético esteja 1% ionizado, calcule o pH do vinagre.
 B) Calcule o volume da solução de hidróxido de sódio necessário para a neutralização.
 C) Pode-se dizer que uma vez feita a neutralização, o pH da solução resultante é 7,0? Justifique.
7. Utilizando os dados do exercício de fixação 04, determine o valor aproximado da constante de ionização do ácido fórmico (HCOOH):
 A) 10^{-2}
 B) 10^{-3}
 C) 10^{-4}
 D) 10^{-5}
 E) 10^{-6}
8. Os equipamentos destinados a medir o pH de uma solução são chamados de pHmetros. Esses equipamentos podem ser empregados também para se fazer uma titulação de neutralização sem os indicadores convencionais. O esboço de uma curva de titulação obtida com um pHmetro está representado no gráfico abaixo:



- A) A titulação a que o gráfico se refere é a de um ácido forte com uma base forte ou a de uma base forte com um ácido forte? Justifique sua resposta.
 B) Por que quando se titula um ácido fraco com uma base forte, o pH do ponto de equivalência não corresponde ao valor 7,0 a 25°C? Justifique sua resposta com um exemplo mostrando se o valor citado deve ser superior ou inferior a 7,0.

9. (AFBJ)
 A) Temos duas soluções ácidas: uma com 100mL de HCl 0,10M e outra com 50mL de ácido acético 0,20M. Qual delas requer maior volume de NaOH 0,10M para a neutralização?
 B) Temos duas soluções ácidas: uma com 100mL de HCl de pH = 2 e outra com 100mL de ácido acético de pH = 2. Qual delas requer maior volume de NaOH 0,10M para a neutralização?
10. (AFBJ) Um químico titula 25,0mL de uma solução de H_3PO_4 com uma solução 0,20M de NaOH , gastando-se 42mL para alcançar o ponto estequiométrico final com o uso de fenolftaleína como indicador. Qual a molaridade da solução de H_3PO_4 ?
Dado: a fenolftaleína possui faixa de viragem compreendida entre os valores de pH 8,2 e 10,0.
 A) 0,112M
 B) 0,168M
 C) 0,125M
 D) 0,063M
 E) 0,042M
11. Calcule o pH em cada estágio na titulação para a adição de $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,150M a 25,0mL de $\text{NaOH}_{(aq)}$ 0,110M.
 A) inicialmente.
 B) após a adição de 5,0mL de ácido.
 C) após a adição de mais 5,0 mL.
 D) no ponto estequiométrico.
 E) após a adição de 5,0 mL de ácido após o ponto estequiométrico.
 F) após a adição de 10mL de ácido após o ponto estequiométrico.
12. Uma amostra de 25,0mL de $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 0,10M é titulada com $\text{NaOH}_{(aq)}$ 0,10M.
 A) Qual é o pH inicial da solução $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 0,10M?
 B) Qual é o pH após a adição de 10,0mL de $\text{NaOH}_{(aq)}$ 0,10M?
 C) Que o volume de $\text{NaOH}_{(aq)}$ 0,10M é requerido para atingir metade do caminho do ponto estequiométrico?
 D) Calcule o pH no ponto de metade do caminho.
 E) Qual o volume de $\text{NaOH}_{(aq)}$ 0,10M requerido para atingir o ponto estequiométrico?
 F) Calcule o pH no ponto estequiométrico.
13. Uma amostra de 15,0mL de uma solução $\text{NH}_3_{(aq)}$ 0,15M é titulada com $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,5M.
 A) Qual é o pH inicial da solução $\text{NH}_3_{(aq)}$ 0,15M?
 B) Qual é o pH após a adição de 15,0mL de $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,10M?
 C) Qual o volume de $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,10M requerido para atingir metade do caminho do ponto estequiométrico?
 D) Calcule o pH no ponto de metade do caminho.
 E) Qual o volume de $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,10M requerido para atingir o ponto estequiométrico?
 F) Calcule o pH no ponto estequiométrico.

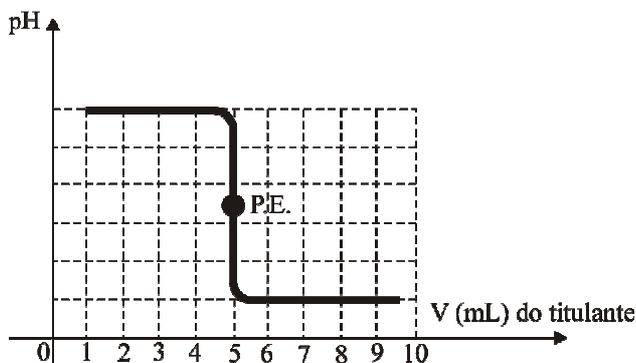
14. Uma amostra de 0,164g de ácido fosforoso, H_3PO_3 , é dissolvida em água levando a um volume total de solução igual a 50,0mL.

- A) Estime o pH dessa solução.
 B) Estime o pH da solução resultante quando 6,50mL de NaOH(aq) 0,175M é adicionado à solução do ácido fosforoso.
 C) Estime o pH da solução se 4,93mL adicionais de NaOH(aq) 0,175M for adicionado à solução na parte (b).



Exercícios Propostos

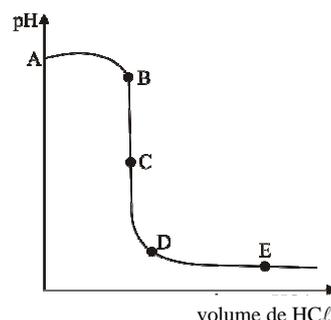
1. (UFSM) A titulação de 50mL de uma base forte com ácido forte 0,1 mol/L, que reagem com estequiometria 1:1, pode ser representada através do gráfico, onde P.E. = ponto de equivalência.



Considerando a formação dada, assinale a alternativa **correta**.

- A) A concentração da base é 0,01 mol/L.
 B) O pH no P.E. é 12,0.
 C) A concentração da base é 1,0 mol/L.
 D) A concentração da base é 0,05 mol/L.
 E) O pH da base é 12,7.

2. (PUC-MG) Considere o gráfico que representa a variação do pH de uma solução 0,1 mol/L de NaOH, quando se adiciona gradualmente uma solução 0,1 mol/L de HCl.



Analise as afirmações.

- I. O ponto A corresponde ao pH inicial da base;
 II. O ponto C corresponde ao pH de neutralização do NaOH pelo HCl;
 III. O ponto B corresponde à neutralização parcial do NaOH;
 IV. O ponto D corresponde ao pH da mistura com excesso de NaOH;
 V. O ponto E corresponde à concentração final da base.

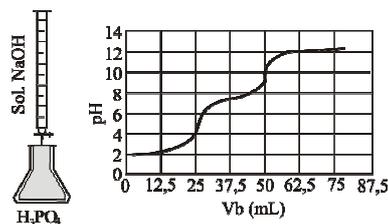
Assinale:

- A) se somente I estiver correta.
 B) se somente II e V estiverem corretas.
 C) se somente I, II e III estiverem corretas.
 D) se somente I, II, III e V estiverem corretas.
 E) se todas as alternativas estiverem corretas.

3. (Cesgranrio) Considere o fosfato presente num solo sendo transformado em ácido fosfórico (H_3PO_4), e a análise do ácido fosfórico por solução padrão de hidróxido de sódio. Reações que ocorrem:

- I. $H_3PO_4 + NaOH \rightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$
 pH = 4,75
 II. $NaH_2PO_4 + NaOH \rightarrow Na_2HPO_4 + H_2O$
 pH = 9,75
 III. $Na_2HPO_4 + NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + H_2O$
 pH = 12,2

Considere, ainda, a curva de neutralização do ácido fosfórico com a variação do pH a cada adição de solução de NaOH:

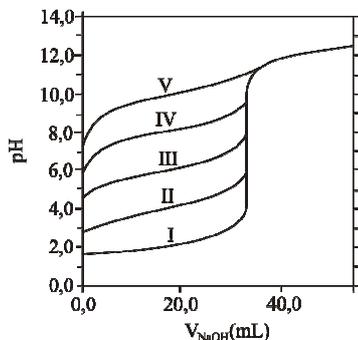


A respeito do que ocorre nessa análise, e considerando as informações fornecidas, está **incorreto** afirmar que:

- A) na adição de 25mL de solução de NaOH ocorre a reação estequiométrica representada pela equação I.
 B) na adição de 50mL de solução de NaOH ocorrem as reações estequiométricas representadas pelas equações I e II.
 C) na adição de 75mL de solução de NaOH ocorrem as reações estequiométricas representadas pelas equações I, II e III.
 D) o volume de solução de NaOH gasto na 1ª reação é exatamente igual ao gasto na 2ª reação.
 E) as 3 reações só se completam com a adição de exatamente 150mL de solução de NaOH.

4. (ITA) São fornecidas as seguintes informações a respeito de titulações ácido-base:

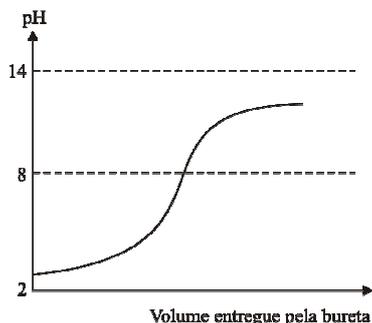
- I. A figura mostra as curvas de titulação de 30mL de diferentes ácidos (I, II, III, IV e V), todos a 0,10mol/L, com uma solução aquosa 0,10mol/L;
- II. O indicador fenolftaleína apresenta o intervalo de mudança de cor entre pH 8,0 e 10,0 e o indicador vermelho de metila, entre pH 4,0 e 6,0.



Considerando essas informações, é **correto** afirmar que:

- A) o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido IV.
- B) o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido V.
- C) o ácido III é mais forte que o ácido II.
- D) os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido I.
- E) os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido III.

5. (ITA) Um copo contém, inicialmente, 20mL de uma solução aquosa 0,1 molar de uma substância desconhecida. De uma bureta se deixa cair, gota a gota, uma solução aquosa 0,1 molar de outra substância, também desconhecida. Sabe-se que uma das substâncias em questão é um ácido e a outra uma base. Após a adição de cada gota da bureta, o pH do conteúdo do copo é monitorado e o resultado desta monitoração do pH é mostrado no gráfico a seguir.



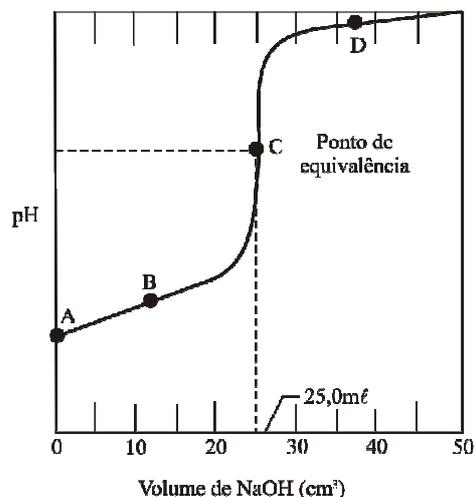
Da observação do gráfico acima, qual era a natureza das soluções iniciais no copo e na bureta?

- | substâncias no copo | substâncias na bureta |
|---------------------|-----------------------|
| A) ácido forte | base forte |
| B) base forte | ácido fraco |
| C) ácido fraco | base forte |
| D) ácido forte | base fraca |
| E) base fraca | ácido fraco |

6. (ITA) Um indicador ácido-base monoprotico tem cor vermelha em meio ácido e cor laranja em meio básico. Considere que a constante de dissociação desse indicador seja igual a $8,0 \times 10^{-5}$. Assinale a opção que indica a quantidade, em mols, do indicador que, quando adicionada a 1L de água pura, seja suficiente para que 80% de suas moléculas apresentem a cor vermelha após alcançar o equilíbrio químico.

- A) $1,3 \times 10^{-5}$
- B) $3,2 \times 10^{-5}$
- C) $9,4 \times 10^{-5}$
- D) $5,2 \times 10^{-4}$
- E) $1,6 \times 10^{-3}$

7. (AFBJ) A curva de titulação de 25mL de ácido acético 0,1M com NaOH 0,1M é mostrada a seguir:



Com base nos dados apresentados nesse gráfico, foram feitas as afirmações:

- I. O ponto **A** corresponde ao pH da solução inicial do ácido, sendo igual a 1;
- II. O ponto **B** corresponde à neutralização parcial do ácido, e a solução resultante é um tampão;
- III. O ponto **C** corresponde ao ponto de neutralização do ácido pela base, sendo seu pH maior que 7;
- IV. O ponto **D** indica que há excesso de base forte;
- V. Um indicador adequado a essa titulação é o alaranjado de metila.

É **correto** o que se afirma em:

- A) I, apenas.
- B) I e III, apenas.
- C) I e V, apenas.
- D) II, III e V, apenas.
- E) II, III e IV.

8. Suponha que esteja sendo conduzida uma titulação na qual $HCl_{(aq)}$ 0,34M é o titulante e o analito consiste, inicialmente, de 25mL de $NaOH_{(aq)}$ 0,25M.

- A) Qual é o pH da solução do analito após a adição de 5,00mL de titulante?
- B) Qual é o pH de uma solução resultante da adição de mais 5,00mL do titulante HCl ao analito?
- C) Qual é o pH da solução resultante da adição de outros 2,0mL de titulante ao analito?

9. Experimentalmente, sabemos que o pH muda abruptamente próximo ao ponto estequiométrico.
- Qual o volume da solução de HCl necessário para se alcançar o ponto estequiométrico na titulação da questão anterior?
 - Qual o pH se atingirmos o ponto estequiométrico da questão anterior e então adicionarmos 1,0mL extra de HCl ?
 - Calcule o pH da solução da questão anterior após a adição de 20,4mL de titulante.
 - Calcule o pH da solução da questão anterior após a adição de 25,0mL de titulante.
10. A) Estime o pH no ponto estequiométrico da titulação de 25,0mL de $\text{HCOOH}_{(\text{aq})}$ 0,10M com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,15M.
 B) Determine o volume de titulante para que se alcance o ponto estequiométrico.
Dado: k_a do $\text{HCOOH} = 1,8 \times 10^{-4}$.
11. Calcule o pH no ponto estequiométrico da titulação de 25,0mL de $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ 0,020M com $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,015M.
Dado: k_b do $\text{NH}_3 = 1,8 \cdot 10^{-5}$.
12. Calcule o pH no ponto estequiométrico da titulação de 25,0mL de $\text{HClO}_{(\text{aq})}$ 0,010M com $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 0,020M.
Dado: k_a do $\text{HClO} = 3,0 \cdot 10^{-8}$.
13. A) Calcule o pH da solução resultante quando 5,00mL de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,15M é adicionado a 25,0mL de $\text{HCOOH}_{(\text{aq})}$ 0,100M. Use $k_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$.
 B) Calcule o pH da solução após a adição de mais 5,00mL de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,15M.
 C) Calcule o pH da solução após a adição de mais 5,00mL de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,15M.
14. A) Qual o volume de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,010M requerido para atingir o 1º e o 2º pontos estequiométricos na titulação de 25,0mL de $\text{H}_2\text{SO}_3_{(\text{aq})}$ 0,010M?
 B) Determine o valor do pH da solução obtida quando se alcança o 1o ponto estequiométrico.
Dados: $k_{a1} = 1,5 \cdot 10^{-2}$ e $k_{a2} = 1,2 \cdot 10^{-7}$.
15. Qual o volume de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,020M requerido para atingir:
- o 1º ponto estequiométrico;
 - o 2º ponto estequiométrico;
 - o 3º ponto estequiométrico;
- na titulação de 30,0mL de $\text{H}_3\text{PO}_4_{(\text{aq})}$ 0,010M?
16. Uma amostra de $\text{H}_3\text{PO}_4_{(\text{aq})}$ 0,010M de volume 10,0mL foi titulada com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,010M. Estime o pH após a adição dos seguintes volumes de solução de NaOH :
- nenhum.
 - 10,0mL.
 - 26,0mL.
- Use $k_{a1} = 7,6 \cdot 10^{-3}$, $k_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$ e $k_{a3} = 2,1 \cdot 10^{-13}$.

17. Uma amostra de 20,0mL de $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq})}$ 0,10M foi titulada com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,30M. Estime o pH e descreva o estágio da titulação depois da adição dos seguintes volumes de solução de NaOH :

A) 5,00mL.

B) 13,34mL.

Use $k_{a1} = 1,3 \cdot 10^{-7}$ e $k_{a2} = 7,1 \cdot 10^{-15}$

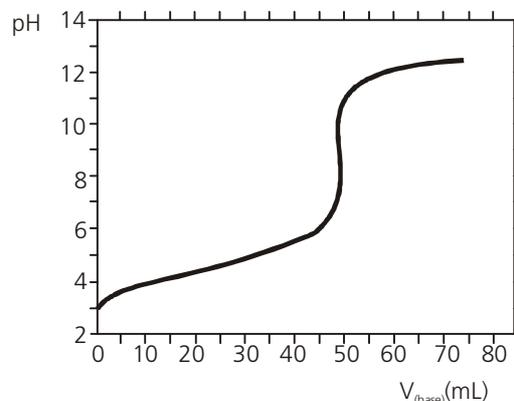
18. Uma amostra de 25mL de $\text{H}_3\text{PO}_4_{(\text{aq})}$ 0,20M foi titulada com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,10M. Estime o pH após a adição dos seguintes volumes de solução de NaOH :

A) 70,0mL.

B) 100,0mL.

Use os dados da questão 16.

19. (ITA) Considere a curva de titulação a seguir, de um ácido fraco com uma base forte.



A) Qual o valor do pH no ponto de equivalência?

B) Em qual(ais) intervalo(s) de volume de base adicionado o sistema se comporta como tampão?

C) Em qual valor de volume de base adicionado $\text{pH} = \text{p}k_a$?

20. Uma amostra de 15,0mL de uma solução $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ 0,15M é titulada com $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,5M.

A) Qual é o pH inicial da solução $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ 0,15M?

B) Qual é o pH após a adição de 1,5 mL de $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,5M?

C) Qual o volume de $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,5 M requerido para atingir metade do caminho do ponto estequiométrico?

D) Calcule o pH no ponto de metade do caminho.

E) Qual o volume de $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,5M requerido para atingir o ponto estequiométrico?

F) Calcule o pH no ponto estequiométrico.

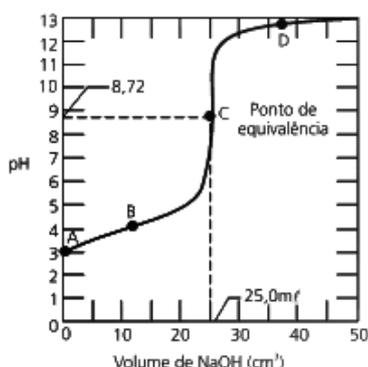
G) Sugira um indicador adequado para essa titulação.

($k_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

21. (UPE) Titulando-se 25mL de uma solução de ácido acético 0,10M com hidróxido de sódio 0,10M é de se esperar que:

- A) o ponto de equivalência ocorra com pH menor que 7, pois o titulante é um ácido.
- B) o ponto de equivalência ocorra com pH igual a 7, pois ocorre uma reação de neutralização.
- C) o ponto de equivalência ocorra com pH igual a 14, pois o titulante é um hidróxido forte.
- D) o ponto de equivalência ocorra com pH alcalino, pois o sal formado na titulação é um sal de hidrólise básica.
- E) o ponto de equivalência ocorra com pH ácido, pois o sal formado na titulação é um sal de hidrólise ácida.

22. (AFBJ) A curva de titulação de 25mL de ácido acético 0,1M com NaOH 0,1M é mostrada a seguir:



Com base nos dados apresentados nesse gráfico, foram feitas as afirmações:

- I. O ponto **A** corresponde ao pH da solução inicial do ácido, sendo igual a 1;
- II. O ponto **B** corresponde à neutralização parcial do ácido, e a solução resultante é um tampão;
- III. O ponto **C** corresponde ao ponto de neutralização do ácido pela base, sendo seu pH maior que 7;
- IV. O ponto **D** indica que há excesso de base forte;
- V. Um indicador adequado a essa titulação é o alaranjado de metila.

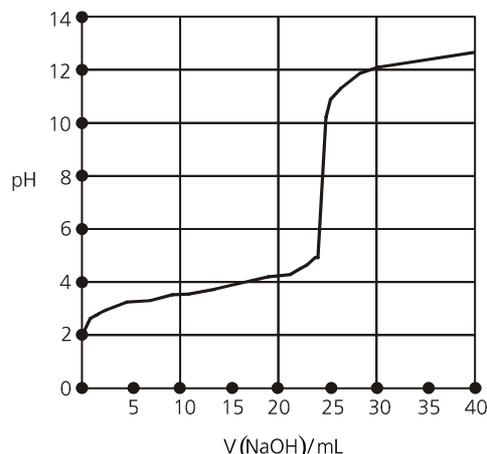
É correto o que se afirma em:

- A) I, apenas.
- B) I e III, apenas.
- C) I e V, apenas.
- D) II, III e V, apenas.
- E) II, III e IV.

23. (UFCEG) Um indicador em solução aquosa modifica a sua cor de acordo com os intervalos de pH, indicados no esquema abaixo:



A 25mL de uma solução aquosa de ácido láctico (um ácido fraco monocarboxílico, aqui representado por RCOOH), de concentração 0,1M, contendo o indicador, foi acrescentada aos poucos uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), de concentração 0,1M. O gráfico abaixo mostra o pH de solução resultante no decorrer dessa adição.



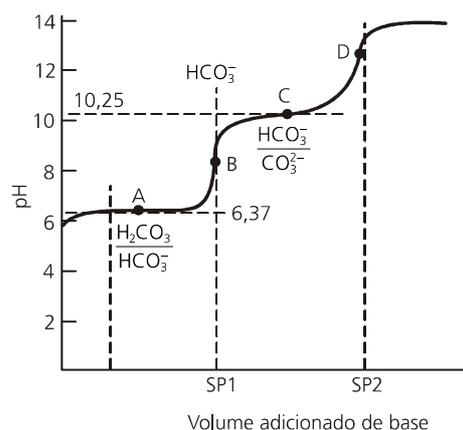
Indique, dentre as alternativas abaixo, aquela que representa a coloração do indicador com as características acima, quando as concentrações de RCOOH e RCOO⁻ se igualarem.

- A) Azul.
- B) Vermelho.
- C) Verde.
- D) Laranja.
- E) Amarelo.

24. Ainda sobre o gráfico anterior, determine o valor aproximado do pka para o ácido láctico.

- A) 2,2
- B) 3,0
- C) 3,8
- D) 4,5
- E) 8,0

As duas questões a seguir referem-se ao gráfico adiante, que mostra a titulação de uma solução 0,2M de um ácido fraco diprótico perante uma solução 0,1M de KOH:



25. Quais os valores de pH em que a titulação alcança os dois pontos estequiométricos?

- A) 6 e 8,2
- B) 6 e 10,5
- C) 6,3 e 10,5
- D) 8,2 e 10,5
- E) 8,0 e 12,2

