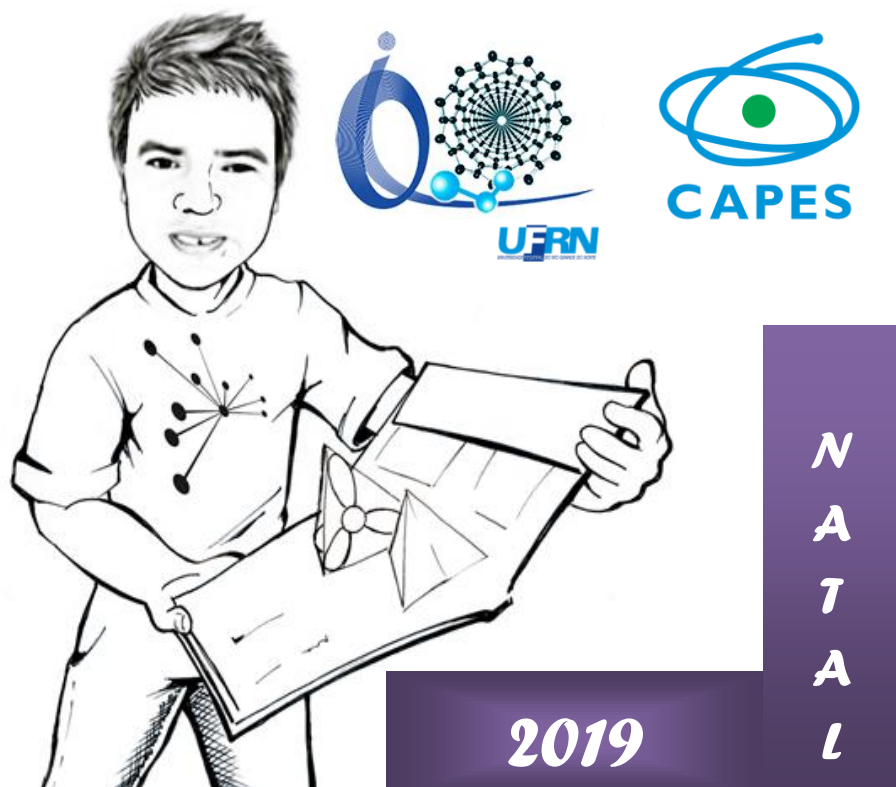




# PORTFÓLIO

## PRANCHETAS DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR

Nilton Claudio Maia (PG) – Orientador: Prof. Dr. Daniel de Lima Pontes (PQ)



**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 1

**POP UP 1**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com um tetraedro e um arranjo de domínios de elétrons orientados para o vértice de um tetraedro

**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 2

**POP UP 2**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com arranjos tetraédricos (NE=4)  
Geometrias:  
Tetraédrica  
Piramidal trigonal  
Angular

**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 3

**POP UP 3**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com (NE=5)  
Um arranjo de domínio de elétrons não ligantes e um modelo com geometria Bipyramidal trigonal

**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 6

**POP UP 6**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com (NE=6)  
ARRANJOS OCTAÉDRICOS  
GEOMETRIAS:  
PIRAMIDAL QUADRADA E QUADRÁTICA

**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 5

**POP UP 5**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com (NE=6)  
ARRANJOS OCTAÉDRICOS  
UM MODELO COM PARES DE ELÉTRONS E UM MODELO DE GEOMETRIA

**GEOMETRIA MOLECULAR**  
PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO 4

**POP UP 4**  
ORIGAMI ARQUITETÔNICO PARA MODELOS MOLECULARES  
Prancheta com (NE=5)  
ARRANJOS:  
Bipyramidal trigonal  
GEOMETRIAS:  
Gangorra  
Em forma de T



## PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



**Nilton Claudio Maia (PG) – Orientador: Prof. Dr. Daniel de Lima Pontes (PQ)**

O presente portfólio apresenta o produto educacional desenvolvido na primeira turma do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), iniciado em 2017. Ele é resultado da pesquisa desenvolvida na dissertação intitulada “**Origami arquitetônico como recurso pedagógico para a compreensão da geometria espacial de moléculas**”. São aqui descritos os materiais didáticos construídos, na forma de pranchetas de origami arquitetônico e as sequências de atividades que foram desenvolvidas a partir da sua aplicação em uma turma de 3º Ano do Ensino Médio de uma escola pública do Ceará.

As pranchetas de origami arquitetônico desenvolvidas são de  $180^\circ$ , ou seja, quando abertas em ângulos de  $180^\circ$  as moléculas surgem em 3D, e ao fechá-las a figura se ajusta até que esteja completamente plana. Nelas, podem ser encontrados modelos 3D para 10 das 13 formas geométricas previstas pela Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência – RPECV (não possui os 3 arranjos planos), e são aqui apresentadas como ferramentas de aprendizagem com a função de aprimorar a compreensão das estruturas químicas, percepção espacial dos alunos ao converter formas 2D, de difícil compreensão, em 3D e vice-versa, e relações com algumas propriedades, como por exemplo, a polaridade. Durante a intervenção pedagógica com esse material, os alunos realizaram atividades práticas em sala de aula.

Figura 1 – Alunos em atividade em sala utilizando as pranchetas de origami arquitetônico.



Fonte: Autoria própria

As pranchetas de origami arquitetônico foram pensadas como um modelo alternativo aos já existentes para o ensino desse tema. Nelas, o aluno teve acesso às estruturas feitas com



## PRODUTO EDUCACIONAL:

### Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



encaixe de papel, acompanhadas de textos com explicações de conteúdos conceituais tais quais: hibridização de orbitais atômicos; informações sobre eletronegatividade; e questões que envolvem propriedades das moléculas (como polaridade, relacionadas à geometria molecular). Ainda são apresentados desafios, que podem ser resolvidos de forma prática a partir das estruturas 3D, como: determinação de ângulos com uso de um transferidor; previsão de comprimentos de ligações, utilizando régua e cálculos matemáticos; construção de estruturas moleculares 3D em escala ampliada com dobraduras de papel, onde o estudante poderá desenvolver habilidades espaciais, como rotação, inversão e reflexão.

Figura 2 – Prancheta 1 (de 180°) nas respectivas situações: fechada, em processo de abertura e aberta.



Fonte: Autoria própria

Foram elaboradas seis pranchetas diferentes, nas quais os modelos que representam as estruturas geométricas estão distribuídos em cada uma delas da seguinte forma:

- **Prancheta 1 (P1)** – Um tetraedro e um arranjo tetraédrico de pares de elétrons;
- **Prancheta 2 (P2)** – Um modelo tetraédrico, um piramidal trigonal e um angular;
- **Prancheta 3 (P3)** – Um arranjo bipiramidal e um modelo bipiramidal;
- **Prancheta 4 (P4)** – Um modelo gangorra, um em T e um linear;
- **Prancheta 5 (P5)** – Um arranjo octaédrico e um modelo octaédrico;
- **Prancheta 6 (P6)** – Um modelo Piramidal quadrático e um quadrática plana.

Nas formas geométricas de P1 e P2, os pares de elétrons estão em arranjos espaciais tetraédricos; em P3 e P4 os arranjos são bipiramidais trigonais e em P5 e P6 os arranjos são

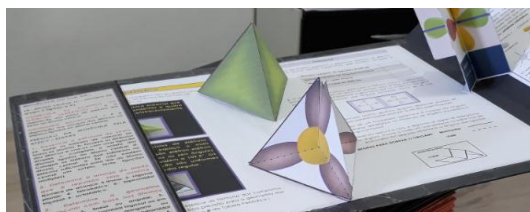


## PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



octaédricos, cujas respectivas hibridizações são  $sp^3$  (P1 e P2),  $sp^3d$  (P3 e P4) e  $sp^3d^2$  (P5 e P6). Nas pranchetas, a hibridização é determinada a partir da forma geométrica prevista pela RPECV e as regiões ocupadas por pares de elétrons não ligantes, foram representadas como orbitais por desenhos elípticos nas estruturas.

Figura 3 – Arranjo tetraédrico de pares de elétrons



Fonte: Autoria própria

Os textos explicativos somados à visualização dos modelos 3D possibilitam ao aluno, identificar a hibridização da geometria molecular. Além das formas 3D, encontra-se na aba direita de P1, uma representação 3D dos três orbitais p ( $p_x$ ,  $p_y$  e  $p_z$ ); na aba direita de P2, surgem em 3D as formas geométricas da molécula da água (angular) e da amônia (pirâmide trigonal) e na aba direita da P3, aparecem em 3D, as representações geométricas dos cinco orbitais d ( $d_{yx}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{xy}$ ,  $d_{x^2-y^2}$  e  $d_z^2$ ).

A medida dos ângulos e o comprimento de ligações podem ser determinados experimentalmente com auxílio de instrumentos (transferidor e régua) ou pelo raciocínio matemático, principalmente nas estruturas que não possuem pares de elétrons isolados. Nas estruturas com pares de elétrons isolados, ocorrem variações nos ângulos que só podem ser previstos qualitativamente pela teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (RPECV). Por essa razão, acrescentamos na parte final da capa das pranchetas, desafios para montar estruturas através de cópias dos desenhos que estão em escala real a fim de analisar, quantificar e discutir essas alterações. Em P1, P2, P4 e P5, esses desenhos estão na escala de 300 milhões para 1. Por questão de espaço, P6 está na escala de 240 milhões para 1 e em P3, o desenho foi reduzido fora de proporção. A fim de trabalharmos em uma escala real com os alunos, preparamos uma impressão em folha A4 da mesma estrutura de P3 na escala de 300 milhões para 1.

As atividades de intervenção foram desenvolvidas em dez horas/aulas de 50 minutos cada, sendo seis delas destinadas a aplicação do material didático, uma para exposição e



## PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



revisão de conteúdos e três para avaliações, de acordo com o plano de ação presente no quadro 1:

Quadro 1 – Plano de ação para os seis encontros

ENCONTROS	AULAS	ATIVIDADES
1º	1ª	Avaliação diagnóstica sobre Geometria Molecular
	2ª	Revisão e discussão sobre Geometria Molecular
2º	3ª	Aplicação de P1
	4ª	Aplicação de P2
3º	5ª	Aplicação de P3
	6ª	Aplicação de P4
4º	7ª	Aplicação de P5
	8ª	Aplicação de P6
5º	9ª	Avaliação de verificação de aprendizagem
6º	10ª	Avaliação de verificação de memória à longo prazo

Fonte: Autoria própria

Segue na sequência, a descrição resumida das etapas desenvolvidas na pesquisa do mestrado: Iniciaram-se os trabalhos com a apresentação do material manipulável construído, para que os alunos, em um primeiro contato, apreciassem as pranchetas. Sua utilização se deu após uma avaliação diagnóstica sobre os conteúdos de geometria molecular e uma prévia discussão sobre esse tema. Para isso, utilizou-se uma aula na avaliação diagnóstica e outra para exposição e discussão, fazendo uso de slides em *Power Point*. Assim, obtiveram-se informações sobre seus conhecimentos previamente construídos sobre o referido tema.

No segundo encontro, as duas aulas foram divididas entre P1 e P2. A turma foi organizada em seis grupos nos quais os alunos trabalharam em equipes de cinco ou seis componentes, sob a orientação e intervenção do professor pesquisador. Eles desenvolveram as atividades propostas nas pranchetas relacionadas aos arranjos tetraédricos e às seguintes geometrias: tetraédricas, pirâmide trigonal e angular. Cada grupo além de receber um exemplar da P1 e P2, recebeu também um transferidor, um marcador de ângulo e uma régua, (confeccionados em papel), uma cópia da tabela periódica, uma sequência de elementos em ordem decrescente de eletronegatividade e uma cópia das estruturas para montar em casa como desafio. O roteiro seguiu a sequência natural proposta nas pranchetas: visualização das



## PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular

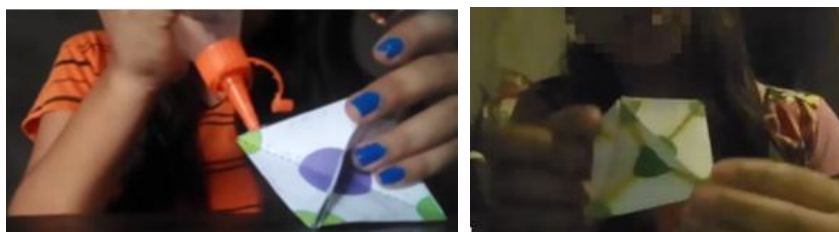


estruturas; experimentação (observação e medidas de ângulos, identificação da geometria, previsão da polaridade), leitura dos textos explicativos, resolução de exercícios e desafios.

No terceiro e quarto encontros, equivalendo a quatro aulas no total, em cada uma delas trabalhou-se um tipo de prancheta: P3, P4, P5 e P6, respectivamente, seguindo a mesma sequência de atividades apresentadas nas pranchetas. Os ângulos nas estruturas dessas pranchetas foram determinados teoricamente, sendo confirmados com o auxílio do transferidor. Ressaltou-se que nas formas bipirâmide trigonal de P3 e P4, as ligações entre o átomo central e os que ocupam as posições axiais, são mais longas que as ligações dos átomos nas posições equatoriais. Esse alongamento não ocorre em moléculas octaédricas de P5 e P6 e a explicação para esse fato pode ser dada a partir do estudo dos ângulos da geometria espacial da molécula.

No final de cada aula, solicitavam-se às equipes que montassem em casa as estruturas moleculares de origami da capa final das pranchetas. Para avaliar o nível de dificuldade dessa atividade, eles deveriam filmar cada etapa desse processo e disponibilizar no grupo de *WhatsApp* da sala, para que sua construção fosse sociabilizada com todos os alunos. Para a execução dessa tarefa foram fornecidas cópias das bases planas das moléculas a cada grupo.

Figura 4 – Atividade de casa disponibilizada no grupo de *WhatsApp*



Fonte: Autoria própria

A opção de trabalhar em grupo surgiu da necessidade de: (i) realizar uma maior integração entre os alunos, de forma que pudessem ajudar e serem ajudados pelo compartilhamento de suas habilidades, e (ii) permitir uma melhor movimentação do professor entre as equipes, para auxiliá-los durante o manuseio do material, algo que seria mais complicado em trabalho individual onde cada aluno teria sua prancheta. Desse modo o trabalho em equipe serviu para constituir um contexto favorável ao processo de ensino e aprendizagem para os alunos, facilitando a intervenção do professor. A utilização das

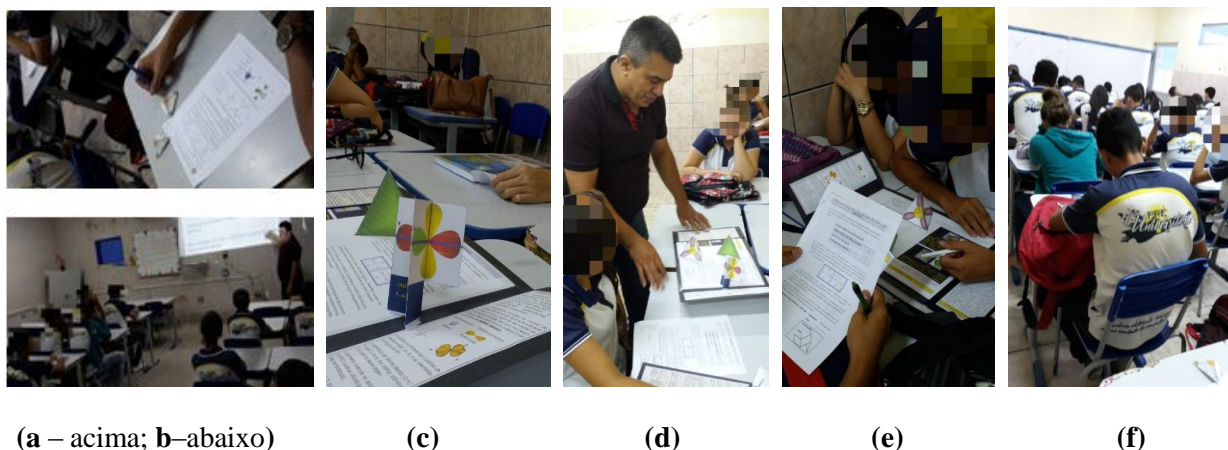


## PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



pranchetas favoreceu essa interação, pois enquanto um aluno fazia aferição de medidas, outro fazia anotações enquanto compartilhavam suas experiências.

Figura 5 – Atividades de intervenção: avaliações (a) e (f); revisão (b); exercícios com as pranchetas (c), (d) e (e).



(a – acima; b–abaixo)

(c)

(d)

(e)

(f)

Fonte: Autoria própria

Constatou-se a partir da observação da intervenção e das avaliações, que a proposta de trabalhar com as pranchetas de origami arquitetônico favoreceram o aprendizado de forma dinâmica, lúdica e contextualizada. Porém, acredita-se que os alunos teriam um maior aproveitamento em um curso desenvolvido no laboratório por um período mais longo ou em oficinas no contra turno. Assim os professores poderiam explorar com maior profundidade todo o potencial desse material.

A título de informação e contribuição aos professores que se mostrarem interessados em aplicar este material e/ou metodologia, aqui apresentados, para o ensino da tridimensionalidade em Geometria Molecular, foram elaboradas nas páginas a seguir, as etapas de construção de uma prancheta para estruturas com arranjo tetraédrico. Elas podem ser concluídas em 5 passos que incluem corte, dobras e colagem. Podem ser reproduzidas de forma artesanal, desde que seja atribuindo os devidos créditos ao pesquisador deste trabalho. Também foram fornecidas as imagens de todas as pranchetas, cujas etapas de elaboração estão reservadas à futura publicação.



# PRODUTO EDUCACIONAL:

## Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



### CONSTRUINDO UMA PRANCHETA DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO

PROFESSOR... VEJA COMO CONSTRUIMOS UMA PRANCHETA TETRAÉDRICA!

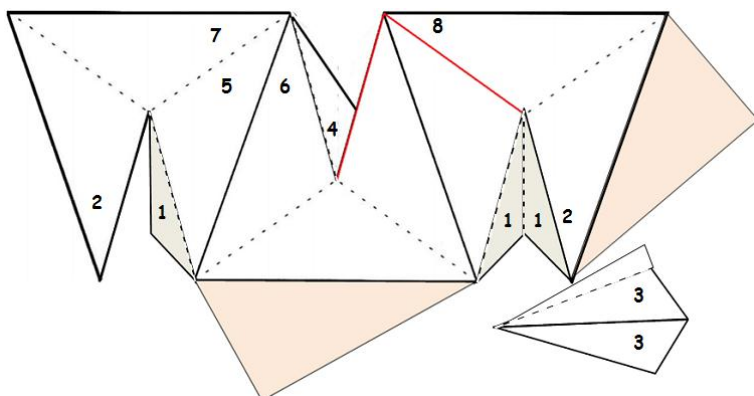


OBSERVE A LEGENDA ACIMA E SIGA AS ETAPAS AO MANUSEAR A BASE!



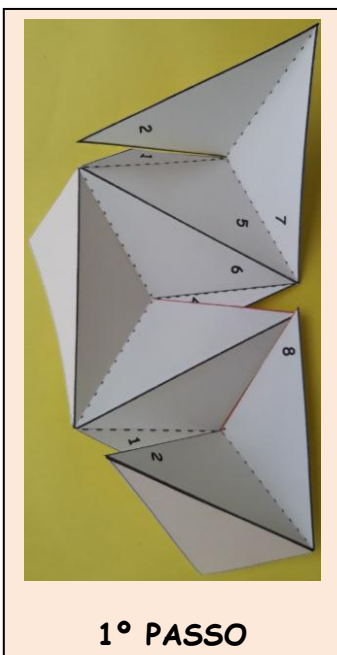
#### LEGENDA

- ❖ ( — ) Cortar
- ❖ ( - - - ) Dobrar em Vale -  $\nabla$
- ❖ ( — ) Dobrar em Montanha -  $\wedge$
- ❖ (  $\triangle$  ) Colar 1 em 2
- ❖ (  $\triangle$  ) Colar na Prancheta



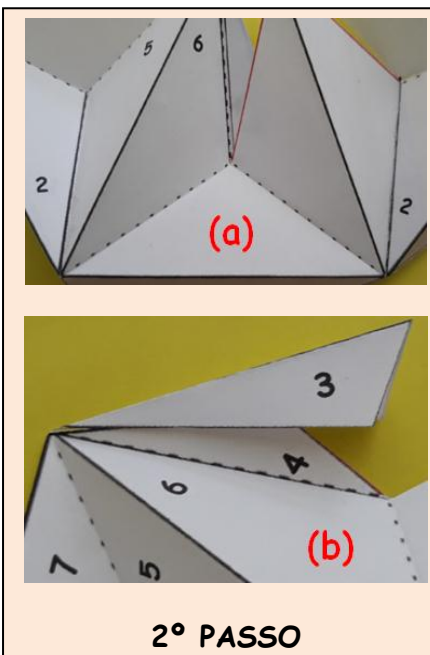
BASE DE "ORIGAMI" PARA PRANCHETA COM ARRANJO TETRAÉDRICO

**1º PASSO:** RECORTE O CONTORNO E A LINHA VERMELHA DA BASE E FAÇA TODAS AS VINCAS EM VALE E MONTANHA!



1º PASSO

**2º PASSO:** (a) COLE 1 POR BAIXO DE 2 E (b) COLE 3 EM 4!



2º PASSO





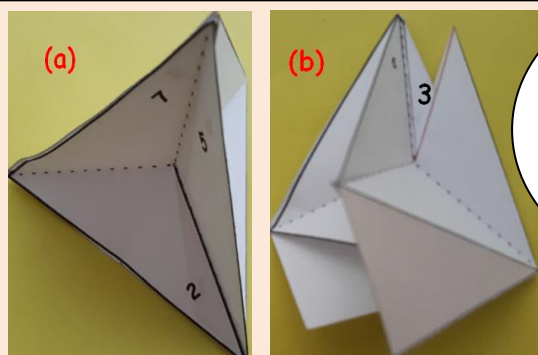


## PRODUTO EDUCACIONAL:

### Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular

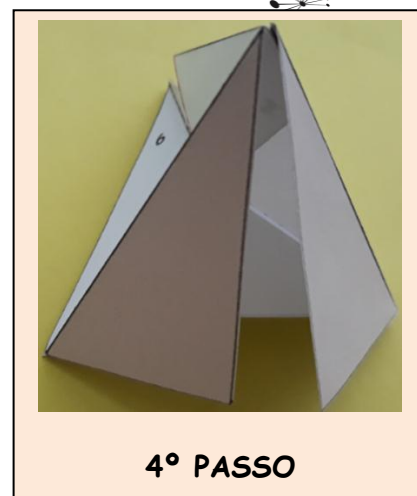


**3º PASSO:** (a) COLE 5 EM 6 E 7 EM 8 E (b) MANTENHA 3 ENCAIXADO NA PARTE SEM NÚMERO.



3º PASSO

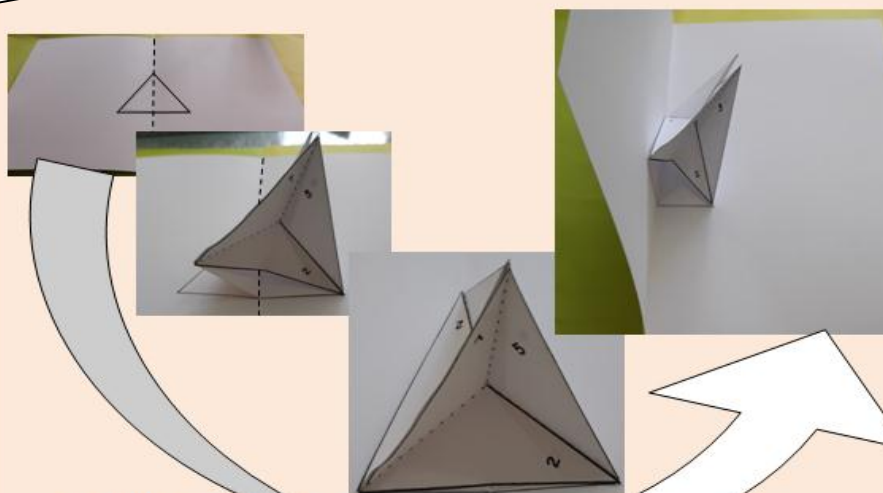
FALTA POUCO! **4º PASSO:** COLE OS TRIÂNGULOS COLORIDOS EM UMA PRANCHETA!



4º PASSO

**OBSERVAÇÃO:** A PRANCHETA QUE SUPORTA A ESTRUTURA TETRAÉDRICA PODE SER FEITA COM UMA PASTA ESCOLAR DE PAPEL, CAPA DE CADERNO OU ALGUM OUTRO PAPEL MAIS RÍGIDO QUE UMA CARTOLINA! A ESTRUTURA É COLADA NO CENTRO DA VINCA DA PRANCHETA!

**5º PASSO:** HORA DE JUNTAR AS PEÇAS! MARQUE AS DIMENSÕES DA ESTRUTURA NO CENTRO DA PRANCHETA E COLE!



5º PASSO

CONCLUÍDO! ESPERO QUE ESSAS DICAS SEJAM ÚTEIS A VOCÊ, CARO PROFESSOR!

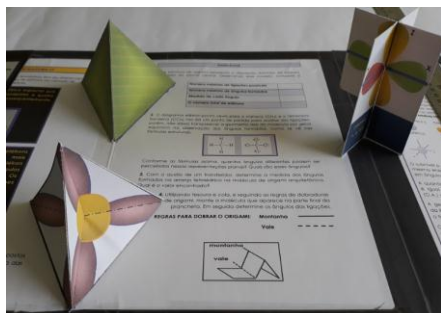




# PRODUTO EDUCACIONAL: Pranchetas de Origami Arquitetônico para o ensino de Geometria Molecular



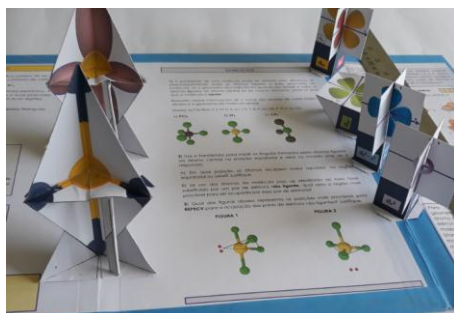
## AS SEIS PRANCHETAS DE ORIGAMI ARQUITETÔNICO, DESENVOLVIDAS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR



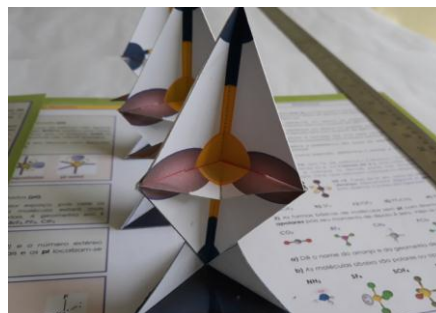
PRANCHETA 1 (P1)



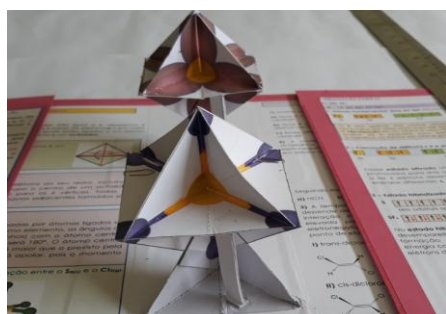
PRANCHETA 2 (P2)



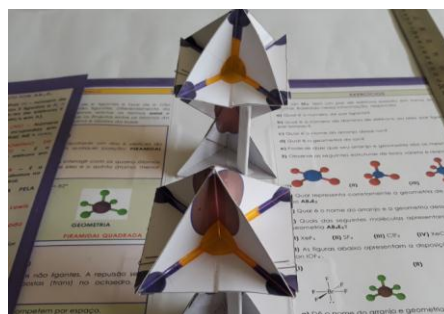
PRANCHETA 3 (P3)



PRANCHETA 4 (P4)



PRANCHETA 5 (P5)



PRANCHETA 6 (P6)

A fundamentação teórica para a elaboração deste produto educacional encontra-se na mediação semiótica de Vygotsky e de Peirce, bem como em estudos de pesquisadores em Educação Química sobre percepção espacial. Você pode encontrar um apoio de leitura bibliográfica nas referências da dissertação **“Origami arquitetônico como recurso pedagógico para a compreensão da geometria espacial de moléculas”**, de Nilton Claudio Maia do PROFQUI na UFRN.

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.