

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

**AMINOÁCIDOS: ESTRUTURA E PROPRIEDADES**

Parte escrita do seminário referente à disciplina  
“Reatividade de Compostos Orgânicos II e Biomoléculas”

**Cibele Rosalin  
Líria Domingues  
Luma Antonio  
Maria Cláudia Araujo  
Priscila Carneiro**

**São Paulo, 2016**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>04</b>
<b>2. ESTRUTURA E PROPRIEDADES DE AMINOÁCIDOS.....</b>	<b>05</b>
2.1. Definição e Exemplos.....	05
2.2. Princípios e Aplicação da Projeção de Fischer.....	06
2.3. Característica Zwitteriônica de Aminoácidos.....	08
2.3.1. Definição das Constantes de Dissociação Ácida (Pka), Básica (Pkb) e Ponto Isoelétrico (PI).....	09
<b>3. OS AMINOÁCIDOS E A VIDA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Arginina.....	15
3.2. Ácido aspártico e fenilalanina.....	15
3.3. Fenilalanina e tirosina.....	16
3.4. Ácido glutâmico, cisteína e glicina.....	17
<b>4. APLICAÇÃO INDUSTRIAL.....</b>	<b>18</b>
4.1. Hidrólise de Proteínas.....	18
4.2. Síntese Química.....	19
4.3. Métodos Biotecnológicos.....	19
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Formação de uma ligação peptídica.....	04
Figura 02 - Sequência de aminoácidos formada por ligações peptídicas.....	04
Figura 03 – A estrutura proteica é composta de diversos tipos de aminoácidos.....	05
Figura 04 – Aminoácido alanina (ALA) na projeção de Fischer.....	06
Figura 05 – Representação de uma molécula aquiral.....	07
Figura 06 – Representação de uma molécula quiral.....	07
Figura 07 – Plano de Simetria: molécula aquiral (esq.) e quiral (dir.).....	07
Figura 08 – Exemplos de aminoácidos "L" e "D".....	08
Figura 09 – L-aminoácidos possuem orientação anti-horária, D-aminoácidos, horária.	08
Figura 10 – Formação de um zwitterion.....	09
Figura 11 - Influência do pH nos grupos funcionais dos aminoácidos.....	09
Figura 12 – Característica dos grupos funcionais em um aminoácidos.....	10
Figura 13 – Equilíbrio, Constante de equilíbrio e pKa.....	10
Figura 14 – Variações do grupo carboxila: protonado e desprotonado.....	10
Figura 15 – Equação de pKb e relação pKa e pKb.....	11
Figura 16 – Variações do grupo amino dos aminoácidos.....	11
Figura 17 – Variações dos grupos dos aminoácidos em diferentes pHs.....	12
Figura 18 – Curva de titulação da glicina.....	12
Figura 19 – Relação pKa e pH com prótons H <sup>+</sup> do meio.....	12
Figura 20 – Cálculo do Ponto Isoelétrico.....	13
Figura 21 – Tabela com os valores de pKa dos grupos funcionais de aminoácidos.....	13
Figura 22 – Aminoácidos separados de acordo com o grupo R.....	14
Figura 23 – Molécula de arginina.....	15
Figura 24 – Molécula de ácido aspártico.....	16

Figura 25 – Molécula de fenilalanina.....	16
Figura 26 – Fenilalanina sendo convertida em tirosina para diagnóstico da fenilcetonúria.....	17
Figura 27 – O antioxidante hidrossolúvel glutathione: formado pelos aminoácidos GLU, CYS e GLY.....	17
Figura 28 – Esquema de Hidrólise de proteínas.....	19
Figura 29 - Síntese de Glicina.....	19
Figura 30 – Produção do glutamato de monossódico.....	20

## 1. Introdução

Aminoácidos são as unidades que compõem as proteínas, cuja estrutura primária é formada por sequências de aminoácidos formadas por ligações peptídicas – ligações carbono-nitrogênio que se formam pela reação entre o grupo carboxila ( $\text{COO}^-$ ) de um aminoácido e o grupo amino ( $\text{NH}_3^+$ ) do aminoácido seguinte, resultando num grupamento amida.

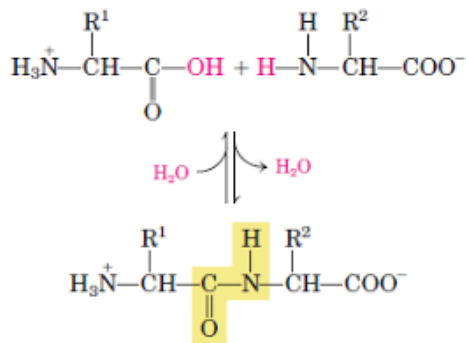


Figura 01 – Formação de uma ligação peptídica.

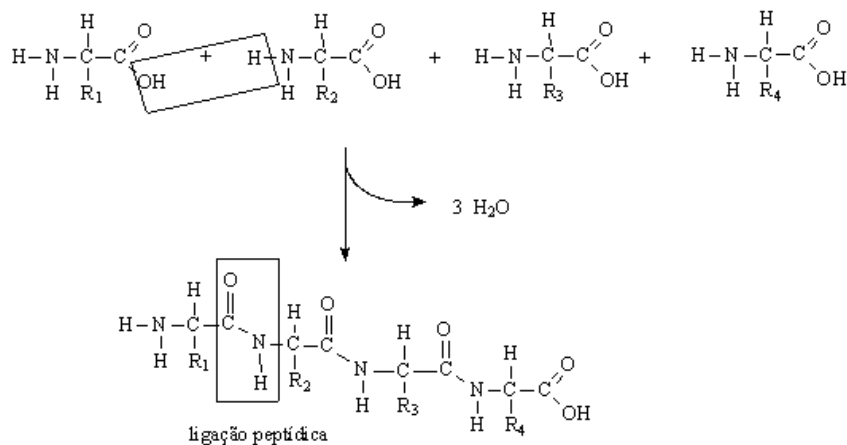


Figura 02 - Sequência de aminoácidos formada por ligações peptídicas.

A reação das Figuras 01 e 02 jamais ocorre espontaneamente num ser vivo. A ligação peptídica é feita no aparato de síntese proteica e ocorre nos ribossomos.

As proteínas naturais contém até 21 aminoácidos primários diferentes ligados entre si por tais ligações amida. O 21º e mais novo aminoácido, que foi reconhecido como aminoácido natural, é a selenocisteína.

Apesar do número baixo de aminoácidos, existem milhares de proteínas diferentes. Considerando-se uma proteína de 20 aminoácidos, um de cada tipo, podem

ser obtidas a quantidade extraordinária de  $2,4 \times 10^8$  proteínas diferentes (20 arranjos de 20 elementos).

## 2. Estrutura e Propriedades de Aminoácidos

### 2.1. Definição e Exemplos

Aminoácidos são ácidos carboxílicos que possuem um grupo amino. Os aminoácidos mais comuns na natureza são os alfa-aminoácidos, que possuem fórmula molecular geral  $RCH(NH_2)COOH$ . A função amino está localizada no carbono C2 ou carbono-alfa. O radical (grupo *R*) pode ser uma alquila ou arila, podendo conter os grupamentos hidroxila, amino, tiol, entre outros.

Os aminoácidos são a estrutura fundamental de proteínas e a cadeia lateral *R* diferencia os aminoácidos entre si.

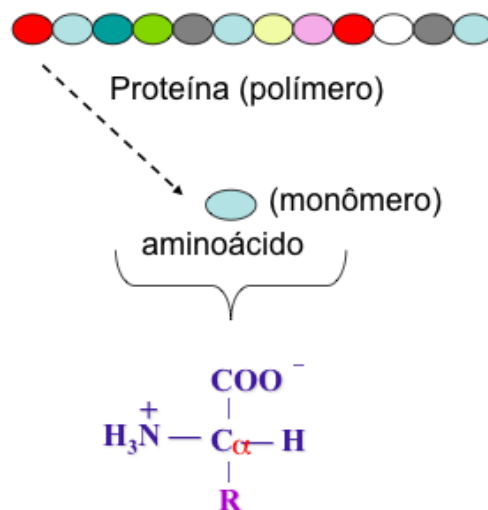


Figura 03 – A estrutura proteica é composta de diversos tipos de aminoácidos.

Dentro da nutrição humana, os aminoácidos são responsáveis pela definição, digestão, absorção e transporte. São divididos entre aminoácidos essenciais, não-essenciais e semi-essenciais ou precursores.

Os aminoácidos **essenciais** não são sintetizados pelo organismo ou não o podem ser com rapidez suficiente para satisfazer as necessidades do organismo.

Exemplos: Isoleucina (ILE), Lisina (LYS), Leucina (LEU) Triptofano (TRP) Treonina (TRE), Metionina (MET), Fenilalanina (PHE), Valina (VAL), Histidina (HIS).

Os aminoácidos **não essenciais**, seguindo o pensamento inverso, podem ser sintetizados com facilidade pelo organismo, a partir de outros precursores.

Exemplos: Alanina (ALA), Ácido aspártico (ASP), Asparagina (ASG), Ácido glutâmico (GLU), Serina (SER).

Por fim, aminoácidos **semi-essenciais** ou **precursores** são aqueles que podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos desde que os aminoácidos precursores estejam presentes em quantidade suficiente na dieta. São aminoácidos *condicionalmente* essenciais, ou seja, são os aminoácidos que, devido a determinadas patologias, não podem ser sintetizados pelo corpo humano. Assim, é necessário obter estes aminoácidos através da alimentação, de forma a satisfazer as necessidades metabólicas do organismo.

Exemplos: Arginina (glutamina/glutamato), Cisteína (aspartato), Glutamina (ácido glutâmico, amônia), Glicina (serina, colina), Prolina (glutamato), Tirosina (fenilalanina).

## 2.2. Princípios e Aplicação da Projeção de Fischer

A **Projeção de Fischer** é um modo simplificado de representar um átomo de carbono tetraédrico e seus substituintes. As linha horizontais representam ligações direcionadas **para fora** do plano do papel, enquanto as verticais, seguindo o mesmo pensamento, representam ligações direcionadas **para trás** do plano do papel.

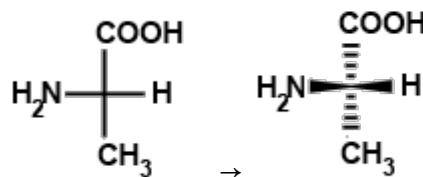


Figura 04 – Aminoácido alanina (ALA) na projeção de Fischer

Um carbono é chamado de assimétrico ou quiral, sendo simbolizado com a letra C acompanhada do sinal gráfico asterisco (C\*), quando possui quatro ligantes diferentes entre si. Quando pelo menos dois ligantes são iguais, o carbono é caracterizado como aquiral ou simétrico.

Uma das formas de verificarmos se uma molécula possui atividade óptica, ou seja, se desvia o plano de luz polarizada, é observar se ela é assimétrica. Todas as moléculas com centros quirais são, portanto, **ópticamente ativas**. Elas podem girar o plano da luz plano-polarizada e essa rotação é diferente para os diferentes estereoisômeros.

Devido ao arranjo tetraédrico dos orbitais de ligação ao redor do carbono alfa dos aminoácidos, os quatro grupos substituintes podem ocupar duas disposições espaciais distintas, que são imagens especulares, não superponíveis. Estas formas são chamadas de **enantiômeros** uma classe dos **estereoisômeros**.

O carbono assimétrico não admite um plano de simetria, isto é, um plano imaginário que corta uma molécula de maneira que as duas metades da molécula sejam uma imagem especular da outra.

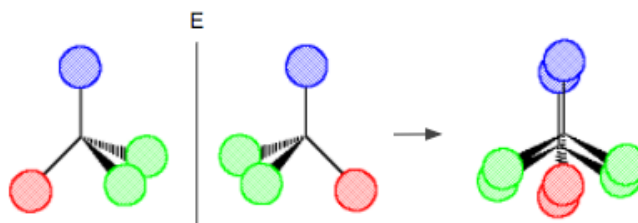


Figura 05 – Representação de uma molécula aquiral.

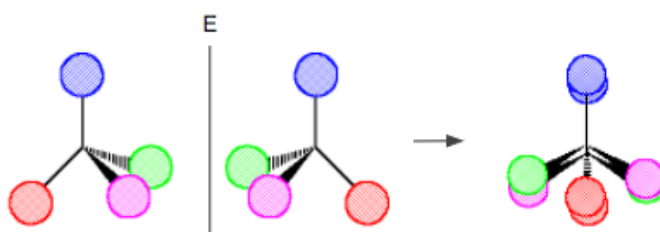


Figura 06 – Representação de uma molécula quiral.

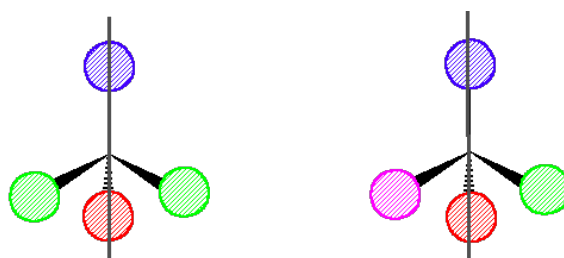


Figura 07 – Plano de Simetria: molécula aquiral (esq.) e quiral (dir.)

Com base nesses conceitos, os aminoácidos são denominados "**D-**" ou "**L-**" de acordo com a configuração absoluta dos substituintes ao redor do átomo de carbono quiral. Alinhados o radical (cadeia carbonílica) e o carboxilato ( $\text{COO}^-$ ) nas linhas verticais da projeção de Fischer, aminoácidos com o grupo amino ( $\text{NH}_3^+$ ) à esquerda serão *L*-aminoácidos, e os com o grupo amino à direita, *D*-aminoácidos.



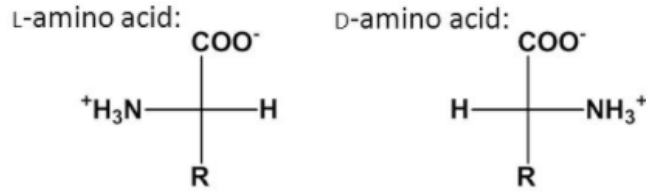


Figura 08 – Exemplos de aminoácidos "L" e "D"

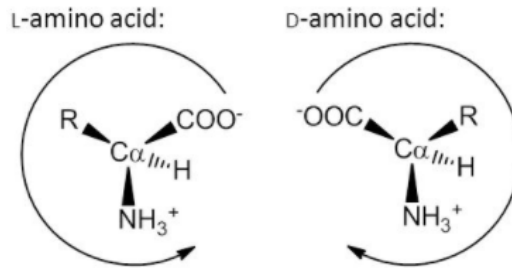


Figura 09 – L-aminoácidos possuem orientação anti-horária, D-aminoácidos, horária.

Quase todos os compostos biológicos com centro quiral ocorrem naturalmente em apenas uma forma estereoisomérica, **D** ou **L**. Os aminoácidos nas moléculas proteicas são sempre L-estereoisômeros – D-aminoácidos foram encontrados apenas em pequenos peptídeos que têm função de antibiótico (ex. na Gramicidina S, antibiótico produzido pela bactéria Gram positiva *Bacillus brevis*).

### 2.3. Característica Zwitteriônica de Aminoácidos

Em soluções aquosas os aminoácidos estão ionizados e podem apresentar tanto características ácidas ou básicas dependendo do meio onde estão localizados. Isto ocorre devido à presença dos dois grupos funcionais que os compõem, o carboxílico (ácido – COOH) e o amino (básico – NH<sub>2</sub>). Aminoácidos são, portanto, anfóteros, uma classe específica de espécies químicas que são moléculas anfipróticas, podendo doar ou receber prótons (H<sup>+</sup>) de acordo com o conceito ácido-base de Brönsted-Lowry.

Em pH fisiológico, os aminoácidos existem como um íon dipolar, denominado *zwitterion*, formado com a protonação do grupo amino pelo ácido carboxílico.

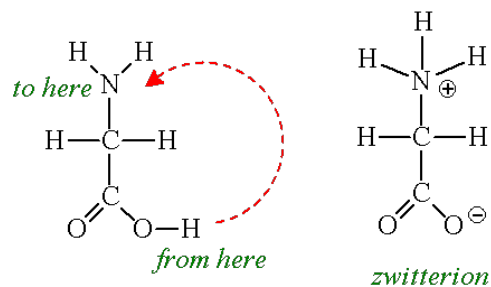


Figura 10 – Formação de um *zwitterion*.

A formação do carboxilato de amônio é favorecida porque o íon amônio é muito menos ácido ( $pK_a < 10-11$ ) do que o ácido carboxílico ( $pK_a < 2-5$ ).

Dependendo do pH do meio, o aminoácido pode se apresentar em sua forma desprotonada (soluções com baixa concentração de prótons), neutra ou protonada (soluções com alta concentração de prótons), sendo que os *zwitterions* tem sempre uma carga positiva e uma negativa.

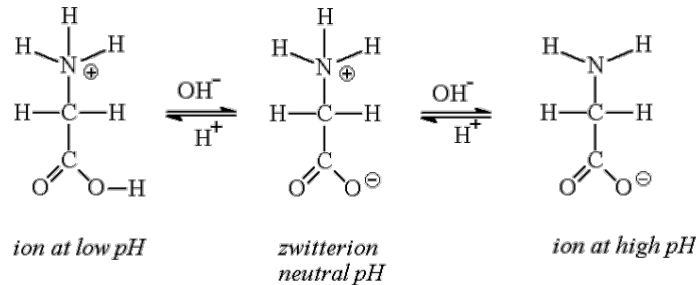


Figura 11 - Influência do pH nos grupos funcionais dos aminoácidos.

### 2.3.1. Definição das Constantes de Dissociação Ácida (Pka), Básica (Pkb) e Ponto Isoelétrico (PI)

O estado de ionização dos grupos carboxila e amino dos aminoácidos varia com o pH.

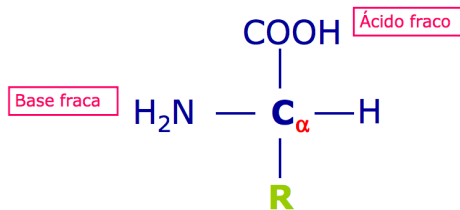
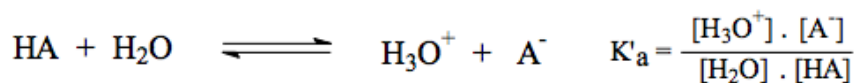


Figura 12 – Característica dos grupos funcionais em um aminoácidos.

A força de um ácido depende, na definição de Brønsted, da sua constante de equilíbrio ácido base em água, ou seja do seu valor de pKa. Ácidos mais fracos têm valores superiores de pKa. Nos aminoácidos, o grupo carboxílico é o representante ácido. A constante de equilíbrio é determinada pela estabilidade relativa do ácido e da base conjugada:



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad ; \quad \text{p}K_a = -\log K_a$$

Figura 13 – Equilíbrio, Constante de equilíbrio e pKa.



Ácido fraco  
( $\text{p}K_1 \approx 2,0$ )

Em pH 2  $[\text{COOH}] = [\text{COO}^-]$

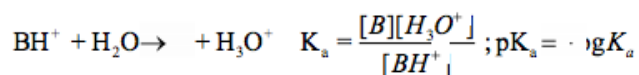
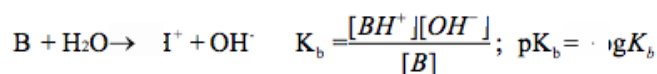
↑  $\text{H}^+$  Em pH < 2 predomina a forma COOH

↓  $\text{H}^+$  Em pH > 2 predomina a forma  $\text{COO}^-$

Figura 14 – Variações do grupo carboxila: protonado e desprotonado.

Análogo ao pKa de ácidos, pode-se definir a constante de associação de uma base com um próton, o pKb. Nos aminoácidos, o grupo com caráter básico é o amino. Vale ressaltar que quanto menor o Kb – mais fraca é a base e seu pKb será maior.

Porém, a maioria dos livros apresenta os valores de dissociação dos ácidos correspondentes das bases, pKa (pKa de uma base significa pKa do ácido correspondente da base, ou seja, pKBH+), ao invés dos valores de pKb. Nos aminoácidos, o grupo carboxílico é o representante básico e, pela relação pKa x pKb, possui como valor comparativo, o pKa.



Relação entre pKa e pKb:

$$K_a \times K_b = \frac{[\text{B}] [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{BH}^+]} \frac{[\text{BH}^+] [\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]}{1} = K_w$$

$$\text{com isso: } \text{p}K_a + \text{p}K_b = 14$$

Figura 15 – Equação de pKb e relação pKa e pKb.

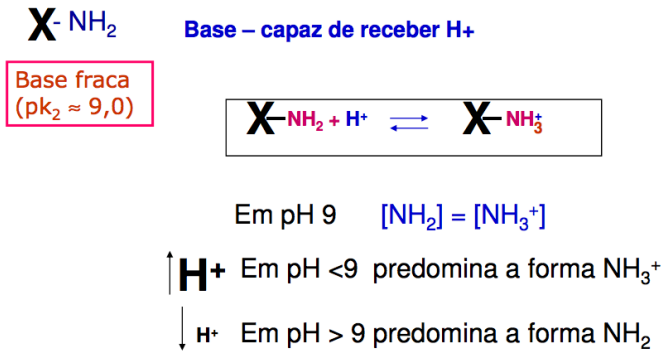


Figura 16 – Variações do grupo amino dos aminoácidos.

O pK corresponde ao pH em que há 50% de dissociação do ácido ou da base. Assim, definidos esses termos, podemos analisar o estado de ionização dos grupos carboxila e amino de um aminoácido em diferentes pHs e lembrar a definição de ponto isoelétrico.

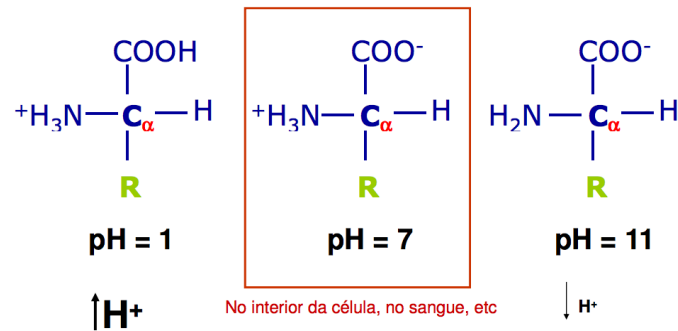


Figura 17 – Variações dos grupos dos aminoácidos em diferentes pHs.

Ponto isoelétrico, ponto isoelétrico ou pI, é o valor de pH onde uma molécula, no caso, um aminoácido qualquer, apresenta carga elétrica líquida igual a zero. O pI é o pH no qual há equilíbrio entre as cargas negativas e positivas dos grupamentos iônicos de um aminoácido ou de uma proteína.

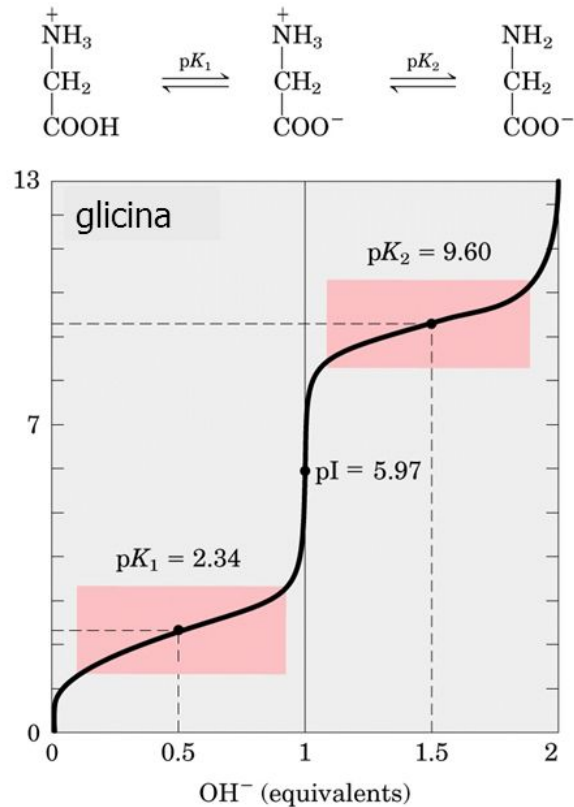


Figura 18 – Curva de titulação da glicina.

pH > pKa = H<sup>+</sup> presentes  
(substância protonada)

pH < pKa = H<sup>+</sup> ausentes  
(substância desprotonada)

Figura 19 – Relação pKa e pH com prótons H<sup>+</sup> do meio.

Na *Figura 18*, temos a curva de titulação da glicina e as formas que ela se apresenta em determinados pHs. As espécies iônicas predominantes nos pontos chave da titulação estão representadas graficamente. As caixas sombreadas indicam as regiões de maior força tamponante.

Para calcular o pI, basta somar os pKs e dividi-los por 2 (fazer uma média aritmética simples). Entretanto, há aminoácidos com mais radicais ionizáveis. Nesse

caso, para determinar o ponto isoelétrico, basta encontrar a molécula em estado neutro e fazer a média aritmética dos pKs adjacentes.

A histidina é o único aminoácido capaz de servir de tampão biológico, uma vez que forma uma solução tampão a um pH aproximadamente igual a 7.

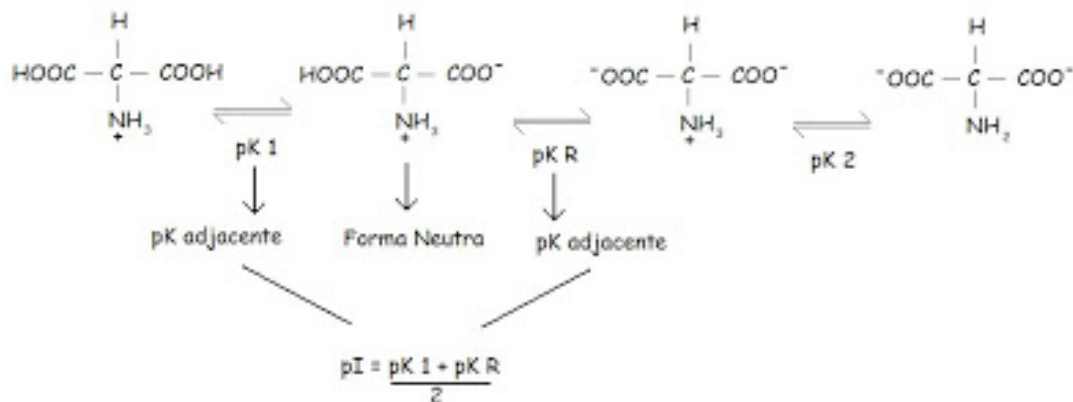


Figura 20 – Cálculo do Ponto Isoelétrico.

Aminoácido	pK <sub>1</sub>		pK <sub>2</sub>		pK <sub>3</sub>		PI
	Grupo	Valor	Grupo	Valor	Grupo	Valor	
Glicina	α carboxilo	2,34	α amino	9,60	-	-	5,97
Alanina	α carboxilo	2,35	α amino	9,69	-	-	6,02
Valina	α carboxilo	2,32	α amino	9,62	-	-	5,97
Leucina	α carboxilo	2,36	α amino	9,60	-	-	5,98
Isoleucina	α carboxilo	2,36	α amino	9,68	-	-	6,02
Serina	α carboxilo	2,21	α amino	9,15	-	-	5,68
Treonina	α carboxilo	2,63	α amino	10,43	-	-	6,53
Fenilalanina	α carboxilo	1,83	α amino	9,13	-	-	5,48
Triptófano	α carboxilo	2,38	α amino	9,39	-	-	5,88
Metionina	α carboxilo	2,28	α amino	9,21	-	-	5,75
Prolina	α carboxilo	1,99	α amino	10,60	-	-	6,29
Asparagina	α carboxilo	2,02	α amino	8,88	-	-	5,45
Glutamina	α carboxilo	2,17	α amino	9,13	-	-	5,65
Tirosina	α carboxilo	2,20	α amino	9,11	fenólico	10,07	5,65
Lisina	α carboxilo	2,18	α amino	8,95	ε amino	10,53	9,74
Histidina	α carboxilo	1,82	Imidazol	6,00	α amino	9,17	7,58
Arginina	α carboxilo	2,17	α amino	9,04	guanidino	12,48	10,76
ácido aspártico	α carboxilo	2,09	β carboxilo	3,86	α amino	9,67	2,97
ácido glutâmico	α carboxilo	2,19	γ carboxilo	4,25	α amino	9,67	3,22
Cisteína	α carboxilo	1,71	Sulfidrílo	8,33	α amino	10,78	5,02

Figura 21 – Tabela com os valores de pKa dos grupos funcionais de aminoácidos.

Como podemos notar, as propriedades das cadeias laterais são importantes para a conformação das proteínas e, portanto, para sua função. O grupo R

é a parte que define as propriedades de cada aminoácido de acordo com suas características de estrutura, tamanho, carga elétrica e solubilidade.

Desta forma, os aminoácidos são classificados através da polaridade do grupo R: *Hidrofóbicos/hidrofílicos, Polares/apolares e com carga positiva/com carga negativa.*

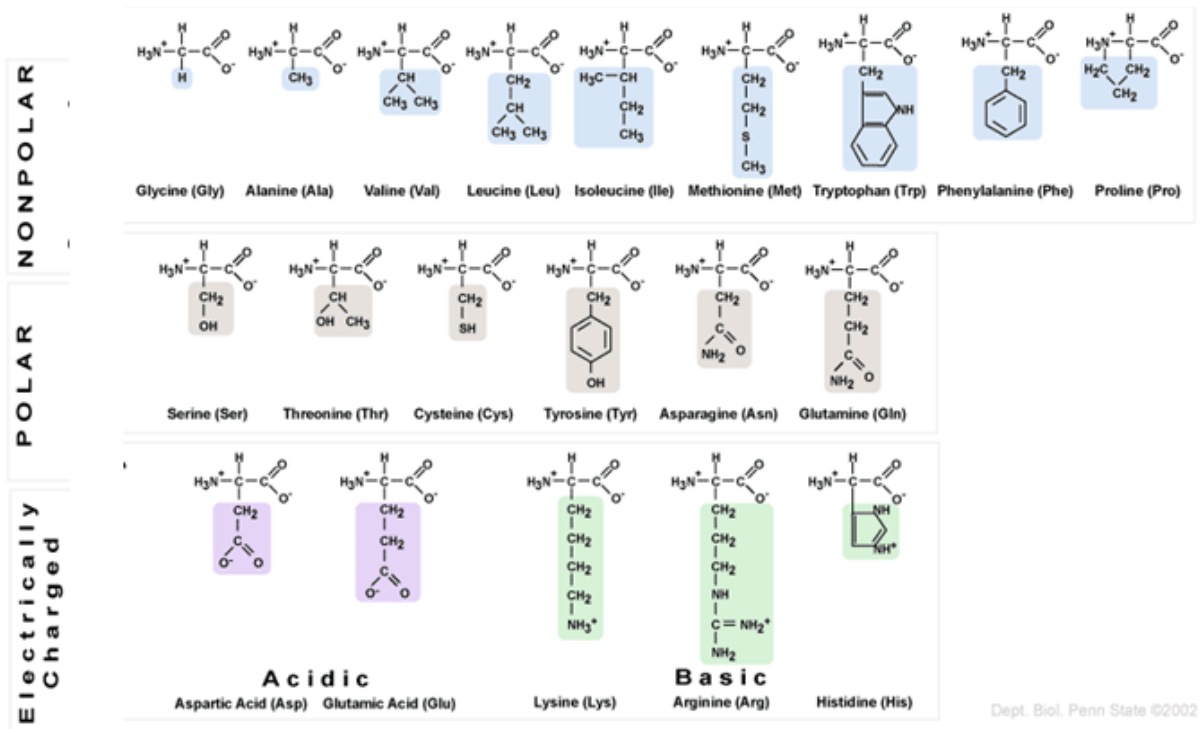


Figura 22 – Aminoácidos separados de acordo com o grupo R.

É importante saber identificar a categoria do aminoácido e não confundir aminoácidos apolares com polares sem carga, por exemplo.

### 3. Os Aminoácidos e a Vida

Os 20 aminoácidos mais comuns, ligados por ligações peptídicas, constroem as proteínas. Algumas proteínas contêm milhares de aminoácidos, mas é possível determinar a sequência dos aminoácidos de muitos polipeptídeos (polímeros dos aminoácidos) e sintetizar essas moléculas em laboratório.

Uma definição funcional da vida implica uma condição da matéria que se manifesta pelo crescimento, metabolismo, reprodução e evolução. Nesse contexto, os aminoácidos são de extrema importância para a vida e para os organismos vivos, uma vez que constituem proteínas com diversas funções. Proteínas como as enzimas, que catalisam transformações de complexidade variada, acelerando certas reações muitos milhões de vezes, desde a simples hidratação do dióxido de carbono até a replicação

de cromossomos inteiros, grandes fitas enroladas de DNA, que são o material genético das células vivas; como a rodopsina, fotorreceptor que gera e transmite impulsos nervosos nas células da retina; proteínas que servem de transporte e armazenamento, como a hemoglobina, que transporta o oxigênio, a transferrina, que transporta ferro pelo sangue e a ferritina, que armazena ferro; proteínas que participam da coordenação dos movimentos, como na contração dos músculos; proteínas que dão suporte mecânico à pele e aos ossos; como os anticorpos, responsáveis pela proteção imunológica; proteínas que controlam o crescimento e a diferenciação que partem da informação armazenada no DNA; e muitas outras.<sup>(1)</sup>

### 3.1. Arginina

A arginina, aminoácido essencial, é um inibidor da síntese de NO (óxido nítrico). A molécula do NO é muito reativa e extremamente tóxica, é sintetizada em muitas células de mamíferos, incluindo os humanos, e tem funções biológicas importantes. O NO é uma neurotoxina poderosa cuja liberação sem controle pode ser responsável pela destruição extensiva das células associada aos derrames e a desordem cerebrais, com as doenças de Alzheimer e de Huntington.

Estudos mostram que, após o início do entupimento de vasos sanguíneos em ratos, a administração de N<sup>2</sup>-nitro-L-arginina reduz muito os danos neuronais causados pelo NO, sendo a arginina, portanto, fonte de busca de terapias para essas doenças.<sup>(1)</sup>

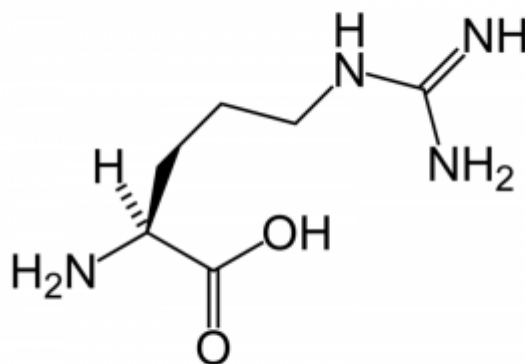


Figura 23 – Molécula de arginina

### 3.2. Ácido aspártico e fenilalanina

O aspartamo, metil L- $\alpha$ -aspartil-L-fenilalaninato, é um dipeptídeo sintético composto pelos aminoácidos aspartato e fenilalanina. É o adoçante artificial usado na maioria das bebidas diet e outros produtos de baixa caloria. Ele é 200 vezes mais doce do que o açúcar comum (sacarose), mas contém apenas 4 calorias por grama.



Produtos alimentares contendo aspartamo devem possuir um aviso da presença de fenilalanina, pois a ingestão excessiva deste aminoácido pode ser prejudicial em indivíduos com fenilcetonúria. <sup>(1)(3)</sup>

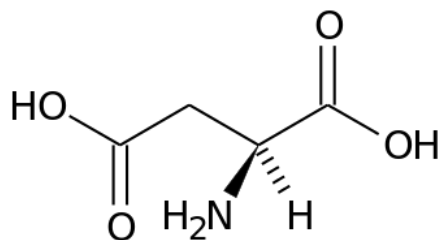


Figura 24 – Molécula de ácido aspártico.

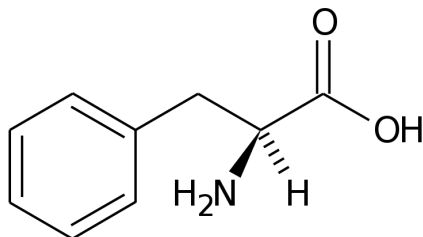


Figura 25 – Molécula de fenilalanina.

### 3.3. Fenilalanina e tirosina

A fenilcetonúria é uma doença genética rara caracterizada por defeito da enzima fenilalanina hidroxilase. Esta proteína catalisa o processo de conversão (hidroxilação) da fenilalanina em tirosina, elemento importante na síntese da melanina. A fenilalanina hidroxilase transfere um átomo de oxigênio para o anel aromático da fenilalanina. Posteriormente, um íon de hidrogênio liga-se ao oxigênio, completando a transformação em tirosina.\*

As pessoas com fenilcetonúria possuem uma mutação no gene da enzima fenilalanina hidroxilase. Esta doença pode ser detectada logo após o nascimento através de triagem neonatal (“teste do pezinho”). A forma clássica da apresentação dessa doença envolve formação de amiloides tóxicos no cérebro, de modo similar ao Mal de Alzheimer e Mal de Parkinson.

O tratamento habitual da fenilcetonúria baseia-se na substituição das Proteínas de Alto Valor Biológico por fórmulas comerciais que fornecem os nutrientes necessários para uma alimentação normal restringindo apenas o aporte de fenilalanina. São

exemplos de alimentos que possuem fenilalanina: leite materno, leite e derivados, ovos, frango, porco, vaca, peixes, outras carnes, diversos cereais, batatas, farinha, soja, arroz, alimentos dietéticos com aspartamo.<sup>(2)</sup>

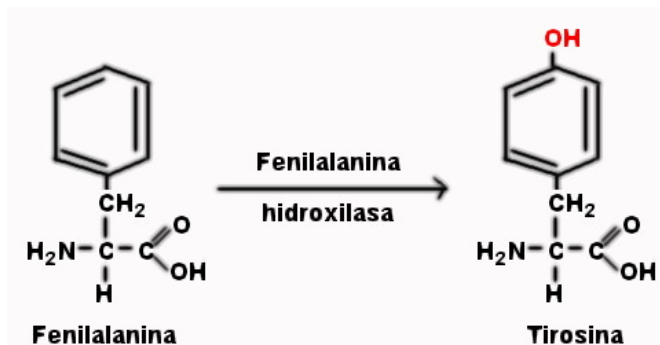


Figura 26 – Fenilalanina sendo convertida em tirosina para diagnóstico da fenilcetonúria.

### 3.4. Ácido glutâmico, cisteína e glicina

O exame das vítimas da tragédia de Bophal em 1984 revelou que muitas sofreram ferimentos graves em tecidos e órgãos internos, característicos da exposição ao isocianato de metila. A descoberta foi inesperada, porque o isocianato é tão quimicamente ativo que não deveria ter passado pelos pulmões e pelo sistema circulatório para alcançar lugares remotos do organismo, como o fígado.

Em 1992 descobriu-se que a glutathione, tripeptídeo constituído pelos aminoácidos ácido glutâmico, cisteína e glicina, e que tem, entre outros, o papel de proteger as células da agressão de agentes tóxicos, é capaz de transportar e liberar o isocianato de metila no corpo. Este efeito danoso se deve à capacidade do isocianato de metila de reagir reversivelmente com o grupo mercapto do peptídeo.\* Intermediários como a S-(N-metil-carbamoil)-glutathione estão atualmente sob investigação como possíveis mediadores dos efeitos tóxicos de muitos outros compostos orgânicos pequenos que contêm nitrogênio.<sup>(1)</sup>

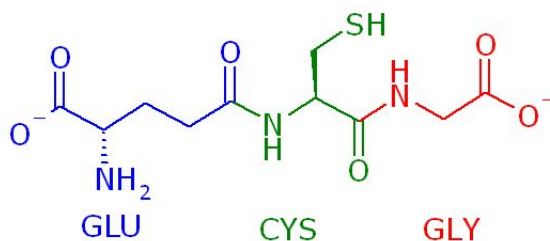


Figura 27 – O antioxidante hidrossolúvel glutathione: formado pelos aminoácidos GLU, CYS e GLY.

## 4. Aplicação Industrial

Na intrincada teia metabólica que sustenta a vida dentro das células, os aminoácidos surgem como constituintes das proteínas, que estão presentes na grande maioria das reações e processos que ocorrem dentro dela.

O grande espectro de utilidades desses compostos é justificado por serem uma classe de moléculas heterogênea, que, de acordo com seu grupamento R (que diferencia cada um dos aminoácidos), confere a elas características apolares, aromáticas, carga negativa, positiva ou neutra, além de atividade óptica, já que a maioria possui um centro quiral (NELSON AND COX, 2011). Os aminoácidos e seus derivados são de interesse em diversos setores econômicos, com destaque para o alimentício, tanto humano (FRIEDMAN, 1999), como animal (HANSEN et al., 1993); e o da saúde humana (DAM et al.). Para que possam ser explorados comercialmente, devem existir métodos que viabilizem sua produção em larga escala.

Aminoácidos podem ser produzidos industrialmente por *hidrólise de proteínas*, por *síntese química*, ou por *métodos biotecnológicos*, que incluem a catálise enzimática, a semi-fermentação e a fermentação. A hidrólise de proteínas permite a utilização de fontes proteicas de outros processos, que restaram como subprodutos, apesar de ser uma técnica de difícil escalonamento. A síntese química permite produção em larga escala, mas há produção de misturas racêmicas. A fermentação possui diversas vantagens, entre elas o fácil escalonamento e a utilização de matéria-prima barata, mas não permite a produção de todos os aminoácidos. Por fim, a síntese enzimática permite a produção de compostos opticamente puros, mas necessita de matéria-prima específica (IVANOV et al., 2013).

### 4.1. Hidrólise de Proteínas

Consiste na quebra de proteínas até a obtenção de aminoácidos (unidade fundamental destas proteínas). A hidrólise das proteínas ocorre no processo de aquecimento prolongado de uma proteína na presença de ácido forte ou base forte diluídos formando assim  $\alpha$ -aminoácidos. Este método possui baixo rendimento.

Esse método é utilizado para obter L-cisteína, L- cistina, L- leucina, L- asparagina e L- tirosina.

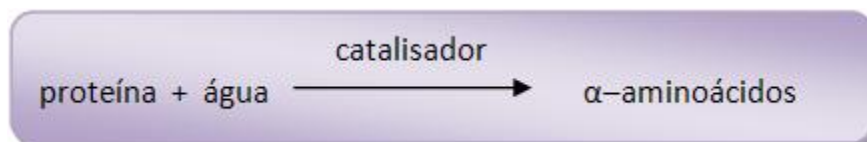


Figura 28 – Esquema de Hidrólise de proteínas.

## 4.2. Síntese Química

A síntese química ocorre por reação de Strecker e de Gabriel, basicamente.

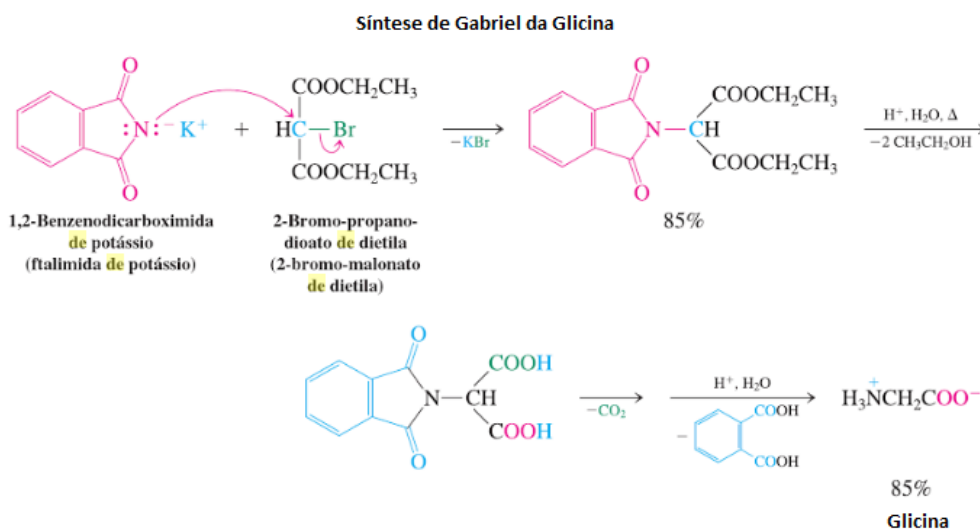


Figura 29 - Síntese de Gabriel (Glicina).

## 4.3. Métodos biotecnológicos

Existem três formas para produção microbiológica. O primeiro é por fermentação direta de aminoácidos utilizando diferentes fontes de carbono, como glicose, frutose, melão. As fermentações que utilizam metanol como matéria-prima tem baixo custo deste substrato, porém apresenta baixo rendimento, sendo pouco utilizado comercialmente. B. a segunda alternativa é por conversão de produtos intermediários baratos, via biossíntese. Por exemplo, a glicocola, que é barata, pode ser convertida em L – serina. C. o terceiro é mediante o uso de enzimas ou células imobilizadas, uma vez que em processos contínuos implicam em reatores de enzimas unidas a membrana.

### Exemplo: Produção de Glutamato.

Inicialmente, o glutamato era fabricado mediante hidrólise de proteínas, normalmente cereais. Porém tratava-se de um processo caro, demorado e complexo.

Hoje, é produzido com mais de 99% de pureza por meio de fermentação natural, a partir do melado de cana de açúcar, com microrganismos que geram o glutamato livre. Este é um processo de baixo custo e elevado rendimento.

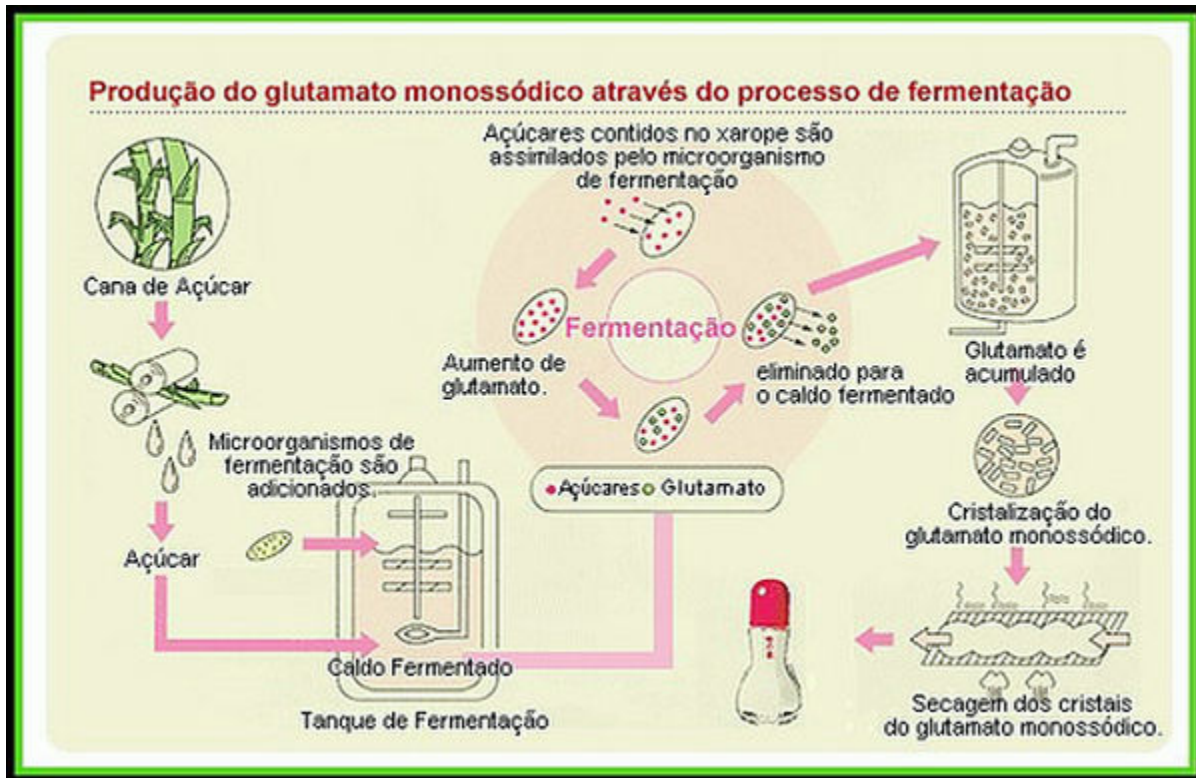


Figura 30 – Produção do glutamato de monossódico.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Vollhardt, K. P. C., Schore, N. E., **Química Orgânica - Estrutura e função**, 4ª edição, 2004, p. 986-
- (2) <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fenilceton%C3%BAria>
- (3) <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aspartame>
- (4) <http://www.revistageintec.net/portal/index.php/revista/article/viewFile/546/610>
- (5) <https://lilianecabral.files.wordpress.com/2011/07/producao-de-aminoacidos.pdf>