

# CARTAG

Livro-Jogo sobre o Código Genético  
& Alterações Cromossômicas Estruturais

FÁBIO APARECIDO DA SILVA  
ANA KELLY KAPP POLI SCHNEIDER  
RENATO MASSAHARU HASSUNUMA

# CARTAG

## Livro-Jogo sobre o Código Genético & Alterações Cromossômicas Estruturais

**FÁBIO APARECIDO DA SILVA**

Aluno do Curso de Especialização em Enfermagem em Unidade de  
Terapia Intensiva (UTI) Neonatal do Instituto Passo 1, unidade  
Bauru

**ANA KELLY KAPP POLI SCHNEIDER**

Professora do Curso de Especialização em Enfermagem em  
Ginecologia e Obstetrícia do Instituto Passo 1, unidade Bauru

**RENATO MASSAHARU HASSUNUMA**

Professor Titular do Curso de Biomedicina da Universidade Paulista  
- UNIP, campus Bauru

**canal6**

editora

1ª Edição / 2022

Bauru, SP



© Renato Massaharu Hassunuma.

## CONSELHO EDITORIAL

BIOMÉDICA. ESP.<sup>A</sup> EMILY THALIA TEIXEIRA DA SILVA

*Especialização em Inovações Diagnósticas e Terapêuticas: subárea Biologia Molecular pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, campus Botucatu.*

ENF.<sup>A</sup> ESP. PRISCILA TOKIMATU BAPTISTA

*Especialização em Enfermagem em Saúde da Mulher: Obstetrícia pela Fundação Hermínio Ometto - FHO, Uniararas, campus Araras.*

## CAPA E DESIGN

Renato Massaharu Hassunuma

## CRÉDITOS DA FIGURA DA CAPA, CONTRACAPA E PÁGINAS 2, 3 E 7

Fonte: Gelbart S. Full Frame Shot of Abstract Pattern [Internet]. 2016 Dec 12 [acesso 04 jun 2022]. Disponível em: <https://www.pexels.com/photo/full-frame-shot-of-abstract-pattern-249798/>. Figura registrada como: Free to use. No attribution required.

Catálogo na Publicação (CIP)

(BENÍTEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

S58c

Silva, Fábio Aparecido da

CARTAG: livro-jogo sobre o código genético & alterações cromossômicas estruturais [livro eletrônico] / Fábio Aparecido da Silva, Ana Kelly Kapp Poli Schneider, Renato Massaharu Hassunuma – 1ª ed. – Bauru, SP: Canal 6, 2022.

PDF.

Bibliografia.

ISBN 978-85-7917-579-4

DOI 10.52050/9788579175794

1. Aminoácidos. 2. Código genético. 3. Genética molecular. 4. Jogos.  
I. Schneider, Ana Kelly Poli. II. Hassunuma, Renato Massaharu. I. Título.

06-2022/93

CDD: 572.8633

Índice para catálogo sistemático:

1. Código genético : Biologia. 572.8633

Bibliotecária : Aline Grazielle Benítez CRB-1/3129

# Agradecimentos

Agradecemos a **Biomédica. Esp.<sup>a</sup> Emily Thalia Teixeira da Silva e Enf.<sup>a</sup> Esp.<sup>a</sup> Priscila Tokimatu Baptista**, por suas valiosas considerações neste livro.

*Enf. Esp. Fábio Aparecido da Silva,  
Prof.<sup>a</sup> Esp.<sup>a</sup> Ana Kelly Kapp Poli Schneider e  
Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma.*

# Apresentação

Este livro foi elaborado como uma das atividades referentes ao Curso de Especialização em Enfermagem em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) Neonatal do Instituto Passo 1, na cidade de Bauru - SP, desenvolvido pelo aluno Enf. Esp. Fábio Aparecido da Silva, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Esp.<sup>a</sup> Ana Kelly Kapp Poli Schneider e colaboração do Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma.

Esta obra foi concebido como ferramenta pedagógica para explicar os principais tipos de alterações cromossômicas estruturais a pessoas leigas no assunto, pais, mães e crianças, que necessitem entender o assunto. Nem sempre é fácil explicar para as pessoas que não são da área, como as doenças genéticas ocorrem. Utilizando as cartas do jogo, é possível “esquematizar” a estrutura de cromossomos, sendo possível explicar como ocorrem mutações genéticas como a deleção, inserção, translocação, entre outros.

Este livro também é um material de apoio ao ensino de Citologia e Genética. Por meio de algumas breves partidas, os participantes, especialmente alunos de diferentes níveis de ensino, possam se divertir aprendendo o que é e como funciona o código genético.

Sugerimos a utilização deste material também por professores, para que possam utilizar as atividades propostas no livro como uma estratégia pedagógica diferente, motivadora e inspiradora para ensinar os conceitos básicos do código genético e as principais alterações cromossômicas estruturais em sala de aula.

*Enf. Esp. Fábio Aparecido da Silva,  
Prof.<sup>a</sup> Esp.<sup>a</sup> Ana Kelly Kapp Poli Schneider e  
Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma,*

# Sumário

1. Regras do jogo .....	08
2. Modelos de ficha e cartas .....	10
Referências e sugestões de consulta .....	47

# CARTAG

Livro-Jogo sobre o Código Genético  
& Alterações Cromossômicas Estruturais

# 1. Regras do jogo

O CARTAG é um jogo de cartas que pode ser jogado de diferentes formas. Apresentaremos a seguir algumas propostas de jogos, mas você pode criar a sua forma de jogar!

## 1.1 Encontre os pares

**Objetivo do jogo:** neste jogo, o ganhador será o jogador que formar 4 pares de códons com seus aminoácidos correspondentes.

1. Neste jogo são utilizados a ficha de consulta do código genético (modelo na página 11, contendo a lista de códons e seus aminoácidos correspondentes) e 128 cartas verdes (modelos disponíveis nas páginas 12 a 43, contendo 64 cartas de códons coloridas em verde escuro e 64 cartas de aminoácidos coloridas em verde claro), que devem ser impressas apenas frente, a partir dos modelos apresentados.
2. Inicialmente, as 128 cartas embaralhadas devem ser separadas em 2 montes (um monte com as cartas de códons e outro com as de aminoácidos).
3. A partida pode ser realizada em dupla, trio ou quarteto.
4. Cada jogador recebe 4 cartas de códons e 4 cartas de aminoácidos. As cartas que sobrarem formam os montes de compra de cartas de códons e aminoácidos.
5. Os jogadores devem tirar no par ou ímpar para decidir quem irá começar.
6. O primeiro jogador pode baixar um par de códon e aminoácido correspondente, se possuir esta dupla. Caso o jogador não tiver um par formado, ele deve comprar uma carta de códon e uma carta de aminoácido.



7. O jogador seguinte (do lado direito do primeiro jogador) deve proceder da mesma maneira.
8. Os códons de parada, fazem pares com os seus nomes correspondentes (âmbar, ocre, opala).
9. Vence a partida, o jogador que conseguir formar primeiro 4 pares de códons e aminoácidos correspondentes.

## 1.2 Compreendendo as alterações cromossômicas estruturais

**Objetivo do jogo:** esta é uma outra forma de utilizar as cartas do jogo. Porém não é um jogo, e sim uma atividade em que os jogadores podem aprender um pouco sobre os principais tipos de alterações cromossômicas estruturais.

1. Neste jogo são utilizadas a ficha de consulta do código genético e todas as cartas do baralho, incluindo as pretas, disponíveis nas páginas 44 à 46, que conceituam algumas das principais alterações cromossômicas estruturais.
2. Nesta atividade, cada jogador pode pegar uma carta e usar as cartas de códons e aminoácidos para visualizar o que são cada uma das alterações cromossômicas estruturais e o resultado destas na sequência de aminoácidos da proteína.
3. Vale ressaltar que neste livro estão apresentados alguns exemplos de alterações cromossômicas numéricas e que outros tipos de alterações e mais informações sobre estas podem ser obtidas nas referências apresentadas no final deste livro.

## 2. Modelos de Ficha e Cartas

O CARTAG apresenta:

- Uma ficha de consulta do código genético: na página 11;
- Um baralho de cartas de códon: cartas verde escuro da página 12 à 43;
- Um baralho de cartas de aminoácidos: cartas verde claro da página 12 à 43;
- Um baralho de cartas com conceitos de alterações cromossômicas estruturais: cartas pretas das páginas 44 à 46.

		2ª base				
		U	C	A	G	
1ª base	U	UUU Fenilalanina (Phe/F)	UCU Serina (Ser/S)	UAU Tirosina (Tyr/Y)	UGU Cisteína (Cys/C)	U
		UUC Fenilalanina (Phe/F)	UCC Serina (Ser/S)	UAC Tirosina (Tyr/Y)	UGC Cisteína (Cys/C)	C
		UUA Leucina (Leu/L)	UCA Serina (Ser/S)	UAA Códon de parada "Ocre"	UGA Códon de parada "Opala"	A
		UUG Leucina (Leu/L)	UCG Serina (Ser/S)	UAG Códon de parada "Âmbar"	UGG Triptofano (Trp/W)	G
	C	CUU Leucina (Leu/L)	CCU Prolina (Pro/P)	CAU Histidina (His/H)	CGU Arginina (Arg/R)	U
		CUC Leucina (Leu/L)	CCC Prolina (Pro/P)	CAC Histidina (His/H)	CGC Arginina (Arg/R)	C
		CUA Leucina (Leu/L)	CCA Prolina (Pro/P)	CAA Glutamina (Gln/Q)	CGA Arginina (Arg/R)	A
		CUG Leucina (Leu/L)	CCG Prolina (Pro/P)	CAG Glutamina (Gln/Q)	CGG Arginina (Arg/R)	G
	A	AUU Isoleucina (Ile/I)	ACU Treonina (Thr/T)	AAU Asparagina (Asn/N)	AGU Serina (Ser/S)	U
		AUC Isoleucina (Ile/I)	ACC Treonina (Thr/T)	AAC Asparagina (Asn/N)	AGC Serina (Ser/S)	C
		AUA Isoleucina (Ile/I)	ACA Treonina (Thr/T)	AAA Lisina (Lys/K)	AGA Arginina (Arg/R)	A
		AUG Metionina (Met/M) Códon de iniciação	ACG Treonina (Thr/T)	AAG Lisina (Lys/K)	AGG Arginina (Arg/R)	G
	G	GUU Valina (Val/V)	GCU Alanina (Ala/A)	GAU Ácido aspártico (Asp/D)	GGU Glicina (Gly/G)	U
		GUC Valina (Val/V)	GCC Alanina (Ala/A)	GAC Ácido aspártico (Asp/D)	GGC Glicina (Gly/G)	C
		GUA Valina (Val/V)	GCA Alanina (Ala/A)	GAA Ácido glutâmico (Glu/E)	GGA Glicina (Gly/G)	A
		GUG Valina (Val/V)	GCG Alanina (Ala/A)	GAG Ácido glutâmico (Glu/E)	GGG Glicina (Gly/G)	G

3ª Base

**UUU**

**FENILALANINA**

**UUC**

**FENILALANINA**



**UUA**

**LEUCINA**

**UUG**

**LEUCINA**

**CUU**

**LEUCINA**

**CUC**

**LEUCINA**

**CUA**

**LEUCINA**

**CUG**

**LEUCINA**

**AUU**

**ISOLEUCINA**

**AUC**

**ISOLEUCINA**



**AUA**

**ISOLEUCINA**

**AUG**

**METIONINA**  
**Códon de**  
**Iniciação**

**GUU**

**VALINA**

**GUC**

**VALINA**

**GUA**

**VALINA**

**GUG**

**VALINA**

**UCU**

**SERINA**

**UCC**

**SERINA**



**UCA**

**SERINA**

**UCG**

**SERINA**

**CCU**

**PROLINA**

**CCC**

**PROLINA**

**CCA**

**PROLINA**

**CCG**

**PROLINA**

**ACU**

**TREONINA**

**ACC**

**TREONINA**



**ACA**

**TREONINA**

**ACG**

**TREONINA**

**GCU**

**ALANINA**

**GCC**

**ALANINA**

**GCA**

**ALANINA**

**GCG**

**ALANINA**

**UAU**

**TIROSINA**

**UAC**

**TIROSINA**

**UAA**

**Códon de  
Parada  
“Ocre”**

**UAG**

**Códon de  
Parada  
“Âmbar”**

**CAU**

**HISTIDINA**

**CAC**

**HISTIDINA**



**CAA**

**GLUTAMINA**

**CAG**

**GLUTAMINA**

**AAU**

**ASPARAGINA**

**AAC**

**ASPARAGINA**

**AAA**

**LISINA**

**AAG**

**LISINA**

**GAU**

**ÁCIDO  
ASPÁRTICO**

**GAC**

**ÁCIDO  
ASPÁRTICO**

**GAA**

**ÁCIDO  
GLUTÂMICO**

**GAG**

**ÁCIDO  
GLUTÂMICO**

**UGU**

**CISTEÍNA**

**UGC**

**CISTEÍNA**

**UGA**

**Códon de  
Parada  
“Opala”**

**UGG**

**Triptofano**

**CGU**

**ARGININA**

**CGC**

**ARGININA**



**CGA**

**ARGININA**

**CGG**

**ARGININA**

**AGU**

**SERINA**

**AGC**

**SERINA**

**AGA**

**ARGININA**

**AGG**

**ARGININA**

**GGU**

**GLICINA**

**GGC**

**GLICINA**

**GGA**

**GLICINA**

**GGG**

**GLICINA**

### **Deleção**

Corresponde à perda de um segmento de um cromossomo.

### **Deleção Intersticial**

Corresponde à perda de um segmento localizada no meio de um cromossomo.



### **Deleção Terminal**

Corresponde à perda de um segmento localizada na extremidade de um cromossomo.

### **Duplicação**

Corresponde à uma repetição de um segmento de um cromossomo.

### **Triplicação**

Corresponde a duas repetições de um segmento de um cromossomo.

### **Quadriplicações**

Corresponde a três repetições de um segmento de um cromossomo.



### **Inversão**

Corresponde à rotação de 180 graus de um segmento de um cromossomo, alterando a sequência dos nucleotídeos.

### **Translocação**

Corresponde à troca de segmentos entre cromossomos.

### **Inserção**

Corresponde à colocação de um segmento em um cromossomo, que removido de outro cromossomo (de onde foi deletado).



## Referências e Sugestões de Consulta

Estão apresentadas abaixo as referências consultadas para o desenvolvimento do jogo, ficha de consulta do código genético e dos baralhos de cartas de códons, aminoácidos e alterações cromossômicas estruturais, e também algumas sugestões de consulta.

Alberts B, Bray B, Hopkin K, Johnson A, Lewis J, Raff M et al. Fundamentos da biologia celular. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. Capítulo 7, Do DNA à proteína: como as células leem o genoma; p. 231-67.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Morgan D, Raff M, Roberts K et al. Biologia molecular da célula. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. Capítulo 6, Como as células leem o genoma: do DNA à proteína; p. 299-368.

Kumar V, Abbas AK, Aster JC. Robbins, patologia básica. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013. Capítulo 5, Neoplasia; p. 161-214.

Mergener R, Ludwig LB, Maluf SW. Alterações cromossômicas estruturais. In: Maluf SW, Riegel M et al. Citogenética humana. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2011. p. 80-102.

Nelson DL, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 25, Metabolismo do DNA; p. 1009-56.

Recco-Pimentel SM, Pimentel ER, Augusto TM. Ribossomos e síntese proteica. In: Carvalho HF, Recco-Pimentel SM. A célula. 3ª ed. Barueri: Manole; 2013. p. 305-19.

Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB. Biologia de Campbell. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2015. Capítulo 15, A base cromossômica da herança; p. 292-311.

Schrank IS, Vainstein MH. Código genético e síntese de proteínas.  
In: Zaha A, Ferreira HB, Passaglia LMP, organizadores. *Biologia molecular básica*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. p. 255-75.

O termo **CÓDIGO GENÉTICO** refere-se à relação que existe entre a sequência de bases nitrogenadas do ácido desoxirribonucleico (DNA) e a sequência correspondente de aminoácidos em uma proteína.

Este **LIVRO-JOGO** tem como proposta ensinar para alunos de diferentes níveis de ensino por meio de cartas, como entender o código genético e algumas das principais alterações cromossômicas estruturais.

O **CARTAG** é um jogo formado por uma ficha de consulta do código genético e três baralhos: um de códons, outro de aminoácidos e um último de alterações cromossômicas estruturais.