

José Aderval Aragão
(Organizador)

CIÊNCIAS DA SAÚDE:

PLURALIDADE DOS ASPECTOS QUE
INTERFEREM NA SAÚDE HUMANA



10


Ano 2022

José Aderval Aragão
(Organizador)

CIÊNCIAS DA SAÚDE:

PLURALIDADE DOS ASPECTOS QUE
INTERFEREM NA SAÚDE HUMANA



10

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof^o Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^o Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^o Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^o Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^o Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^o Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^o Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^o Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^o Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^o Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^o Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof^o Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^o Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^o Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^o Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^o Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



Ciências da saúde: pluralidade dos aspectos que interferem na saúde humana 10

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: José Aderval Aragão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências da saúde: pluralidade dos aspectos que interferem na saúde humana 10 / Organizador José Aderval Aragão. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-942-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.421221402>

1. Saúde. I. Aragão, José Aderval (Organizador). II. Título.

CDD 613

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A incessante busca de conhecimentos científicos no mundo moderno emerge da necessidade da interligação de diversas áreas da ciência, especialmente na área médica, sendo tal diligência, um pilar fundamental na formação dos profissionais em saúde.

A prática clínica baseada nas melhores evidências científicas, em cooperação com outros profissionais da área da saúde, através de uma adequada integralidade de conhecimentos, pressupõe melhor racionalização nas tomadas de decisões e intervenções quando necessário, além do entendimento da magnitude do processo saúde-doença, extrapolando assim, o campo unicamente biológico. Assim, o conhecimento científico mostra-se cada vez mais necessário, à medida que fundamenta e molda o processo de tomada de decisão, trazendo, por conseguinte, maiores benefícios à saúde da população, e com menos custos econômicos e sociais.

Diante disso, é com enorme satisfação que apresentamos esta obra, intitulada “Ciências da saúde: pluralidade dos aspectos que interferem na saúde humana”, volumes 9 e 10, elaborados em sua maioria por pesquisadores brasileiros, com capítulos abrangendo diversas áreas do conhecimento, tais como: epidemiologia social, gastroenterologia, infectologia, geriatria Esperamos que esta obra possa contribuir no processo ensino-aprendizagem de estudantes, professores e demais profissionais da área de saúde.

A ciência não é acumulação de fatos, mas resolução de mistérios **(Matt Ridley)**

José Aderval Aragão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SÍNDROME DE KLINEFELTER: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Luany Lazara Melo de Oliveira
Giovanna Masson Conde Lemos Caramaschi
Rafael da Silva Affonso
Larissa Leite Barbosa
Joselita Brandão de Sant'Anna
Eleuza Rodrigues Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214021>

CAPÍTULO 2..... 11

CAPACIDADE REPRODUTIVA DO LÍQUIDO PRÉ-EJACULATÓRIO HUMANO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Rogério José Veloso Da Silva Filho
Flávia Christiane de Azevedo Machado
Suelen Ferreira de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214022>

CAPÍTULO 3..... 26

A RELAÇÃO ENTRE HPV E CÂNCER DE COLO DE ÚTERO: UM PANORAMA A PARTIR DA REVISÃO INTEGRATIVA

Yasmim Victória Loureiro Alvares de Oliveira Sosa Diaz
Amanda Dayse e Silva
Ana Carolina Paiva Ferreira
Ashley Beatriz de Arroxelas Tenório
Bianca Ulrich de Mello
Cinthia Silveira Lino Cintra
Cintia Araujo de Sousa Souto
Laís Lisboa Bomfim Leal
Marcela Oliveira Silva
Milagres Araújo Nascimento
Naila Barroso Brasileiro Freire
Natalia Luiz da Silva Teixeira Bastos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214023>

CAPÍTULO 4..... 37

RELAÇÃO DAS CONSULTAS DE PRÉ-NATAL E AS CONDIÇÕES DE SAÚDE DOS RECÉM-NASCIDOS NO BRASIL NO PERÍODO DE 2013 A 2017

Renata Ferreira Pereira
Emília Carolle Azevedo de Oliveira
Maria Luiza Ferreira Imburana da Silva
Gabriela da Silveira Gaspar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214024>

CAPÍTULO 5..... 48

A INCIDÊNCIA DO CONSUMO DO ÁLCOOL EM GESTANTES: E SEUS EFEITOS DELETÉRIOS; REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Carlos Alberto Ocon
Renata Miniaci
Andressa Viveiros de Castro
Dannielly Gomes Cabral
José Almir Alves da Silva
Letícia Medeiros de Castro (IC)
Amanda Cabral David
Rayssa Rayane Alves de Macedo
Marcelo Marreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214025>

CAPÍTULO 6..... 66

ASPECTOS RELACIONADOS À PSORÍASE E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NA GRAVIDEZ

Afonso Pedro Guimarães Pinheiro
Emilly Gabriele Prata de Abreu
Naeli Gomes Correa
Tatiana do Socorro dos Santos Calandrini
Camila Rodrigues Barbosa Nemer
Giovanni Paulo Ventura Costa
Vencelau Jackson da Conceicao Pantoja
Rubens Alex de Oliveira Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214026>

CAPÍTULO 7..... 75

ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM EM MULHERES COM DEPRESSÃO PÓS-PARTO – DPP: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Clemilene Maia de Souza
Fabiane Araújo de Azevedo da Cunha
Jhennifer Thelka Rodrigues Vilhena
Keila Maria da Silva e Silva
Kesley Aparecida da Silva e Silva
Loren Rebeca Anselmo
Monike Emyline Andrade Rodrigues
Silvana Nunes Figueiredo
Leslie Bezerra Monteiro
Andreia Silvana Silva Costa
Camila Soares Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214027>

CAPÍTULO 8..... 88

AÇÕES DE ENFERMAGEM PARA AMENIZAR OS RISCOS DE DESENVOLVIMENTO DA RETINOPATIA DA PREMATURIDADE

Adriele do Socorro Santos Brabo

Camila Brito de Almeida
Fernando Conceição de Lima
Vitória Regina Silva Teixeira
Aline Santos Brabo
Rodrigo Silva Gomes
Isabelle Souza Machado
Jessica Priscilla da Silva Anselmo
Domingas Teixeira de Carvalho Neta
Maria de Nazaré da Silva Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214028>

CAPÍTULO 9..... 98

ESTUDO SOBRE A FREQUÊNCIA DE PEDICULOSE EM CRIANÇAS DE UM CENTRO EDUCACIONAL DE ENSINO FUNDAMENTAL, DA CIDADE REGIONAL ESTRUTURAL, DISTRITO FEDERAL, BRASIL

Eleuza Rodrigues Machado
Gardênia Barbosa de Sousa
Stenia Tarte Pereira Canuto
Vania Freitas de Aquino
Raianna Rosa Campos
Breno Piovezana Rinco
Gabriela Cristina Souza Virginio
Joselita Brandão de Sant'Anna
Larissa Leite Barbosa
Giovanna Masson Conde Lemos Caramaschi
Rafael da Silva Affonso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4212214029>

CAPÍTULO 10..... 113

CORRELAÇÃO ENTRE PEDICULOSE E ALTERAÇÕES HEMATOLÓGICAS EM CRIANÇAS COM IDADE ESCOLAR DE ENSINO FUNDAMENTAL DA CIDADE DE ÁGUAS LINDAS DE GOIÁS, GOIÁS, BRASIL

Raianna Rosa Campos
Breno Piovezana Rinco
Gabriela Cristina Souza Virgílio
Joselita Brandão de Sant'Anna
Larissa Leite Barbosa
Rafael da Silva Affonso
Eleuza Rodrigues Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140210>

CAPÍTULO 11 127

BANHO DE SOL PARA PACIENTES INTERNADOS: UMA ESTRATÉGIA DE HUMANIZAÇÃO

Viviane da Conceição Carius Comym
Janaína Mengal Gomes Fabri
Eliane Ramos Pereira

Rose Mary Costa Rosa Andrade Silva
Adriana Matos Pereira
Regina da Cruz Garofalo
Joice Cesar de Aguiar Barbosa
Daniele de Amorim Pires Moreth
Anna Cristina de Freitas
Paula de Rezende Galino Alves do Amaral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140211>

CAPÍTULO 12..... 138

AGROTÓXICOS INIBIDORES DA ACETILCOLINESTERASE: UMA ABORDAGEM ASSISTENCIAL À SAÚDE

Jaciara Pinheiro de Souza
Murilo de Jesus Porto
André Lacerda Braga Teles
Ana Flávia Souto Figueiredo Nepomuceno
Liz Oliveira dos Santos
Allan Jhony Almeida dos Santos
Maria de Fátima Santana de Souza Guerra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140212>

CAPÍTULO 13..... 156

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: IMPACTO SOCIAL GERADO NA CIDADE REGIONAL DE ARNIQUEIRAS, DISTRITO FEDERAL, BRASIL

Meriele Soares Chaves
Elizabeth Cristina Arantes
Virginia Vilhena
Giovanna Masson Conde Lemos Caramaschi
Breno Piovezana Rinco
Gabriela Cristina Souza Virgílio
Rafael da Silva Affonso
Larissa Leite Barbosa
Eleuza Rodrigues Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140213>

CAPÍTULO 14..... 170

SÍNTESE DE FILMES DE PBAT PARA APLICAÇÃO EM LIBERAÇÃO CONTROLADA DE FÁRMACOS

Raquel Dantas Costa
Clara Luísa Bezerra de Rubim Costa
Thaíla Gomes Moreira
Kaline Melo de Souto Viana
Amanda Melissa Damião Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140214>

CAPÍTULO 15..... 177

ESTRUTURAS DE METAMATERIAIS MECÂNICOS PARA APLICAÇÃO NO DESIGN

DE TECNOLOGIA ASSISTIVA – UM BREVE RESUMO DE SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Luís Eduardo da Cunha Ferro
Gil Fernandes da Cunha Brito
Marcos Henrique Garamvölgyi e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140215>

CAPÍTULO 16..... 199

REVISÃO INTEGRATIVA NA DOAÇÃO DE ÓRGÃOS E TECIDOS: AS DIFICULDADES DA FAMÍLIA NA AUTORIZAÇÃO

Luís Carlos de Paula e Silva
Bruna dos Anjos Azevedo
Eduardo Federighi Baisi Chagas
Patrícia Regina de Souza Sales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140216>

CAPÍTULO 17..... 215

RELEVÂNCIA DA TELEMEDICINA E OS DESAFIOS À SUA DIFUSÃO NO BRASIL

Paulo Feliciano da Silva
Priscila de Souza Rezende
Gislane Borges Pereira
Isabella Alves Milfont Parente
Ana Luiza de Lima Seabra
Lara Fernanda Alves de Souza
Antônio Alexander Leite Simão
Audice Barros Alencar
Danielly Correia de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140217>

CAPÍTULO 18..... 222

PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES DE ODONTOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL SOBRE UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE PACIENTES EM REDES SOCIAIS: ANÁLISE BIOÉTICA

Fabiano Maluf
Rejane Nunes Pereira
Brunna Bernadina Gonçalves
Priscila Araújo Silva
Regina Valéria Figueiredo Matos
Verônica Silva Teixeira
Ingrid Aquino Amorim
Luísa Andrade Valle

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140218>

CAPÍTULO 19..... 234

VIVÊNCIAS DE ACADÊMICOS DE FISIOTERAPIA DURANTE O ESTÁGIO EM UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

Paulo André da Costa Vinholte
Maria Beatriz Cardoso Magalhães Damasceno

Júlia Karine Rodrigues Gentil
Daniely Leal da Costa
Rafaela Pereira Cunha
Carlos Eduardo Amaral Paiva
Byanca Soares da Silva
Vivian Luíza de Souza Teodoro
Jennifer Maia Pessoa
Elmmer Santos de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140219>

CAPÍTULO 20..... 239

RODA DE CONVERSA EM UM PROSTÍBULO, UMA INTERVENÇÃO ALÉM DO CONVENCIONAL: RELATO DE EXPERIÊNCIA

Leila Cristina Severiano Ágape
Elis Sales Muniz Lima
Adriano Mato Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140220>

CAPÍTULO 21..... 246

O PET-SAÚDE COMO INSTRUMENTO PARA A ARTICULAÇÃO DO PROFISSIONAL BIÓLOGO NA SAÚDE: NARRATIVAS DA FORMAÇÃO E DOS DESAFIOS ENCONTRADOS NA PRÁTICA

Larissa da Silva
Nayra Thaislene Pereira Gomes
Lucas Yure Santos da Silva
Cicera Alane Coelho Gonçalves
Renata Torres Pessoa
Suieny Rodrigues Bezerra
Paulo Ricardo Batista
Maria Naiane Martins de Carvalho
Antonio Henrique Bezerra
Sara Tavares de Sousa Machado
Ana Karoline de Almeida Lima
Nair Silva Macêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.42122140221>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 260

ÍNDICE REMISSIVO..... 261

ESTRUTURAS DE METAMATERIAIS MECÂNICOS PARA APLICAÇÃO NO DESIGN DE TECNOLOGIA ASSISTIVA – UM BREVE RESUMO DE SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Data de aceite: 01/02/2022

Luís Eduardo da Cunha Ferro

Instituto Nacional de Tecnologia
Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/4926202188451965>

Gil Fernandes da Cunha Brito

Instituto Nacional de Tecnologia
Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/9569839708648723>

Marcos Henrique Garamvölgyi e Silva

Instituto Nacional de Tecnologia
Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/3954209373937224>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é realizar um breve resumo sobre metamateriais mecânicos e suas principais estruturas. Elucidar e analisar o comportamento dos metamateriais mecânicos limitados a aplicações em tecnologia assistiva, mais precisamente em estruturas que permitem uma grande compressibilidade, efetuando assim uma análise na propriedade de elasticidade e no coeficiente negativo de Poisson do material. Neste sentido, foi apresentado as informações sobre estruturas chiral, anti chiral, origami, sendo na última observado o foco nas técnicas de dobras Miura e Ron Resch e suas propriedades de compactação e expansão de suas estruturas observando o coeficiente negativo de Poisson.

PALAVRAS-CHAVE: Metamateriais mecânicos; Metamateriais; Tecnologia assistiva.

MECHANICAL METAMATERIAL STRUCTURES FOR APPLICATION IN ASSISTIVE TECHNOLOGY DESIGN – A BRIEF SUMMARY OF THEIR MECHANICAL PROPERTIES

ABSTRACT: The objective of this work is to make a brief summary about mechanical metamaterials and their main structures. To elucidate and analyze the behavior of mechanical metamaterials limited to applications in assistive technology, more precisely in structures that allow a high compressiveness, thus carrying out an analysis of the material's elasticity property and negative Poisson coefficient. In this sense, information about chiral, anti chiral, origami structures was presented, and in the last one, the focus on Miura and Ron Resch folding techniques and their compaction and expansion properties of their structures was observed, observing the negative Poisson coefficient.

KEYWORDS: Mechanical metamaterials; Metamaterials; assistive technology.

INTRODUÇÃO

Os metamateriais podem ser denominados como materiais usuais que, a partir de mudanças geométricas, passam a ter outras propriedades mecânicas que não seriam possíveis em sua forma básica. Eles são criados partindo de suas próprias propriedades mecânicas e juntamente com a grande parte dos arranjos que o homem pode encontrar na natureza e ou desenvolver conforme

necessidade de aplicação.

Essas grandes propriedades um tanto quanto incomuns de seu material são derivadas de sua geometria microestrutural e não propriamente de sua composição material. Com isso se consegue obter, como por exemplo, a criação de um atuador de resposta não convencionais apenas modificando suas estruturas tomando como referência arranjos atômicos de um material metálico, o que sugere que o seu design/topografia do arranjo faça.

Existem alguns tipos de metamateriais já conhecidos e sendo aplicados a algumas áreas do conhecimento na área científica, mas para alguns autores (PENDRY, 2000; SHELBY, 2001; CAI; SHALAEV, 2010; LI; GAO, 2016; YU *et al.*, 2018) o grande estudo experimental de metamateriais teve como ponto de partida na área de óptica e seguiu rapidamente para acústica e mecânica.

No ramo do conhecimento de metamateriais existem algumas subáreas como já citadas anteriormente, tais como ótico, acústico e mecânicos. Com o foco em metamateriais mecânicos temos algumas estruturas com efeitos estudados em separado, tais como metamateriais auxético (relação de Poisson negativa) (LAKES, 1987; MILTON, 1992; PRALL E LAKES, 1997; EVANS *et al.*, 2000; LIM, 2015), metamateriais que se relacionam como módulo de cisalhamento, tais como estruturas de pentamodo (BUCKMANN *et al.*, 2014; KADIC *et al.*, 2012), metamateriais com compressibilidade negativa, também conhecido como módulo volumétrico (GATTI E GRIMA, 2008; LAKES *et al.*, 2001; NICOLAOU E MOTTER, 2012), materiais singularmente não lineares (WYART *et al.*, 2008; GOMEZ *et al.*, 2012) e metamateriais topológicos (CHEN, UPADHYAYA, VITELLI, 2014; PAULOSE, CHEN, VITELLI, 2015).

Essas explorações estão simultaneamente tornando os metamateriais mecânicos muito menores e mais fortes. Entendendo e identificando os principais recursos de metamateriais mecânicos é uma pré-condição para a sua realização. É necessário elucidar os modelos viáveis para microestruturas tridimensionais para obter propriedades mecânicas contraintuitivas específicas. Uma classificação clara baseada na mecânica de vários metamateriais mecânicos emergentes precisa ser estabelecida antes de progredirmos neste campo de pesquisa.

Uma palavra foi definida para descrever a diferença entre compósitos e metamateriais mecânicos. Em contraste com engenharia vista como convencional, em que os métodos geralmente dependem do projeto de uma resposta baseada na interação entre as partes constituintes que compõem o material, as características estruturais no desenho do metamaterial injetam novidade em muito maior que o nível atômico. A maioria da meta-átomos para metamateriais ópticos tem dimensões de pelo menos 50 nm.

Os metamateriais além dos comprimentos de onda que são esperados no nível atômico. Alguns tipos fornecem funcionalidades inovadoras, como complicadas biestabilidade, rigidez adaptável, módulo de cisalhamento, compressibilidade negativa,

expansão térmica negativa e comportamento auxético. Portanto, os metamateriais são um tipo de composto, mas a diferença é que eles podem alcançar pelo menos uma propriedade anormal não observada na natureza, devido à otimização topográfica e não à composição de materiais si mesmos.

Assim como nos metamateriais ópticos e acústicos (SOUKOULIS; WEGENER, 2011; KADIC *et al.*, 2013; FLEURY; MONTICONE; ALÚ, 2015) , o correspondente projeto estrutural e fabricação em metamateriais mecânicos (YU *et al.*, 2018; LEE; SINGER; THOMAS, 2012) são solicitados por muitos dos mesmos fatores que em qualquer outro campo: observações novas e enigmáticas, novas técnicas e novas teorias. O progresso aqui aumentaria muito as possibilidades.

Os metamateriais podem ser de vários tipos, a cada dia crescem as aplicações e por consequência, há uma segregação dos tipos do mesmo como, por exemplo, tipo ótico, mecânico, metafluido entre outros.

O conhecimento de metamateriais é bastante recente e também extenso, a aplicação mecânica é a que mais chama a atenção dos autores para a aplicação em seus projetos, em especial a sua utilização em tecnologia assistiva no trabalho.

O principal objetivo deste trabalho é mapear as estruturas e arranjos já disponibilizados na literatura técnica para nortear a criação de novos equipamentos utilizando os metamateriais mecânicos a ser usada em impressão 3D com preferência a aplicação em tecnologia assistiva.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi elaborado fazendo uma breve revisão bibliográfica em metamateriais mecânicos que possam ter aplicações em encaixe de próteses transtibiais e transfemorais, neste sentido, Devido ao grande conhecimento que demanda a área foi efetuado um corte no assuntos no que há de mais novo desenvolvido na área de metamateriais que utilizam o modulo de Young como ponto inicial de sua estrutura celular e de sua rede de padrões, também conhecidas como tesselação.

FUNDAMENTAÇÃO DOS CONCEITOS

Comportamentos fundamentais mecânicos

Neste tópico será apresentado alguns fundamentos da elasticidade em partículas anisotrópicas. As tensões são grandezas que quantificam os esforços transmitidos de um ponto até outro em um sólido, sendo sucessíveis a ações externas e são usadas no estabelecimento de condições de equilíbrio em um ponto em meio do espaço tridimensional.

Em consonância ao supracitado, a geometria de deformação foi analisada e introduzida, com base na literatura conhecimento em resistência dos materiais, algumas

maneiras de quantificar as mudanças sofridas pela geometria que ocorrem durante seu processo de deformação. (MILTON, 2002)

Os modos de quantificar grandezas de ação e deformação, que respectivamente são denominadas de tensões e deformação e relacionam entre si por meio de leis, conhecidas como leis constitutivas. (MILTON, 2002)

De um modo geral, as relações como essas grandezas se correlacionam depende do material ou mesmo sua classe. Partindo deste ponto, podemos agrupar o comportamento dos materiais em modelos constitutivos que podem ter um ou mais comportamentos mecânicos referidos como elasticidade, viscoelasticidade, plasticidade entre outros. (CALLISTER; RETHWISCH, 2016)

O modelo elástico comportamental, comumente apresentado pelo sólido para estudos espaciais dos fenômenos físicos na academia, é o mais utilizado nos cálculos para previsão de comportamento em inúmeros materiais. Sendo assim vale salientar que o comportamento elástico se discrimina do seu oposto dito como não elásticos e/ou não lineares, por seu comportamento não linear, ou seja, depois que o material sofre o processo de descarregamento não retorna ao seu estado inicial. (SOUZA, 1982; CALLISTER; RETHWISCH, 2016)

Nesta questão sobre as constantes elásticas do material e suas leis constitutivas, a premissa dos estudos é de partículas anisotrópicas e de modelo isotérmico que os metamateriais mecânicos são intimamente relacionados. Sendo a primeira uma constante elástica para materiais isotrópicos e as três últimas como constantes elásticas, são elas o coeficiente de Poisson (ν), os módulos de Young (E), cisalhamento (G) e volumétrico (B) também conhecido como o inverso da compressibilidade.

O coeficiente de Poisson é a constante que oferece uma medida pela qual se pode comparar o desempenho estrutural de todo o material, seja ele homogêneo ou não quando carregado elasticamente, e é definido como a taxa que o material contrai em seu eixo transversal quando tracionado axialmente, ele é introduzido a fim de possibilitar a comparação entre a tensão carregada em um eixo com a estricção ocorrida transversalmente relativa à deformação no eixo da tensão aplicada. (SOUZA, 1982; CALLISTER; RETHWISCH, 2016; YU *et al.*, 2018).

O Módulo de Young (E), também conhecido como módulo de elasticidade, é uma constante que proporciona o valor da rigidez de qualquer material sólido, sendo positiva quando ocorrer uma deformação no sentido que uma força é aplicada. Ele é uma propriedade intrínseca do material, varia conforme sua composição química, tratamento térmico, defeitos dos processos (trincas e poros) e principalmente de sua microestrutura. Porém em metamateriais é comum observar um aspecto de rigidez negativa, sendo ela possível quando ocorrem grandes variações de volume quando um material resiste a uma distorção. (SOUZA, 1982)

Este módulo é obtido através de ensaios de tração, onde o corpo de prova é

tracionado de forma axial, sendo o módulo dado por $E = \sigma * \varepsilon$, onde:

E = Módulo de elasticidade (N/m^2), σ = Tensão aplicada (Pa) e ε = é a deformação plástica axial do corpo de prova (adimensional).

O coeficiente de cisalhamento e o módulo de elasticidade são baseados na lei de Hooke.

De maneira geral, a lei de Hooke relaciona de forma inversamente proporcional o componente/módulo de elasticidade com a componente deformação medida ao longo do mesmo eixo. Em grande maioria nos sistemas elásticos ocorre que a rigidez geral do material refere se a uma relação generalizada entre a força e o deslocamento, por exemplo, a constante da mola (k). Sendo assim, quando um objeto elástico sofre uma ação de uma tensão, ocorre uma deformação e também uma reação contrária à tensão a fim de resistir à deformação imposta. (SOUZA, 1982)

O módulo volumétrico (B), também conhecido como módulo de massa, é um parâmetro que descreve uma elasticidade volumétrica, ou seja, o comportamento do material quando se deforma se carregado de forma uniforme em todas as direções (hidrostaticamente), sendo apresentado entre a relação da tensão volumétrica e deformação volumétrica. (SOUZA, 1982)

Na Figura 3.0 (a), são apresentados os parâmetros β_i e α_i (YU et al., 2018; MILTON, 2002; JONG et al., 2015), onde as reações de forças atômicas constantes representando o sentido de contração/extensão e flexão das ligações na camada de valência entre átomos no sólido. Na figura os C_{ij} estão representados os coeficientes que relacionam as tensões e deformações, mais conhecido como coeficiente de rigidez, já que os eixos denominados pelos coeficientes i e j são escolhidos para compatibilizar com os eixos cristalográficos.

Os coeficientes E, G, B e ν apontam os módulos respectivamente de Young, cisalhamento, volumétrico e o coeficiente de Poisson; os mesmos são parâmetros que permitem a caracterização do material, e tão logo respectivos ao, carregamento longitudinal axial, ao carregamento cisalhante, carga hidrostática e a ação de deformação transversal devido carregamento axial. (SOUZA, 1982; CALLISTER; RETHWISCH, 2016)

Na figura 3.0 (b). Nos mostra um esquema de um corpo elástico padrão com os eixos coordenados e lados paralelos de forma igual a um cubo, sendo os eixos de coordenadas apontando a tensão normal no mesmo sentido ao eixo cartesiano, mas a tensão de cisalhamento (τ) nos eixos transversais ao carregamento axial (σ), já na figura 1c, nos mostra como os módulos de elasticidade (E), Cisalhamento (G) e Volumétrico (B) se relacionam com o corpo elástico padrão.

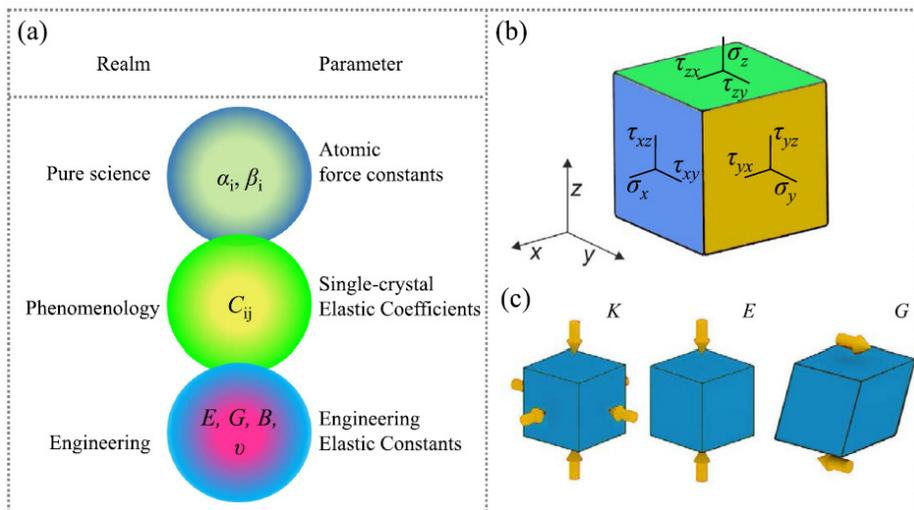


Figura 3.0 – Parâmetros de engenharia e dos materiais (a), Demonstração de estados de tensão (b), e ação dos módulos de elasticidade, cisalhamento e volumétrico (c). (YU *et al.*, 2018)

Na maioria dos sólidos quando se sofre uma tensão longitudinal sofre também uma deformação transversal sendo o valor deste coeficiente varia em torno de 0,25 a 0,33 (GREAVES *et al.*, 2011; JONG *et al.*, 2015), matematicamente falando, ocorre que a deformação do eixo $\epsilon_y < 0$ e $\epsilon_z < 0$ quando comparado a σ_x , Para ter as relações entre a deformação e a tensão produzidas pelo estado triaxial de tensão, essas relações são definidas utilizando duas constantes ν e E (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu(\sigma_y - \sigma_z)), \quad \epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu(\sigma_x - \sigma_z)) \quad \text{e} \quad \epsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \nu(\sigma_x - \sigma_y)).$$

Ao que compõem as relações entre a tensão normal e a tensão de cisalhamento podem também ser definidas pelas constantes σ e E . No caso de um cisalhamento puro onde a condição particular é $\sigma_z = \sigma_y = -\sigma$, $\sigma_x = 0$, $\tau = \frac{1}{2}(\sigma_z - \sigma_y) = \sigma$, Levando em consideração a condição particular para o cisalhamento puro e a relação entre A relação que determina o módulo volumétrico é $G = \frac{1}{3(1-2\nu)}$.

ESTRUTURAS E GEOMETRIAS

Estruturas de metamateriais que abordam os módulos de elasticidade

O presente artigo foca em uma característica mecânica que o estado da arte e as bibliografias referências apontam como mais pertinente para a área de tecnologia assistiva, o módulo de Young, uma propriedade considerada de extrema importância para esse tipo de aplicação em metamateriais mecânicos.

Os micros e nano materiais são, em geral, compostos por uma estrutura celular

padrão aplicada em todo material, como uma rede de tesselação, retificada e com modelo que se assemelha a uma treliça e composta por um grande número de unidade celular padrão, ganhando assim a característica de rede uniforme. Sendo assim a estrutura celular em si é composta por alguns poucos elementos, de forma que tanto sua geometria como a sua tesselação tem um valor muito significativo no projeto de arranjos destes materiais, pois conduzem a forma que o projeto poderá ser desenvolver em relação a utilidade e esforços impostos as estruturas.

Os metamateriais mecânicos micro e nanolatizados, metamateriais em escala micro e nano com formas padrões da literatura técnica específica, estão associados a redes que são ocas, há uma padronização a “nível” celular que faz com que se permita ter algum tipo de controle em sua arquitetura e rede, é inspirado por materiais e estruturas naturais, como cristais, bucha vegetal e de favo de mel.

Os fatores que precisam ser analisados para o desenvolvimento dos projetos em metamateriais são a célula unitária e seu mosaico como um todo em contramão dos materiais convencionais, entenda se como metais de domínio amplo e público em geral. Os metamateriais possuem uma hierarquia estrutural, partindo da rigidez que depende da densidade relativa e sua estrutura arquitetônica celular, isto é, a sua rede de tesselação. (YU *et al.*,2018)

Transformação de padrão

O metamaterial, como já citado anteriormente, é um material que tem sua estrutura celular controlada e com isso é criado uma rede de tesselação para formar uma grande rede arquitetônica a fim de realizar uma função para si proposta. Tudo vinculado a esse tipo de estrutura é baseada na transformação de padrão, sendo assim é derivado de uma rigidez efetiva aplicada a um determinado padrão de rede que segue uma tendência de movimento, entenda como deformação, sob a ação de uma força/carga externa. (JONG *et al.*, 2015; YU *et al.*,2018)

Pode-se comparar esse tipo de transformação como sendo a mesma transição de fase de estruturas metálicas como exemplo a estrutura de um fio de NiTi onde sua mudança de fase martensítica para austenística ocorre muitas vezes por aplicação de temperatura e que faz o material gerar algum tipo de movimento. Com relação a essa transformação aplicada a um metamaterial, é uma forma de célula unitária que com a confecção em rede de sua célula é definida como outro padrão em escala superior.

O conceito de forma simplista e macro é um tipo de flambagem que ocorre em sua estrutura para que as metapropriedades sejam apuradas, uma forma análoga pode ocorrer como comparando as estruturas de um cristal com diferentes orientações ou também como uma célula unitária tetragonal, quando aplicado uma força a estrutura macro de um metamaterial, há necessariamente uma mudança em toda a estrutura macroscópica do material.

Para iniciarmos o estudo sobre as transformações, é necessário observarmos a diferença entre mudança de padrão celular e metamateriais mecânicos, ou seja, os materiais auxéticos variando justamente o coeficiente de Poisson negativo principalmente.

Quando ocorre a mudança de padrão, a rigidez se modifica de acordo com a geometria escolhida, seja nas tensões em direções axiais e nas transversais sob compressão; com isso ocorre uma mudança no coeficiente de Poisson correspondente ao carregamento, ou para ser mais claro, varia o sinal do coeficiente em positivo, o mais comum e o negativo que é mais específico em metamateriais mecânicos.

A geometria dos padrões de vazios desempenha um papel de suma importância para esse tipo de componente, sendo assim iremos apresentar algumas formas que levam em conta do material e geometria o módulo de elasticidade.

Topologia Chiral e Anti chiral

É uma estrutura que foi proposta por Wojciechowski (1989), a mesma é constituída por uma torção à direita ou a esquerda e por ter esse movimento não pode ser espelhadas. Especificamente, é uma célula unitária sendo apresentada na tabela 4.1 que consiste em um cilindro central chamado de módulo ou nodo como em Lee (*et. al.* 2018), geralmente em formato de hexágono ligado por seis ligamentos tangenciais exibindo uma simetria rotacional de sexta ordem (figura 4.2), segundo Grima e Gatt *et al.* (2013) esta estrutura conectiva compõe uma unidade chiral básica, que como base de um hexágono, a mesma foi denominada hexachiral.

Desta forma esses blocos de construção quirais são divididos em chiral e antichiral e suas subdivisões são apresentadas na figura 4.2 e suas estruturas e tesselação são exibidas na figura 4.3. Em estudos anteriores, de acordo com Mousanezhad *et al.* (2016), foi apresentado que tanto a quiralidade quanto sua hierarquia afete substancialmente as propriedades mecânicas dessas estruturas. Suas estruturas hierárquicas demonstram uma maior rigidez com isso mostram uma capacidade de metamaterial celular, já as estruturas quirais e antiquirais permanecem como um caminho para auxeticidade sendo dessa forma as características para efeito de absorção de torção é muito devido a configuração da estrutura quiral, e a forma para trabalhar mais a linha de metamateriais acústicos é muito focada em estruturas antiquirais.

Chiral	Antichiral
• Trichiral	• Anti-trichiral
• Tetrachiral	• Anti-tetrachiral
• Hexachiral	

tabela.4.1 – Divisões e subdivisões Chiral e antichiral (adaptado YU *et al.*,2018)

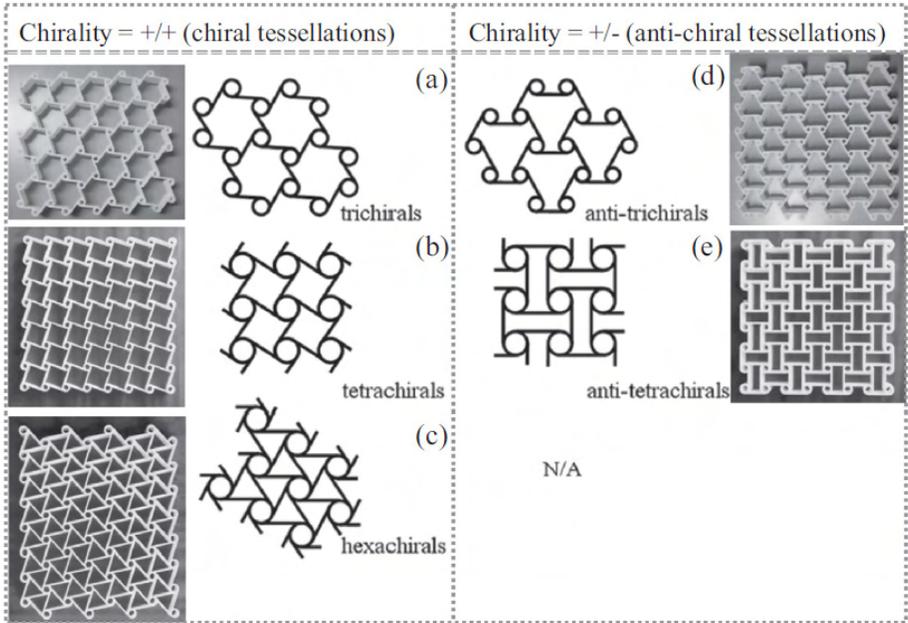


Fig. 4.2 – Demonstração das subdivisões de chiralidade e antichiralidade.

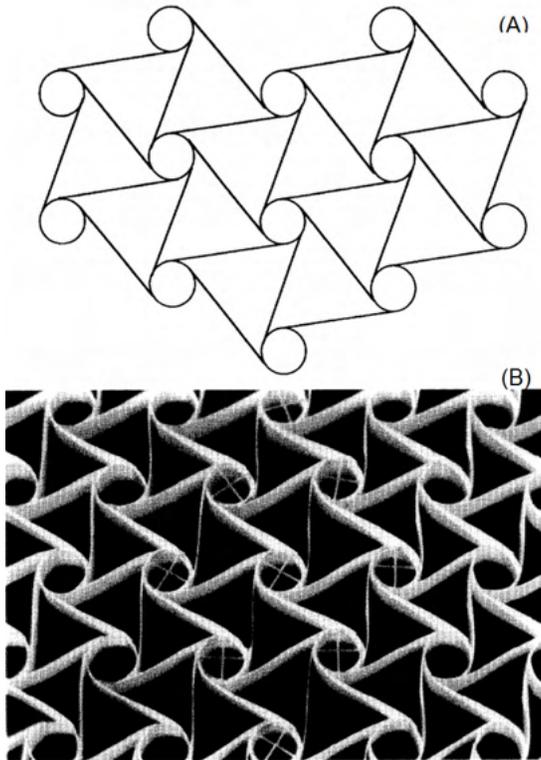


Fig. 4.3 – Descrição e montagem de geometrias chiral em favo de mel. (Adaptado PRALL; LAKES, 1997)

Estruturas de origami em metamaterial

A palavra origami é oriunda da língua japonesa, mais precisamente da junção da palavra “Ori” que significa “dobrado” e da palavra “Kami” que significa “papel”. Nos tempos atuais essa arte de dobraduras está sendo bastante estudada com a finalidade de aplicação em metamateriais.

Os padrões conhecidos pela literatura da área são o padrão de dobra Miura, Padrão não periódico de Ron Resch, Square Twist, Kirigami e um origami celular. Vamos definir alguns princípios que serão vistos e comparados entre o designer de alta costura e o origami, primeiramente para se criar formas tridimensionais de formas variadas e com alta complexidade o origami exige muitas dobras e suas orientações, então para compararmos com o modelo computacional de origami certos aspectos geométricos são inseridos, tais como vincos e vértices como demonstra a figura 4.4, neste caso os vincos são os locais onde serão feitas as dobras em uma folha plana e o ponto final é chamado de vértice, onde todos os pontos convergem, enquanto as outras regiões da folha onde é limitada pelos vincos são conhecidas como faces. Para as dobras realizadas em um vinco, foram denominadas como vale-montanha, com isso, se observa que as faces de cada lado do vinco estão girando a página, ao mesmo tempo para as dobras dos vales, eles podem ser considerados como sendo giratórios para fora da estrutura. (LANG, 2003; DEMAINE; O’ROURKE, 2007)

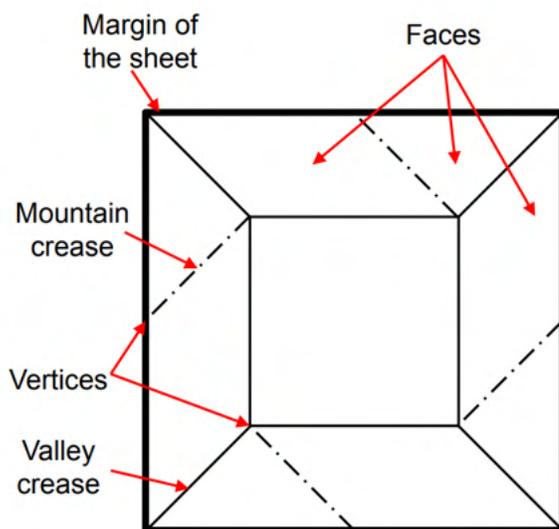


Fig. 4.4 – Padrão de dobra origami para estruturas rotacionais (Adaptado LANG *et al.*,2018)

Em resumo ao apresentado sobre origami, os vincos, as direções de dobras e suas

dinâmicas existem, porém algumas condições para que se transforme em uma classe de metamateriais, uma classificação um tanto simples como ser introduzido ao origami uma ação, como em comparado aos mecanismos esféricos de outras estruturas usadas em redes, por exemplo, figura 4.5, segundo o ponto para a classificação é que do ponto de vista de vértices e mosaicos, é necessário que estes origamis cinemáticos tenham um número reduzido de combinações de mecanismos interconectados. Como já conhecido as redes originárias de origami cinemática são um único looping (AL-MULLA; BUEHLER, 2015), como por exemplo, uma torção quadrada, estruturas periódicas 1D e 2D e Não periódicas.

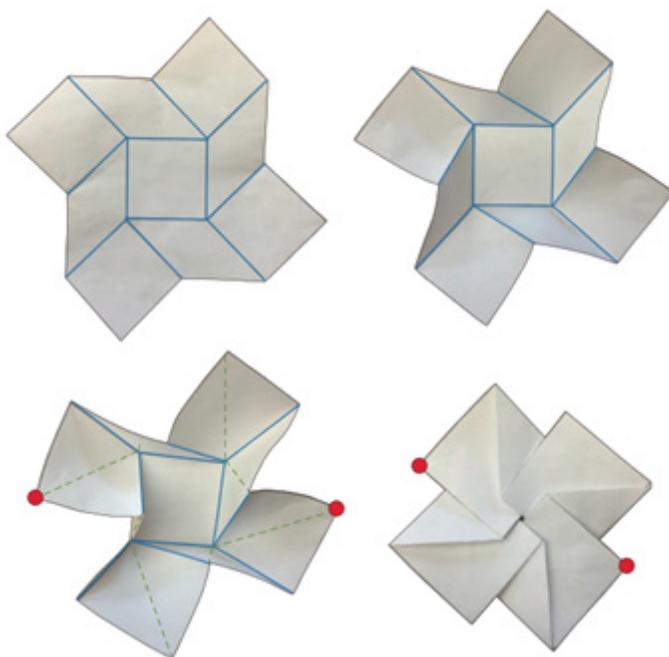


Fig. 4.5 – Estrutura baseada em origami (Square Twist), dobragem estrutural por torção. (Adaptado de AL-MULLA; BUEHLER, 2015)

Não obstante, muitos origamis conhecidos como rígidos também são cinéticos, são eles que possuem um padrão de dobraduras criando uma série de poliedros rígidos ligados sem atrito, entenda se como dobras, e como consequência esse conceito faz com que os origamis possuam uma grande gama de movimento com variações que podem tanto ser apenas artísticas como praticas para a realização de um movimento, no trabalho de Lang *et al.* (2018) se torna um exemplo de dobras realizadas com dobradiças para a criação de uma estrutura de madeira inspirado no origami como apresentado na figura 4.6.

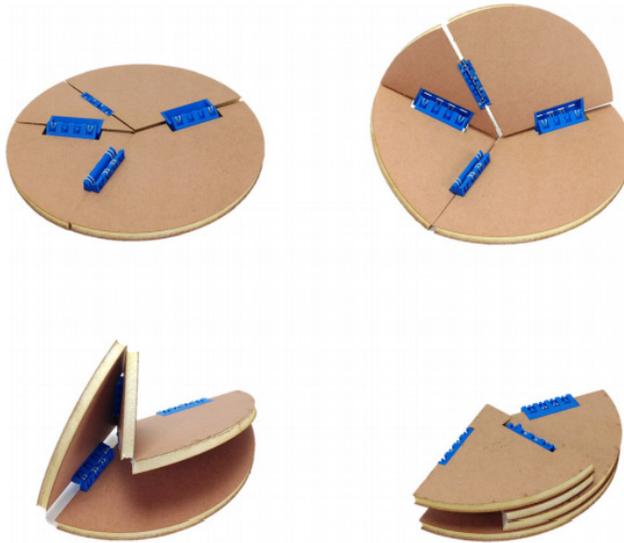


Fig. 4.6 – Dobras rotacionais acopladas em dobradiças sendo aplicadas a elementos inspirados em origamis. (Adaptado LANG *et al.*,2018)

Conhecendo as técnicas de dobra e vincos, automaticamente os comparamos com um tipo de mecanismo como placa e dobradiça quando comparados a origamis. Partindo dessa ideia os vincos atuam como elementos de ligação estrutural, tal como seria pinos e juntas para permitir o movimento em uma estrutura convencional. Por conta disso essa estrutura de origami é capaz de ser vista como atuador reagindo a um estímulo e/ou movimentação externa. Tangencialmente a isso, as deformações do material sob a técnica aplicada de origami podem possuir uma alta capacidade não linear sendo devido a sua estrutura complexa de montagem e restrições imposta pela tesselação das dobras fazendo lembrar molas de torção ao invés de molas de compressão de atuação linear. (LANG, 2003; LANG *et al.*,2018)

A pesquisa aborda alguns padrões para sua criação que são denominados: o padrão Miura, o padrão não periódico de Ron Resch e uma torção quadrada de único loop. Esses metamateriais mecânicos tendo como origem o origami oferecem algumas características como flexibilidade, compactação e deformação associadas a um padrão de dobra alterado dinamicamente. No trabalho de Kin *et al.* (2012) e no Jamal *et al.* (2013) foram aplicados em um tipo de andaimes de hidrogel de bio-origami e outras superfícies afiveladas.

O padrão de dobra em mosaico Miura é uma aquisição recente a característica de metamaterial, a geometria da estrutura Miura-ori é dobrada de forma periódica no padrão espinha de peixe, Fig. 4.7, consiste basicamente de vincos na forma de montanhas e vales com quatro cordilheiras em coordenação. Com isso os vértices são formados na interseção quando os quatro vincos se cruzam e os quatro vértices adjacentes ligam os paralelogramos

que assim se orientam na inversão do movimento.

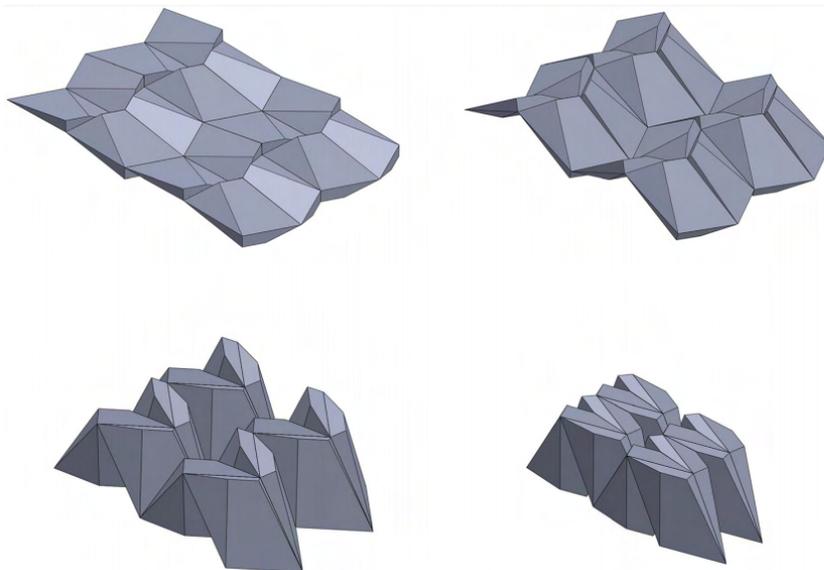


Fig. 4.7 – Padrão de dobra Miura – Ori (Adaptado LANG *et al.*, 2018)

A dobradura de um material pode ser referência para um metamaterial já que pode ser usinado em qualquer formato desejado e ainda preservar seu movimento de dobramento, e assim, é previsto que estas geometrias/morfologias abram novas possibilidades na engenharia de materiais.

O objetivo essencial para a aplicação do padrão de origami Miura-ori em metamateriais mecânicos se dá pela relação de Poisson negativa já mensurada e testada (LEE; SINGER; THOMAS, 2012). Sendo que em estudos como Schenk e Guest (2013) e Wei *et al.* (2013) em metamateriais mecânicos baseados no padrão supracitado no parágrafo apresentaram que sua estrutura de casca dobrada fornece um coeficiente de Poisson negativo para deformações no plano e positivo para flexão fora do plano (SCHENK; GUEST, 2013), que é, no entanto, igual em magnitude (WEI *et al.*, 2013) e independente das propriedades mecânicas intrínsecas do material base.

O padrão não periódico de Ron Resch está no campo dos metamateriais de forma bem progressiva, mas o mesmo já era conhecido desde os anos 1960. O criador do padrão, Ron Resch (1968), criou uma proposta de uma série de mosaicos baseados em origami por intermédio de uma estrela dobrada com movimento de torção. No meio científico que estudam os arranjos de metamateriais esse tipo básico da estrutura de Resch é chamada também como star tuck, ou na tradução literal apenas como estrela de dobra (Figura 4.8), A mesma varia sua superfície poliédrica, (Figura 4.9), este padrão de dobramento rígido demonstra uma impressionante capacidade de absorver carga sob tensão de compressão

axial[160], segundo texto de Lee *et. Al.* (2018), quanto maior o número de ordem de dobramento, maior é a capacidade de absorver esse tipo de carga citado neste parágrafo. (TACHI, 2013; LV et al.,2014)

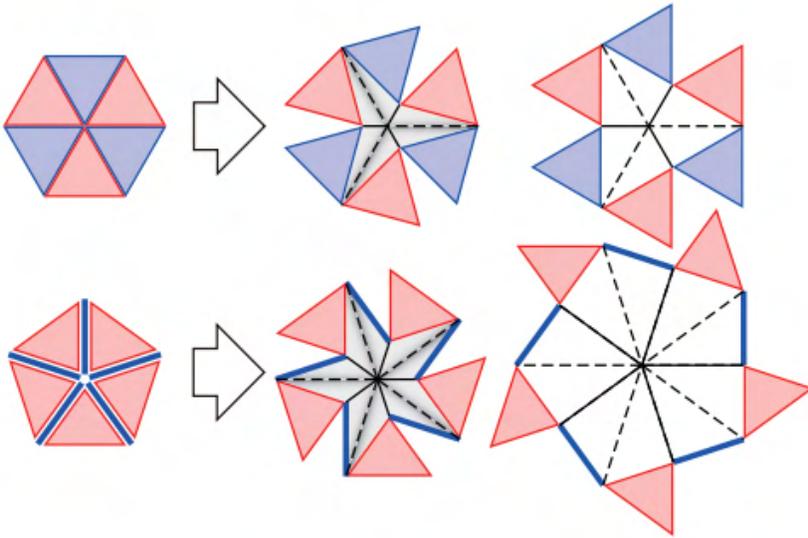


Fig. 4.8 – Padrão Ron Resch conhecido como Star Tuck. (Adaptado TACHI, 2013)

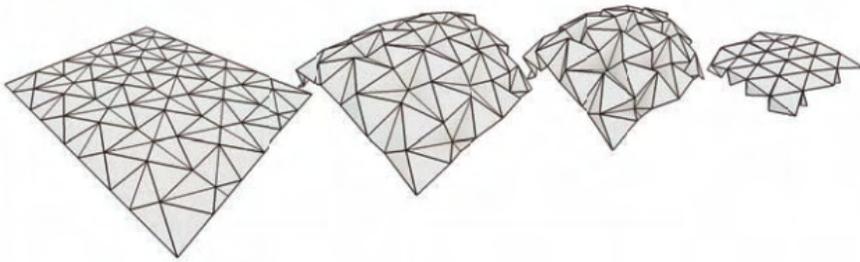


Fig. 4.9 – Padrão de dobra Ron Resch com uma rede triangular de Star Tuck. (Adaptado TACHI, 2013)

Por fim existe também o padrão square twist, traduzido de forma literal como torção quadrada (Fig. 4.10), neste modelo segundo os autores Al-Mulla e Buehler (2015) e Silverberg *et al.* (2015) para realizar a dobragem do square twist, precisaram identificar e discernir sobre os dois modos para o tal, a vincagem e a flexão de face.

De outra maneira, Square twist não pode ser dobradas só por vincos, segundo o modelo do autor Silverberg *et. al.* (2015), efetuar apenas o vincamento em um material, apenas a deformação plástica estaria presente no caso de apenas dobrar o material, faz com que a flexão seja reversível. Aplicando matematicamente segundo Demaine *et al.* (2011) há graus de liberdade específicos e ocultos separados por um GAP de energia

criados por efeito do vincamento. Com isso há dois ramos geométricos, a monoestabilidade e a biestabilidade, como por exemplo, dobradiças e/ou vincos micro modelados responsivos (SILVERBERG *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2012). Pode se concluir que para dobrar um papel, há de ser feito primeiro uma dobra através de flexão para após isso ser criado um vinco.

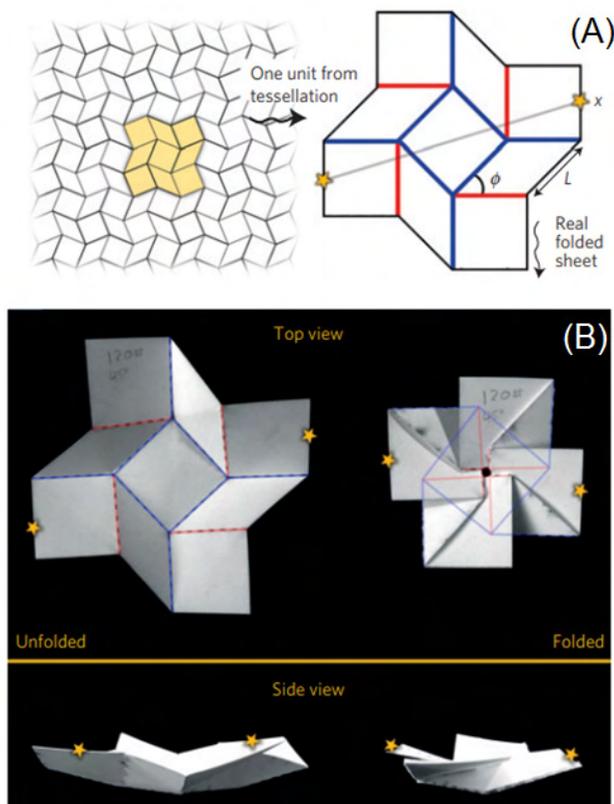


Fig. 4.10 – Estrutura de torção quadrada em tradução literal de Square twist, (a) padrão quadrado e sua formação em rede, (b) Padrão celular do funcionamento único. (SILVERBERG *et al.*, 2015)

Os metamateriais mecânicos no padrão de square twist mostram uma certa histerese em sua dinâmica de dobra ao usar produtos criados a partir de polímeros sensíveis a temperatura, com isso criando alguns subprodutos tal como interruptores mecânicos.

De forma antagônica ao processo de dobra de origami, O Kirigami (Fig. 4.11) é conhecido como “a arte do corte de papel”. O corte de papel surge aplicado a materiais como grafeno e alguns filmes poliméricos a fim de criar novas formas e padrões a estes materiais. Contudo há três vertentes propostas a serem desenvolvidas para fazer com que o kirigami se torne metamaterial. (QI; CAMPBELL; PARK, 2014)

A primeira vertente para a aplicação da técnica é para a criação de materiais bidimensionais (QI; CAMPBELL; PARK, 2014; CHO *et al.*, 2014; XU *et al.*, 2015; ZHANG *et*

al., 2015); A segunda vertente é combinando o corte, a dobra e a colagem com o propósito de criar um tipo de treliça de elementos (CASTLE *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2016; CUI; ADAMS; ZHU, 2017); A última vertente trabalha com uma combinação para a criação celular com o propósito de criar montagens e geometrias complexas (EIDINE; PAULINO, 2015; NEVILLE; SCARPA; PIRRERA, 2016).

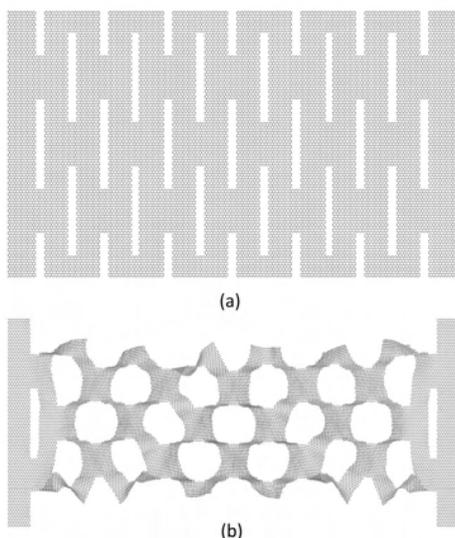


Fig. 4.11 – Exemplo de estruturas de origami sendo aplicado no material grafeno, (a) Kirigami no instante inicial e (b) Deformação sofrida por uma tensão axial no eixo x, sendo a vista superior. (QI; CAMPBELL; PARK, 2014)

Neste resumo para aplicação da tecnologia Kirigami na área de tecnologia assistiva estaremos abordando o segundo caso, Figura 4.12, pois para os autores a ideia baseada em sistemas de treliça pode se obter várias células/estruturas cristalográficas de forma artificial com tesselações que possamos reproduzir estruturas como favo de mel ou Kagome como as estruturas criadas no estudo de Chen *et al.* (2016).

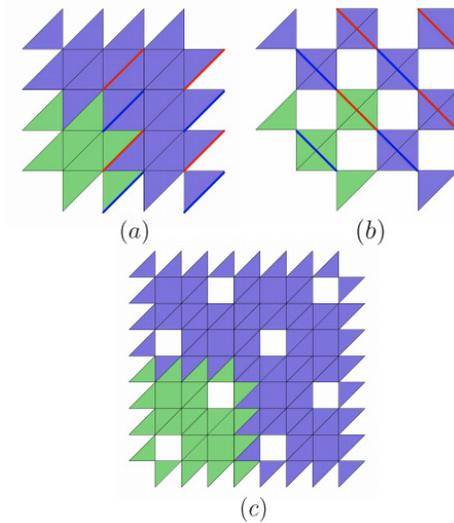


Fig. 4.12 – Esquema de estrutura proposta pelo Chen et al. (2015) para criação de Kirigami. (a) um origami sendo inspirado em treliça onde os vincos para a criação da próxima estrutura estão em cores como Azul e Vermelho. (b) Estrutura quadriculada de tetraedros unidos por seus vértices. (c) estrutura final do kirigami, adicionando assim estruturas triangulares entre os tetraedros.

Combinando as técnicas de kirigami e origami, pode criar metamateriais mecânicos de um unido grau de liberdade, como por exemplo, fig.4.13, muito embora que nesta imagem nos trate de refletir a estrutura em zigue-zague do padrão Miura ao longo dos vales e montanhas conforme explicitado no tópico pertencente a essa estrutura. (EIDINI; PAULINO, 2015; NEVILLE; SCARPA; PIRRELA, 2016)

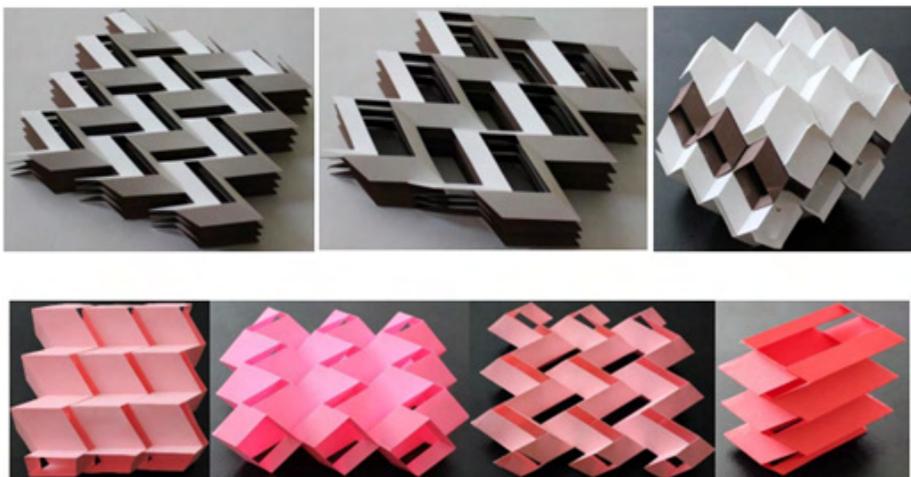


Fig. 4.13 – Tipos de estrutura Kirigami em apelo ao modelo Miura. (Adaptado EIDINI; PAULINO, 2015)

O Origami e kirigami, que seguem o propósito de dobragem de papel e corte de papel, dão origem a padrões celulares e formas bem desenvolvidas e com muito potencial para a aplicação em metamaterial para projetos puramente geométricos (QI; CAMPBELL; PARK, 2014; CHO *et al.*, 2014) , estando apenas à definição desses cortes e efetuar o dobramento. Este tipo de estrutura pode se estender à micro e nano escala sua estrutura (XU *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*,2015).

CONCLUSÃO

Na pesquisa de tecnologia para aplicação em materiais para tecnologia assistiva, o campo dos metamateriais se mostra extremamente promissor, tanto para criação de novas estruturas e aplicabilidade de materiais inteligentes, como as ligas de níquel – titânio, mais conhecidas como NiTi, como para aplicação em materiais mais convencionais, apenas trabalhando em uma nova composição de arranjo geométrico mais eficiente para atingir o objetivo proposto.

REFERÊNCIAS

- AL-MULLA, Talal; BUEHLER, Markus J.. Folding creases through bending. **Nature Materials**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.366-368, 24 mar. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4258>.
- BAUER, J. et al. Approaching theoretical strength in glassy carbon nanolattices. **Nature Materials**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.438-443, 1 fev. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4561>.
- BÜCKMANN, T. et al. An elasto-mechanical unfeelability cloak made of pentamode metamaterials. **Nature Communications**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-200, 19 jun. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms5130>.
- CAI, Wenshan; SHALAEV, Vladimir. Optical Metamaterials. **Optical Metamaterials**, [s.l.], p.1-200, 2010. Springer New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1151-3>.
- CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G.. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9. ed. [s.i]: LTC, 2016. 912 p.
- CASTLE, Toen et al. Making the Cut: LatticeKirigamiRules. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 113, n. 24, p.1-200, 11 dez. 2014. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.113.245502>.
- CHEN, Bryan Gin-ge et al. Topological Mechanics of Origami and Kirigami. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 116, n. 13, p.1-200, 30 mar. 2016. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.116.135501>.
- CHEN, B. G.-g.; UPADHYAYA, N.; VITELLI, V.. Nonlinear conduction via solitons in a topological mechanical insulator. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 111, n. 36, p.13004-13009, 25 ago. 2014. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1405969111>.

CHO, Yigil et al. Engineering the shape and structure of materials by fractal cut. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 111, n. 49, p.17390-17395, 24 nov. 2014. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1417276111>.

CUI, Jianxun; ADAMS, J G M; ZHU, Yong. Pop-up assembly of 3D structures actuated by heat shrinkable polymers. **Smart Materials And Structures**, [s.l.], v. 26, n. 12, p.125011-125019, 3 nov. 2017. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1361-665x/aa9552>.

DEMAINE, Eric D.; O'ROURKE, Joseph. **Geometric Folding Algorithms**. London: Cambridge University Press, 2007. 488 p.

DEMAINE, Erik D. et al. (Non)Existence of Pleated Folds: How Paper Folds Between Creases. **Graphs And Combinatorics**, [s.l.], v. 27, n. 3, p.377-397, 17 mar. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00373-011-1025-2>.

EIDINI, Maryam; PAULINO, Glaucio H.. Unraveling metamaterial properties in zigzag-base folded sheets. **Science Advances**, [s.l.], v. 1, n. 8, p.1500224-1500234, set. 2015. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1500224>.

E. Evans, K & Alderson, Andrew. (2000). Auxetic Materials: Functional Materials and Structures from Lateral Thinking!. *Advanced Materials - ADVAN MATER*. 12. 617-628. 10.1002/(SICI)1521-4095(200005)12:93.0.CO;2-3.

FLEURY, Romain; MONTICONE, Francesco; ALÙ, Andrea. Invisibility and Cloaking: Origins, Present, and Future Perspectives. **Physical Review Applied**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.1-200, 1 set. 2015. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevapplied.4.037001>.

GATT, Ruben; GRIMA, Joseph N.. Negative compressibility. **Physica Status Solidi (rrl) - Rapid Research Letters**, [s.l.], v. 2, n. 5, p.236-238, out. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pssr.200802101>.

GATT, Ruben et al. A realistic generic model for anti-tetrachiral systems. **Physica Status Solidi (b)**, [s.l.], p.1-200, set. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pssb.201384246>.

GÓMEZ, Leopoldo R. et al. Shocks near Jamming. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 108, n. 5, p.1-200, 31 jan. 2012. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.108.058001>.

GREAVES, G. N. et al. Poisson's ratio and modern materials. **Nature Materials**, [s.l.], v. 10, n. 11, p.823-837. Publicado em 24 out. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat3134>. Acesso em:23/09/2019

GRIMA, Joseph N.; GATT, Ruben; FARRUGIA, Pierre-sandre. On the properties of auxetic meta-tetrachiral structures. **Physica Status Solidi (b)**, [s.l.], v. 245, n. 3, p.511-520, mar. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pssb.200777704>.

JAMAL, Mustapha et al. Bio-Origami Hydrogel Scaffolds Composed of Photocrosslinked PEG Bilayers. **Advanced Healthcare Materials**, [s.l.], v. 2, n. 8, p.1142-1150, ago. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/adhm.201200458>.

JONG, Maarten de et al. Charting the complete elastic properties of inorganic crystalline compounds. **Scientific Data**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.1-200, 17 mar. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2015.9>.

KADIC, Muamer et al. On the practicability of pentamode mechanical metamaterials. **Applied Physics Letters**, [s.l.], v. 100, n. 19, p.191901-191903, 7 maio 2012. AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4709436>.

KADIC, Muamer et al. Metamaterials beyond electromagnetism. **Reports On Progress In Physics**, [s.l.], v. 76, n. 12, p.126501-126505, 5 nov. 2013. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0034-4885/76/12/126501>.

KIM, Jungwook et al. Designing Responsive Buckled Surfaces by Halftone Gel Lithography. **Science**, [s.l.], v. 335, n. 6073, p.1201-1205, 8 mar. 2012. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1215309>.

KIM, Jungwook et al. Thermally responsive rolling of thin gel strips with discrete variations in swelling. **Soft Matter**, [s.l.], v. 8, n. 8, p.2375-2380, 2012. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c2sm06681e>.

LAKES, R.. Foam Structures with a Negative Poisson's Ratio. **Science**, [s.l.], v. 235, n. 4792, p.1038-1040, 27 fev. 1987. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.235.4792.1038>.

LAKES, R. S. et al. Extreme damping in composite materials with negative-stiffness inclusions. **Nature**, [s.l.], v. 410, n. 6828, p.565-567, mar. 2001. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/35069035>.

LANG, Robert J.. **Origami Design Secrets: Mathematical Methods fo an Ancient Art**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2003. 770 p.

LANG, Robert J. et al. A Review of Thickness-Accommodation Techniques in Origami-Inspired Engineering. **Applied Mechanics Reviews**, [s.l.], v. 70, n. 1, p.1-200, 28 fev. 2018. ASME International. <http://dx.doi.org/10.1115/1.4039314>.

LEE, Jae-hwang; SINGER, Jonathan P.; THOMAS, Edwin L.. Micro-/Nanostructured Mechanical Metamaterials. **Advanced Materials**, [s.l.], v. 24, n. 36, p.4782-4810, 17 ago. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/adma.201201644>.

LI, Xiaoyan; GAO, Huajian. Smaller and stronger. **Nature Materials**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.373-374, 23 mar. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4591>.

LIM, Teik-cheng. Auxetic Materials and Structures. **Engineering Materials**, [s.l.], p.1-200, 2015. Springer Singapore. <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-287-275-3>.

LV, Cheng et al. Origami based Mechanical Metamaterials. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.1-200, 7 ago. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/srep05979>.

MILTON, Graeme W.. Composite materials with poisson's ratios close to -1 . **Journal Of The Mechanics And Physics Of Solids**, [s.l.], v. 40, n. 5, p.1105-1137, jul. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-5096\(92\)90063-8](http://dx.doi.org/10.1016/0022-5096(92)90063-8).

MILTON, Graeme W.. The Theory of Composites. **The Theory Of Composites**, [s.l.], p.1-200, 2002. Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511613357>.

MOUSANEZHAD, Davood et al. Elastic properties of chiral, anti-chiral, and hierarchical honeycombs: A simple energy-based approach. **Theoretical And Applied Mechanics Letters**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.81-96, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.taml.2016.02.004>.

NASH, Lisa M. et al. Topological mechanics of gyroscopic metamaterials. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 112, n. 47, p.14495-14500, 11 nov. 2015. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1507413112>.

NEVILLE, Robin M.; SCARPA, Fabrizio; PIRRERA, Alberto. Shape morphing Kirigami mechanical metamaterials. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-200, 5 ago. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/srep31067>.

NICOLAOU, Zachary G.; MOTTER, Adilson E.. Mechanical metamaterials with negative compressibility transitions. **Nature Materials**, [s.l.], v. 11, n. 7, p.608-613, 20 maio 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat3331>.

PAULOSE, Jayson; CHEN, Bryan Gin-ge; VITELLI, Vincenzo. Topological modes bound to dislocations in mechanical metamaterials. **Nature Physics**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.153-156, 19 jan. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nphys3185>.

PENDRY, J. B.. Negative Refraction Makes a Perfect Lens. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 85, n. 18, p.3966-3969, 30 out. 2000. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.85.3966>.

PRALL, D.; LAKES, R.s.. Properties of a chiral honeycomb with a poisson's ratio of -1 . **International Journal Of Mechanical Sciences**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.305-314, mar. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7403\(96\)00025-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7403(96)00025-2).

QI, Zenan; CAMPBELL, David K.; PARK, Harold S.. Atomistic simulations of tension-induced large deformation and stretchability in graphene kirigami. **Physical Review B**, [s.l.], v. 90, n. 24, p.1-200, 30 dez. 2014. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevb.90.245437>.

Ronald D. Resch. **Self-supporting structural unit having a series of repetitious geometrical modules**. EUA nº 3407558, 24 jan. 1966, 29 out. 1968

SCHENK, Mark; GUEST, Simon D.. Geometry of Miura-folded metamaterials. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 110, n. 9, p.3276-3281, 11 fev. 2013. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1217998110>.

SHELBY, R. A.. Experimental Verification of a Negative Index of Refraction. **Science**, [s.l.], v. 292, n. 5514, p.77-79, 6 abr. 2001. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1058847>.

SILVERBERG, Jesse L. et al. Origami structures with a critical transition to bistability arising from hidden degrees of freedom. **Nature Materials**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.389-393, 9 mar. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4232>.

SMITH, D. R.. Metamaterials and Negative Refractive Index. **Science**, [s.l.], v. 305, n. 5685, p.788-792, 6 ago. 2004. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1096796>.

SOUKOULIS, Costas M.; WEGENER, Martin. Past achievements and future challenges in the development of three-dimensional photonic metamaterials. **Nature Photonics**, [s.l.], v. 5, n. 9, p.523-530, 17 jul. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2011.154>.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1982. 153 p.

TACHI, Tomohiro. Designing Freeform Origami Tessellations by Generalizing Resch's Patterns. **Journal Of Mechanical Design**, [s.l.], v. 135, n. 11, p.111006-111009, 3 out. 2013. ASME International. <http://dx.doi.org/10.1115/1.4025389>.

WEI, Z. Y. et al. Geometric Mechanics of Periodic Pleated Origami. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 110, n. 21, p.1-200, 21 maio 2013. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.110.215501>.

WOJCIECHOWSKI, K.w.. Two-dimensional isotropic system with a negative poisson ratio. **Physics Letters A**, [s.l.], v. 137, n. 1-2, p.60-64, maio 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0375-9601\(89\)90971-7](http://dx.doi.org/10.1016/0375-9601(89)90971-7).

WYART, M. et al. Elasticity of Floppy and Stiff Random Networks. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 101, n. 21, p.1-200, 19 nov. 2008. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.101.215501>.

XU, S. et al. Assembly of micro/nanomaterials into complex, three-dimensional architectures by compressive buckling. **Science**, [s.l.], v. 347, n. 6218, p.154-159, 8 jan. 2015. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1260960>.

YASUDA, H.; YANG, J.. Reentrant Origami-Based Metamaterials with Negative Poisson's Ratio and Bistability. **Physical Review Letters**, [s.l.], v. 114, n. 18, p.1-200, 5 maio 2015. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physrevlett.114.185502>.

YU, Xianglong et al. Mechanical metamaterials associated with stiffness, rigidity and compressibility: A brief review. **Progress In Materials Science**, [s.l.], v. 94, p.114-173, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.12.003>.

ZHANG, Yihui et al. A mechanically driven form of Kirigami as a route to 3D mesostructures in micro/nanomembranes. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 112, n. 38, p.11757-11764, 8 set. 2015. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1515602112>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agrotóxicos 138, 139, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155
Alphapapillomavirus 27
Alterações hematológicas 113, 116, 123
Aplicações da epidemiologia 27
Assistência à saúde 42, 130, 139, 150
Assistência de enfermagem 75, 76, 78, 79, 84, 89
Autonomia pessoal 223

B

Banho de sol 127, 128, 129, 132, 133

C

Câncer de mama masculino 1, 2, 6, 7, 10
Cariótipo 47 1, 2, 3, 5
Cidadania 165, 167, 236, 239, 243, 245
Crianças escolares 98, 99, 101, 113
Cuidado Pré-Natal 37
Cuidados de enfermagem 84, 89, 96

D

Deficiência de vitamina D 128, 135
Déficit de aprendizagem 98, 99, 110
Depressão pós-parto 75, 76, 77, 78, 79, 82, 84, 85, 86, 87
Displasia do colo de útero 27
Doação de órgãos e tecidos 199, 200, 201, 202, 203, 204, 211, 212, 213

E

Educação em saúde 61, 149, 235, 237, 239, 241, 243, 252, 253, 254, 255, 258
Espermatozoides 4, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 25

F

Família 27, 29, 39, 61, 62, 84, 86, 110, 115, 136, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 212, 236, 239, 240, 241, 243, 245, 248, 250, 258
Fármaco 83, 85, 170, 171, 172, 173, 174, 175
Filme polimérico 170

G

Gravidez 11, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 39, 45, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 58, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 83, 85, 86

H

Hospitalização 128, 129, 131, 132, 133, 202

Humanização da assistência 135

Humanização da Assistência 128

I

Infertilidade 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 71, 72

Inibidores da acetilcolinesterase 138, 139, 141, 149, 150, 152

L

Líquido pré-ejaculatório 11, 13, 14, 17, 20, 21, 22, 23

Líquido seminal 4, 16

Lixo doméstico 157, 162, 165

Lixões 157, 158, 159, 161, 165, 168

M

Meio ambiente 157, 158, 159, 164, 166, 167, 168, 249, 254

Metamateriais mecânicos 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 188, 189, 191, 193

N

Neonatologia 89, 90, 96, 97

Neoplasia intraepitelial cervical grau III 27

O

Obtenção de tecidos e órgãos 199

Odontologia 222, 223, 225, 227, 228, 230, 231, 232

P

Pediculose 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126

Pediculus capitis 110, 111, 113, 114, 121, 124, 125

Política de saúde 216

Promoção da saúde 37, 38, 111, 129, 237, 239, 240, 243, 245, 252, 253, 257

Puerpério 38, 39, 45, 76, 77, 79, 82, 83, 84

R

Recém-nascido 37, 39, 40, 41, 44, 45, 51, 54, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 90, 92, 94, 95, 96, 97

Redes sociais 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232

Resíduos sólidos urbanos 156, 157, 166, 167, 168, 169

Retinopatia da prematuridade 88, 89, 90, 91, 93, 96, 97

S

Saúde da mulher 37, 38, 234, 235, 236, 239, 240, 242

Saúde digital 215, 216

Síndrome de Klinefelter 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10

T

Telecuidado 215, 216

Telemedicina 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221

Traumas psicológicos e físicos 99

U

Unidades de terapia intensiva neonatal 89, 90

CIÊNCIAS DA SAÚDE:

PLURALIDADE DOS ASPECTOS QUE
INTERFEREM NA SAÚDE HUMANA



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

10

CIÊNCIAS DA SAÚDE:

PLURALIDADE DOS ASPECTOS QUE
INTERFEREM NA SAÚDE HUMANA

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

10