

AS TRÊS FORMAÇÕES DE DNA: UMA PREVISÃO

C. Ernesto S. Lindgren¹

Resumo: DNA-A, DNA-B e DNA-Z são as três formações da molécula do DNA encontradas em sistemas biológicos naturais. Utilizando elementos da geometria tetradimensional Euclidiana, o trabalho apresenta uma representação gráfica de um ambiente tetradimensional a partir do qual se faz a previsão da coexistência das três formações.

Palavras-chave: DNA, simetria, espaço Euclidiano tetradimensional.

Abstract: A-ADN, B-AND and Z-AND are the three conformations that have been directly observed in functional organisms. Using elements of the fourdimensional Euclidian geometry, the paper presents the graphical representation of a fourdimensional environment that is used to predict the coexistence of the three conformations.

Keywords: DNA, symmetry, fourdimensional Euclidean space.

1 Introdução

A dupla hélice do DNA é provavelmente a estrutura molecular mais representada na atualidade, tendo sido fundamental na descoberta da estrutura da molécula o emprego de modelo gráfico tridimensional.

Diferentemente de outros casos de estruturas de moléculas, a do DNA desperta atenção e curiosidade pela sua peculiaridade: o par de hélices que tem sido descrito e representado graficamente como resultado do enrolamento de duas fitas antiparalelas. Esta descrição e representação chamam, porém, atenção para uma questão que não é considerada nem nesse caso específico, nem na descrição e representação de outras moléculas: a dimensionalidade dos instrumentos usados na observação *vis-à-vis* a dimensionalidade das moléculas.

A observação, com uso de instrumento tridimensional capta, parcialmente, as propriedades geométricas de um objeto também tridimensional, propondo-se, neste

¹ UFRJ e Universidade Veiga de Almeida (aposentado) - cetetra@gmail.com.

trabalho, fazer uso de um instrumento tetradimensional, obviamente hipotético, de modo a detectar duas outras moléculas além daquela já conhecida.

2 Revisão da literatura

É vasta a literatura que trata da representação gráfica da estrutura da molécula do DNA, todas destacando a peculiaridade do antiparalelismo das duas hélices geradas a partir de duas fitas onde se representam as quatro bases da molécula, Adenina, Timina, Citosina e Guanina. Adenina e Timina sempre se emparelham numa fita formando o par A-T, e na outra o segundo par, T-A. Similarmente Citosina e Guanina se emparelham formando os pares antiparalelos C-G e G-C.

Sepel e Loreto (2007), por exemplo, utilizando a técnica do Origami sugeriram a representação gráfica mostrada na Figura 1. À esquerda as duas fitas mostrando as bases emparelhadas. No centro, as duas hélices, e à direita o Origami de uma das hélices em que as principais características da molécula podem ser identificadas.



Figura 1 – A molécula do DNA

Numa discussão sobre o ácido desoxirribonucléico (DNA) na Wikipédia (2013) encontra-se a representação da molécula, como mostra a Figura 2.

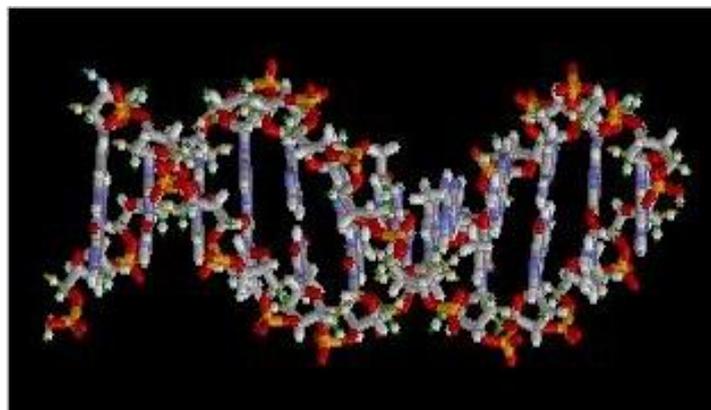


Figura 2 – Uma cadeia de DNA

3 Desenvolvimento

O que chama a atenção nas representações gráficas são três propriedades: a) o antiparalelismo das fitas geradoras das hélices; b) a simultaneidade das gerações; e c) a antissimetria das hélices. Mas, além disso, há a questão da visibilidade de uma estrutura tridimensional que só pode ser parcialmente visualizada dado que o instrumento usado na observação é, também, tridimensional. Essa é uma dificuldade que a geometria tridimensional, especificamente as geometrias sintética, projetiva e a descritiva, a perspectiva cônica e a paralela, etc. contornam com regras próprias para representar os elementos não-visíveis de uma forma geométrica.

No caso específico da molécula do DNA, a este autor ocorreu a possibilidade de fazer uso da geometria sintética tetradimensional apresentada, por exemplo, por Manning (1928) e da solução apresentada por Lindgren (1965) na solução da perspectiva em espaço tetradimensional Euclidiano.

3.1 Representação gráfica do DNA

A representação de Sepel e Loreto (2007) é suficiente para que se destaque que, na Ciência em geral, a percepção de eventos e fenômenos é limitada pelos instrumentos de observações disponíveis que não detectam o que, de fato, ocorre. Ou seja, observa-se um evento ou fenômeno tridimensional utilizando instrumentos também tridimensionais, avançando-se para conclusões que se pressupõem válidas, do que se segue que se deveriam considerar válidas as observações de um evento ou fenômeno bidimensional utilizando instrumento também bidimensional, o que não se admite.

Na representação da molécula do DNA trata-se da geração simultânea de duas hélices a partir de duas fitas antiparalelas, usando como referência o sistema tridimensional Cartesiano.

3.2 O pressuposto de um ambiente tetradimensional

Ocorre que para o caso, como deveria ser para um hipotético microscópio tetradimensional, deve-se fazer uso do sistema de referência tetradimensional tipo-Cartesiano para representar a formação da molécula. Como a seguir se examina, nesse caso dispõe-se de quatro eixos mutuamente perpendiculares que definem quatro espaços tridimensionais. Para a geração das hélices antissimétricas os quatro eixos devem ser combinados dois a dois representando os seis planos do sistema de referência de tal modo que representem três pares de planos cujas interseções são a origem do sistema de referência.

3.3 O ambiente tetradimensional

O ambiente foi inicialmente sugerido por Lindgren (1955), posteriormente por Lindgren e Slaby (1968) e discutido por Lindgren (2006). Basicamente é fundamentado na aplicação do princípio da dualidade descrito por Cremona (1885).

Pressupõem-se ser o ponto um espaço com 0 (zero) dimensão, representado por 0D, a linha um espaço (ou ambiente) com uma dimensão, representada por 1D, o plano um espaço (ou ambiente) com duas dimensões, representado por 2D, concluindo-se que dois espaços (ou ambientes), sob certas condições, determinam um espaço (ou ambiente) com uma dimensão a mais. Por exemplo:

1) dois pontos determinam (ou pertencem) a uma reta;

2) duas retas que pertencem ao mesmo ponto determinam (ou pertencem a) um plano.

E ainda, que dois espaços, sob certas condições, determinam um espaço com uma dimensão a menos. Por exemplo:

3) duas retas (1D) que pertencem ao mesmo plano (2D) determinam um ponto (0D), ou, duas retas (1D) que pertencem ao mesmo plano (2D) pertencem ao mesmo ponto (0D);

4) dois planos (2D) determinam (ou pertencem a) uma reta (1D).

A partir da declaração 3), aplicando o princípio da dualidade, e considerando que a coexistência de dois espaços nD exige que pertençam a um espaço $(n+1)D$, declara-se que:

5) dois planos (espaços 2D) que pertencem ao mesmo espaço 3D pertencem à mesma reta (1D). O espaço tridimensional passa a ser tratado como um elemento geométrico, além de ponto, reta e plano do que se segue que:

6) dois espaços 3D pertencem ao mesmo plano (2D) e coexistem no espaço 4D.

Em decorrência, as declarações:

7) duas retas (espaços 1D) que não pertencem ao mesmo plano (espaço 2D) não pertencem ao mesmo ponto (espaço 0D);

8) dois planos (espaços 2D) que não pertencem ao mesmo espaço 3D não pertencem à mesma reta (espaço 1D), ou,

9) a interseção de dois planos (espaços 2D) que pertencem a espaços 3D distintos é um ponto (espaço 1D). Ver Figura 3.

Considerem-se os espaços tridimensionais E_1 e E_2 cuja interseção é o plano C . Em E_1 considere-se o plano A e em E_2 o plano B . No espaço E_1 a interseção de A e C é a reta 1 e no espaço E_2 a interseção de B e C é a reta 2. A interseção das retas 1 e 2, no plano C , é o ponto (o) , único ponto comum aos planos A e B .

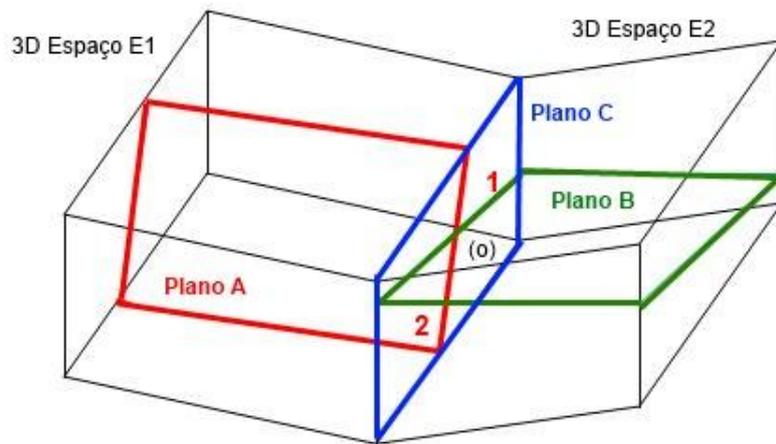


Figura 3 – Interseção de dois planos pertencentes a espaços 3D distintos

Para facilitar a visualização, a Figura 3 é simplificada como mostra a Figura 4.

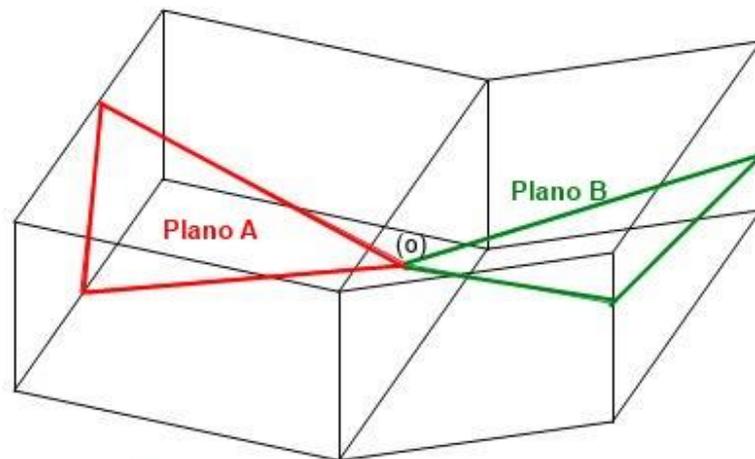


Figura 4 – Interseção de planos pertencentes a espaços 3D distintos

Os seguintes teoremas são demonstrados em Manning (1928):

- a) uma reta que não pertence a um espaço 3D tem com ele um ponto em comum;
- b) todas as retas de um plano pertencente a um espaço E1 têm em comum com um espaço E2 o mesmo ponto.

Assim, todas as retas do plano A interceptam o espaço E2 no ponto (o) e todas as retas do plano B interceptam o espaço E1 no ponto (o).

O seguinte teorema é, também, demonstrado em Manning (1928):

- c) se um plano A num espaço E1 é perpendicular a um espaço E2 todas as retas pertencentes ao plano são perpendiculares ao espaço E2; similarmente, se um plano

B num espaço E2 é perpendicular a um espaço E1 todas as retas pertencentes ao plano são perpendiculares ao espaço E1;

d) se uma reta do plano A é perpendicular a um espaço E2 ela é perpendicular a todas as retas de E2 que pertencem ao ponto (o); similarmente, se uma reta do plano B é perpendicular a um espaço E1 ela é perpendicular a todas as retas que pertencem ao ponto (o).

Disso segue que:

d) se duas retas 1 e 2 do plano A são perpendiculares e se duas retas 3 e 4 do plano B são perpendiculares, as quatro retas são mutuamente perpendiculares. As quatro retas definem o sistema de referência, ou o ambiente tetradimensional, examinado a seguir.

3.4 Simetria no espaço Euclidiano tetradimensional

O problema foi tratado por Lindgren (1965) que utilizou o sistema de referência esquematizado na Figura 5.

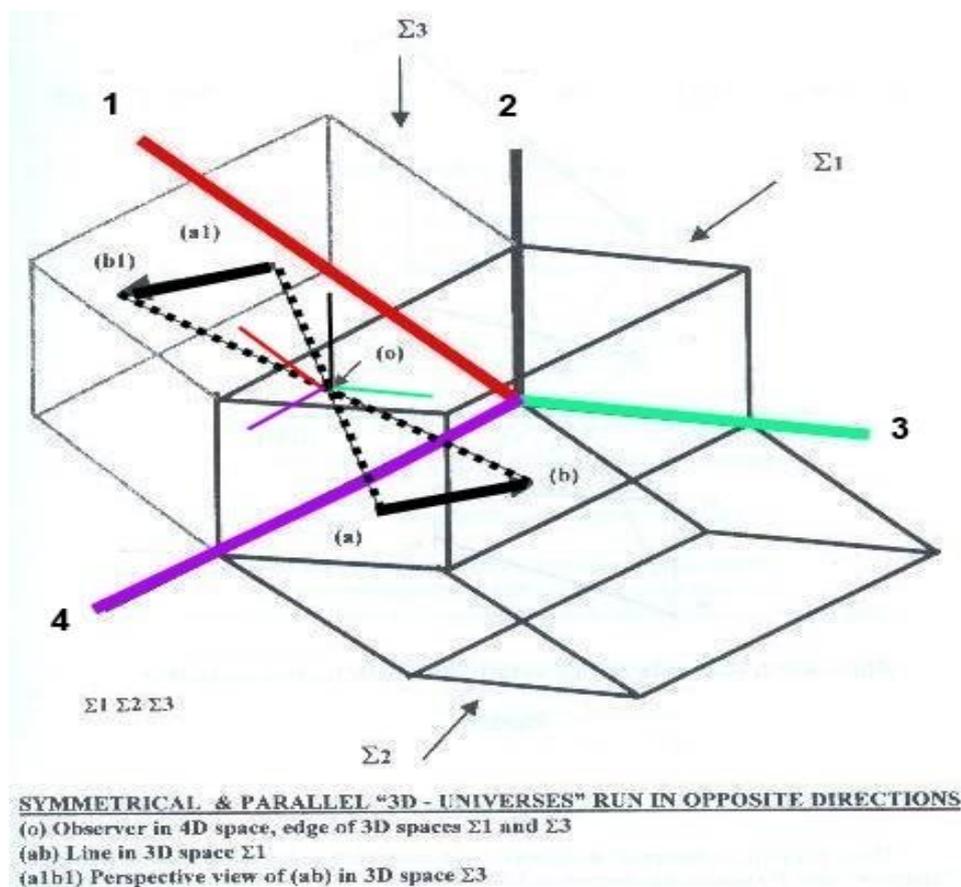


Figura 5 – Sistema de referência no espaço Euclidiano tetradimensional

O sistema de referência consiste de:

- quatro retas mutuamente perpendiculares anotadas como 1, 2, 3 e 4;
- seis planos determinados pelas retas consideradas dois a dois: 12, 13, 14, 23, 24, e 34;
- quatro espaços tridimensionais determinados pelas retas consideradas três a três ou pelos planos considerados três a três: 123, 124, 134, 234;
- os planos que não pertencem ao mesmo espaço tridimensional, denominados “absolutamente perpendiculares” (Manning, 1928), têm como interseção o ponto (o). São eles 12 e 34, 14 e 23, 13 e 24;
- um vetor tem como seu antissimétrico um vetor “paralelo” e de sentido contrário;
- tendo como centro o ponto (o) os vetores geram dois cones antissimétricos;
- a translação do sistema de referência (ambiente tetradimensional) e as rotações dos vetores geram duas hélices antissimétricas;
- na figura 5 está representada a antissimetria em relação ao espaço 234 e a translação e a rotação dos vetores geram um par de hélices antissimétricas;
- a antissimetria em relação ao espaço 124, a translação do ambiente tetradimensional e a rotação de dois outros vetores antissimétricos geram um segundo par de hélices antissimétricas;
- a antissimetria em relação ao espaço 134, a translação do ambiente tetradimensional e a rotação de dois outros vetores antissimétricos geram um terceiro par de hélices antissimétricas.

3.5 As três formações do DNA: uma previsão

Na Figura 6 estão representados os elementos gráficos da geração simultânea de três pares de hélices antissimétricas e que correspondem às três formações de DNA previstos.

- As bases do DNA

São quatro: Adenina (A), Timina (T), Guanina (G) e Citosina (C). Relacionam-se nas seguintes proporções: $(\%A + \%T + \%G + \%C) = 100\%$ sendo $\%G = \%C$. Associam-se dois a dois formando os pares A-T, A-G, A-C, T-G, T-C, G-C numa espiral e T-A, G-A, C-A, G-T, C-T, C-G na segunda espiral.

- A geração dos três pares de hélices antissimétricas

Para $i=1,2,3$ ter-se-iam três conjuntos de bases de Antimina, Timina, Citosina e Guanina: A_i-T_i , A_i-G_i , A_i-C_i , T_i-G_i , T_i-C_i , G_i-C_i e T_i-A_i , G_i-A_i , C_i-A_i , G_i-T_i , C_i-T_i , C_i-G_i .

No ambiente tetradimensional os três pares de planos absolutamente perpendiculares têm com interseção o ponto (o), como mostrado na Figura 5. Um vetor

pertencente a um plano paralelo ao plano 12 tem como seu antissimétrico um vetor “paralelo e de sentido contrário” pertencente a um plano paralelo ao plano 34. Quando giram com centro em (o) e o ambiente tetradimensional sofre uma translação, geram um par de hélices antissimétricas. Esse par corresponde à primeira formação da molécula do DNA. Similarmente, quando os vetores antissimétricos pertencentes à planos paralelos aos planos absolutamente perpendiculares 23 e 14 giram com centro em (o) e o ambiente tetradimensional sofre uma translação, geram um segundo par de hélices antissimétricas que corresponde à segunda formação da molécula do DNA. Finalmente, quando os vetores antissimétricos pertencentes à planos paralelos aos planos absolutamente perpendiculares 24 e 13 giram com centro em (o) e o ambiente tetradimensional sofre uma translação, geram um terceiro par de hélices antissimétricas que corresponde à terceira formação da molécula do DNA.

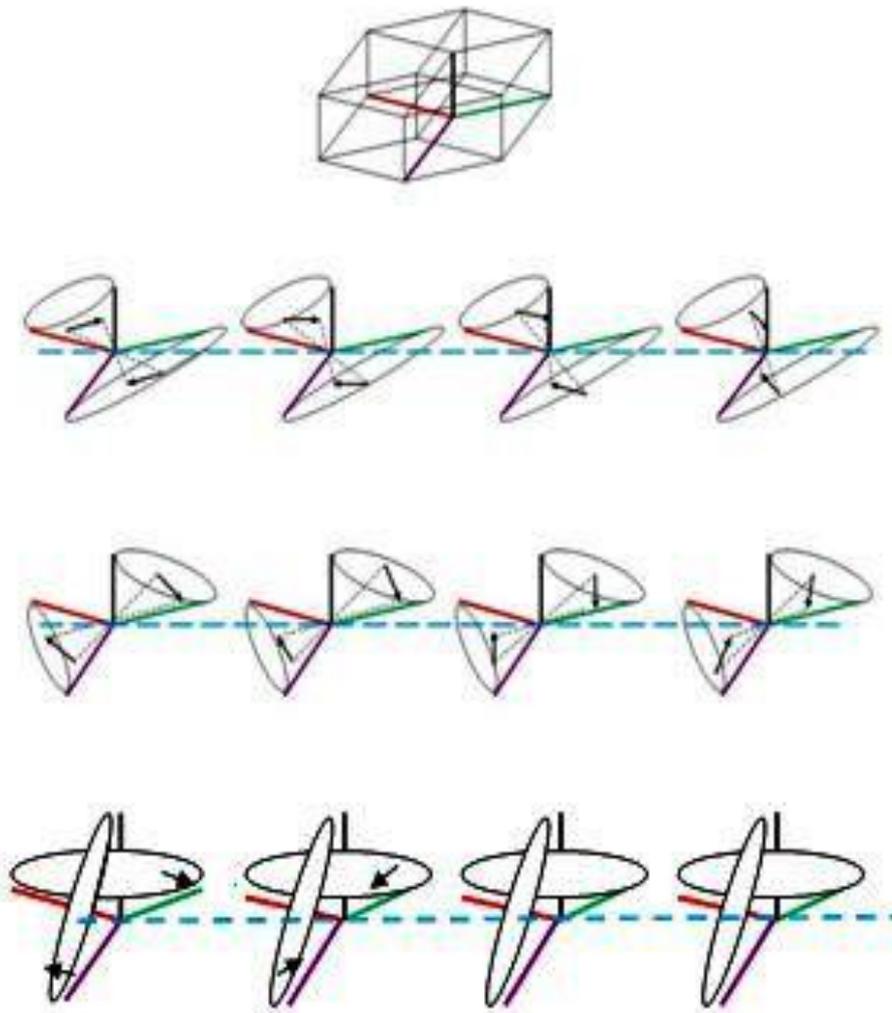


Figura 6 – Geração de três pares de hélices antissimétricas em ambiente tetradimensional

A Wikipédia (2013) registra a identificação de muitas formações diferentes da molécula DNA, as mais comuns sendo DNA-A, DNA-B, DNA-C, DNA-D, DNA-E, DNA-H, DNA-L, DAN-P e DAN-Z. Porém, só as formações de DNA-A, DNA-B e DNA-Z foram encontradas em sistemas biológicos naturais. A formação que o DNA adota depende de vários fatores da própria sequência de DNA: a intensidade e direção do enrolamento, modificações químicas das bases e a solução na qual o DNA está presente. Das três formações referidas, a forma “B” é a mais comum nas condições encontradas nas células. Ver Figura 7.

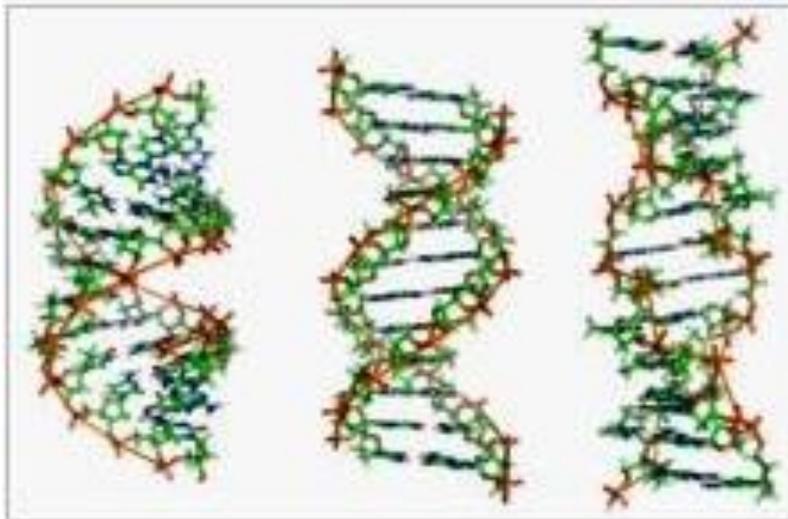


Figura 7 – Da direita para a esquerda DNA-A, DNA-B, DNA-Z

4 Conclusão

O atual estágio de desenvolvimento permite que apenas uma das formações do DNA seja detectada. A previsão neste trabalho é a de que as três formações A, B e Z, encontradas em sistemas biológicos naturais, coexistam, suas gerações sendo simultâneas.

Agradecimentos

À professora Maria Helena Willie Lacerda Rodrigues, da Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo incentivo para que este trabalho fosse preparado e apresentado para publicação. Ao meu filho, Bernardo Bona Lindgren, aluno de Engenharia Mecatrônica, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, pelos comentários sobre a geração dos três pares de hélices antissimétricas.

Referências

CREMONA, Luigi. **Elements of Projective Geometry**, Oxford University Press, 1a edição, London, 1885.

LINDGREN, C. Ernesto S. (aluno do 4º ano de engenharia civil, Escola Nacional de Engenharia, Universidade do Brasil, à convite), **Geometria Descritiva na Quarta-Dimensão**, Primeiro Simpósio de Professores de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, setembro de 1955.

LINDGREN, C. Ernesto S. **Four-dimensional Descriptive Geometry, Symmetry - Descriptive Solution**. Technical Seminar Series, Special Report No. 1 - Department of Graphics and Engineering Drawing, School of Engineering and Applied Science, Princeton University, Princeton, NJ, 1965.

LINDGREN, C. Ernesto S. e SLABY, Steve M. **Four-dimensional Descriptive Geometry**, McGraw-Hill Book Company, New York, NY, 1968.

LINDGREN, C. Ernesto S. **A Model of a Fourdimensional Environment**, 12th International Conference on Geometry and Graphics, International Society for Geometry and Graphics, Salvador, Brasil, 2006.

MANNING, Henry Parker. **Geometry Four Dimensions**. The MacMillan Company, New York, 1928.

SEPEL, Lenira M. N. e LORETO, Elgion L. S. **Estrutura do DNA em Origami – Possibilidades Didáticas**, Lenira M. N. Sepel e Elgion L. S. Loreto, Departamento de Biologia; Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007.

WIKIPÉDIA. Internet. **O ácido desoxirribonucléico (DNA)**, 2013.