

InterAção revista  
ISSN 1981-2183

v. 15 / n. 1 / 2022

# ANAIS DO SIMPÓSIO DE PROJETOS

da  
4ª SEMANA DE  
ENGENHARIA E EXATAS FAM  
2021/2022

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS AMÉRICAS – FAM**

**ESCOLA DE ENGENHARIAS E EXATAS**

**SIMPÓSIO DE PROJETOS DA 4ª SEMANA DE ENGENHARIA E EXATAS  
FAM 2021/2**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS AMÉRICAS – FAM**

**ESCOLA DE ENGENHARIAS E EXATAS**

---

**SIMPÓSIO DE PROJETOS DA 4ª SEMANA DE ENGENHARIA E  
EXATAS FAM 2021/2**

---

**TEMA**

**CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Data do evento: 08 a 12 de novembro de 2021

**REITORA**

**Dr<sup>a</sup>. Leila Mejdalani Pereira**

**PRÓ-REITOR**

**Prof. Dr. Luís Antônio Baffile Leoni**

**COORDENADORA GERAL DOS CURSOS PRESENCIAIS**

**Prof<sup>a</sup>. Me. Camila Vaiano**

**COORDENADOR GERAL DOS CURSOS A DISTÂNCIA**

**Prof. Dr. Osório Moreira Couto Junior**

**PRESIDENTE DO EVENTO**

**Prof. Dr. André Rinaldi Fukushima**

**COMISSÃO CIENTÍFICA DO EVENTO**

**Prof. Dr. André Rinaldi Fukushima (FAM)**

**Prof. Dr. Osorio Moreira Couto Junior (FAM)**

**Prof. Me. Fábio Soares Cesar (FAM)**

**Prof. Me. Nicolino Foschini Neto (FAM)**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Adriana del Monaco de Maria (FAM)**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rocio Bendezu del Pilar Hernandez (FAM)**

**Prof. Me. Eduardo de Araújo Maeda (FAM)**

**Prof. Me. Dhisney Gonçalves de Oliveira (FAM)**

**Prof. Me. Cláudio Barbosa Ferreira Junior (FAM)**

**Prof. Me. Marcos Paulo de Souza Silva (FAM)**

COMISSÃO ORGANIZADORA  
Prof. Me. Fábio Soares Cesar  
Prof. Me. Nicolino Foschini Neto  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rocio Bendezu del Pilar Hernandez  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Adriana del Monaco de Maria  
Prof. Me. Eduardo de Araújo Maeda  
Prof. Me. Dhisney Gonçalves de Oliveira (FAM)  
Prof. Me. Cláudio Barbosa Ferreira Junior (FAM)  
Prof. Me. Marcos Paulo de Souza Silva (FAM)

EDITOR CHEFE  
Prof. Dr. André Rinaldi Fukushima

EDIÇÃO DOS ANAIS  
Prof. Me. Nicolino Foschini Neto

DIVULGAÇÃO  
Agência Panda

LOCAL DO EVENTO E REALIZAÇÃO  
Escola de Engenharia e Exatas  
Centro Universitário da Américas – FAM  
R. Borges de Figueiredo, 510 - Mooca, São Paulo - SP, 03110-010

APOIO  
FAM – Escola de Engenharia e Exatas  
DELTATEC – Centro Acadêmico Delta Tecnologia Engenharias e Exatas  
CASTOR – Associação Atlética Acadêmica de Engenharias  
LASTI – Liga Acadêmica de Sustentabilidade e Tecnologia Industrial  
LAR – Liga Acadêmica de Reabilitação

***OBSERVAÇÃO – TODOS OS CONTEÚDOS DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS E APRESENTADOS SÃO DE RESPONSABILIDADE DOS AUTORES.***

***“Exceto onde indicado de outra forma, todos os conteúdos disponibilizados neste volume são licenciados sob uma licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.”***



## Sumário

<b>EDITORIAL</b> .....	7
<b>CARACTERIZAÇÃO DE FIOS BIOCAMPATÍVEIS DE LIGAS NI-TI</b> .....	9
<b>ACÚSTICA NA ENGENHARIA CIVIL: Análise dos sistemas construtivos para desempenho acústico</b> .....	20
<b>DISPOSITIVOS PARA OSTOMISADOS: UMA REVISÃO DOS EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS NA ATUALIDADE E SUAS ADVERSIDADES</b> .....	31
<b>USO DA OXIGENAÇÃO POR MEMBRANA EXTRACORPÓREA (ECMO) EM PACIENTES COM COVID-19</b> .....	44
<b>NOVAS TECNOLOGIAS NA PREVENÇÃO DE DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS</b> .....	54
<b>ESTUDO DA ATENUAÇÃO DE DIFERENTES MATERIAS EM ENERGIA DE MEGA VOLTAGEM PARA CONFEÇÃO DE ACESSÓRIOS DE IMOBILIZAÇÃO EM RADIOERAPIA</b>	65
<b>EVOLUÇÃO DOS RESPIRADORES PULMONAR INVASIVO PARA O CENÁRIO DE PANDEMIA DA COVID-19</b> .....	73
<b>ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO D'ÁGUA NO SETOR DE HEMODIÁLISE PARA A MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS DE INFECÇÕES</b> .....	85
<b>A BIÓPSIA HEPÁTICA JÁ PODE SER SUBSTITUÍDA PELA ELASTOGRAFIA EM CASOS DE HEPATITE C?</b> .....	100
<b>ESTUDO REOLÓGICO DO PROCESSO DOS SISTEMAS À BASE DE POLI (ÁCIDO LÁTICO) (PLA) E BORRACHA NATURAL (NR) NÃO RETICULADO</b> .....	115
<b>ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA PRODUÇÃO</b> .....	126
<b>BIOCONCRETO</b> .....	142
<b>FERRAMENTAS DA QUALIDADE USADAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE</b> .....	151
<b>ENERGIA SOLAR: SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID</b> .....	167
<b>UniCHECK_ : Gerenciador de eventos</b> .....	177
<b>ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO/SP – ESTUDO DE CASO</b> .....	187
<b>REAPROVEITAMENTO DE LAMAS RESIDUAIS EM CENTRAIS DOSADORAS DE CONCRETO</b> .....	196

<b>ESTUDO DE FOSFOLÍPIDIOS ATRAVÉS DO ESPELHAMENTO DE LUZ.....</b>	<b>214</b>
<b>PROGRESSOS CIENTÍFICOS E IMPACTOS SOCIAIS SOB A ÓTICA DA HISTÓRIA DA TECNOLOGIA: CASOS DAS INDÚSTRIAS AERONÁUTICA E FARMACÊUTICA .....</b>	<b>234</b>
<b>FOTOS DO SIMPÓSIO DE PROJETOS 2021.2.....</b>	<b>252</b>
<b>SEMANA DE ENGENHARIA E EXATAS: OFICINAS E PALESTRAS.....</b>	<b>256</b>

## EDITORIAL

O ano de 2021 foi de grande aprendizado e cheio de desafios na área do ensino de engenharia e exatas. Foi o período em que a Instituição estabeleceu os processos de retomada das aulas práticas nos laboratórios, aos alunos que optarem pelo retorno, portanto não sendo obrigatório, entretanto, mantendo o distanciamento físico e os protocolos de segurança sanitária. Foi um período de muita experiência, e uma preparação ao que no aguarda para a retomada completa ao presencial. Como parte das atividades de retomada em 2021, a **Semana de Engenharia e Exatas** não foi diferente, com o objetivo de promover a integração entre ambiente acadêmico, profissional e sociedade a 4ª Semana de Engenharia e Exatas FAM foi um evento híbrido entre presencial e digital, com uma semana intensa de atividades de ensino, extensionistas e de pesquisas. O evento que aconteceu entre os dias oito e doze de novembro, congregou alunos, egressos, profissionais do mercado, pesquisadores externos e comunidade externa durante uma semana para realização de diversas atividades científicas, voluntariado, projetos de extensão, trabalhos em equipe e atividades empreendedoras. Confira programação completa do evento em [https://issuu.com/eefam/docs/4\\_semana\\_de\\_engenharias\\_e\\_extas\\_fam\\_0511](https://issuu.com/eefam/docs/4_semana_de_engenharias_e_extas_fam_0511)

O evento foi composto por Palestras online de convidados feitas via transmissões no Youtube, realizadas durante os horários de aula de manhã e à noite. Fizeram parte, na parte da tarde, diversas Oficinas temáticas em várias áreas de engenharias como Física (Física na FAM), Química (Fazer Sabão e Show da Química), Alimentos (Fazer Queijo Caseiro) outras como Topografia, Desenho Arquitetônico, Geologia. No último dia aconteceu o Simpósio de Projetos (<https://www.even3.com.br/4seefam/>), evento científico, presencial, contemplando as apresentações de Projetos Interdisciplinares (PI), Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e Iniciação Científica (IC) dos alunos selecionados pelos Docentes dos cursos. Este Anais do Simpósio de Projetos publica também os trabalhos dos docentes engajados com os projetos aqui apresentados.

A InterAção é uma revista que sempre esteve comprometida com a informação científica, assim como ao apoio e valorização aos pesquisadores. Desde a sua criação foi adotada a política de dados abertos, o que permite a publicação dos autores dos trabalhos

e o acesso dos leitores da revista o acesso livre e sem custos. Acreditamos que um mundo mais informado é um mundo mais pacífico, seguro e educado, sendo assim, uma política de acesso aberto a informação técnico-científica é essencial atingirmos nossos objetivos. O conhecimento científico é universal, e por isso deve ser destinado a todos e compartilhado entre qualquer ser humano que tenha interesse.

Com esse primeiro número publicado pela revista no ano de 2022, convidamos nossos leitores a mais uma vez se embrenharem na leitura dos trabalhos dos pesquisadores que resistem em uma realidade onde a ciência e pesquisa ainda são muito marginalizadas. O sucesso que alcançamos com esta publicação foi graças aos nossos colaboradores, docentes, discentes e toda a comunidade acadêmica envolvida e que aproveitamos para agradecer imensamente aos autores dos trabalhos aqui publicados, e a todos os participantes de comissões e grupos que apoiaram essa produção científica.

Desejamos a todos muita saúde e ótimas leituras!

**Prof. Dr. André Rinaldi Fukushima – Editor Chefe**

**Prof. Dr. Fábio Soares César – Coordenador de Engenharia e Exatas**

**Prof. Me. Nicolino Foschini – Coord. de Engenharia e Exatas e Editor Associado da Revista**

**CARACTERIZAÇÃO DE FIOS BIOCAMPATÍVEIS DE LIGAS NI-TI**

Augusto César de Brito Geroldo

Docente de cursos de graduação – Centro Universitário das Américas

**RESUMO**

A liga de Ni-50%Ti, conhecida desde a década de 70 e denominada NITINOL®, apresenta excelentes características de resistência à corrosão, resistência à fadiga, biocompatibilidade e elevadas propriedades mecânicas. A obtenção dos lingotes e/ou placas requer fusão e solidificação a vácuo ou inerte e as propriedades de Efeito de Memória de Forma (E.M.F.) são dependentes dos tratamentos termomecânicos posteriores. O objetivo do presente trabalho é o estudo da liga por meio de análises metalográficas e ensaios de microdureza nas condições: fio ortodôntico comercial (FC) e após tratamentos térmicos de recozimento em diferentes temperaturas (TTx). Os resultados foram correlacionados com a microestrutura resultante e as condições de tratamento térmico.

**Palavras-chave:** Biomateriais, efeito de memória de forma (EMF), microestrutura, tratamento térmico.

**ABSTRACT****CHARACTERIZATION OF NI-TI ALLOY BIOCAMPATIBLE WIRE**

The Ni-50wt%Ti alloy, called as NITINOL®, presents excellent characteristics of corrosion resistance, fatigue resistance, biocompatibility and improved mechanical properties. The properties of Shape Memory Effect Alloys (SMAs) are dependents of the thermomechanical treatments after solidification. The main objective of the present work was the study of the Ni- 50wt%Ti alloy by metallographic analyses (optic), Vickers microhardness and EDS microanalyses in orthodontic, in the conditions: as commercial (CF) and after heat treatments of annealing in different temperatures (TTx). The results were correlated with the resultant microstructure and the conditions of heat treatment.

**Keywords:** Biomaterials, shape effect of memory so (EMF), microstructure, heat treatment.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das ligas Ni-Ti, apesar de conhecida desde a década de 70, apresenta pouca evolução no Brasil em nível de escala comercial. É uma liga de alta performance com aplicações em vários campos, como indústria naval, aeronáutica, nuclear, eletrônica, e nas áreas médica e odontológica. No entanto, no que se refere a sua produção, é uma liga difícil de ser fabricada e processada tanto do ponto de vista de fusão, como também da conformação mecânica, sendo as propriedades de Efeito de Memória de Forma (E.M.F.) altamente dependentes da composição e dos tratamentos termomecânicos [1-2].

O E.M.F. é a capacidade de certos materiais, após serem deformados plasticamente no estado martensítico, voltarem ao estado ou forma original com o aquecimento em temperaturas acima de  $A_f$  (temperatura de fim da transformação da martensita em austenita). A designação de ligas com memória de forma é aplicada a um grupo de materiais metálicos que apresenta a capacidade de retomar uma forma ou tamanho previamente definidos quando sujeitas a um ciclo térmico apropriado [3-4]. Geralmente estes materiais podem ser facilmente deformados plasticamente a uma temperatura relativamente baixa e, ao serem expostos a uma temperatura mais elevada, retomam a forma inicial (antes da deformação). Quando o efeito de memória de forma se manifesta somente durante o aquecimento diz-se que se trata de memória de forma simples ("oneway shape memory effect"), e se o efeito se manifestar também durante o resfriamento, diz-se efeito de memória de forma duplo ("two-way shape memory effect") [5].

O objetivo principal deste trabalho é analisar amostras comerciais de fios ortodônticos com composição química Ni-Ti próxima de 50% para cada elemento, fazendo a caracterização com microestrutura, EDS, durezas e tratamentos térmicos fazendo a correlação entre as amostras.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos e análises metalográficas, ensaios de microdureza Vickers e tratamentos térmicos foram empregados nas amostras de fios ortodônticos comerciais, conforme mostra a Figura 1 [6].



Figura 1. Amostras de fios comerciais [autoria própria].

### Análises Metalográficas

Para as análises metalográficas, inicialmente as amostras foram cortadas em uma cortadeira metalográfica. Depois de cortadas, as amostras foram embutidas a frio com resina e em seguida lixadas nas seqüências #220, #320, #400, #600 e #1200, e polidas com alumina em suspensão de 1  $\mu\text{m}$  e 0,3  $\mu\text{m}$ , em polidoras rotativas. Após a etapa de polimento foi realizado o ataque químico para revelar a microestrutura, utilizando uma solução composta por: 30 ml de ácido acético glacial, 5 ml de ácido nítrico e 2 ml de ácido fluorídrico, imersas na solução por 40 segundos, lavadas em água destilada e secas com soprador de ar quente [7]. Após realização dos ataques, as amostras foram levadas ao microscópio ótico (MO) e espectroscopia de raios-X por energia dispersiva (EDS).

### Ensaio de Microdureza Vickers

O método escolhido para medição das durezas das fases foi a microdureza Vickers, em virtude do tamanho da amostra ser muito pequeno. Foram realizadas em cada amostra seis medições com distância de 0,3 mm entre elas, obtendo-se um valor médio para a dureza. As medições foram realizadas na seção transversal e longitudinal do fio com tempo de penetração de dez segundos, carga de 150g e a temperatura ambiente de 20°C.

### Tratamentos Térmicos

Para as operações foi utilizado um forno resistivo tubular (Figura 2), com temperatura máxima de 990°C, câmara selada em tubo de quartzo e fluxo de gás inerte (argônio). Os fios ortodônticos foram divididos em duas partes iguais, as quais foram submetidas aos tratamentos. O procedimento consistiu em estabilizar o forno e a câmara a 280°C, com fluxo de argônio de 0,1 l/min, e posterior aumento da temperatura para as temperaturas

dos tratamentos (300°C, 470°C e 570°C), inserção da amostra acondicionada em uma barca de grafite no interior da câmara de quartzo, manutenção nessa temperatura por 15 min e finalmente resfriamento da atmosfera fora do forno, mas ainda no tubo de quartzo. Em todos os experimentos foi utilizado um termopar tipo K com diâmetro de 1,5 mm.

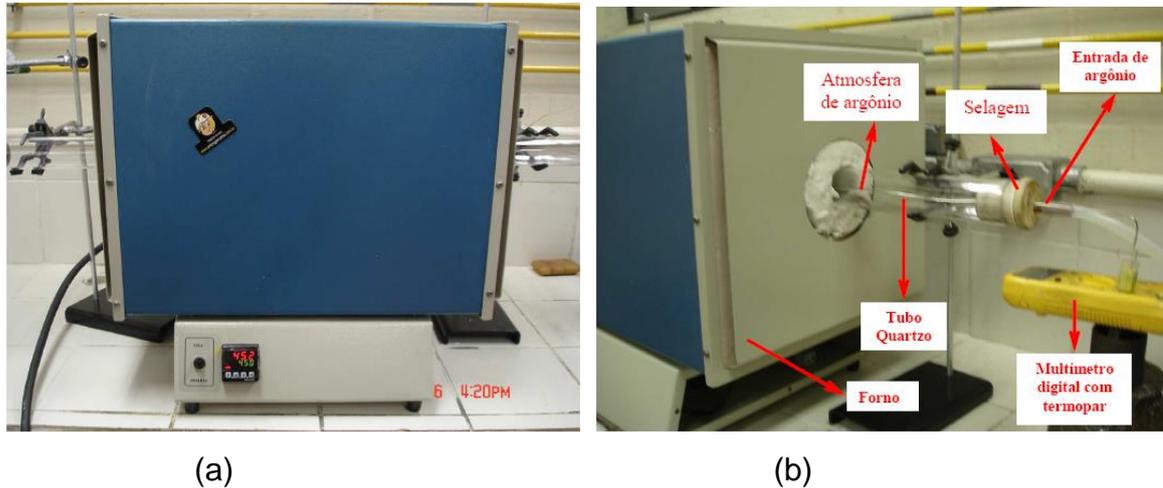


Figura 2. Forno tubular resistivo horizontal, em (a) vista geral do forno, em (b) vista detalhada do forno e equipamentos utilizados [autoria própria].

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Microscopia Óptica: Fios Comerciais

A imagem da Figura 3 mostra o tipo de estrutura da amostra 1, seção longitudinal. Como se pode observar nota-se a presença de estruturas com aspecto de agulhas, o que indica uma matriz com fase martensítica, totalmente.

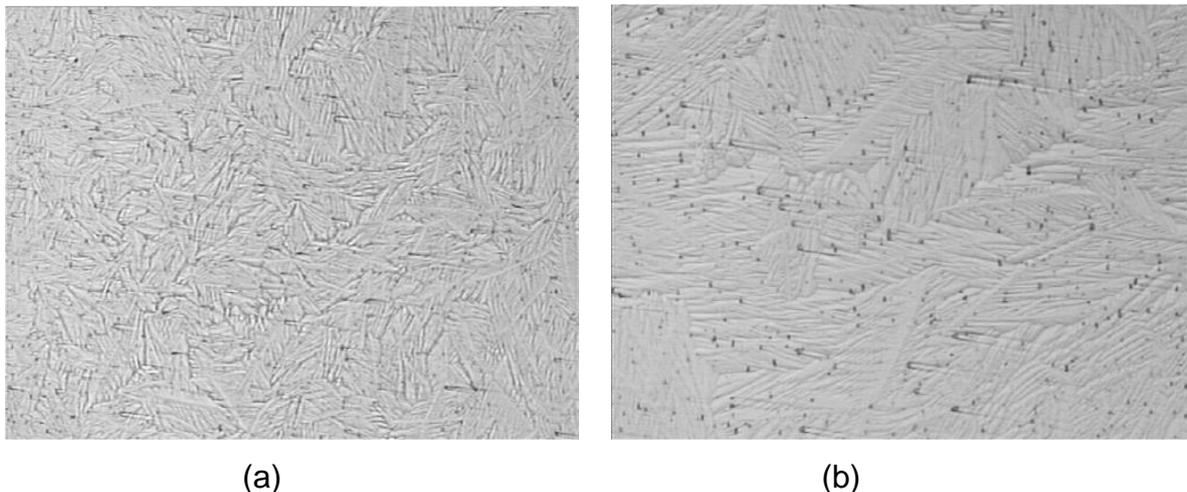


Figura 3. Micrografia da amostra 1, seção longitudinal: (a) aumento 200x, (b) aumento 500x [autoria própria].

Na amostra 2 também pode-se observar uma região predominante da fase martensítica, com pequenas regiões da fase austenítica, conforme destacado na Figura 4a. Na Figura 4b observa-se com maior aumento as regiões de austenita.

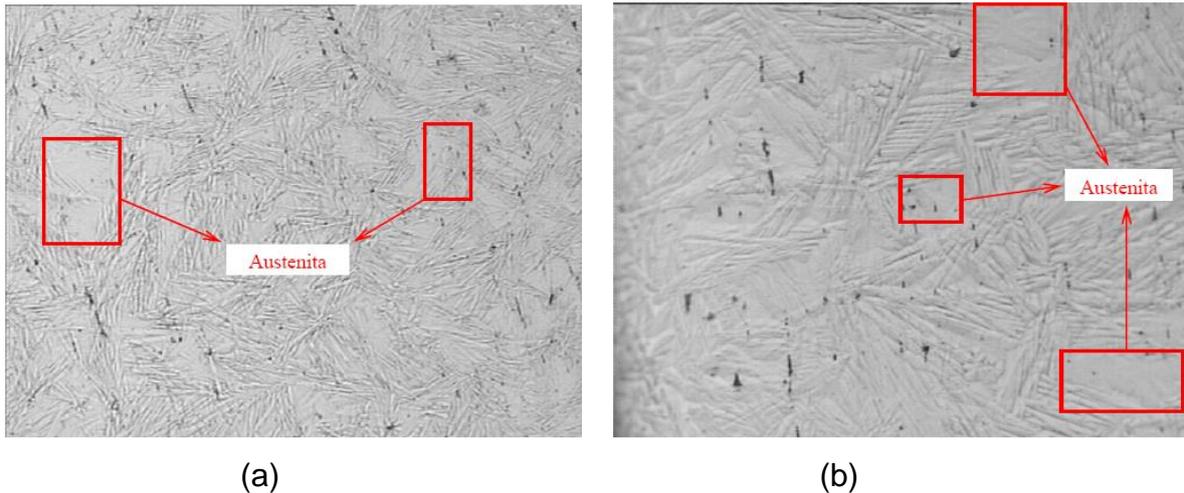


Figura 4. Micrografia da amostra 2, seção longitudinal: (a) aumento 200x, (b) aumento 500x [autoria própria].

Na amostra 3, a estrutura se assemelha com uma fase martensítica mais grosseira, conforme Figura 5a. Provavelmente a estrutura desta amostra tenha se modificado, por causa de alguma deformação mecânica que sofreu até sua aquisição no mercado nacional.

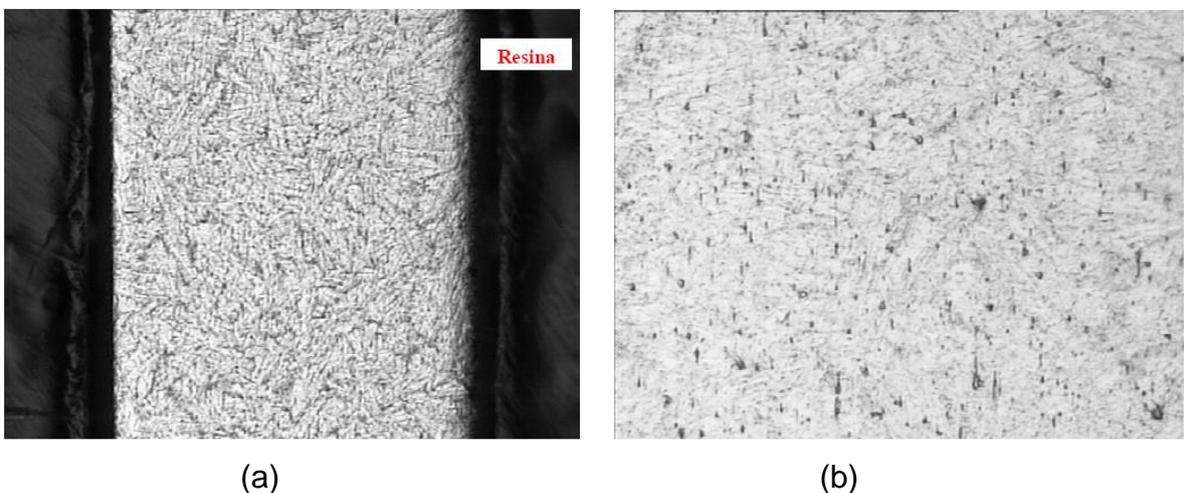


Figura 5. Micrografia da amostra 3, seção longitudinal: (a) aumento 100x, (b) aumento 500x [autoria própria].

Espectroscopia de Raios-X por Energia Dispersiva (EDS)

As amostras foram submetidas a uma medição geral por EDS, sendo esse procedimento realizado em vinte posições diferentes em cada amostra. As Figuras 6, 7 e 8 mostram os espectros do EDS e as tabelas com os elementos químicos e suas % em peso.

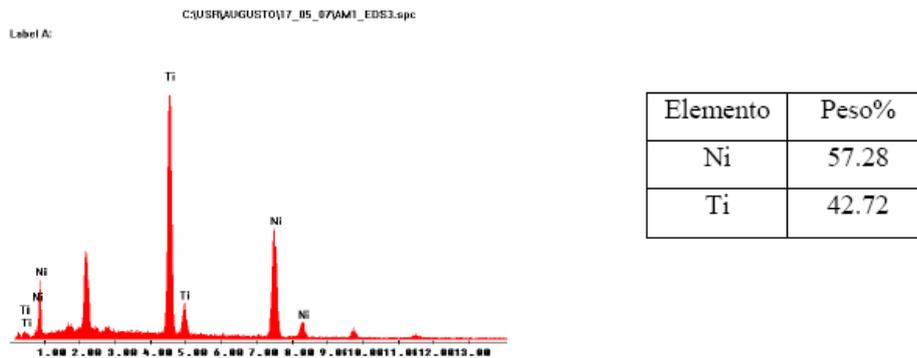


Figura 6. Espectro de EDS da amostra 1 [autoria própria].

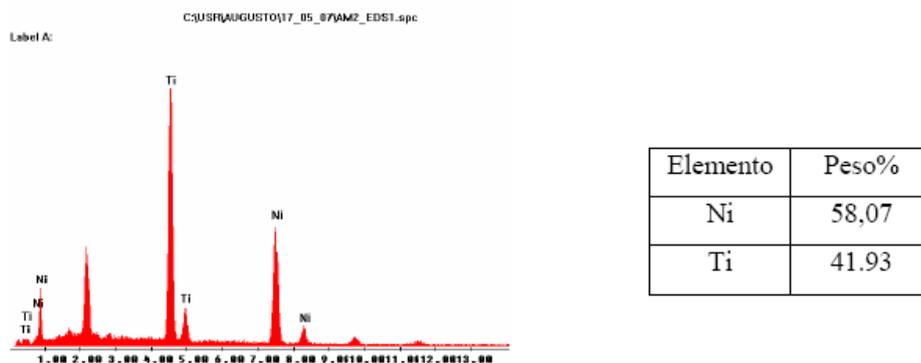
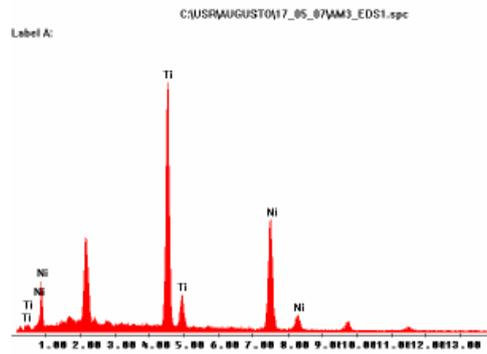


Figura 7. Espectro de EDS da amostra 2 [autoria própria].



Elemento	Peso%
Ni	57.93
Ti	42.07

Figura 8. Espectro de EDS da amostra 3 [autoria própria].

Os resultados obtidos de forma qualitativa mostraram que as amostras estão com teores de Ni levemente maiores que a composição equiatômica, Ni-50%Ti. Nas amostras pode-se observar que entre elas, as composições foram bem próximas, entre Ni-42%Ti. O pico dos gráficos de EDS onde não aparece elemento está relacionado ao elemento ouro (Au), isto se deve ao processo de metalização que as amostras analisadas foram submetidas.

### Microdureza

Os resultados médios de microdureza Vickers obtidos nas amostras analisadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Microdureza Vickers e equivalência em Rockwell C, sem tratamento térmico [autoria própria].

Amostra	Microdureza Vickers (HV)		Dureza Rockwell C (HRC)	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
1	465	439	46	44
2	513	540	49	51
3	460	348	46	36

Observa-se uma diferença nas seções transversal e longitudinal da amostra 3, provavelmente devido ao processo de deformação, onde a seção longitudinal sofre um maior encruamento.

### Microscopia Óptica (MO): Após Tratamentos Térmicos

Conforme Figura 9, a microestrutura da amostra TT300, submetido a um tratamento térmico a 300°C, mostrou-se uma matriz de fase austenítica, e regiões de fase martensítica, mostrando uma proporção de metade para cada fase encontrada, observando-se que na periferia da amostra se concentra mais agulhas de martensita. As agulhas da martensita apresentam um aspecto mais grosseiro quando comparadas com as agulhas antes do tratamento térmico, conforme apresentado na Figura 3.

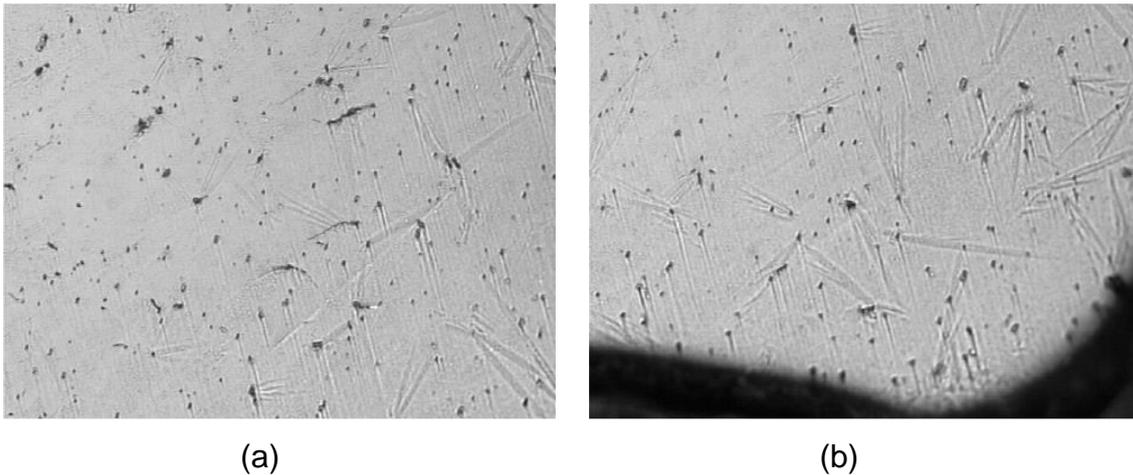
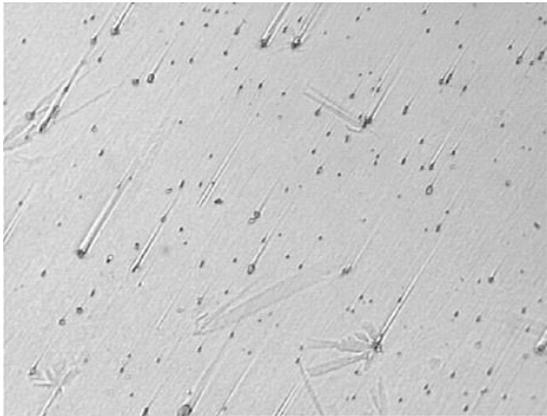
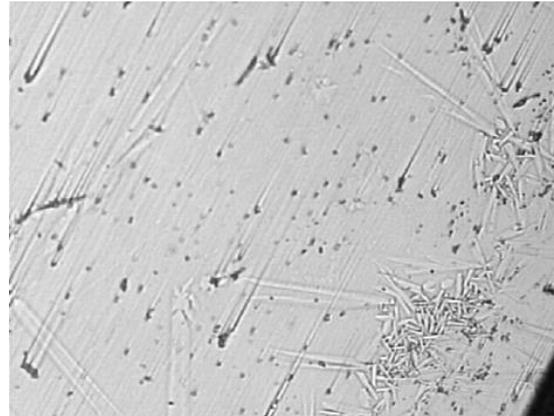


Figura 9. Micrografia amostra a 300°C, seção longitudinal, aumento 500x: (a) núcleo, (b) periferia [autoria própria].

Devido ao aquecimento e ao tempo de permanência em alta temperatura, a microestrutura predominantemente martensítica no fio como fornecido, sofreu uma transformação para uma estrutura mista formada por martensita grosseira e austenita. Conforme se previa, na amostra TT 470 (Figura 10) também se notou a diminuição da fase martensítica, sendo que quase toda amostra se tornou austenítica, devido a maior temperatura de tratamento. Notou-se também a existência de pequenas colônias de agulhas de martensita na periferia da amostra.



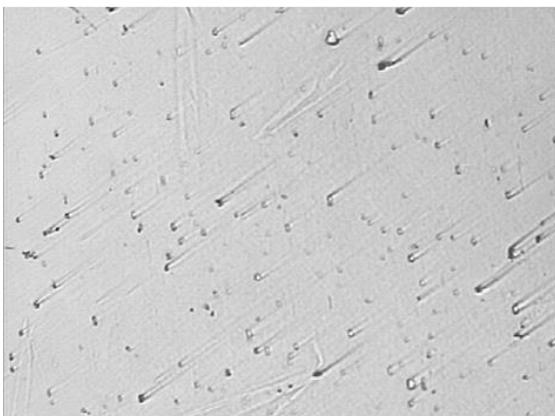
(a)



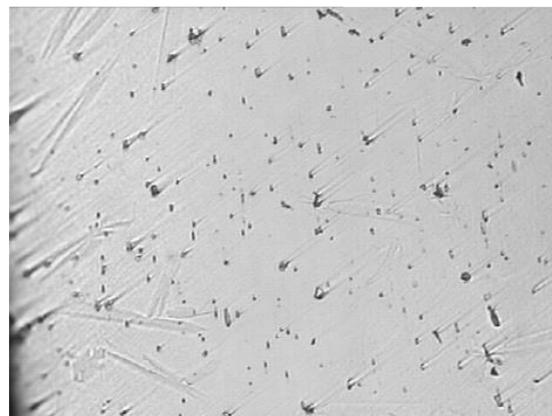
(b)

Figura 10. Micrografia amostra a 470°C, seção longitudinal, aumento 500x: (a) núcleo, (b) periferia [autoria própria].

Como se previa, a amostra TT 570, conforme Figura 11, mostra uma matriz de fase austenítica com poucas agulhas dispersas de martensita, indicando que a 570°C, a amostra vai se encontrar totalmente na fase austenítica.



(a)



(b)

Figura 11. Micrografia amostra a 570°C, seção longitudinal, aumento 500x: (a) núcleo, (b) periferia [autoria própria].

Observa-se ainda a presença de pequena quantidade de agulhas de martensita, e nesse caso, somente na região periférica do fio. Acredita-se que tal fato se deve a maior deformação plástica induzida nessa região durante o processo de conformação (encruamento), dificultando a transformação martensítica-austenítica.

Microdurezas: TT300, TT470, TT 570

Os resultados das microdurezas Vickers obtidos nas amostras tratadas, nas condições de tratamento térmico: TT300, TT470, TT570, são apresentados na Tabela 2.

*Tabela 2. Microdurezas Vickers e equivalência em Rockwell C, com tratamento térmico [autoria própria].*

<b>Amostra</b>	<b>Microdureza Vickers (HV)</b>	<b>Dureza Rockwell C (HRC)</b>
TT300	323	33
TT470	305	31
TT570	295	29

Os valores das microdurezas também foram satisfatórios, pois estão de acordo com a microestrutura das amostras, e conforme as temperaturas de tratamento aumentam, as microestruturas partem para uma fase totalmente austenítica, e as durezas teoricamente devem ser menores do que as amostras sem tratamento térmico. As amostras foram ensaiadas somente na seção longitudinal, pois teoricamente nas amostras com tratamento térmico, a estrutura esteja mais homogênea.

## **CONCLUSÕES**

As microestruturas das amostras, observadas por microscopia ótica, mostraram uma matriz predominantemente martensítica, a temperatura ambiente. A amostra 2 mostrou pequenas regiões da fase austenítica, provavelmente devido a alguma deformação mecânica que ela sofreu. A amostra 3, apresenta uma estrutura que assemelha com uma fase martensítica, entretanto mais grosseira.

A composição química via EDS mostrou de forma qualitativa composições próximas de Ni-42%Ti, e não Ni-50%Ti (composição equiatômica).

As microestruturas das amostras com tratamentos térmicos, realizados com três diferentes temperaturas, mostraram uma matriz de fase austenítica e a presença de regiões da fase martensítica, mostrando uma proporção para cada temperatura de tratamento realizada. A medida que se aumentou a temperatura de tratamento, observou-se que a fase austenítica aumentava. Chegando a temperatura próxima de 570°C, a amostra mostrou-se quase 100% de fase austenítica, com poucas agulhas de martensita

grosseira dispersa. Observou-se também que na periferia das amostras se concentrou mais agulhas de martensita.

Observou-se que nas amostras antes do tratamento térmico, tiveram uma dureza média de 45 HRC, típica de uma estrutura martensítica. Depois do tratamento térmico, como observou-se anteriormente, a fase austenítica aumenta com o aumento da temperatura de tratamento térmico, com isso pode-se dizer que a dureza deve diminuir.

## REFERÊNCIAS

- [1] Duerig, T. W.; Melton, K. N.; Stöckel, D.; Wayman, C. M.; **Engineering Aspects of Shape Memory Alloys**. London: Butterworth-Heinemann, 499p, 1990.
- [2] DUERIG, T.; Pelton, A.; Stöckel, D.; An Overview of Nitinol Medical Applications. **Materials Science and Engineering A**. v.273-275, pp.149-160, 1999.
- [3] Otsuka, K.; Ren, X.; Recent Developments in the Research of Shape Memory Alloys. **Intermetallics**. v.7, pp.511-528, 1999.
- [4] Schüller, E.; Bram, M.; Buchkremer, H. P.; Stöver, D.; Phase Transformation Temperatures for Ni-Ti Alloys Prepared by Powder Metallurgical Processes. **Materials Science and Engineering A**. v.378, pp.165-169, 2004.
- [5] OTUBO, J., **Desenvolvimento de ligas inoxidáveis com efeito de memória de forma: elaboração e caracterização**. Campinas. 1996. 212p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- [6] GEROLDO, A. C. B., **Caracterização do efeito de memória de forma de fios de ligas Ni-Ti empregados em aparelhos ortodônticos**. 2007. 76p. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.
- [7] ASTM E 3–95, Practice for Preparation of Metallographic Specimens, PA 19428-2959, United States, 1995.

## **ACÚSTICA NA ENGENHARIA CIVIL: Análise dos sistemas construtivos para desempenho acústico**

Caique França Barbosa; Débora Fariades de Sousa Cunha; Nathália Martins Rossetto; Claudio Barboza Ferreira Junior

### **RESUMO**

Este artigo consiste no levantamento bibliográfico acerca da relevância da acústica nos projetos da Construção Civil, com enfoque para o tratamento acústico adequado em edifícios comerciais, pautando-se essencialmente na NBR 15.575. Sua finalidade abrange a compreensão e exposição dos processos construtivos indispensáveis na elaboração de um projeto acústico para uma edificação de uso comercial. A base teórica apresentada tem fundamentação em pesquisas e documentos oficiais publicados por especialistas dos segmentos de acústica, engenharia civil e arquitetura. Diante da elucidação do tema desenvolvido, torna-se evidente que a qualidade sonora de um ambiente engloba não somente questões relativas a um condicionamento acústico eficiente, mas também no que tange à privacidade, saúde e bem-estar dos usuários da edificação e seu entorno.

**Palavras-chave:** Acústica. Projeto. Construção civil.

**ABSTRACT:** This article consists in the survey of studies about the relevance of acoustics in Civil Construction projects, focusing on proper acoustic treatment in commercial buildings essentially based on NBR 15.575. Its purpose includes the understanding and exposition of indispensable constructive processes for the elaboration of an acoustic project for a commercial building. The theoretical basis presented is based on in-depth research in official documents published by experts in the segment of acoustics, civil engineering and architecture. Towards elucidation of the developed theme, becomes evident that the sound quality of an environment encompasses not only issues related to efficient acoustic conditioning, but also regarding privacy, health and well-being of users of the building and its surroundings.

**Keywords:** Acoustics. Project. Construction.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 15.575 (2013, p. 25):

“A edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.”

Ou seja, a norma menciona não somente como realizar um tratamento acústico com coeficientes mínimos pré-estabelecidos, como também manifesta a importância do conforto acústico para o(s) usuário(s).

Com isso, o pensamento que se segue é: quais os sistemas construtivos apropriados para edificações comerciais?

Diante desse questionamento, o intuito deste artigo é fazer um levantamento bibliográfico sobre os aspectos que constituem o projeto acústico no que diz respeito às edificações comerciais, levando-se em conta que um ambiente acusticamente tratado não tem apenas por finalidade proporcionar bem-estar. Pensar no desempenho sonoro das instalações é considerar, com responsabilidade, a saúde, privacidade e qualidade de vida dentro do que propõe a utilização do local estudado, bem como as construções adjacentes.

### 1.1 OBJETIVOS

Detalhar o estado da arte dos aspectos que compõem as principais etapas da concepção da solução acústica para um empreendimento comercial realçando a influência do condicionamento acústico na esfera da Construção Civil.

## 2 METODOLOGIA

O desenvolvimento teórico deste trabalho foi estruturado a partir de uma pesquisa bibliográfica respaldando-se em materiais científicos e acadêmicos, tais como teses, monografias, artigos, dissertações, normas técnicas, relatórios e estudos especializados na relação entre o Tratamento Acústico e a Construção Civil.

### 3 Fundamentação teórica

#### 3.1 Ruído

O ruído é caracterizado como um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão em função da frequência, de formas aleatórias através do tempo (BISTAFA, 2018). Pode ser descrito ainda, conforme a NBR 12.179 (1992, p. 2), como “todo som indesejável”.

Com o objetivo de proporcionar conforto acústico em ambientes fechados para seus usuários, as instalações devem compreender níveis de ruído seguindo os critérios estabelecidos previamente nas normas, como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 1 – Valores dB (A) e NC

Locais	dB(A)	NC
<b>Hospitais</b>		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
<b>Escolas</b>		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
<b>Hotéis</b>		
Apartamentos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
<b>Residências</b>		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de estar	40 - 50	35 - 45
<b>Auditórios</b>		
Salas de concertos, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
<b>Restaurantes</b>	40 - 50	35 - 45
<b>Escritórios</b>		
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
<b>Igrejas e Templos (Cultos meditativos)</b>	40 - 50	35 - 45
<b>Locais para esporte</b>		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Fonte: NBR 10.152 (1987, p. 2)

#### 3.1.1 Transmissão sonora

Martins (2008) define que, no âmbito da Construção Civil, a transmissão sonora é o fenômeno que ocorre a partir onda sonora que transpassa o recinto onde foi emitida. A

energia que é propagada com qualquer sinal sonoro percorre três caminhos padrões: parte se volta ao seu interior (ou seja, é refletida), parte é absorvida pelos componentes do meio (móvelia, pessoas, e etc.) e a terça parte transpassa para os compartimentos adjacentes (internos à construção ou externos).

O ruído se divide em dois grupos, conforme sua transmissão: ruído aéreo e ruído de impacto. A NBR 12.179 (1992, p. 2) define ruído aéreo como “ruído ou som produzido e transmitido através do ar”, e o ruído de impacto sendo “ruído ou som produzido por percussão sobre um corpo sólido e transmitido através do ar”.

Independente de qual a origem de transmissão, a propagação ocorre de duas formas: direta e marginal. Na transmissão direta, o percurso sonoro atravessa um único elemento que se coloca como obstáculo comum entre ambiente emissor e ambiente receptor. Enquanto que na transmissão marginal, a energia sonora percorre através das zonas periféricas adjacentes que se encontram entre um compartimento e outro (MARTINS, 2008).

### 3.1.2 Tempo de reverberação

Segundo a NBR 12179 (1992, p. 2), o tempo de reverberação é “o tempo em que o som deixa de ser ouvido, logo após a extinção da fonte sonora, e expresso em segundos. Pode ser medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de intensidade de 60 dB”.

O tempo de reverberação pode ser calculado através da fórmula de Sabine, desenvolvida em 1898 pelo físico americano Wallace Clement Sabine.

$$t_r = \frac{0,161 * V}{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots}$$

Sendo:

- $t_r$  = tempo de reverberação do recinto, em segundos
- $V$  = volume do recinto, em  $m^3$
- $S_1, S_2 \dots S_n$  = áreas das superfícies interiores do recinto, em  $m^2$ , afetadas pelos coeficientes de absorção  $\alpha_n$
- $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$  = coeficientes de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto

### 3.2 Tratamento acústico

De acordo com a NBR 12179 (1992, **p. 2**), o tratamento acústico:

“implica o conhecimento de valores das condições locais, em função do conjunto de condições do recinto, a saber:

- a) Níveis de som exterior, em decibéis;
- b) Nível de som do recinto, em decibéis (em função do gênero de atividade deste recinto);
- c) Planta de situação do imóvel onde se acha o recinto a ser tratado;
- d) Plantas e cortes longitudinais e transversais do recinto;
- e) Especificações dos materiais empregados no recinto: de construção [...] e utilização [...].”

Os aspectos fundamentais em uma instalação, compartimento ou uma edificação que é capaz de proporcionar um conforto acústico, são: os arredores (vizinhança, tráfego, etc.), o clima (pluviosidade, ventilação, umidade do ar, etc.), posicionamento e orientação (de materiais, mobiliário, etc.) e a arquitetura (geometria, por exemplo) (**CATAI, PENTEADO e DALBELLO, 2006**).

Para se determinar o dimensionamento do desempenho acústico adequado, o primeiro passo é entender o comportamento do som no local, mapeando os ruídos da região através de dados técnicos obtidos por cálculos e equipamentos específicos.

**Mateus (2008)** divide o estudo da propagação sonora em duas categorias: a propagação sonora interior e a propagação sonora exterior. Isso ocorre pelo comportamento das ondas sonoras serem tratadas acusticamente de maneiras distintas para um ambiente aberto e outro fechado.

#### 3.2.1 Condicionamento acústico

O condicionamento acústico de um ambiente está diretamente relacionado com a propagação do som em um ambiente fechado, onde a geometria da sala/local, tipos de revestimento e até mesmo a ocupação do espaço – seja por pessoas ou por mobiliário – é preponderante para que se tenha a acústica adequada para que a instalação cumpra satisfatoriamente sua função dentro da demanda sonora projetada. De acordo com a NBR 12179 (1992, **p. 2**), podemos definir o condicionamento acústico por “processo pelo qual se procura garantir em um recinto o tempo ótimo de reverberação e, se for o caso, também a boa distribuição do som.”.

Existem situações em que somente a redução de ruídos de pessoas e equipamentos já satisfaz com a resolução de algumas deficiências de desempenho acústico. Nestes casos, soluções voltadas para absorção sonora são mais indicadas, pois

a qualidade sonora de um local está primariamente ligada ao tempo de reverberação. Dessa forma, o material absorvente atua nas regiões onde a incidência de ruídos é maior transformando a energia mecânica das ondas sonoras em energia térmica, a qual também é de suma importância considerar nos projetos acústicos.

O tempo de reverberação deve ser ajustado a partir da finalidade de cada projeto. Em um edifício comercial, nas salas de conferência e auditórios (este segundo principalmente), **Rodrigues (2008)** menciona que reflexões e ecos devem ser completamente controlados a partir do equilíbrio da variação dos níveis sonoros. No caso desses fenômenos, é provável que a instalação de difusores acústicos ou alteração do ângulo de algumas superfícies (entre mobílias e equipamentos) possam resultar na melhora do campo sonoro no cômodo. Garantir que a mensagem chegue de forma clara a todos os pontos do auditório é o objetivo principal e primordial de um projeto de condicionamento acústico.

A metragem cúbica do recinto também impacta o tempo de reverberação, pois relaciona a frequência e altura da fonte sonora. No caso de salas de conferências e auditórios, deduz-se que a frequência seja alta em detrimento de equipamentos amplificadores de som. Por essa razão, um tempo de reverberação curto é ideal.

Com isso, **Mateus (2008)** atribui a quatro fatores essenciais o êxito de um ambiente condicionado acusticamente: redução rigorosa dos ruídos de fundo, controle do tempo de reverberação de acordo com a finalidade e utilização do espaço, distribuição uniforme e apropriada das ondas sonoras pelo recinto e a inteligibilidade da mensagem/comunicação.

### 3.2.2 Isolamento acústico

Isolamento acústico ou isolamento sonoro faz menção à composição estrutural e os materiais adotados na elaboração do projeto da edificação. Por definição, segundo a NBR 12179 (1992, **p. 2**), isolamento acústico é o “processo pelo qual se procura evitar a penetração ou a saída, de ruídos ou sons, em um determinado recinto. [...] compreende a proteção contra ruídos ou sons aéreos e ruídos ou sons de impacto.”. A mesma NBR também orienta que “o nível de som no recinto deve ser fixado de acordo com a NBR 10152 [...]”. Este tipo de tratamento acústico implica na reflexão da onda sonora, impedindo que tantos os ruídos externos impactem o ambiente interno, como o interno

impacte o externo, ou ainda um ambiente interno interfira sonoramente em outro (MATEUS, 2008).

No primeiro, a transmissão direta, em boa parte dos casos, ocorre em razão de defeitos na construção. **Mateus e Pereira (2011)** abordam erros simplórios que terminam por impactar significativamente o desempenho acústico de um edifício, tais como:

- Juntas de argamassa de assentamento mal preenchidas em paredes de alvenaria;
- Última fiada de junta normalmente mal preenchida e com frinchas em paredes de alvenaria;
- Aplicação de aro com selagem deficiente em portas acústicas;
- Caixilhos de correr com frinchas aparentes em vãos envidraçados.

A **NBR 12179 (1992)** estabelece uma tabela que apresenta os níveis de isolamento acústico por material (em decibéis), através da qual deve-se pautar o projeto na hora da escolha dos materiais a serem empregados na construção:

Tabela 2 – Valor de isolamento acústico de diversos materiais

Material	Isolamento acústico em decibels (500 Hz) (dB)
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 10 cm)	45
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 20 cm)	50
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 30 cm)	53
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 40 cm)	55
Alvenaria de tijolo furado (espessura de 25 cm)	10
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board" (espessura de 12 mm)	18
Chapa de fibra de madeira tipo "Soft-Board", com camada de ar intermediária de 10 cm	30
Chapas ocas de gesso (espessura de 10 cm)	24
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm)	20
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm) duas placas com camada de ar intermediária de 10 cm	25
Concreto - laje entre pavimentos	68
Vidro de janela (espessura de 2,0 a 4,0 mm)	20 a 24
Vidro grosso (espessura de 4,0 a 6,0 mm)	26 a 32
Vidro de fundição (espessura de 3 a 4 mm) uma placa	24
Vidro de fundição (espessura de 4 a 6 mm) duas placas com camada de ar intermediária	36

Fonte: NBR 12179 (1992, p. 5)

Soluções que costumam melhor atender demandas de média a alta frequência, relativas às problemáticas de acústica decorrentes de situações como as apresentadas acima, estão relacionadas à composição de massa, rigidez e várias camadas de material, como podemos encontrar, por exemplo, em elementos "sanduíche" ou mesmo elementos "triplos".

É importante se ter em mente que quanto maior a densidade de uma barreira sonora, melhor será a qualidade do isolamento. Dessa maneira, a utilização de tijolos maciços ou de concreto com uma espessura maior em paredes, lajes maciças de concreto, etc., influenciam em um melhor desempenho do isolamento acústico devido à capacidade aprimorada de atenuação dos ruídos ocasionados por, por exemplo: sistemas de ar condicionado, compressores e ventiladores; estes equipamentos/instalações são isolados com soluções pertinentes também as vibrações que podem provocar nos elementos da estrutura da construção. Por essa razão, o isolamento de sons de percussão deve ser aderido.

Uma vez que os ruídos de percussão são produto do contato dos equipamentos com o elemento construído (vibrações), pode-se conter a problemática com a utilização de suportes ou apoios antivibratórios na base dos aparelhos, complementando a solução com mangas flexíveis nas tubulações condutoras.

Em se tratando de isolamento acústico, os elementos de fachada e componentes dos arredores da edificação compõem parte fundamental no tratamento acústico (onde a problemática gira entorno da propagação sonora exterior). **Mateus (2008)** caracteriza a fachada com o isolamento de elemento composto devido à superfície composta por elementos com capacidades de isolamento acústico diferentes e em áreas de abrangência diferentes. Para os principais cálculos voltados a adequação acústica dos elementos de fachada de um empreendimento, existem recursos em softwares com os algoritmos pertinentes para um dimensionamento assertivo, como relevância da geometria da edificação, projeção da propagação sonora no ambiente exterior, influência do vento, da temperatura e da proximidade com o solo, a influência do atrito com o ar, e entre outros (**MATEUS, 2008**).

**Mateus e Pereira (2011)** afirmam que edifícios com tubulações de uma grande seção nas paredes de alvenaria, dutos de ventilação, caixilhos em vãos envidraçados e outros propiciam quebras consideráveis no isolamento. Somado a esses fatores, conforme já mencionado em tópicos anteriores, a camada de reboco muito fina e as juntas de assentamento mal preenchidas, terminam por impactar severamente o conforto acústico de qualquer edificação.

Em edificações com poucos andares, ou mesmo nos andares mais baixos de uma edificação, uma possibilidade para combater os ruídos pouco expressivos provenientes do tráfego de veículos e outros meios de transporte, são as barreiras acústicas artificiais ou

naturais, que, de acordo com **Pereira (2015)**, podem representar entorno de 10 dB por área quadrada de atenuação da poluição sonora externa.

Estas barreiras também podem ser dimensionadas através de softwares especializados, com os devidos modelos de cálculo adotados sobre a cartografia digitalizada. Não necessariamente há que se ter uma barreira efetivamente erguida entre a edificação e o tráfego. Por isso, deve-se considerar a demanda e a solicitação do cliente para que as melhores alternativas sejam estudadas para que seja aplicada a solução mais eficaz para cada caso.

### 3.2.3 Absorção acústica

De acordo com **Micaela (2014)**, a absorção sonora interna e externa, é definida como a transformação da energia sonora em alguma outra forma, geralmente em calor, quando passa através de um material. Em outras palavras, segundo Rodrigues (2008, p. 17) “o coeficiente de absorção sonora é a razão entre a energia que, por unidade de tempo, se dissipa numa dada área da superfície do material em causa e a energia que, durante o mesmo intervalo de tempo, incide nessa área”.

Esta transformação ocorre quando o comprimento das ondas sonoras incidentes num determinado material é pequeno, em comparação com as dimensões das irregularidades das superfícies, nomeadamente dos poros. Desta forma, a energia do som é dissipada ao circular dentro dos poros ou interstícios dos materiais.

**Micaela (2014)** afirma que a absorção sonora é essencial para obter um ambiente com qualidade acústica, ajustado para cada espaço. Através desta propriedade, é possível controlar o som produzido e propagado no interior de um recinto fechado, de acordo com as necessidades do usuário.

A mobília e as pessoas que compõem um espaço são fatores levados em consideração nos cálculos de absorção sonora de um projeto, pois são componentes auxiliares do fenómeno da absorção. Outra variante que pode ser inserida na determinação dos materiais absorventes dentro do projeto acústico é o ar.

O som possui uma velocidade de propagação maior na água do que no ar, portanto a umidade relativa se torna um fator preponderante para determinar a duração da transmissão sonora e, conseqüentemente no estudo da melhor solução absorvente a ser adotada no projeto. **Rodrigues (2008)** sugere, como uma alternativa que soluciona a

questão de absorção das frequências sonoras em um ambiente, os painéis de vibração, como por exemplo, as membranas ressonantes. O ar, em média, também possui uma taxa de absorção sonora, que é variável entre 20% a 25% em espaços com dimensão volumétrica significativa (**PEREIRA, 2015**).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dado o exposto, em virtude do estudo levantado, pode-se constatar factualmente a preponderância da eficiência acústica no universo da Construção Civil e, de igual modo, na qualidade da edificação, tendo em vista o cumprimento proveitoso de sua utilização.

Torna-se, assim, evidenciado os principais sistemas construtivos que podem ser aplicados em projetos com finalidades de desempenho acústico aprimorado e suas respectivas características para uma edificação comercial e mapeamento sonoro. As soluções para o tratamento acústico variam de acordo com diversos fatores, como o ambiente alvo do projeto, o local do empreendimento, a poluição sonora do entorno (nível de ruído), a necessidade do cliente e o propósito do edifício, atendendo sempre aos pré-requisitos apresentados nas normas.

#### **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao controle de Ruído**. 3ª Edição. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=RCO7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=Ac%C3%BAstica+Aplicada+ao+controle+de+Ru%C3%ADdo&ots=VMjjGg801d&sig=0qRNdDS6TxxHUtBtRh6nvEOwv6l#v=onepage&q=Ac%C3%BAstica%20Aplicada%20ao%20controle%20de%20Ru%C3%ADdo&f=false>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. **Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico**. 17º CBECIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. UTFPR, 2006. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil, 2006. Disponível em:

<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17747/material/Engenharia%20de%20Produção,%20Engenharia%20Civil,%20Mecatrônica.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DE FARIA, Paulo Henrique. **Tratamento Acústico na Construção Civil**. UFMG, 2013. Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. Disponível em: [https://historiapt.info/pars\\_docs/refs/9/8126/8126.pdf](https://historiapt.info/pars_docs/refs/9/8126/8126.pdf). Acesso em: 25 mar. 2021.

MATEUS, Diogo. **Acústica de Edifícios e Controlo de Ruídos**. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2008. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MATEUS, Diogo M. R.; PEREIRA, Andreia S. C. **Influência de Pequenos Erros de Execução em Obra no Desempenho Acústico de Edifícios – Exemplos Típicos**. Técnica Acústica, 2011. Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2011. Disponível em: [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Caceres11\\_AED005.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Caceres11_AED005.pdf). Acesso em: 25 mar. 2021.

MARTINS, João Tomás Puga. **Acústica de Edifícios: Validação Experimental do Cálculo de Transmissões Marginais A Sons Aéreos em Edifícios**. FEUP, 2007/2008. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57732/1/000129517.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MICAELA, Cátia. **A utilização da cortiça associada a espumas acústicas para absorção sonora**. ITC- Instituto de investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção 2014. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente, 2014. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/38619/1/A%20utilizacao%20da%20cortiça%20associada%20a%20espumas%20acusticas%20para%20absorcao%20sonora.pdf>. Acessado em: 24 abr. 2021.

PEREIRA, Cláudia Filipa Resende Teixeira. **Caracterização Acústica de Grandes Centros Comerciais**: Centros Comerciais do Grande Porto. FEUP, 2014/2015. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/79510/2/35665.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

RODRIGUES, Pedro Sousa. **Interação Engenharia Civil/Acústica com Base na Validação Experimental de Modelos de Desempenho**: Baffles Acústicos. FEUP, 2007/2008. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58707/1/000129454.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

## **DISPOSITIVOS PARA OSTOMISADOS: UMA REVISÃO DOS EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS NA ATUALIDADE E SUAS ADVERSIDADES**

Inoue BYI, Nagasako REVN, Alvarenga VHAS, Del Monaco ADM, Valois NALV  
Centro Universitário das Américas – FAM

### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo analisar os equipamentos atuais utilizados por pacientes que passaram por processos de ostomia e identificar, por meio do método de revisão bibliográfica, dificuldades encontradas nesses aparelhos e estudos de investigações de soluções para estes problemas. Por meio desse foi observado que os atuais aparelhos apresentam uma variedade de tecnologias possibilitando a adaptação a uma maior diversidade de pacientes, porém ainda não extinguiram problemas de más adaptações que causam grande incomodo aos usuários, apresentando um mercado com possibilidades de estudo e inovações.

**Palavras chave:** Estoma, ostomia, bolsa de ostomia.

### **ABSTRACT**

*This study aimed to analyze the current equipment used by patients who underwent ostomy processes and to identify, through the literature review method, difficulties encountered in these devices and investigation studies for solutions to these problems. Through this, we consider that the current devices have a variety of technologies enabling the adaptation to a greater diversity of patients, but they have not yet extinguished problems of poor adaptations that cause great inconvenience to users, presenting a market with possibilities for study and innovations.*

**Keywords:** Stoma, ostomy, ostomy bag.

### **INTRODUÇÃO**

É chamado de ostomia a manobra responsável por criar uma exteriorização de uma víscera oca do corpo, criando um desvio do trânsito intestinal. Este nome deriva do grego osto, que significa boca, e tomia, que vem de abertura. Tal procedimento possui

registros desde 350 a.C. em casos de traumas abdominais e com avanços a partir do século XVII onde os relatos desse tipo de cirurgia se tornaram mais frequentes, com operações realizadas em 1709, pelo cirurgião alemão Lorenz Heister, em 1776 por Pillore, em 1783 por Antoine Dubois até alcançar o que é chamado de “era moderna das ostomias”, no início de 1950. (CASCAIS; MARTINI; ALMEIDA, 2007).

Este procedimento gera o que chamam de estoma, uma abertura na parede abdominal que se faz necessário em casos de obstrução, doenças inflamatórias intestinais e traumas. Devido a este estoma torna-se necessário o uso de uma bolsa coletora, fixada na pele através de um adesivo, para a eliminação natural de gases, fezes e urina (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, 2020).

Conforme o seguimento a ser exteriorizado, a ostomia recebe um nome diferente. Para o intestino grosso utiliza-se colostomia, para o delgado ileostomia e urostomia é utilizado quando ocorre a exteriorização de uma parte do intestino delgado e nele são conectados cirurgicamente os ureteres permitindo a eliminação tanto de fezes quanto de urina (CASCAIS; MARTINI; ALMEIDA, 2007).

O equipamento de ostomia é composto por uma bolsa e um dispositivo de aderência. As bolsas coletoras, por meio do estoma, recebem os resíduos eliminados pelo corpo. O material plástico ou a borracha são comumente utilizado para as bolsas pois evitam o odor, não provocam reações alérgicas, não são tóxicos e não geram ruídos em contato com a roupa (CESARETTI, 1996).

Os adesivos utilizados são responsáveis por criar uma aderência para o uso da bolsa de ostomia. Uma má aplicação, incompatibilidade com a pele e o peso, em caso de a bolsa estar cheia, podem deslocar o adesivo através do movimento (COLLET AND AYMONE, 2016). Estomas em regiões de gordura ou dobras de pele também podem apresentar complicações para adaptação e contribuem para dificultar a aderência do adesivo (BROADWELL et al, 1982).

Quando ocorre essa falta de aderência podem acontecer vazamentos das fezes e urina. Esse vazamento leva o paciente a um estado de desconforto devido ao odor, além de afetar os tecidos cutâneos circundantes causando edema e dermatite (CRESSEY et al., 2017; PIEPER, 1996; RICHBOURG et al., 2007). A figura 1 apresenta um caso de dermatite irritativa periestomal causado por contato direto com fezes e urina.



Figura 1 - Dermatite periestomal resultante do contato com fezes ou urina (ConvaTec, 2020)

Para tal, o problema a ser estudado será em torno das dificuldades encontradas referente aos equipamentos utilizados por pacientes de ostomias com o objetivo de investigar os fatores conhecidos relacionados a adversidades encontradas e relatadas através de estudos e relatos científicos relativos aos dispositivos utilizados pós procedimento de ostomia.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi efetuada uma revisão de literaturas através de levantamentos bibliográficos de publicações científicas utilizando principalmente as plataformas Scielo e Scholar Google para aquisição das informações de artigos científicos publicados e revistas científicas.

As pesquisas foram realizadas através da leitura dos materiais encontrados que foram analisados e separados. Foi dado enfoque para os artigos que apresentaram estudos envolvendo os materiais utilizados para compor o dispositivo, composto pelo adesivo e pela bolsa de ostomia, e artigos que envolvem relatos de caso de problemas encontrados que foram relacionados a utilização desses dispositivos. Assim, foi possível fazer uma análise através dos dados encontrados para apresentar uma visão geral daquilo que vem sendo relatado como problema a respeito desses dispositivos e as soluções encontradas e relatadas até o momento.

## **DISCUSSÃO**

A atuação no tratamento de estomas só se tornou possível devido aos avanços tecnológicos nos sistemas coletores o que, conseqüentemente, permite uma melhor

qualidade de vida para pessoas ostomizadas. A adaptação a este sistema está diretamente ligada ao pós-operatório, na utilização de um sistema coletor adequado que envolve a bolsa coletora e o adesivo de sustentação e aderência que deve apresentar biocompatibilidade em sua interface. Quando esses requisitos não são apresentados pode-se encontrar complicações com a adaptação ao paciente. (CESARETTI, 1996).

Os equipamentos coletores tradicionais no mercado podem ser de uma peça com a base adesiva incorporado na bolsa coletora ou de duas peças com a base adesiva e bolsa coletora separada. A bolsa coletora tem variadas opções e combinações, a bolsa de uma peça pode ser drenável ou fechada, com resina sintética ou mista, com o formato plano ou convexo, recortável ou pré-cortada, transparente ou opaca, com ou sem adesivo microporoso, adulto e pediátrico. A bolsa coletora de duas peças é uma bolsa drenável com resina sintética, seu formato pode ser plano ou convexo, recortável ou pré cortada, transparente ou opaco, com ou sem adesivo microporoso (COLLET; SILVA; AYMONE, 2016). A figura 2 apresenta um dispositivo de colostomia com placa adesiva e bolsa coletora.



Figura 2 – Bolsa coletora e placa adesiva (Rocha, 2011)

Os sistemas de uma peça possuem a desvantagem de não possuir placa adesiva para troca, sendo necessário realizar a substituição da bolsa por completo pois ela é aderida diretamente no adesivo, precisando de recorte para ajuste com o tamanho do estoma do paciente. O sistema de duas peças possui uma placa acoplada que adere ao encaixe do estoma, sendo este sistema trazendo mais segurança ao paciente (COLLET; SILVA; AYMONE, 2016). A figura 3 apresenta um sistema de uma peça e a figura 4 apresenta um sistema de duas peças.



Figura 3 – Dispositivo de uma peça (GAMEDII, 2015)



Figura 4 – Dispositivo de duas peças composto pela placa adesiva e bolsa (GAMEDII, 2015)

As bolsas de sistema aberto, ou drenável, permitem a reutilização da bolsa depois do processo de esvaziamento, sendo recomendável realizar sua troca a cada vinte e quatro horas. O sistema fechado, ou não drenável, é descartável para um único uso. As bolsas podem ser transparentes permitindo visualizar a matéria intestinal, facilitando a visualização caso ocorram complicações sem precisar remover a bolsa da placa, ou opacos sendo mais discretos para o uso comum do paciente, ficando invisível a amostra da matéria intestinal (MUZYCZKA et al, 2013). A figura 5 apresenta bolsas de sistema fechado e a figura 6 apresenta bolsas de sistema drenável.



Figura 5 – Bolsas de sistema fechado (GAMEDII, 2015)



Figura 6 – Bolsas com sistema drenável (GAMEDII, 2015)

Além das bolsas coletoras, os acessórios propõem mais segurança e conforto, nessa modalidade tem o cinto elástico, filtros avulsos, desodorizantes, presilhas para efluentes líquidos e coletor urinário noturno. A escolha da bolsa coletora necessita de avaliações individuais para cada pessoa estomizada, depende do tipo de estoma, características da pele periestomal, local do estoma junto da avaliação pessoal, o tipo de atividade diária que melhor se adequa, o custo-benefício e complicações da ostomia são critérios importantes na escolha do equipamento coletor. (CESARETTI, 2000; MARTINS, 2007; SANTOS, 2007; SANTOS, 2014; SANTOS, 2000, SANTOS, 2015).

Quando se fala de ostomia, uma das incidências mais comuns são irritações cutâneas na pele periestomal, com incidência variante de 3% a 42%. Seu grau de irritação pode variar de uma dermatite leve a uma necrose. Essas complicações podem ocorrer devido ao vazamento de secreções, fezes e urina que ficam em contato direto com a pele por consequência do uso inadequado e técnicas incorretas de colocação da bolsa coletora e do adesivo, sendo mais comum em pacientes de ileostomia e urostomia, pois possuem maior probabilidade de eliminações mais líquidas. Outro fator que pode gerar complicações é a reação alérgica por consequência da utilização de produtos na área do estoma. Infelizmente é comum o relato de casos de reações alérgicas causadas por produtos específicos para pacientes ostomizados. A utilização de tais produtos leva ao surgimento de dermatites de contato (LIMA, 2017). A figura 7 apresenta uma dermatite alérgica causada por materiais que sensibilizaram a pele ao redor do estoma.



Figura 7 - Dermatite por contato com materiais que irritam ou sensibilizam a pele. (ConvaTec, 2020)

Para proteção da pele, existem resinas sintéticas em diferentes produtos, em pasta, pó, spray, placas e tiras. Como exemplo pode-se citar o produto Adapt, da fabricante Hollister (Hollister Incorporated, Chicago, IL., Estados Unidos) sendo uma substância em pó responsável por absorver a umidade ao redor do estoma permitindo uma melhor adesão na pele e ajudando a protegê-la. O produto é composto por pectina, gelatina e carboximetilcelulose sódica (HOLLISTER INCORPORATED, 2000). A figura 8 apresenta uma imagem do produto em sua embalagem com 28.3 gramas.



Figura 8 – produto em pó para absorver umidade da pele periestomal (Autoria própria)

Como exemplo de produtos em pasta pode-se citar a pasta periestomal da marca Coloplast (Coloplast A/S, Humlebaek, Dinamarca). Este produto foi desenvolvido com o

objetivo de preencher as cavidades presentes na pele ao redor do estoma, assim, evitando espaçamentos entre a placa base do dispositivo e a pele. Isso protege a pele periestomal de possíveis vazamentos de fluidos provenientes do estoma caso esses espaçamentos continuassem presentes (COLOPLAST A/S, 2019). A figura 9 apresenta uma imagem do produto em sua embalagem com 60 gramas.



Figura 9 – pasta para uniformização da pele periestomal (Autoria própria)

Pode-se apresentar como um exemplo de spray o produto da empresa Coloplast (Coloplast A/S, Humlebaek, Dinamarca), uma barreira para a pele, composta por uma mistura de siloxanos de alquila, com o objetivo de proteção contra possíveis irritações causadas por adesivos e excreções do corpo (COLOPLAST A/S, 2019). A figura 10 apresenta o produto em sua embalagem com 50 ml.



Figura 10 – spray de barreira protetora para pele periestomal (Autoria própria)

A definição do adesivo se trata de um material polimérico que através da combinação das forças de adesão e coesão conseguem resistência e união entre dois aderentes. A adesão é a resultante da atração de moléculas e átomos dos diferentes materiais estabelecendo as propriedades adesivas enquanto a coesão é a atração de mesma substância entre as moléculas e átomos. E a colagem é a união dos materiais adesivos. Pode-se classificar os adesivos por meio da durabilidade e resistência em relação a ácidos, altas ou baixas temperaturas e à umidade, (PINTO, 2007)

As propriedades das placas ou adesivos dos equipamentos de ostomia além da aderência, devem apresentar características hipoalergênicas, para não causar alergias, possuir adesividade prolongada, ser permeável ao ar, ter propriedade elástica, na pele o pH deve manter (5,5), a remoção do adesivo não pode causar dor e precisam garantir proteção ao redor da ostomia contra os desconfortos com as fezes. (MUZYCZKA et al, 2013). ). A figura 11 apresenta uma base adesiva convexa.

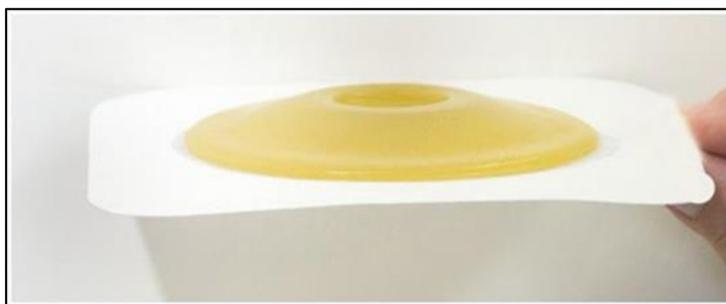


Figura 11 – Placa adesiva (Rocha, 2011)

## REVISÃO DE ESTUDO DE CASO

Como apresentado por Cesaretti (1996), para uma melhor qualidade na vida de um paciente ostomizado, ao longo dos anos foram realizados avanços nas tecnologias que envolvem os dispositivos para ostomias que devem ser aplicadas e adaptadas para cada pessoa. Quando isso não ocorre podem-se encontrar complicações.

Como exemplificação da afirmação de Cesaretti pode-se apresentar o caso relatado por Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira (2013) onde foram observados em prática complicações dermatológicas na pele periestomal que apresentou positiva evolução após utilização de um dispositivo complementar para a bolsa de ostomia.

No caso apresentado por Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira (2013) foi procurado o perfil de uma pessoa com 18 anos ou mais e que apresentasse uma irritação dermatológica na região da pele periestomal e que não tivesse recebido a devida orientação para os autocuidados. O estudo então foi desenvolvido no Hospital Público de João Pessoa-PB com uma paciente de 57 anos que apresentava dermatite irritativa na pele periestomal aumentada em um raio de 16 cm, dor intensa e que não conseguia manter a bolsa para estomia por mais de 24 horas. A figura 12 apresenta o registro da pele periestomal com intensa dermatite irritativa.



Figura 12 – Dermatite irritativa na pele periesomal (Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira, 2013)  
A ação tomada foi realizar a limpeza da região, aplicação de grânulos em pó para redução umidade local, tiras de hidrocoloide na região afetada pela dermatite, utilização de uma placa de ostomia e um dispositivo de duas peças convexo. A figura 13 apresenta a região do estoma com a utilização dos dispositivos protetores.



Figura 13 – Estoma com dispositivos protetores (Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira, 2013)

A partir da utilização dos dispositivos protetores aplicados na maneira correta foi possível observar uma melhora na região afetada e o fechamento da ileostomia no

trigésimo quinto dia de tratamento. A figura 14 mostra o último registro fotográfico do caso por Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira.



Figura 14 – Estoma após finalização do estudo (Diniz, Ancelmo, Soares, Santos e Oliveira, 2013)

O estudo por fim concluiu que a utilização dos dispositivos de proteção para a região do estoma apresentaram uma considerável evolução positiva na recuperação da paciente e assim afirmando a importância do conhecimento a respeito destas tecnologias para auxílio na recuperação de pacientes ostomizados (DINIZ; ANCELMO; SOARES; SANTOS; OLIVEIRA, 2013).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo considera que atualmente possuímos uma diversidade grande de tecnologias e marcas com dispositivos e produtos com o objetivo de auxiliar no processo de adaptação e recuperação de pacientes ostomizados porém ainda persistem casos de más adaptações desses equipamentos que causam grande incomodo aos usuários, demonstrando uma área com possibilidade de estudos, inovações e maior propagação das informações obtidas referentes a esses dispositivos.

## **REFERÊNCIAS**

BROADWELL, D.C. et a l. **Principies And Tecniques Of Pouching**. IN: BROADWELL, D.C.;

JACKSON, B.S. Principles of ostomy care. ST. Louis: The C.V. Mosby Company, Chapter 41, p. 565-643. [1982].

CASCAIS, Ana Filipa Marques Vieira; MARTINI, Jussara Gue; ALMEIDA, Paulo Jorge dos Santos. **O impacto da ostomia no processo de viver humano.** Texto & Contexto - Enfermagem, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 163-167, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-07072007000100021>. Acesso em: 06 mar. 2021.

CESARETTI, I.U.R., **Novas Tecnologias E Novas Técnicas No Cuidado Dos Estomas.** Rev.Bras. Enf. v.49, n. 2, p. 183-192, abr/jun. [1996]. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/186758408.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

CESARETTI, I.U.R., **Tecnologia no cuidar de pessoas com estomia: A questão dos equipamentos e adjuvantes.** In: SANTOS, Vera Lúcia Conceição de Gouvea; Cesaretti, I.U.R., **Assistência em Estomaterapia: Cuidando de Pessoas com Estomia.** 2ª ed. São Paulo: Atheneu. [2015].

CESARETTI, I.U.R., **Assistência em estomaterapia: “cuidando dos ostomizados.** São Paulo: Atheneu (2000). Citado de: Tramontina, P.C., **Tipos de Equipamentos Coletores e Adjuvantes e Suas Indicações.** Florianópolis, (2018).

COLLET J.A., SILVA F.P.D., AYMONE J.L.F. **Bolsas Coletoras Utilizadas Por Estomizados: Uma Análise Tridimensional.** Design & Tecnologia. p. 1-10. [2016]. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2016iss11pp1-10>. Acesso em: 09 mar. 2021.

COLOPLAST A/S (Dinamarca). **Pasta Periestomal:** instruções de utilização. Humleabaekk: Coloplast do Brasil Ltda., 2019.

CONVATEC. **Informações de apoio ao profissional de saúde: Noções Básicas sobre Ostomia.** 2020. Disponível em: <https://www.convatec.pt/ostomia/informa%C3%A7%C3%B5es-de-apoio-ao-profissional-de-sa%C3%BAde/educa%C3%A7%C3%A3o/no%C3%A7%C3%B5es-b%C3%A1sicas-sobre-ostomia/#>. Acesso em: 17 mar. 2021.

CRESSEY, B. D., BELUM, V. R., SCHEINMAN, P., SILVESTRI, D., MCENTEE, N., LIVINGSTON, V., LACOUTURE, M. E., & ZIPPIN, J. H. **Stoma Care Products Represent A Common And Previously Underreported Source Of Peristomal Contact Dermatitis.** Contact Dermatitis, 76(1), 27– 33.[2017]. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cod.12678>. Acesso em: 06 mar. 2021.

DINIZ, IV; ANCELMO, Mn; SOARES, Ram; SANTOS, Ibc; OLIVEIRA, Mjgs. **Problema de Pele em Paciente Estomizada:** relato de caso. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 371-378, 30 dez. 2013. Portal de Periodicos UFPB. <http://dx.doi.org/10.4034/rbcs.2013.17.04.08>. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/14098/11438>. Acesso em: 02 out. 21.

GAMEDII. **Dispositivo Coletor ou Bolsa para Ostomia e adjuvantes para estoma intestinal ou urinário.** 2015. Disponível em: <https://gamedii.com.br/faq/perguntas-frequentes/61-temas-importantes/estomias/157-dispositivo-coletor-ou-bolsa-para-ostomia-e-adjuvantes-para-estoma-intestinal-ou-urinario>. Acesso em: 12 set. 2021.

HOLLISTER INCORPORATED. **Adapt Stoma Powder:** instruções de utilização. Libertyville: 2000. Disponível em: [https://www.hollister.com/api/ifu/pdf/912963?\\_ga=2.45414372.157035452.1637442403-982240989.1637442403](https://www.hollister.com/api/ifu/pdf/912963?_ga=2.45414372.157035452.1637442403-982240989.1637442403). Acesso em: 02 out. 2021.

LIMA, Stella Godoy Silva e. **Complicações em Estomas Intestinais e Urinários: revisão integrativa.** 2017. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Enfermagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150170/lima\\_sgs\\_me\\_bot\\_int.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150170/lima_sgs_me_bot_int.pdf?sequence=6&isAllowed=y). Acesso em: 21 ago. 2021.

Martins, M.L., et al. **A enfermagem, a Pessoa com Ostomia Intestinal e seus Familiares. In: Programa de atualização em enfermagem.** Saúde do Adulto. Porto Alegre: Artmed., p.127-166., (2007). Citado de: Tramontina, P.C., **Tipos de Equipamentos Coletores e Adjuvantes e Suas Indicações.** Florianópolis, (2018).

MUZYCZKA K., KACHANIUK H., SZADOWSKA-SZLACHETKA Z., CHARZYŃSKA-Gula M., KOCKA K., BARTOSZEK A., CELEJ-GULA M. **Selected Problems Associated With The Treatment And Care For Patients With Colostomy – Part 1.** Contemp Oncol (Pozn). 17(2). p.134-136. [2013]. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3685365/>. Acesso em: 07 mar. 2021.

PIEPER, B., **Predischarge And Postdischarge Concerns Of Persons With Na Ostomy\*1.** Journal of WOCN, 23(2), 105– 109. [1996]. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1071-5754\(96\)90070-4](https://doi.org/10.1016/S1071-5754(96)90070-4). Acesso em: 06 mar. 2021.

PINTO, A.M.G. **Ligações Adesivas Entre Materiais Poliméricos com e sem Alteração Superficial dos Substratos.** Tese de Doutorado: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, [2007]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/58792>. Acesso em: 07 mar. 2021.

RICHBOURG, L., THORPE, J. M., & RAPP, C. G., **Difficulties Experienced By The Ostomate After Hospital Discharge.** Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing, 34(1), 70– 79. [2007] Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00152192.200701000-00011>. Acesso em: 07 mar. 2021.

ROCHA JJR. **Estomias Intestinais (Ileostomias, Colostomias) E Anastomoses Intestinais.** Medicina (Ribeirão Preto) 44(1):51-6. (2011). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/47335>. Acesso em: 07 mar. 2021

SANTOS, V.L.C.G., Cesaretti, I.U.R., **Assistência em estomaterapia: cuidando de pessoas com estomia** (2015). Citado de: Feitosa, S., et al., **Necessidade real do doente: percepção de pessoas com ostomias intestinais sobre os fatores associados às complicações.** Revista de Enfermagem Referência [en linea]. IV(22), p.63-71. (2019).

SANTOS, V.L.C.G., **Aspectos Epidemiológicos dos Estomas.** Rev. Estima, v. 5, n. 1, p.31-38, (2007). Citado de: Tramontina, P.C., **Tipos de Equipamentos Coletores e Adjuvantes e Suas Indicações.** Florianópolis, (2018).

SANTOS, V.C.L., **Cuidando do estomizado: análise da trajetória no ensino, pesquisa e extensão.** Tese (Doutorado). São Paulo, (2006). Citado de: Tramontina, P.C., **Tipos de Equipamentos Coletores e Adjuvantes e Suas Indicações.** Florianópolis, (2018).  
Santos, V.L.C.G., and Cesaretti, I.U.R., **Assistência em estomaterapia: Cuidando do Ostomizado.** São Paulo: Atheneu, (2000). Citado de: Tramontina, P.C., **Tipos de Equipamentos Coletores e Adjuvantes e Suas Indicações.** Florianópolis, (2018).  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. **Afinal, o que é ostomia?** 2020. Disponível em: <https://sp.unifesp.br/epe/camgrad/noticias/afinal-o-que-e-ostomia>. Acesso em: 23 abr. 2021.

## **USO DA OXIGENAÇÃO POR MEMBRANA EXTRACORPÓREA (ECMO) EM PACIENTES COM COVID-19**

Integrantes: Rodrigues, G.M; Trindade, I.S / Orientadores: Valois,N.A.L; Monaco, A.D;

Centro Universitário das Américas – FAM

### **RESUMO**

Devido o cenário de pandemia do COVID-19 os pacientes necessitam do uso da ECMO, sigla em inglês para “Oxigenação por membrana extracorpórea” para suporte a vida, atuando na troca gasosa do sangue, substituindo, por um tempo limitado a função do pulmão, enquanto a doença é enfrentada. Nosso artigo explica a história do equipamento e importância para esses pacientes. Utilizamos o método de pesquisa explicativa por revisão bibliográfica, usando artigos científicos atuais referentes aos estudos em período de pandemia. O primeiro registro do uso bem-sucedido do dispositivo de circulação extracorpórea foi realizado durante uma cirurgia cardíaca em 1970, porém os testes começaram muito antes, eram feitos em adultos levemente anestesiados. Com o tempo o dispositivo foi melhorando sua eficiência até ser usados em crianças cardiopatas com insuficiência respiratórias graves, onde há o primeiro relato do uso do ECMO em uma falência respiratória. O equipamento de desenvolveu com os anos se tornando uma grande ferramenta para suporte a vida principalmente na pandemia do Covid-19.

**Palavras-chave:** ECMO, falência respiratória, pandemia, COVID-19, pulmão, intubação, suporte a vida, troca gasosa, oxigenação por membrana extracorpórea, cardiopatas, dispositivo

### **ABSTRACT**

*Result of the COVID-19 pandemic scenario the criteria for the use of ECMO, acronym for "Oxygenation by extracorporeal membrane" for life support, acting in the gaseous exchange of the blood, replacing, for a limited time, the lung function, while the disease is endured. Our article explains the equipment's history and importance to these patients. We used the explanatory research method by literature review, using current scientific articles referring to studies in the pandemic period. Theoretical background: The first record of successful use of the cardiopulmonary bypass device was performed during cardiac surgery in 1970, but tests established much earlier were performed on lightly anesthetized adults. Over time, the device has improved its efficiency until it can be used in children*

with heart disease with severe respiratory failure, where there is the first report of the use of ECMO in respiratory failure. The development equipment over the years has become a great tool for life support especially in the Covid-19 pademia.

**Keywords:** ECMO, respiratory failure, pandemic, COVID-19, lung, intubation, life support, gas exchange, extracorporeal membrane oxygenation, cardiac patients, device.

## INTRODUÇÃO

Devido ao grande cenário de pandemia da COVID-19, a mesma foi declarada pela OMS como uma síndrome respiratória aguda grave (SARS-CoV-2), caracteriza-se em uma inflamação sistêmica, sendo a doença respiratória a manifestação clínica dominante. Seus Primeiros casos foram identificados em Wuhan na China, em dezembro de 2019. Já em 11 de março de 2020, devido à rápida disseminação global, a Organização Mundial da Saúde (OMS), declarou a Covid-19 como uma pandemia.

### Global

Total de casos

**261.504.022**

Informados ontem: +430.360

Novos casos (14 dias)



15-28 de nov.: +7.715.341

Mortes

**5.199.821**

Informados ontem: +4.683

Total de doses aplicadas

**7.809.694.904**

Novas doses aplicadas (14 dias)

*Não há dados*

Pessoas totalmente vacinadas

**3.333.599.017**

% da população: 42,9%

"Total de doses aplicadas" mostra o número de doses de vacina aplicadas na população. Como algumas vacinas precisam de mais de uma dose, o número de pessoas totalmente vacinadas provavelmente é menor. "Pessoas totalmente vacinadas" mostra quantas pessoas receberam todas as doses necessárias da vacina da COVID-19.

Última atualização: 2 dias atrás • [Sobre os dados de casos](#) • [Sobre os dados de vacinação](#) • Fonte: [Our World In Data](#)

Figura 1 – Casos de Covid-19 pelo mundo – Fonte: Our world in date.

O primeiro caso no Brasil foi descrito em fevereiro de 2020. O novo coronavírus apresenta alta taxa de transmissibilidade, atinge pessoas de todas as idades, e principalmente países com situações de saúde sanitária precária, e seu período de

incubação pode chegar até 14 dias. Os casos leves apresentam as seguintes características: síndrome gripal leve, sem dispneia ou sintomas de gravidade e ausência de comorbidades descompensadas, podendo assim ser acompanhados ambulatoriamente. Os casos graves são definidos pelas condições clínicas a seguir: síndrome gripal com dispneia ou os sinais de gravidade, como síndrome respiratória aguda grave (SRAG), que necessitam de internação hospitalar e necessitam de maiores cuidados e intervenções médicas.

## Estatísticas



Figura 2 – Numero de casos de Covid-19 por país – Fonte: Our world in date.

Muitos dos pacientes necessitam do uso da ECMO (Oxigenação Extracorpórea por membrana) ou também conhecida como ECLS (*Extracorporeal Life Support*), traduzida para “Suporte Extracorpóreo de Vida”, se refere a um dispositivo mecânico de uso temporário para a circulação extracorpórea, sendo aplicada em casos de falências respiratórias e/ou cardíacas, agudas ou não, com intuito de fornecer suporte ao coração e ao pulmão.

**COMO FUNCIONA A ECMO**  
(oxigenação por membrana extra-corpórea)

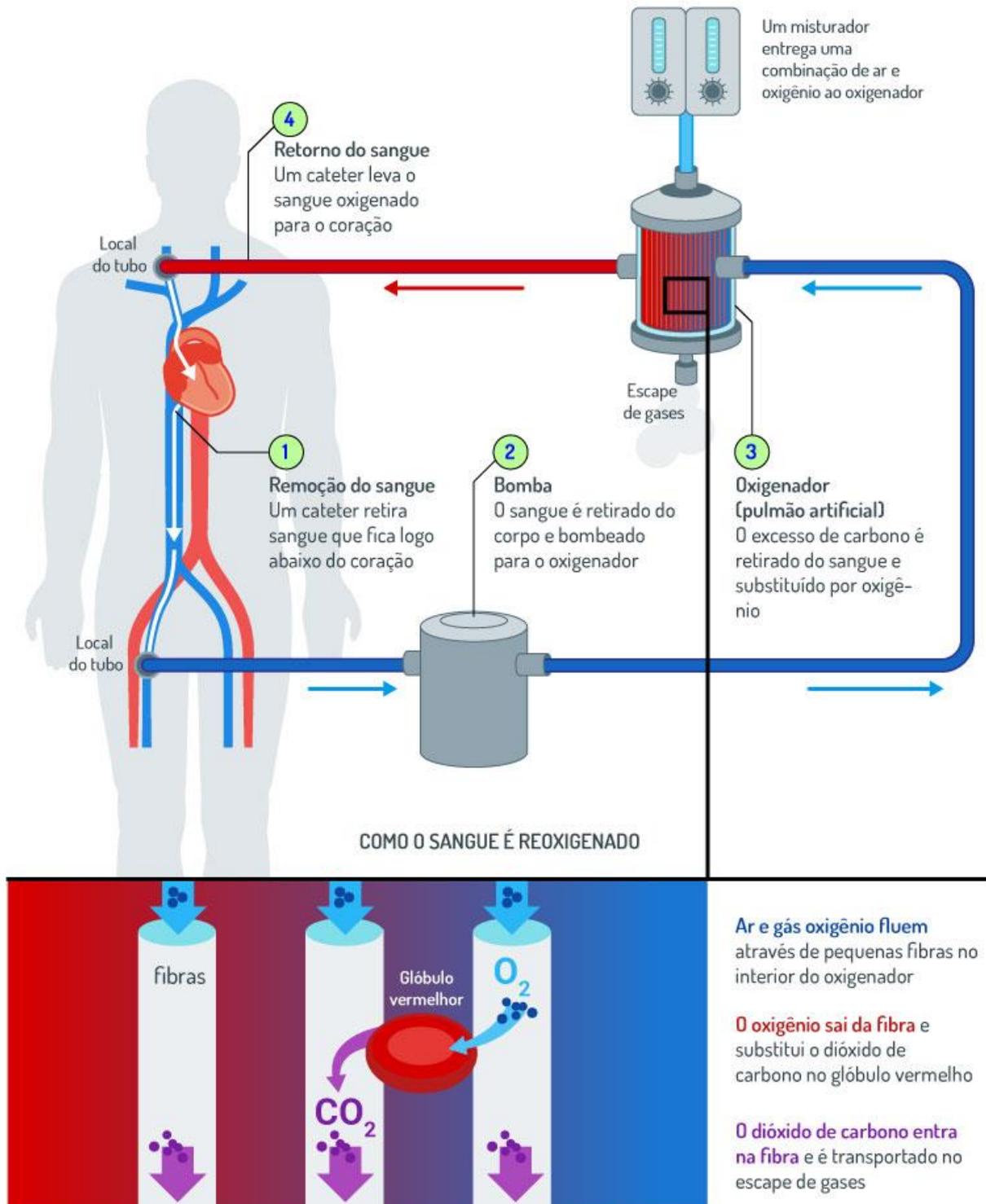


Figura 3 – Como funciona a ECMO – Fonte: Granchi. G, 2020, revista Viva Bem.

O ECMO vem sendo muito utilizada no tratamento de pacientes diagnosticados com a COVID-19 especificamente em casos mais graves. Difundiu-se rapidamente pela eficácia e por auxiliar na recuperação de pacientes com COVID-19, como meta de fornecer descanso aos órgãos, auxiliando numa melhor recuperação e substituição dos mesmos. Embora a tecnologia tem sido muito utilizada nos tempos atuais devido a pandemia de COVID-19, seu uso é muito comum em outros tipos de situações e patologias, a ECMO é um equipamento complexo e seu uso atual se deu graças a estudos que começaram por volta de 1951. Seu primeiro uso bem-sucedido foi feito em uma criança que foi submetida a uma cirurgia cardíaca em 1971. A partir deste momento diferentes técnicas foram desenvolvidas para oxigenar o sangue, como oxigenadores de tela, cilindros, e sempre visando a diminuição do número de possíveis complicações como embolia ou infecções. Atualmente a ECMO é um dispositivo aplicada com segurança nas unidades de cirurgia cardíaca em muitos países, como no Brasil.

Diante o período de emergência sanitária que a COVID-19 causou, esse estudo tem como objetivo, expor a história, evolução e a importância do equipamento de Oxigenação por membrana Extracorpórea (ECMO) para o suporte a vida desde suas primeiras aplicações até o presente momento.

## **MATERIAS E MÉTODOS**

Esse estudo se trata de uma pesquisa explicativa, por meio de revisão bibliográfica, e estudos de casos. Realizou-se busca da literatura nas bases de dados do Scielo, Birene, Medline, Lilacs, Google acadêmico, HBSCO, publicados no período de 2018 a 2021. Utilizando os seguintes descritores: ECMO, suporte a vida, covid-19, história da Oxigenação por membrana extracorpórea. Em inglês: ECMO, life support, covid-19, history of extracorporeal membrane oxygenation. Para seleção, foram considerados como critérios de inclusão as bibliografias que abordassem ECMO para tratamento de COVID-19, ECMO para SRAG, protocolo de COVID-19 e foram excluídos todos aqueles que não atenderam a abordagem temática.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrência da Pandemia do COVID-19 o uso da ECMO teve que passar por algumas adequações, principalmente no protocolo em pacientes infectados. Embora seu uso foi eficaz em muitos casos, há muitos estudos em andamento para verificar real eficácia do uso deste equipamento, principalmente por se tratar que uma doença desconhecida. O planejamento da ECMO em situação de pandemia teve que passar por varias alterações de protocolo a depender do caso e do hospital a fim de garantir segurança do paciente e dos profissionais atrelados ao cuidado. Neste caso, inclui-se o uso de EPI (equipamento de proteção individual), que foi sugerido pela OMS (Organização Mundial de Saúde), minimizando os acidentes infecções acerca da situação. Além disso, a importância do profissional conhecer o quadro do paciente para indicar o uso da oxigenação por membrana extracorpórea é essencial para o uso do equipamento seja utilizado de uma forma que irá render uma melhor resposta no tratamento do paciente.

<b>Critérios obrigatórios:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intubação traqueal e ventilação mecânica protetora por menos de 7 dias.</li> <li>- Doença pulmonar de início agudo.</li> <li>- Infiltrado pulmonar bilateral.</li> <li>- Possibilidade de reversão da lesão pulmonar.</li> </ul>
<b>Critérios complementares:</b> (Há a necessidade pelo menos 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relação P/F <math>\leq 50</math> mmHg com FiO<sub>2</sub> = 1, por pelo menos 1 hora com ou sem o uso de manobras de resgate (recrutamento alveolar, óxido nítrico e posição prona).</li> <li>- Relação P/F <math>\leq 50</math> mmHg com FiO<sub>2</sub> <math>\geq 0.8</math> por pelo menos 3 horas, apesar da realização de manobras de resgate.</li> <li>- Relação P/F <math>\leq 80</math> mmHg com FiO<sub>2</sub> <math>\geq 0.8</math> por pelo menos 6 horas, apesar da realização de manobras de resgate.</li> <li>- Hipercapnia com manutenção do pH <math>\leq 7.20</math> se:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• FR <math>\geq 35</math> inspirações por minuto e</li> <li>• necessidade de Pplatô <math>\geq 30</math> cm H<sub>2</sub>O para obter um volume <math>&gt; 4</math> mL/kg.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Critérios de exclusão:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ECOG <math>&gt; 1</math></li> <li>- Coma sem sedativos após PCR.</li> <li>- Pacientes pneumopatas crônicos em uso domiciliar de O<sub>2</sub>, assistência ventilatória não invasiva ou retentores de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>

Figura 4 – Critérios para indicação do ECMO em pacientes adultos – Fonte: Conitec, 2018.

Um estudo publicado no jornal *ScienceDirect* [Kon ZN et al.<sup>9</sup>] descreveu a utilização da terapia de ECMO em pacientes categorizados graves pela patologia de COVID-19 com importante comprometimento dos pulmões (acima de 75%), e indicação de terapia por

ventilação mecânica. Uma equipe multidisciplinar selecionou 27 pacientes com idade mediana de 40 anos e índice de massa corporal (IMC) de 25 kg / m<sup>2</sup> ou superior (mediana, 32 kg / m<sup>2</sup>; IQR, 29-37 kg / m<sup>2</sup>). Nenhum paciente tinha história de acidente vascular cerebral ou deficiência neurológica, e todos eram deambuladores com atividades normais de vida diária antes de sua admissão atual para COVID-19. Dezoito pacientes (67%) não tinham nenhuma comorbidade importante além da obesidade. Os critérios de inclusão foram baseados na relação da pressão arterial parcial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>) para fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>). Sendo categorizados para receberem o suporte apenas pacientes que apresentaram uma relação P/F inferior a 150 mmHg ou um PH inferior a 7,25 com uma pressão parcial de dióxido de carbono arterial (PaCO<sub>2</sub>) superior a 60 mmHg. Foram excluídos pacientes que apresentam lesão neurológica, falência de órgãos multissistêmicos, com exceção da lesão renal durante a hospitalização, idade superior a 65 anos e os submetidos a ressuscitação cardiopulmonar. Todos os pacientes considerados adequados ao suporte foram submetidos a ECMO venovenosa, como estratégia inicial de canulação na UTI à beira leito. O PIP médio foi 31 mm Hg (IQR, 28-35 mm Hg), PEEP foi 14 mm Hg (IQR, 12-16 mm Hg) e Fio<sub>2</sub> foi 0,90 (IQR, 0,75-1,00). A mediana da relação P / F foi de 84 mm Hg (IQR, 70-118 mm Hg). O pH em 15 pacientes (56%) era inferior a 7,25, com um Paco<sub>2</sub> superior a 60 mm Hg. Todos os pacientes foram intubados por 7 dias ou menos (mediana, 2; IQR, 1-4 dias) antes da canulação. A pontuação média de Murray foi 3,5 (IQR, 3,4-3,8). No momento da canulação, 11 pacientes (41%) estavam hemodinamicamente instáveis e necessitavam de agentes inotrópicos ou vasopressores. O fluxo do circuito de ECMO foi titulado de acordo com as necessidades de oxigenação, mas não excedeu os limites de revoluções por minuto para possível hemólise. Todos os pacientes foram submetidos a uma traqueostomia precoce, com uma mediana de 1 dia (IQR, 1-2,75 dias) desde o início da ECMO até a colocação da traqueostomia. Um paciente, com IMC superior a 50 kg / m<sup>2</sup>, necessitou de traqueostomia aberta. Nove pacientes (33%) foram pronados durante o suporte de ECMO. Todos os pacientes decanulados da ECMO demonstraram resolução próxima dos infiltrados pulmonares que estavam presentes no momento da canulação. Dos 11 pacientes (41%) que foram desmamados do suporte de ECMO, ventilação mecânica e oxigênio suplementar. Dois pacientes adicionais foram desmamados e decanulados do suporte de ECMO, mas permanecem em ventilação mecânica com configurações modestas. Sete pacientes (26%) tiveram alta hospitalar. A sobrevivência após a decanulação é de 100%.

Treze pacientes (48%) permanecem com suporte de ECMO. Um paciente (4%) faleceu. Este paciente apresentou recuperação pulmonar significativa e estava se aproximando da decanulação, mas sofreu uma parada aguda da atividade elétrica sem pulso de causa desconhecida. O tempo médio em ECMO para todos os pacientes foi de 11 dias (IQR, 10-14 dias), a partir de 24 de abril de 2020, com um tempo médio de 11 dias (IQR 10-14 dias) em ECMO para todos os pacientes que foram decanulados. Neste estudo descreve que nenhum profissional envolvido foi contaminado pela COVID-19 e que os resultados são benéficos e resgatam vidas.

O custo do suporte por meio de ECMO é considerado alto, foi realizado um estudo [Park M et. Al<sup>8</sup>] que elaborou uma árvore de decisão usando bancos de dados de estudos publicados anteriormente. Os custos foram retirados do preço médio pago pelo Sistema Único de Saúde (SUS) ao longo de três meses em 2011. Utilizando os dados de 10.000.000 de pacientes simulados com resultados e custos predeterminados, foi realizada uma análise da relação custo-benefício e anos de vida ganhos, ajustados pela qualidade (custo-utilidade), com taxas de sobrevivência de 40 e 60% para pacientes em uso de oxigenação por membrana extracorpórea. Esta árvore resultou em 16 resultados com diferentes técnicas de suporte de vida. Os custos foram de R \$ = 30.913,00 / 1,752.00 pagos por ano de vida ajustado pela qualidade em seis meses e R\$ = 2.386,00 / 90,00 por ano de vida ajustado pela qualidade ganho até o final da vida, quando todos os pacientes com SDRA grave foram analisados. Analisando apenas pacientes com hipoxemia grave (proporção de pressão parcial de oxigênio no sangue para a fração de oxigênio inspirado <100mmHg), o custo foi de R\$ = 5.714,00 / 272,00, por seis meses ajustado pela qualidade e ganho de vida. Chegando à conclusão de que a relação custo-utilidade associada ao uso de oxigenação por membrana extracorpórea no Brasil é potencialmente aceitável de acordo com este estudo.

### **CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em virtude do que foi apresentado uma das consequências de maior atenção causada pelo novo coronavírus é a síndrome respiratória aguda grave (SRAG) que acarreta em uma insuficiência respiratória. O tratamento nesses casos é a ventilação mecânica. Embora nem todos os pacientes tenham uma resposta positiva ao tratamento, a Oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) tem sido uma opção para casos graves de COVID-19. A Oxigenação por membrana extracorpórea é um dos principais dispositivos de suporte a vida utilizados nos últimos tempos, levando em consideração os últimos acontecimentos decorridos de uma

pandemia global. Embora seu uso tenha sido muito frequente nos últimos meses, este equipamento sempre foi muito utilizado em cirurgias cardíacas invasivas, se fazendo importante para diversos casos clínicos e até primordiais em alguns procedimentos. Embora o equipamento não trate a COVID-19, tem sido eficaz em casos reversíveis, pois trata a condição mais grave que a COVID-19 causa, nestes casos, o paciente necessita do equipamento por dias ou até semanas, até que esteja apto ao desmame total.

Tendo em vista sua grande utilização em casos de COVID-19, foi necessário um estudo e treinamentos efetivos para o manuseio deste equipamento para as equipes multidisciplinares. Pouco se sabia sobre este novo vírus desconhecido, não era possível prever os resultados seguintes, porém ao utilizar a ECMO em casos de SRAG (Síndrome Respiratório Aguda Grave) como em casos de COVID-19, foi observado uma boa resposta clínica, o que potencializou o uso deste equipamento.

É essencial que os médicos e equipe multidisciplinar estejam familiarizados quanto ao seu uso, e importância, uma vez que os desfechos clínicos destes pacientes estão diretamente relacionados ao manuseio deste equipamento.

Nesta pesquisa foi possível identificar tamanha importância do equipamento para o tratamento de pacientes com a COVID-19, embora seu uso tenha algumas contraindicações, e seu custo seja elevado, o que acaba restringindo seu uso em alguns casos. Todavia, se fez importante em casos agudos, revertendo casos clínicos graves e possibilitando uma melhor recuperação do paciente, que sem este equipamento, não teriam estas condições.

## REFERÊNCIAS

1. HOLSBAH, L. R. et al. Abordagem de Vigilância Sanitária de Produtos para Saúde Comercializados no Brasil: Sistema de Anestesia. Boletim Informativo de Tecnovigilância, v. ISSN 2178, n. 1, 2012..5935/0103-507x.20200075.
2. Lind. Jolline, OXIGENAÇÃO POR MEMBRANA EXTRACORPÓREA NO TRATAMENTO DE PACIENTES COM COVID-19: REVISÃO INTEGRATIVA, 2021. Disponível em : < [https://www.researchgate.net/publication/350354980\\_OXIGENACAO\\_POR\\_MEMBRANA\\_EXTRACORPOREA\\_NO\\_TRATAMENTO\\_DE\\_PACIENTES\\_COM\\_COVID-19\\_REVISAO\\_INTEGRATIVA](https://www.researchgate.net/publication/350354980_OXIGENACAO_POR_MEMBRANA_EXTRACORPOREA_NO_TRATAMENTO_DE_PACIENTES_COM_COVID-19_REVISAO_INTEGRATIVA) >; Acesso em: 25/09/2021.
3. CARVALHO, VMLM de.; VIANA, LB de OP.; DINIZ, AV.; ALMEIDA, MEM.; MELO, DHN de.; MARTINS, DM.; FARIAS, TBC de.; SOUSA, MNA de. Tratamento com ECMO em pacientes com insuficiência respiratória por causa da COVID-19 e melhora do quadro clínico. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 10, n. 9, pág. e2110917758, 2021. DOI: 10.33448 / rsd-v10i9.17758. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17758>. Acesso em: 01 out. 2021.

4. PLANNING and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases. HEALTH-CARE DEVELOPMENT, [S.l.], p. <https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600%2820%2930121-1/fulltext>, 20 maio 2020. DOI [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30121-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30121-1). Disponível em: <https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600%2820%2930121-1/fulltext>. Acesso em: 1 out. 2021.
5. Werneck. G.L ; PANDEMIA de COVID-19 no Brasil: Crônica de uma crise sanitária anunciada. Cadernos de Saúde Pública, [S. l.], p. <https://www.scielo.org/article/csp/2020.v36n5/e00068820/pt/>, 8 maio 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/0102-311X00068820>. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2020.v36n5/e00068820/pt/>. Acesso em: 5 out. 2021.
6. Fernandes, C.A; CONBRASIE : Desafios e recomendações para o cuidado intensivo de adultos críticos com doença de coronavírus 2019 (COVID-19). ., [S. l.], p. <https://escsresidencias.emnuvens.com.br/hrj/article/view/20>, 24 abr. 2020. DOI <https://doi.org/10.51723/hrj.v1i1.20>. Disponível em: <https://escsresidencias.emnuvens.com.br/hrj/article/view/20>. Acesso em: 9 out. 2021.
7. Wiedemann, D., Bernardi, MH, Distelmaier, K. *et al.* Recomendações para oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) em pacientes com COVID-19. *Wien Klin Wochenschr* 132, 671–676 (2020). Disponível em <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01708-8>. Acesso em: 15 out. 2021.
8. PARK, Marcelo and GRUPO DE INVESTIGADORES ERICC *et al.* Efeito econômico do uso da oxigenação extracorpórea para suporte de pacientes adultos com insuficiência respiratória grave no Brasil: uma análise hipotética. *Rev. bras. ter. intensiva* 2014, vol.26, n.3, pp.253-262. ISSN 0103-507X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0103-507X.20140036>. Acesso em: 08 nov. 2021.
9. Kon ZN, *et al.* Extracorporeal Membrane Oxygenation Support in Severe COVID-19. *The Annals of Thoracic Surgery*. Available online 17 July 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003497520311528>. Acesso em: 08 nov.2021.
10. RIBEIRO, Ágatha Patricia Rodrigues. ECMO A Terapia Que Salva Vidas: Revisão Sistemática. *Id on Line Rev.Mult. Psic.*, Fevereiro/2021, vol.14, n.54, p. 341-356. ISSN: 1981-1179.
11. COORDENAÇÃO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE – CMATS/CGGTS/DGITIS/SCTIE/MS. Oxigenação Extracorpórea (ECMO) para Suporte de Pacientes com Insuficiência Respiratória Grave e Refratária, maio / 2021, Disponível em: [http://conitec.gov.br/images/Consultas/Relatorios/2021/20210517\\_Relatorio\\_OxigenacaoExtracorp\\_InsufRespGrave\\_CP\\_38.pdf](http://conitec.gov.br/images/Consultas/Relatorios/2021/20210517_Relatorio_OxigenacaoExtracorp_InsufRespGrave_CP_38.pdf). Acesso : 15 nov. 2021.

**NOVAS TECNOLOGIAS NA PREVENÇÃO DE DOENÇAS  
NEURODEGENERATIVAS**

QUEIROZ, Augusto V.  
ISHIOKA, Eric R.  
SVIZZERO, Fábio C.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. MONACO, Adriana  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. VALOIS, Nayara A. L.  
Centro Universitário das Américas - FAM

**RESUMO**

O artigo se refere às novas tecnologias para prevenção de doenças neurodegenerativas e tem como finalidade mostrar a importância das mesmas e sua contribuição para a área da saúde, desenvolvendo novos modelos de exames para diagnóstico precoce de doenças como *Parkinson* e *Alzheimer*. Utilizaram-se artigos e matérias de sites e revistas como base para construção deste artigo, destacando novos métodos diagnósticos a partir da utilização de eletrodos de platina, biomarcadores sanguíneos e Inteligência Artificial, que atendem a necessidade do sistema de saúde, por serem viáveis, inovadores e práticos, tanto para os profissionais quanto para os pacientes, poupando tempo dos mesmos e conseqüentemente melhorando a qualidade de vida, quando disponibilizadas para a população.

**Palavras-chave:** Doença Neurodegenerativa. Diagnóstico Precoce. Doença de *Parkinson*. *Alzheimer*. Inteligência Artificial.

**ABSTRACT**

*The article refers to new technologies for the prevention of neurodegenerative diseases and aims to show their importance and their contribution to the health area, developing new exam models for early diagnosis of diseases such as Parkinson's and Alzheimer's. Academic articles and articles from websites and magazines pieces were used as a basis for the construction of this article, highlighting new diagnostic methods based on the use of platinum electrodes, blood biomarkers and Artificial Intelligence, which meet the need of the health system, as they are viable, innovative and practical, both for professionals and*

*patients, saving their time and consequently improving their quality of life, when available to the population.*

**Keywords:** *Neurodegenerative Disease. Early Diagnosis. Parkinson's Disease. Alzheimer. Artificial Intelligence.*

## **INTRODUÇÃO**

Seguindo o avanço da tecnologia e de novas descobertas, a Medicina Preventiva vem evoluindo progressivamente a favor de pacientes e médicos. As criações de novas tecnologias para a área da saúde não são voltadas apenas para o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes de doenças, mas também para proporcionar meios de prevenir e antecipar doenças, dada a importância da medicina preventiva. A partir da realização de exames preventivos, é possível manter o paciente saudável e disposto de uma maior qualidade de vida, visando uma saúde mais preventiva e menos curativa para toda a população.

Atualmente, uma das maiores dificuldades para a comunidade científica é poder prover diagnósticos precoces e acurados para doenças neurodegenerativas. A complexidade de compreensão dos mecanismos moleculares sujeitos à degeneração neuronal é dada como um grande desafio para o desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico precoce e também para o tratamento eficaz dessas doenças. (SUMMIT SAÚDE, 2020).

Os testes existentes para detecção de doenças neurodegenerativas, envolvendo avaliações comportamentais e psiquiátricas, juntamente com exames de sangue e imagem, não permitem prever de forma antecipada, nem com precisão, o quadro do paciente. Consequência disso, pesquisadores e cientistas tentam desenvolver técnicas de diagnóstico que utilizam biomarcadores (indicadores de probabilidade do desenvolvimento da doença). (ALVES, 2020).

Assim como a maioria das coisas, os métodos de diagnóstico também irão evoluir ao passar dos anos. Um exemplo dessa evolução é a Inteligência Artificial (IA), que futuramente estará integrada ao meio médico e realizando diagnósticos minimalistas com exatidão, identificando doenças antes mesmo de se manifestarem e assim aumentando consideravelmente a qualidade de vida dos pacientes. (EQUIPE VERITÀ, 2019).

É importante ressaltar, no entanto, que uma tecnologia como a IA não irá substituir os profissionais da saúde, pois a mesma está sendo desenvolvida apenas para auxiliar e complementar o trabalho realizado pelos médicos e essencialmente promover o bem-estar dos pacientes.

Apresentar neste artigo, o impacto e a contribuição que a evolução da tecnologia vem gerando para a área da saúde, mais especificamente para a Medicina Preventiva, em relação a doenças neurodegenerativas.

Mostrar como essa evolução tecnológica tem sido fundamental no desenvolvimento de novos modelos de exames voltados para o diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas e analisar a proporção do impacto causado em identificar e antecipar doenças neurodegenerativas em seus estados iniciais, ou antes mesmo que se manifestem, para dar início ao tratamento do paciente o mais cedo possível.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho é uma revisão bibliográfica sobre o tema “Novas Tecnologias na Prevenção de Doenças Neurodegenerativas”. Para realização deste estudo foram pesquisados artigos científicos e matérias de revistas utilizando a base de dados Google e Google Acadêmico. Período em que os artigos e matérias foram publicados: 2015-2020.

## **REVISÃO BILIOGRÁFICA**

“Doença neurodegenerativa” é um termo usado para definir doenças que afetam o cérebro humano, destruindo neurônios de forma irreversível. Doenças com essas características, comumente, tendem a se manifestar em pessoas idosas.

Neurônios são os pilares do sistema nervoso, sendo responsáveis pela transmissão de impulsos nervosos. No entanto, não possuem a capacidade de se reproduzir e também não podem ser substituídos, ou seja, são finitos. (SUPERA, 2020).

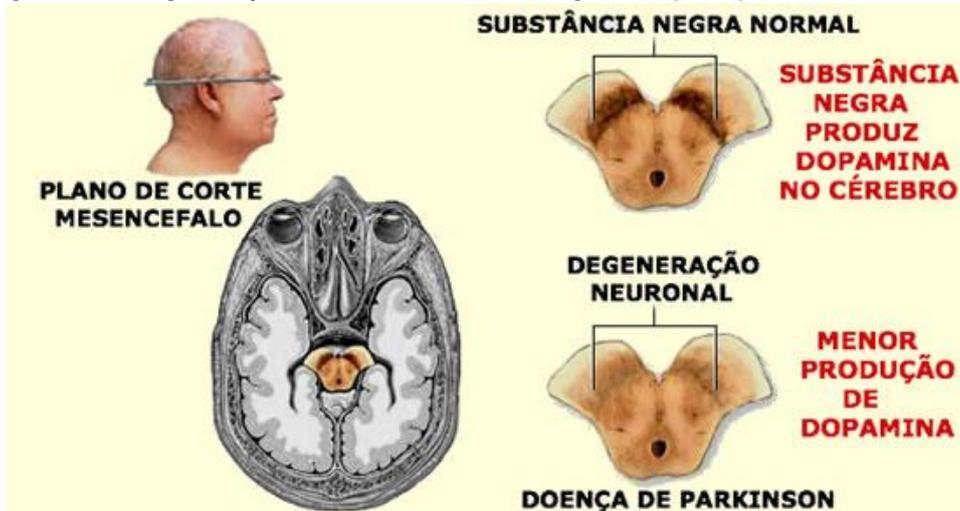
Dados estes aspectos dos neurônios, doenças neurodegenerativas acabam se tornando condições irreversíveis para quem sofre das mesmas. Ao longo dos anos, a doença se mostra cada vez mais debilitante, dadas as lesões e mortes contínuas dos neurônios, causando problemas motores (falta de coordenação), ou mentais (demências), ao paciente e prejudicando a qualidade de vida do mesmo e também de sua família.

O *Alzheimer* e a *Doença de Parkinson* (DP) são alguns dos exemplos de doenças neurodegenerativas.

### Doença de Parkinson

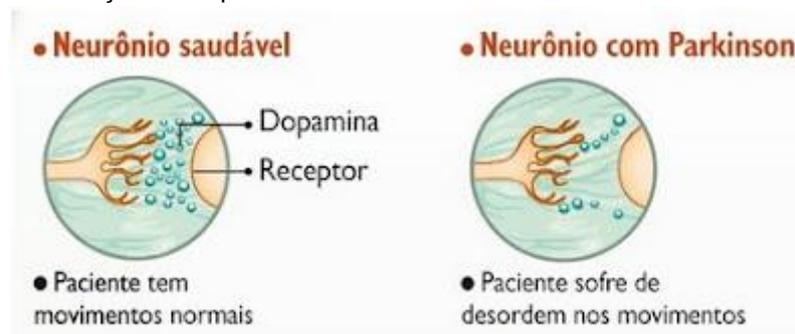
A DP decorre da degeneração do sistema nervoso dos gânglios da base, uma determinada parte do cérebro. A degeneração do sistema nervoso dos gânglios da base acarreta uma menor produção de dopamina e conseqüentemente a diminuição do número de conexões entre as células nervosas da área. (SILVA, 2017). A dopamina é responsável por auxiliar a coordenação motora corporal e a falta da mesma causa tremores, rigidez muscular e dificulta movimentos voluntários.

Figura 1 - A degeneração dos neurônios desta região é a principal causa da doença.



Fonte: <https://portal.unisepe.com.br/asmec/wp-content/uploads/sites/10006/2018/10/ENFERMAGEM-24.pdf>

Figura 2 - A baixa concentração de dopamina causa um descontrole na transmissão dos impulsos nervosos.



Fonte: <https://portal.unisepe.com.br/asmec/wp-content/uploads/sites/10006/2018/10/ENFERMAGEM-24.pdf>

Dados de 2018, da Organização Mundial da Saúde (OMS), apontam que 1% da população mundial acima de 65 anos convivia com *Parkinson*. A estimativa para o Brasil é que mais de 200 mil pessoas portem o mal de *Parkinson*. (G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA, 2020). Apesar de não existir cura para a doença, existem tratamentos que combinam medicamentos com fisioterapia, terapia ocupacional, psicoterapia e fonoaudiologia. Métodos estes que podem ajudar a controlar os sintomas da DP.

#### Diagnóstico Precoce da Doença de Parkinson

Diagnosticar a DP precocemente é de grande importância para que o tratamento seja iniciado o quanto antes, devendo ser acompanhado por um médico neurologista. Geralmente, a DP é diagnosticada através de critérios clínicos pré-determinados, apenas sendo comprovada se o paciente apresentar ao menos três sintomas da DP e descartar outras doenças que também atingem o sistema nervoso. Além destes, existem exames de imagem, como ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons e tomografia computadorizada por emissão de fóton único, que são essenciais para um diagnóstico mais preciso, dada a capacidade dos mesmos em comprovar danos morfológicos ao sistema nervoso. (SILVA, 2017).

Pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), criaram um equipamento com a capacidade de identificar precocemente a DP, através da verificação de dois biomarcadores presentes no organismo. Visando detectar a doença em seu estágio inicial, os pesquisadores desenvolveram eletrodos flexíveis de platina, utilizados para observar dois biomarcadores: a dopamina e a proteína DJ1, diretamente ligadas a DP. (G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA, 2020).

Figura 3 - Eletrodos flexíveis de platina utilizados como biossensores eletroquímicos para determinação de biomarcadores relacionados à Doença de *Parkinson*.



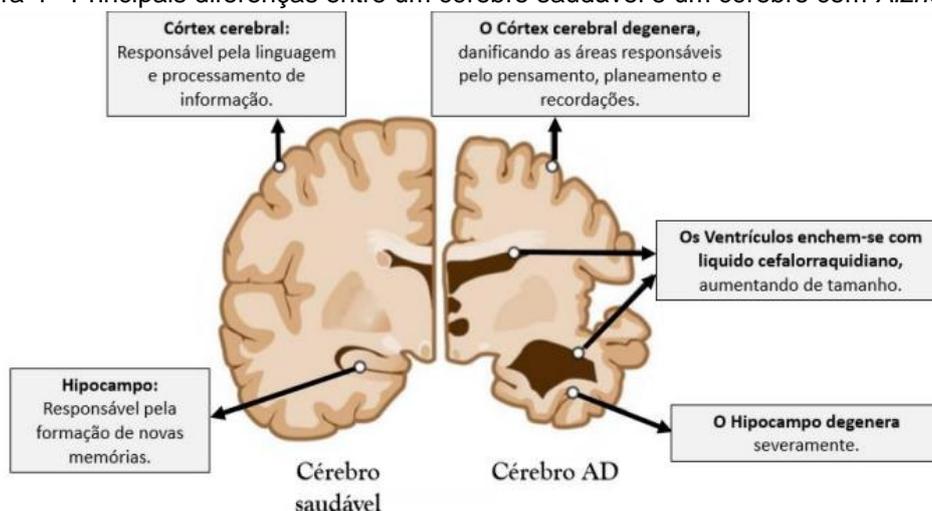
Fonte: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2020/09/23/pesquisadores-da-ufscar-desenvolvem-equipamento-para-deteccao-precoce-de-parkinson.ghtml>

A ideia do uso destes biomarcadores é auxiliar o diagnóstico precoce da DP, dado que se descoberta previamente, o paciente pode passar por um tratamento mais eficiente, retardando sintomas e quaisquer danos ao sistema nervoso.

## Alzheimer

O *Alzheimer*, uma doença neurodegenerativa, é conhecido por lesionar e destruir células cerebrais, acabando por atrofiar funções cognitivas. Em seu estágio inicial, a doença causa perda de memória recente, enquanto em um estágio mais avançado, afeta a capacidade do paciente de se orientar espacialmente, de compreender situações momentâneas e até de se comunicar. (SUPERA, 2020).

Figura 4 - Principais diferenças entre um cérebro saudável e um cérebro com *Alzheimer*.



Fonte: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/10408/1/Tese.pdf>

Conforme o quadro do paciente vai se agravando, o mesmo se torna cada vez mais dependente de seus familiares, mesmo para atividades diárias comuns, como tomar banho, ou preparar refeições. Ocasões como estas, são o que realçam o *Alzheimer* como uma das doenças neurodegenerativas mais debilitantes.

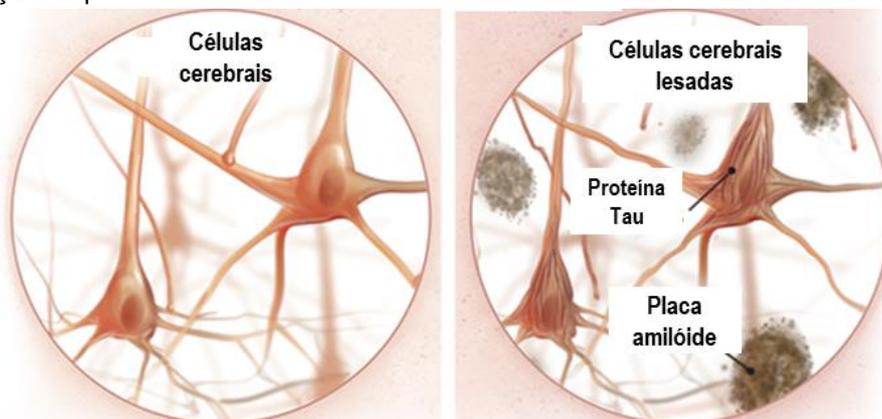
Atualmente não foi encontrada cura para a doença, porém por meio de tratamentos combinados de medicamentos com terapias, é possível reprimir os sintomas do paciente e retardar a progressão do caso.

### Diagnóstico Precoce de Alzheimer por Exame de Sangue

Pesquisadores dos Estados Unidos e da Suécia realizaram estudos e formularam um exame de sangue, que apresentou a capacidade de calcular a quantidade de uma proteína específica no organismo, chamada p-tau217, e assim detectar, de forma antecipada, a manifestação da doença de *Alzheimer* em até 20 anos, ou ainda em seu estágio inicial. (ALVES, 2020).

Por meio do exame, é possível observar os níveis de beta-amilóide presente no sangue e, de acordo com sua taxa, caso a mesma apresente um nível muito distinto do normal, apontar o acúmulo da proteína no cérebro, sendo este um aspecto muito característico da doença.

Figura 5 - Alteração da proteína tau e dos níveis de beta-amilóide em um cérebro acometido por *Alzheimer*.



Fonte: <http://www.ineuro.com.br/para-os-pacientes/alzheimer-reconhecendo-seus-sintomas/>

Somando a taxa alterada dessa proteína no sangue com a variante genética APOE4 e a idade avançada do paciente, é possível confirmar o *Alzheimer* com uma precisão de até 94%, de forma simples, barata e ainda sim eficiente, sem a necessidade de realizar uma tomografia computadorizada de PET para quantizar, por imagem, os níveis de beta-amilóide no cérebro, poupando custos e tempo. (ALVES, 2020).

### Diagnóstico Precoce de Alzheimer por Exame de Vista

Foi apontado por cientistas, que a partir de um exame de vista muito comum, uma angiografia por tomografia de coerência óptica (OCT), existe a possibilidade de detectar o *Alzheimer* em pessoas portadoras da doença, mas que ainda não tiveram nenhum sintoma manifestado, dada a observação de que pessoas com *Alzheimer* exibem alterações visíveis na região central de suas retinas e em seus nervos ópticos. (UFJF NOTÍCIAS, 2015).

É comum em todas as pessoas, que o centro da retina ocular apresente uma região onde não existem vasos sanguíneos. Porém, curiosamente, pacientes portadores de *Alzheimer* apresentam um crescimento significativo dessa região específica da retina e sendo uma alteração que não é encontrada em pessoas que não possuem níveis elevados de beta-amilóide no cérebro, se torna um indicador de grande importância para o diagnóstico precoce da doença.

## **Inteligência Artificial no Diagnóstico Precoce de Doenças Neurodegenerativas**

Segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto de Neurociência da Universidade de Sheffield e publicada pela revista *Nature Reviews Neurology*, foi constatado como o uso de Inteligência Artificial (IA), incorporada à área da saúde e utilizada diariamente, pode auxiliar a diminuir o impacto social e econômico, causados por doenças neurodegenerativas. (SUMMIT SAÚDE, 2020).

O estudo exemplifica como as tecnologias de IA operam, a partir de algoritmos de aprendizado de máquina, que possuem a capacidade de detectar doenças neurodegenerativas em seus estágios iniciais, além de coletar dados constantemente, para uso posterior na realização de diagnósticos cada vez mais precisos. Dessa forma, pacientes seriam diagnosticados precocemente, sem a necessidade de realização de muitos exames, resultando em tratamentos mais eficazes para os pacientes e em cortes de gastos para o sistema de saúde.

Futuramente, doenças neurodegenerativas poderão até mesmo serem diagnosticadas por IA, unicamente, pela análise de como a pessoa pronuncia determinadas palavras, ou como as escreve. (PEBMED, 2018). A inteligência é capaz de encontrar padrões em falas, ou escritas, e seguindo parâmetros pré-determinados, determinar se as mesmas apresentam pequenas alterações, indicadoras de doenças neurodegenerativas em seus estágios iniciais, permitindo que pacientes sejam diagnosticados precocemente, antecipando tratamentos em um grande intervalo de tempo até a manifestação dos primeiros sintomas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Desenvolvimento do Diagnóstico Precoce da Doença de Parkinson**

Os eletrodos flexíveis de platina, utilizados pelos pesquisadores da UFSCar, são capazes de evidenciar sinais de que o paciente tenha tendência a desenvolver *Parkinson*. O exame é feito através da inserção de uma amostra de dopamina, coletada do paciente, no eletrodo, que irá aferir, por meio de análises eletroquímicas, se há divergências em relação aos valores padrão de determinados biomarcadores presentes no organismo. O procedimento de análise é viável devido a atuação da proteína DJ1 no bloqueio de sinapses nervosas, evidenciando disfunções por causar tremores no corpo do paciente. (G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA, 2020).

Apesar de testes clínicos com pacientes portadores da doença ainda serem exigidos e que deverão ser expandidos para hospitais e indústrias farmacêuticas, o experimento se mostrou bastante promissor e eficaz, dados os testes laboratoriais realizados em amostras sintéticas e os bons resultados apresentados durante o período de um ano.

Se trata de um dispositivo inovador, totalmente portátil e aplicável em qualquer clínica médica, hospital ou laboratório, sendo capaz de prover um diagnóstico dentro de uma média de cinco horas e podendo ser descartado de forma prática, dado o material de sua composição, pensado para ser sustentável.

### **Desenvolvimento do Diagnóstico Precoce de Alzheimer**

A pesquisa foi dividida em três partes, sendo a primeira realizada por um pesquisador da Universidade de Lund, localizada na Suécia. Nesse primeiro estudo, realizado com pessoas, foi utilizado como base do experimento o plasma p-tau217, presente no sangue e classificado como um biomarcador de alta precisão no diagnóstico do *Alzheimer*. O estudo provou que o teste se mostrou tão eficaz quanto os testes utilizados atualmente para detectar a doença. (ALVES, 2020).

Foram estudados inúmeros casos de pacientes, que foram diagnosticados com a doença de *Alzheimer*, comparando os resultados encontrados a partir dos experimentos com biomarcadores presentes no sangue, com os resultados de exames de imagem.

No entanto foi descoberto, que analisando apenas o plasma p-tau217 é possível diagnosticar o *Alzheimer* com uma precisão de até 98%, descartando quaisquer chances de atribuir os sintomas a outras doenças neurodegenerativas. (ALVES, 2020).

O *Alzheimer* tende a fazer com que os níveis de p-tau217 cresçam exponencialmente e, em pacientes que possuem gene característico da doença, o plasma inicia esse processo de expansão muitos anos antes dos sintomas começarem a surgir.

No segundo estudo da pesquisa, realizado por pesquisadores da Universidade de Washington, nos Estados Unidos, foi investigado o papel que as proteínas beta-amilóides e o plasma p-tau217 desempenham no organismo. O p-tau217 foi inteiramente analisado pelos pesquisadores, que puderam constatar que o mesmo está fortemente associado a concentração de placas amilóides encontradas na região do cérebro, que é afetada pela doença. (ALVES, 2020).

No terceiro estudo, realizado por especialistas da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, foram feitas análises com o plasma p-tau181, que constataram a presença do mesmo em quantidades até três vezes maiores em pessoas diagnosticadas com *Alzheimer*, quando comparadas com os níveis do plasma em pessoas saudáveis, ou diagnosticadas com outros tipos de doenças neurodegenerativas, tornando essa característica própria da doença e ajudando em seu diagnóstico precoce. (ALVES, 2020).

Dado os três estudos, realizados pelos pesquisadores de diversas universidades, foi comprovado que as quantidades dos plasmas p-tau217 e p-tau181 presentes no sangue, podem ser utilizadas como biomarcadores para auxiliar no diagnóstico da doença de *Alzheimer*, ou de outras doenças neurodegenerativas (pelo fator de exclusão da possibilidade de ser *Alzheimer*).

### Desenvolvimento da Inteligência Artificial no Diagnóstico Precoce de Doenças Neurodegenerativas

Doenças neurodegenerativas, em sua maioria, frequentemente acabam sendo diagnosticadas apenas em estágios mais avançados, devido à complexidade em identificar exatamente qual é a doença em questão, dadas suas similaridades, para dar início ao tratamento adequado. A inserção de IA na área de diagnósticos por imagem, tem a capacidade de identificar doenças neurodegenerativas em pacientes, de forma antecipada, podendo até mesmo calcular com certa precisão quanto a doença vai se desenvolver ao longo dos anos e quanto ela vai afetar o paciente. (SUMMIT SAÚDE, 2020). No entanto são dados que podem ser evitados, dado o diagnóstico prévio realizado pela IA, permitindo que o paciente comece o tratamento precocemente.

A partir de aprendizado de máquina, é possível que uma IA seja capaz de identificar cada vez mais aspectos de doenças neurodegenerativas, seja por exames de imagem, captação de movimentos, ou analisando como o paciente pronuncia palavras. O potencial de uma IA nesta área tem a chance de ir além da capacidade de análise de qualquer especialista, sendo uma ferramenta que poderia proporcionar diagnósticos de forma extremamente rápida e precisa, para que o profissional responsável pudesse trabalhar igualmente de forma mais eficiente em relação a qual tratamento providenciar para seus pacientes.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao elevado número de pessoas acometidas por doenças neurodegenerativas atualmente e ao fato de que esse número só tenderá a crescer nos próximos anos, estamos caminhando lentamente para uma falência do sistema de saúde, o que evidencia uma necessidade urgente de ferramentas de diagnóstico práticas, eficazes e que antecipem a manifestação deste tipo de doença. (BRUM, 2018). A solução mais viável para solucionar este problema é investindo nas

novas tecnologias que vem surgindo, como as apresentadas neste artigo, para a prevenção e o tratamento precoce de tais doenças neurológicas, como a Doença de *Parkinson* e o *Alzheimer*, que são as mais recorrentes na população idosa, mundialmente.

A partir dos novos modelos de exames mostrados, existe a possibilidade de detecção precoce de doenças neurodegenerativas, para intervir com tratamentos eficazes e retardar o avanço das mesmas, impedindo que danos significativos sejam causados ao cérebro do paciente, favorecendo uma melhor qualidade de vida para o mesmo e sua família, consequentemente impedindo também um colapso em nosso sistema de saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Bruna. VivaBem. **Cientistas avaliam exame de sangue que pode detectar *Alzheimer* precocemente**. VivaBem, jul. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/07/29/exame-de-sangue-pode-detectar-alzheimer-20-anos-antes-dos-sintomas.htm?next=0004H38U32N>. Acesso em: 05 abr. 2021.

BRUM, Maurício. Veja Saúde. **Tecnologias que ampliaram o acesso a tratamentos e diagnósticos no Brasil**. Veja Saúde, nov. 2018. Disponível em: <https://saude.abril.com.br/medicina/tecnologias-que-ampliaram-o-acesso-a-tratamentos-e-diagnosticos-no-brasil/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

EQUIPE VERITÀ. **Use a tecnologia a favor da sua saúde**. Verità, Farroupilha, nov. 2019. Disponível em: <https://www.veritadiagnosticos.com.br/use-tecnologia-favor-da-sua-saude/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA. **Equipamento que detecta *Parkinson* precocemente é desenvolvido na UFSCar de Araras**. G1 São Carlos e Araraquara, set. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2020/09/23/pesquisadores-da-ufscar-desenvolvem-equipamento-para-deteccao-precoce-de-parkinson.ghtml>. Acesso em: 05 abr. 2021.

MIRANDA, Maramélia. **Alzheimer: Reconhecendo seus sintomas**. Ineuro: Neurologia Inteligente. Disponível em: <http://www.ineuro.com.br/para-os-pacientes/alzheimer-reconhecendo-seus-sintomas/>. Acesso em: 28 out. 2021.

PEBMED. **Conheça 5 tecnologias que poderão ter impacto na medicina nos próximos 5 anos**. Portal PEBMED, set. 2018. Disponível em: <https://pebmed.com.br/conheca-5-tecnologias-que-poderao-ter-impacto-na-medicina-nos-proximos-5-anos/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SANTOS, Alessandra *et al.* **Doença de Parkinson: aspectos bioquímicos**. 2015. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Enfermagem, Faculdade Asmec, Ouro Fino, 2015. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/asmec/wp-content/uploads/sites/10006/2018/10/ENFERMAGEM-24.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA, Beatriz Vieira da. **Diagnóstico da Doença de *Parkinson* por meio das técnicas de imagem**. 2017. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Biomedicina, Ibmr - Laureate International Universities, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.ibmr.br/files/tcc/diagnostico-da->

doenca-de-parkinson-por-meio-das-tecnicas-de-imagem-beatriz-vieira-da-silva.pdf. Acesso em: 05 abril 2021.

SOUSA, Bárbara Martins. **Abordagem Terapêutica da Doença de Alzheimer**. 2017. 62 f. Tese (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade do Algarve, Faro, 2017. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/10408/1/Tese.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

SUMMIT SAÚDE. **Inteligência Artificial pode diagnosticar casos de Alzheimer**. Media Lab Estadão: Summit Saúde, ago. 2020. Disponível em: <https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/inteligencia-artificial-pode-diagnosticar-casos-de-alzheimer/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SUPERA. **Alzheimer e Parkinson: você sabe qual é a diferença?**. Supera, São Paulo, ago. 2020. Disponível em: <https://superafarma.com.br/alzheimer-e-parkinson-voce-sabe-qual-e-a-diferenca/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

UFJF NOTÍCIAS. **Exame de fundo dos olhos auxilia na identificação do Alzheimer**. UFJF Notícias, Juiz de Fora, 16 dez. 2015. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/noticias/2015/12/16/estudo-dos-olhos-auxilia-na-identificacao-do-alzheimer/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

## **ESTUDO DA ATENUAÇÃO DE DIFERENTES MATERIAS EM ENERGIA DE MEGA VOLTAGEM PARA CONFEÇÃO DE ACESSÓRIOS DE IMOBILIZAÇÃO EM RADIOERAPIA**

BRITO G.R.B.; CAMPOS L.R.C.; JUNIOR S.S.M.; LOSACCO S.C.L.; SANTOS S.F.C.;  
Profa. Dra. VALOIS N.A.L.; Profa. Dra. DEL MONACO A.D.M.  
Centro Universitário das Américas – FAM

### **RESUMO**

A radioterapia é uma área da medicina que trata lesões malignas e benignas. Esta modalidade de tratamento é realizada com radiações ionizantes, como elétrons, raios-x e raios gama com a função de entregar o máximo de doses na lesão afetando minimamente os tecidos saudáveis. O Presente artigo apresenta a importância da utilização dos imobilizadores durante o tratamento de radioterapia, o texto se baseia em uma revisão bibliográfica de livros e artigos na área de radioterapia. Foram analisadas a transmissão de alguns materiais utilizados para confecção de acessórios em radioterapia. Dentre os materiais analisados a fibra de carbono apresentou 97%, a madeira 96% e o acrílico 92% de transmissão. Portanto a fibra de carbono se mostrou o melhor material para a confecção destes acessórios e como alternativa a madeira apresentou resultados próximos e aceitáveis.

**Palavras-chave:** Radioterapia; Atenuação; Dispositivos de imobilização; Reprodutibilidade.

### **ABSTRACT**

Radiation therapy is an area of medicine that treats malignant and benign lesions. This treatment modality is performed with ionizing radiation, such as electrons, x-rays and gamma rays with the function of delivering the maximum doses to the lesion, minimally affecting healthy tissues. This article presents the importance of using immobilizers during radiotherapy treatment, the text is based on a literature review of books and articles in the field of radiotherapy. The transmission of some materials used for making accessories in radiotherapy was analyzed. Among the materials analyzed, carbon fiber had 97%, wood 96% and acrylic 92% of transmission. Therefore, carbon fiber proved to be the best material for making these accessories and, as an alternative, wood presented similar and acceptable results.

**Keywords:** Radiotherapy; Immobilization devices; Reproducibility.

### **INTRODUÇÃO**

A radioterapia é uma área da medicina que trata lesões malignas e benignas. Esta modalidade de tratamento é realizada com radiações ionizantes, como elétrons, raios-x e raios gama (Figura 1) com a função de entregar o máximo de doses na lesão afetando minimamente os tecidos saudáveis. (SALVAJOLI, 1999).

Antes de o paciente iniciar o tratamento, este realiza uma tomografia de simulação para identificar a área que será irradiada, determinar a técnica e a dose aplicada e, em seguida, o físico-médico realiza o planejamento para calcular a distribuição de dose, respeitando todos os limites de tolerância à radiação dos tecidos. (INCA, 2010)

Um aspecto primordial para o sucesso na realização do tratamento de radioterapia consiste no posicionamento adequado do paciente, e garantir que este posicionamento seja reproduzível entre as diversas sessões do tratamento, e, para tal, são utilizados acessórios de imobilização com parâmetros pré-estabelecidos na simulação de acordo com a anatomia e mobilidade de cada paciente. (CAETANO, 2014).

Atualmente, existem no mercado diferentes acessórios que buscam corresponder a todos os critérios do tratamento a fim de se obter precisão necessária na administração da dose de radiação.

O objetivo deste trabalho é avaliar a transmissão da radiação nos materiais utilizados nos imobilizadores de mama da radioterapia, através de testes realizados no acelerador linear.

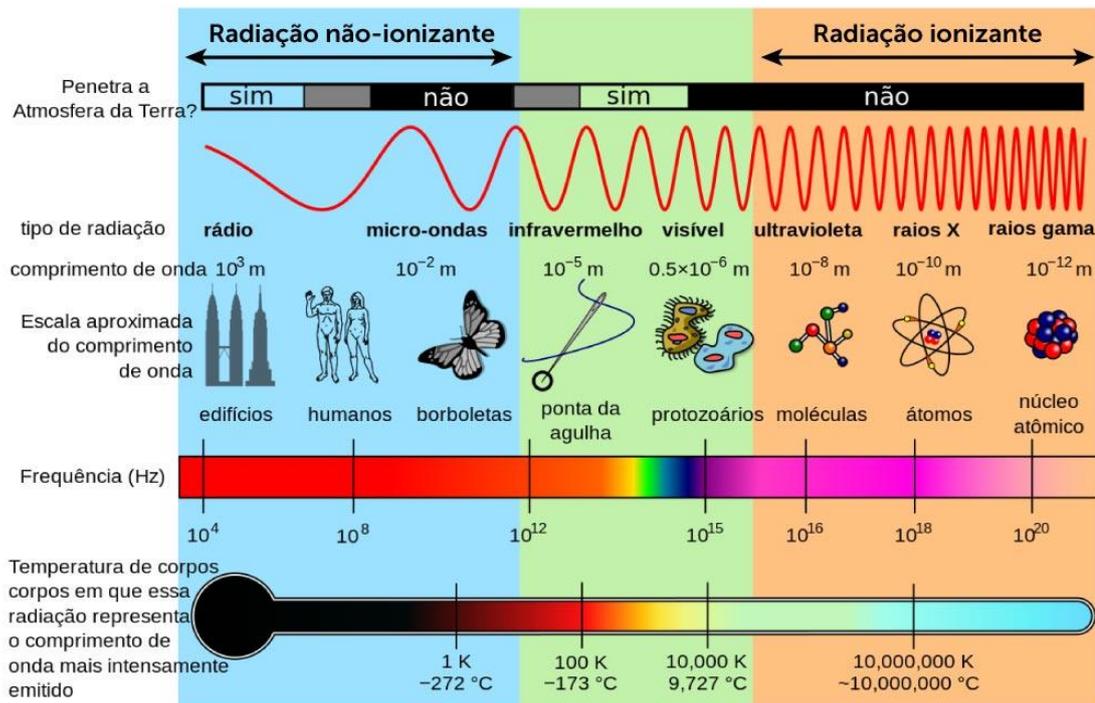


Figura 1 – Demonstração da classificação da radiação (Sapra Landauer,2021.)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se baseia numa revisão detalhada da literatura a fim de reunir dados para entender como funciona a atenuação dos materiais utilizados nos acessórios de imobilização de mama na radioterapia. Para o estudo, foram selecionados artigos

publicados no Google Acadêmico e *Scielo*, por estarem dentro do padrão de elegibilidade. Este método de pesquisa possibilitou a identificação dos materiais utilizados nos acessórios da rampa de mama e o benefício na sua utilização, porém não foram localizados artigos que apresentassem a dose da atenuação durante o tratamento. Para tanto, foram utilizadas publicações de trabalhos e a colaboração da empresa Oxigen Comércio, Indústria e Representações de Equip. Médicos Ltda - EPP dedicados e voltados à área da saúde, tendo como base a fabricação de rampas de mama.

O livro *Atualização para técnicos em radioterapia*, do INCA (INCA, 2010), com finalidade de instruir sobre os principais equipamentos e acessórios envolvidos no tratamento radioterápico foi usado como base para a confecção do artigo.

Para realizar as análises, foram selecionados três materiais: madeira, acrílico e fibra de carbono. Estes materiais foram selecionados baseando-se nos utilizados nas rampas de mama disponíveis no mercado.

Para as irradiações foi utilizado o acelerador linear da marca Elekta modelo *precise*, colimador multilâminas com 80 pares de lâminas. (Figura 2)



Figura 2 – Acelerador linear Elekta Precise  
(Elekta AB, 2021)

O setup utilizado para as irradiações contou com uma câmara de ionização do tipo dedal (Farmer) da marca PTW posicionada a 10 cm de profundidade em um arranjo de placas de água sólida (material com densidade eletrônica semelhante à da água). Sob a câmara de ionização foram utilizados mais 5 cm de placa de água sólida para garantir o

retro espalhamento e a distância fonte-superfície foi 100 cm, com o tamanho de campo 10 cm x 10 cm e energia de 6 MV. Sobre este arranjo foram posicionados os materiais para estudo.

Para o estudo comparativo da atenuação dos materiais o setup foi irradiado com 100 unidades monitoras e 2 cm de espessura de cada material, excesso para a madeira cuja amostra possuía 1,5 cm. Neste caso realizamos a extrapolação para 2 cm de acordo com o cálculo a seguir:

**Para 1,5 cm:**

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$11,27 = 11,8 e^{-\mu \cdot 0,015}$$

$$\frac{11,27}{11,8} = e^{-\mu \cdot 0,015}$$

$$e^{-\mu \cdot 0,015} = 0,955$$

$$-0,015\mu = \ln 0,955$$

$$\mu = \frac{-\ln 0,955}{0,015} = 3,07$$

**Para 2 cm:**

$$I = 11,8 e^{-3,07 \cdot 0,02}$$

$$I = 11,8 \cdot 0,94$$

$$I = 11,09$$

Para visualização dos parâmetros do acelerador linear durante a irradiação foi utilizado o console. (Figura 3)

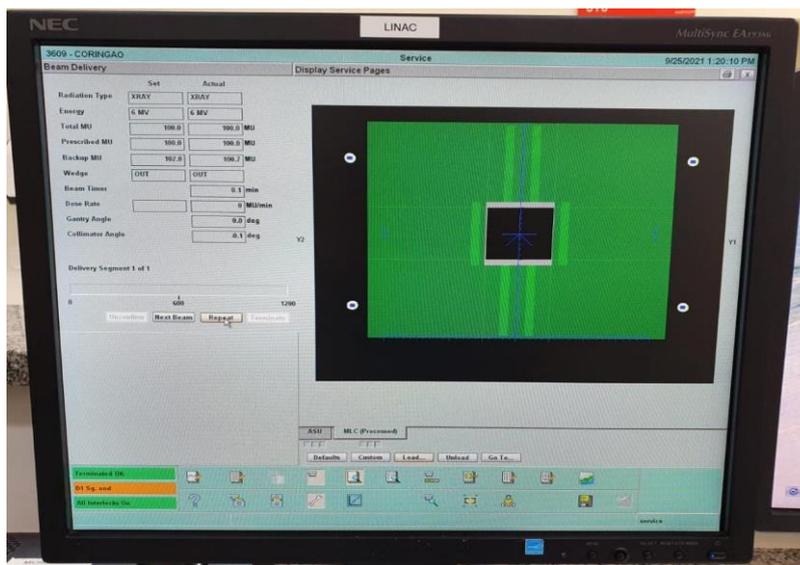


Figura 3 – console utilizado para visualização dos parâmetros. (Autoria Própria)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa em artigos científicos relacionados ao tema e estudos com os critérios em possíveis materiais para a composição dos acessórios no tratamento da radioterapia, apresentando ensaios realizados no Hospital Unimed Bauru com os diferentes tipos de materiais designados, aplicados diretamente no uso do procedimento terapêutico.

Atualmente, o material mais utilizado que compõe as rampas de mama é a fibra de carbono. Esse compósito está em desenvolvimento acompanhando o avanço da medicina e da ciência. (BENTEL,1996)

Durante o desenvolvimento da pesquisa através da análise exploratória sobre a importância dos acessórios auxiliando no processo, analisou-se que a fabricação de rampas com demais elementos, sendo elas, madeira e acrílico, podem fornecer o auxílio necessário para a radioterapia, visto que são de extrema importância em alguns casos.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos com as irradiações e as porcentagens de transmissão em relação a transferência sem a adição de nenhum material (output):

Tabela 1: Resultados obtidos nos testes de transmissão (Autoria Própria)

MATERIAL	LEITURA 1 (nC)	LEITURA 2 (nC)	MÉDIA	TRANSMISSÃO (%)
<b>OUTPUT (100 MU)</b>	11,8	11,8	11,8	100
<b>ÁGUA SÓLIDA</b>	10,98	10,98	10,98	93
<b>ACRÍLICO</b>	10,89	10,89	10,89	92
<b>MADEIRA</b>	11,27	11,27	11,27	96
<b>FIBRA DE CARBONO</b>	11,39	11,39	11,39	97

Para cada medida foram realizadas duas leituras e o valor considerado foi a média entre elas. Os resultados mostram que a fibra de carbono apresenta menor atenuação com 97% de transmissão, portanto dos analisados é o melhor material para a confecção dos acessórios de imobilização em radioterapia.(Figura 6)

A madeira se mostra uma boa alternativa com 96% de transmissão. (Figura 4)

O acrílico apresentou o pior resultado com o 92% de transmissão para a espessura analisada.

Foi realizado uma medida com 2 cm de água sólida para termos uma referência de valor de atenuação e esta apresentou 93% de transmissão. (Figura 5)



Figura 4 – acessórios de imobilização de mama.  
(Autoria Própria)



Figura 5 – Setup utilizado para realização das medidas.  
(Autoria Própria)



Figura 5 – Rampa de mama de fibra de carbono (OXYGEM,2021)

### **CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao decorrer do trabalho e através dos testes realizados foi possível analisar que a confecção de um imobilizador de radioterapia com o material adequado pode garantir uma melhor entrega de dose no tratamento do paciente.

Os artigos e livros usados como base para a confecção deste trabalho frisam a importância de um sistema de imobilização adequado para que se garanta a reprodutibilidade do posicionamento durante todo o tratamento.

Os resultados obtidos nos testes demonstram que dentre os materiais analisados, o que apresenta os melhores resultados é a fibra de carbono. Como alternativa a madeira apresentou resultados próximos e aceitáveis

### **REFERÊNCIAS**

BENTEL, G. C., Radiation Therapy Planning: Second Edition, McGraw-Hill Companies, USA, 1996.

CAETANO, Marco Alexandre Amador. Estudo de três sistemas de imobilização utilizados em radioterapia: perspectiva atual e futura. 2014. Tese de Doutorado. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Disponível em:

<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4237/1/Estudo%20de%20tr%C3%AAs%20sistemas%20de%20imobiliza%C3%A7%C3%A3o%20utilizados%20em%20radioterapia.pdf>

Acesso em: 10 out 2021.

INCA, 2010. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Atualização para técnicos em radioterapia / Instituto Nacional de Câncer. - Rio de Janeiro, RJ

Instituto Nacional de Câncer (Brasil). Programa de Qualidade em Radioterapia - Curso de Atualização para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; s.d.

LOCH, C. P.; LIMA, M. F. S. Estudo da degradação dos imobilizadores utilizados em pacientes submetidos à radioterapia de cabeça e pescoço. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 15, p. 461-471, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/57ZfgWZQTyPKkbvTFgQDRrN/?lang=pt> Acesso em: 10 out 2021

SALVAJOLI, João Victor; SOUHAMI, Luis; FARIA, Sérgio Luiz. Radioterapia em oncologia. São Paulo: Medsi, 1999.

RADIAÇÃO: SUA DESCOBERTA, CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES. Sapr

Landauer, 2021. Disponível em : <https://www.sapralandauer.com.br/protacao-radiologica-saiba-sobre-os-principais-aspectos-normas-e-tecnologias-empregadas/o-que-e-radiacao-nocoes-basicas-de-protacao-radiologica/#toggle-id-2>> acessado em 30/11/21

VETTORATO, Michel Campos; FERNANDES, Marco Antonio Rodrigues; VULCANO, Luiz Carlos. Acessórios de imobilização e proteção utilizados na radioterapia de pequenos animais. *Veterinária e Zootecnia*, v. 24, n. 3, p. 444-452, 2017. Disponível em: [rvz.emnuvens.com.br](http://rvz.emnuvens.com.br) Acesso em: 10 de outubro de 2021.

WOLFGANG, S., 3D Conformal Radiation Therapy: a Multimedia Introduction to Methods and Techniques, Springer.

## **EVOLUÇÃO DOS RESPIRADORES PULMONAR INVASIVO PARA O CENÁRIO DE PANDEMIA DA COVID-19**

Integrantes: Freire, A.B., Galdeano, G.M.K., Moreira, L.D., Maria, A.D.M. e Valois, N.A.L.  
Centro Universitário das Américas – FAM

### **RESUMO**

O cenário de pandemia do COVID-19 trouxe á inúmeros pacientes a necessidade do uso do ventilador pulmonar, que foi colocado em evidência como um dos recursos mais importantes no combate a pandemia de corona vírus para o suporte a vida de milhares de pessoas. Esse estudo procurou apresentar um panorama histórico-científico do ventilador mecânico e sua importância para ps processos de tratamento intensivo, principalmente com o advento do Coronavírus. Realizou-se uma busca nas bases de dados do Scielo, Birene, Medline, Lilacs, Google acadêmico, HBSCO, publicados no período de 2000 a 2021 e na base do NCBI dentro do PUBmed central para o período de março de 2020 á março de 2021. Os estudos demonstraram que muitos ventiladores surgiram ao longo do tempo com diferentes interfaces que dessem suporte pulmonar a pacientes críticos. Diante desses estudos foram descobertos vários tipos e formas de ventilação, como ventilação invasiva e não invasiva além dos tipos de ciclos ventilatórios e algumas modalidades de ventilação. Pacientes que tiveram complicações pulmonares graves necessitaram desse tipo de tratamento intensivista, no entanto com a alta demanda por esses respiradores, elevação do dólar e problemas logísticos, departamentos de engenharia biomédica de instituições, centros de pesquisa e universidades desenvolveram e projetaram equipamentos de suporte pulmonar. Pôde-se observar que a pandemia trouxe uma necessidade de aceleração nos processos de fabricação de ventiladores mecânicos, e maior preocupação em produzir essa tecnologia em território nacional. A conclusão deste estudo foi de que há uma demanda em toda a cadeia produtiva do mercado para esse tipo de tecnologia o que traz a necessidade de maior investimento em pesquisa, inovação e infraestrutura para o segmento de tecnologias hospitalares.

**Palavras-chave:** Ventilador mecânico, ventilação mecânica, válvula exalatória, VMI, assistência respiratória, intubação, suporte a vida, equipamento médico, UTI, ciclo respiratório, coronavírus

**ABSTRACT**

The COVID-19 pandemic scenario brought to countless patients the need to use a pulmonary ventilator, which was highlighted as one of the most important resources in combating the coronavirus pandemic to support the lives of thousands of people. This study sought to present a historical-scientific overview of the mechanical ventilator and its importance for intensive care processes, especially with the advent of Coronavirus. A search was carried out in the databases of Scielo, Bireme, Medline, Lilacs, Academic Google, HBSCO, published in the period 2000 to 2021 and in the NCBI database within the central PubMed for the period from March 2020 to March 2021. Studies have shown that many ventilators have emerged over time with different interfaces that provide pulmonary support to critically ill patients. In view of these studies, several types and forms of ventilation were discovered, such as invasive and non-invasive ventilation, in addition to the types of ventilation cycles and some ventilation modalities. Patients who had severe pulmonary complications required this type of intensive care, however with the high demand for these respirators, rising dollar and logistical problems, biomedical engineering departments of institutions, research centers and universities developed and designed pulmonary support equipment. It could be observed that the pandemic brought a need for acceleration in the manufacturing processes of mechanical fans, and greater concern in producing this technology in national territory. The conclusion of this study was that there is a demand throughout the market's production chain for this type of technology, which brings the need for greater investment in research, innovation and infrastructure for the hospital technology segment.

**Keywords:** Mechanical ventilator, mechanical ventilation, exhalation valve, IMV, respiratory assistance, intubation, life support, medical equipment, ICU, breathing cycle, coronavirus

## 1. INTRODUÇÃO

As primeiras ventilações artificiais eram realizadas através de câmaras de pressão diferencial, método conhecido como “pulmão de aço”. Porém com o tempo foi observado que a utilização de uma ventilação artificial por pressão positiva trazia mais benefícios e uma maior facilidade de monitorização dos pacientes, o que resultou em uma avaliação que a ventilação artificial por pressão positiva tinha algumas vantagens sobre o método conhecido como “pulmão de aço”. Através da ventilação artificial por pressão positiva foi constatado que poderia aumentar a resistência das vias aéreas.

O primeiro equipamento de pressão positiva intermitente automático foi desenvolvido por Frenkner e pela companhia AGA, com sua entrada no mercado comercial no ano de 1940, a partir desses experimentos outros equipamentos começaram a ser desenvolvidos e começaram a entrar no mercado.

Nos dias atuais dispomos de diversas empresas produzindo e distribuindo esses equipamentos de apoio a vida, o que se tornou algo muito necessário e essencial principalmente após a chegada do vírus chamado COVID-19, o equipamento atua no auxílio da respiração pulmonar do paciente que está com alguma patologia respiratória que impede de fazer a troca gasosa de forma natural, então o ventilador mecânico realiza a função de auxiliar o paciente na sua inspiração e expiração, fazendo com que a oximetria do paciente se mantenha regulada.

## 2. METODOLOGIA

Esse estudo se trata de uma pesquisa explicativa, por meio de revisão bibliográfica. Realizou-se busca da literatura nas bases de dados do Scielo, Birene, Medline, Lilacs, Google acadêmico, HBSCO, publicados no período de 2000 a 2021. Para o período de março de 2020 á março de 2021 realizou-se buscas na base do NCBI dentro do PUBmed central. Utilizando os seguintes descritores: respiradores, monitorização, covid-19, história da ventilação, ventilador mecânico, ventilador pulmonar de baixo custo. Em inglês: respirators, monitoring, covid-19, history of ventilation, mechanical ventilator low-cost. Para a seleção, foram considerados como critérios de inclusão as bibliografias que abordassem monitorização de pacientes, respiradores, ventiladores, protocolo de Covid-19 e foram excluídos todos aqueles que não atenderam a abordagem temática.

### 3. Fundamentação teórica

#### Ventilador Mecânico

Deu-se o conhecimento do mecanismo no século XII, com isso a evolução e estudo sobre o tema veio crescendo, em 1660, foi descoberto que os pulmões não se expandiam porque insuflavam sozinhos, mas que são insuflados pelo ar e por isso expande; em 1820, estudou-se a elasticidade dos pulmões; em 1864, foi criado o “pulmão de aço”, onde se baseava na utilização da pressão negativa para a expansão dos pulmões; em 1928, foi-se utilizado amplamente o primeiro pulmão de aço, onde através de impulsos elétricos se davam as alterações de pressão no ventilador rotativo; em 1952, deu-se o início a moderna ventilação mecânica e em 1968, foi-se utilizado de um protótipo para o estudo da ventilação mecânica. Com isso podemos observar que a evolução dos estudos foi crescendo e o marcos das descobertas começou a ficarem próximos um dos outros, o que não muda nos dias atuais, pois o intuito sempre foi a melhora e o conforto de utilização dos pacientes que dispõem de alguma patologia onde impede que a troca gasosa seja realizada de forma natural.

Com o avanço dos estudos foram sendo criados várias formas e tipos de ventiladores, tendo duas formas de aplicação a invasivas e a não invasiva. A ventilação invasiva consiste em uma ventilação onde é necessária a utilização de um tubo endotraqueal ou uma cânula de traqueostomia, já a ventilação não-invasiva consiste na utilização do ventilador através de uma máscara. O atual artigo ira focar na utilização do ventilador através da ventilação invasiva. Além das formas de utilização do ventilador temos a classificação por tipos de ciclos respiratórios, onde veremos mais detalhado a seguir.

#### Tabela de tipos de ciclos ventilatórios

Tipos de ciclos	Como funciona
Ciclo controlado	Todas as fases são realizadas pelo ventilador
Ciclo assistido	O paciente inicia o clico, mas é contolado e finalizado pelo

	ventilador
Ciclo espontâneo	O paciente é responsável pelo disparo, influenciando diretamente no fluxo recebido, ou seja início, controle e fim do ciclo é realizado pelo ventilador

Fonte: autoria própria

Abaixo iremos falar um pouco das modalidades de ventilação e como é sua utilização.

### Tabela de modalidades de ventilação

Modalidade de Ventilação	Como funciona
<b>(CMV)</b> Ventilação controlada	O ventilador faz todas as fases do ciclo, sendo programado no equipamento cada tempo do ciclo.
<b>(AMV)</b> Ventilação assistida	O ventilador não irá realizar o ciclo sozinho, mas através da inspiração do paciente o ventilador ao perceber a redução da pressão torácica faz cair a pressão das vias aéreas determinando assim a frequência respiratória.
<b>(A/C)</b> Ventilação assistida controlada	Essa modalidade tem uma frequência respiratória pré-determinada, onde quando o paciente apresentar uma apneia ou queda na frequência respiratória o equipamento entra como o auxílio da respiração.
<b>(SIMV)</b> Ventilação mandatória intermitente sincronizada	Nessa modalidade existe a combinação da ventilação controlada e a ventilação espontânea, para que isso ocorra há uma manutenção de fluxo de ar no circuito por uma injeção de ar.
<b>(PSV)</b> Ventilação de pressão de suporte	Essa modalidade é de ventilação assistida, onde se tem níveis de pressão positiva constante na via aérea na fase inspiratória, esse fluxo só é interrompido quando o fluxo inspiratório cai e a válvula expiratória se abre. Quanto maior é a pressão de suporte, maior é o trabalho do ventilador e menor é o trabalho do paciente.
<b>(PVC)</b> Ventilação com pressão controlada	Essa modalidade permite o limite de pico de pressão expiratória. O valor da pressão é rapidamente atingido e se mantém durante todo o período inspiratório do paciente.

Fonte: autoria própria

A medicina junto à tecnologia sempre vem crescendo e se desenvolvendo para trazer benefícios de todas as formas e para tratamentos de diversas patologias, algumas que até sem cura, mas que com o auxílio de algum equipamento consegue diminuir os sintomas e ajudar o nosso organismo no combate da patologia. Com o Ventilador Mecânico não é diferente, principalmente nos dias atuais onde estamos enfrentando um vírus que ataca especialmente nossos pulmões, causando fibroses, as fibroses são pequenos ou grandes “machucados” causados ao nosso pulmão o que pode ocasionar em diversas complicações para o paciente e sempre lembrando que o pulmão é um órgão que não se regenera, o que aumenta mais a cautela com as fibroses geradas nele. A função do ventilador é auxiliar a troca gasosa do paciente, sendo assim um suporte a vida, pois muitos os casos graves de pacientes internados com COVID-19 chegam a não conseguir realizar esse tipo de “simples” função e tão necessária para nos manter vivos.

O vírus age como se fosse uma trombose nos nossos pulmões, deixando-o fraco, e muitas das vezes incapaz de realizar sua função, com isso entra o Ventilador Mecânico que faz com que o paciente consiga respirar mesmo que o pulmão não esteja suprindo sua necessidade vital. O que acontece é que o oxigênio no nosso organismo é um elemento principal para todas as nossas funções vitais, sendo de extrema importância, e se não conseguimos respirar o nosso organismo vai se desligando, funcionando assim como um combustível.

Com o crescimento de casos positivos do corona vírus a demanda da necessidade desse equipamento nas unidades de tratamento intensivo (UTI) de todos os hospitais aumentou, mas como se trata de um equipamento importado e sem fabricação própria brasileira gerou muito desespero para os profissionais na questão de ter muitos pacientes necessitando de um Ventilador Mecânico e não ser encontrado o equipamento para atender o mercado da saúde, com isso, muitas faculdades começaram a estudar uma forma de produzir um equipamento que fizesse a mesma função e custear para que pudesse atender a demanda necessária, porém muitas empresas internacionais começaram a desenvolver diversos modelos e foram aos poucos suprindo a demanda dos hospitais nos leitos que ainda não tinham todos os equipamentos necessários para o tratamento de um paciente testado positivo.

### **Tipos de ocorrências:**

Por volta de 20% dos pacientes diagnosticados com COVID-19 desenvolvem a forma grave da doença, podendo adquirir a SARA (síndrome da angústia respiratória aguda) e com isso o paciente acaba manifestando uma insuficiência respiratória hipoxêmica aguda e cerca de 42% a 100% desses pacientes necessitam de auxílio respiratório.

- Pacientes com saturação de  $\leq 93\%$  de oxigênio ou com rápida progressão da doença ou com sinais de angústia respiratória devem ser entubados e ventilados por duas semanas ou mais.

- Os quadros graves se adequam nos critérios de ventilação pois o paciente passa a apresentar hipóxia (saturação de oxigênio  $\leq 93\%$ ), taquipnéia ( $\geq 30$  respirações/min) ou insuficiência respiratória e comprometimento maior que 50% do parênquima pulmonar.

- No estágio crítico da doença, é possível visualizar a SARA, podendo ocorrer até mesmo choque e insuficiência de outros órgãos, 30% a 100% dos pacientes nesta fase requer ventilação mecânica.

- Para os pacientes com leve desconforto respiratório, recomenda-se o uso de cateter nasal com baixo fluxo de oxigênio. A ventilação mecânica não invasiva pode ser realizada quando a cânula nasal e oxigenoterapia com máscara forem ineficazes.

Com essas questões decidimos mostrar a evolução rápida do desenvolvimento desses equipamentos num momento tão complicado que foi a chegada do vírus COVID-19.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A ventilação mecânica ao longo dos anos tem provado a sua eficácia e relação com as UTI's. Tem sido defendida como uma estratégia altamente importante para o salvamento e manutenção de vidas em condições agudas e graves. E após aproximadamente 70 anos, esse recurso tecnológico foi colocado em evidência como um dos recursos mais importantes no combate a pandemia de corona vírus justamente por se tratar de um recurso voltado a manutenção das condições respiratórias que tanto foram afetadas pelas lesões do parênquima pulmonar ocasionadas pela Covid – 19.

A alta demanda de ventiladores proporcionada pelo contexto de pandemia levou a um crescente interesse tecnológico, econômico e político pela aquisição destes equipamentos. A indústria já vinha a algumas décadas se aperfeiçoando em novos modelos com interfaces mais inteligentes, telas *touch screen*, mecanismos de segurança e parâmetros de monitoramento integrados. Outro fator que contribuiu diretamente para o aumento da oferta destes equipamentos

foi a iniciativa e fomento de centros de pesquisa, universidades e empresas no desenvolvimento de respiradores, que através de pesquisas e projetos conseguiram gerar equipamentos de baixo custo, deixando aberto para as empresas que se interessem em estar reproduzindo estes projetos gratuitamente. Vale ressaltar também que diante desse cenário a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), emitiu diretrizes excepcionais em caráter de urgência para regularização de equipamentos respiratórios.

Para o desenvolvimento técnico desses equipamentos são necessárias diversas etapas interligadas e codependentes. Inicialmente uma empresa ou instituição devem ter seus registros efetuados junto a ANVISA bem como o registro do produto e identificação sanitária do mesmo mediante petição, de acordo com a RDC 185/2021. Após as validações jurídicas iniciam-se as fases de testes em modelo animal preparado com modelos validados de lesões pulmonares. Os modelos que apresentam boa reprodutividade são geralmente suínos e ovinos e devem ser conduzidos de acordo com a ética de pesquisa em animais. O passo final do desenvolvimento do equipamento é a execução de testes clínicos em humanos com prévia aprovação em Comitê de Ética em Pesquisa e de acordo com as Boas Práticas Clínicas em Pesquisa Clínica.

A necessidade e a urgência de respiradores pulmonares no contexto pandêmico, levou ao desenvolvimento de diversos modelos com características, funcionalidades e custos bem variados. Departamentos de Engenharia Biomédica de universidades tem trabalhado nesse sentido e consolidado ainda mais esta área profissional no desenvolvimento tecnológico em saúde nacional e internacional. Por ser esta uma formação que engloba desde fundamentos de fisiologia, até tecnologia em saúde, a engenharia biomédica tem sido uma área central em tempos de pandemia principalmente na produção de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) e de ventiladores de baixo custo.

### **Comparativo de preços**

Devido à alta demanda de respiradores para suprir os casos de Covid-19 no início da pandemia, junto a casos que já necessitavam dos respiradores, houve uma grande procura dos equipamentos o que gerou a escassez em vários fornecedores. Com o aumento do dólar e com as fronteiras fechadas para importação os produtos ficaram com preços acima do valor do mercado e com um tempo de entrega muito maior que o normal. Com isso, universidades brasileiras começaram a buscar meios de desenvolvimento do equipamento, com intuito de abaixar os custos e tempo de produção para atender a demanda necessária nas UTI's.

Abaixo podemos ver uma tabela com a comparação de preço de mercado:

<b>Período comparado</b>	<b>Valores</b>	<b>Tempo de entrega/fabricação</b>
Início da pandemia	R\$ 24.320,00 a R\$ 160.00,00	3 à 180 dias uteis
Período atual	R\$ 11.400,00 a R\$ 120.000,00	1 à 30 dias uteis
Ventiladores de baixo custo	R\$ 1.000,00 a R\$ 3.000,00	2 horas à 5 horas

Fonte: fabricação própria

Como podemos observar na tabela acima, houve uma queda enorme em relação aos valores e tempos disponíveis no mercado para fornecimento dos ventiladores. Se houvesse um maior apoio das pesquisas e financiamento de projetos, como houve nesse período que as universidades buscaram o desenvolvimento do equipamento dentro do Brasil, poderíamos ter uma maior manufatura de outros equipamentos que são importados. Pois, como já foi provado, o Brasil tem toda a tecnologia e profissionais com capacidade suficiente para o desenvolvimento e manufatura dos equipamentos necessários. Com isso, haveria uma queda nos valores e tempo de fornecimento desses equipamentos, o que também ajudaria no valor do PIB nacional.

## **5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Diante da grande pandemia mundial causada pelo Covid-19, o grande feito do anestesiológico paulistano Kentaro Takaoka (1919-2010) nos anos 50, que foi a elaboração de um ventilador pulmonar mecânico e sem necessidade de eletricidade, veio tendo uma grande visibilidade no mundo. (Fiovaranti 2020).

O coronavírus é de uma família de vírus que causam infecções respiratórias, vistos primeiramente em 1937 e descritos por esse nome em 1965, por conta do seu formato em forma de uma coroa. Em 2019 um novo tipo foi registrado na China (SARS-Cov-2), causando a doença chamada COVID-19. Os sintomas dessa infecção podem variar muito, podendo ser de um simples resfriado até uma pneumonia grave, levando até ao falecimento do paciente infectado. (Lima 2020)

Arents et al. (2020) relatam em uma pesquisa realizada com pacientes admitidos na UTI do Hospital Evergreen, entre 20 de fevereiro de 2020 e 5 de março de 2020, com um total de 21 casos, que 15 desses casos (71%) apresentaram a síndrome do

desconforto respiratório agudo (SDRA), portanto, necessitaram de ventilação mecânica assistida.

Embora a ventilação mecânica assistida seja a principal terapia para recuperação de pacientes com SDRA, tornou-se evidente que a vm pode iniciar lesão respiratória aguda (5).

Enquanto estudos não trazem resultados totalmente conclusivos para sobre a melhor maneira em caso de Covid-19, a ventilação mecânica protetora segue sendo relacionada diretamente com a taxa de mortalidade em pacientes com SDRA segundo demonstrou Amato et al. (6,7).

Os modos ventilatórios e monitorização dos parâmetros ventilatórios durante a recuperação do paciente torna-se cada vez mais necessários, pedindo assim equipamentos que permitam uma excelente resposta nas curvas de platô, complacência e controle do volume corrente (7).

Diante o período de emergência sanitária, esse estudo teve como objetivo, explicar a história, evolução e a importância do equipamento de suporte a vida chamando respirador pulmonar, desde suas primeiras aplicações até o momento de hoje.

## **6. CONCLUSÃO**

Foi possível observar que apesar da tecnologia na área da saúde ser algo que esta sempre em evolução e desenvolvimento, ainda há um grande atraso e falta de recursos para pesquisas e projetos, com a chegada da pandemia conseguimos ver uma aceleração no desenvolvimento e custeamento dos equipamentos que já deveriam ter ocorrido muito antes de qualquer tipo de ocorrência, o que nos mostra que teríamos que prever e estar mais preparados para que não ocorra novamente esse tipo de desfalque de equipamentos no mercado, pois temos toda a tecnologia e profissionais competentes para esses desenvolvimentos nacionais.

## **REFERÊNCIAS**

1. HOLSBAH, L. R. et al. Abordagem de Vigilância Sanitária de Produtos para Saúde Comercializados no Brasil: Sistema de Anestesia. Boletim Informativo de Tecnovigilância, v. ISSN 2178, n. 1, 2012.

2. MARK, B. et al. Bird Mark 7: Avaliação e Evolução Clínica durante sua Utilização\*. n. 11, p. 94–97, 2005.
3. MEDEIROS, J. K. B. Weaning from mechanical ventilation in pediatrics Resumo Introdução. ASSOBRAFIR Ciência 2011 Jun;2(1):57-64, v. 2, n. Vm, p. 57–64, 2009.
4. SANTOS, F. R. A. DOS et al. Efeitos da compressão torácica manual versus a manobra de PEEP-ZEEP na complacência do sistema respiratório e na oxigenação de pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, v. 21, n. 2, p. 155–161, 2009.
5. NARDELLI, Liliane M. et al. Entendendo os mecanismos determinantes da lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica. Rev. bras. ter. intensiva, São Paulo, v.19, n.4, p.469-474, Dec. 2007. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103507X2007000400011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103507X2007000400011&lng=en&nrm=iso)>. Access on 23 May 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2007000400011>.
6. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 1998;338(6):347-354. <https://doi.org/10.1056/NEJM199802053380602>
7. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, Stewart TE, Briel M, Talmor D, Mercat A, Richard JC, Carvalho CR, Brower RG. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2015 Feb 19;372(8):747-55. doi: 10.1056/NEJMsa1410639. PMID: 25693014.
8. Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação a distância / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, Projeto REFORSUS. – Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002.
9. Electronic Document Format(ABNT)
10. SUZUMURA, Erica Aranha et al . Desafios para o desenvolvimento de ventiladores alternativos de baixo custo durante a pandemia de COVID-19 no Brasil. Rev. bras. ter. intensiva, São Paulo , v. 32, n. 3, p. 444-457, Sept. 2020 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-507X2020000300444&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-507X2020000300444&lng=en&nrm=iso)>. access on 24 May 2021. Epub Oct 12, 2020. <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20200075>.
11. Holanda MA, Pinheiro BV. COVID-19 pandemic and mechanical ventilation: facing the present, designing the future. J Bras Pneumol. 2020;46(4):e20200282. Disponível em: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/how-to-cite/3383/pt-BR>. Acesso em outubro 2021.
12. Suzumura EA, Zazula AD, Moriya HT, Fais CQ, Alvarado AL, Cavalcanti AB, et al. Desafios para o desenvolvimento de ventiladores alternativos de baixo custo. Rev Bras Ter Intensiva.

2020;32(3):444-457. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20200075>. Acesso em outubro de 2021

13. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Gerência Geral de Tecnologia em Produtos para a Saúde. Coordenação de Pesquisa Clínica em Produtos para a Saúde. Manual para Submissão de Dossiê de Investigação Clínica de Dispositivos Médicos (DICD), Dossiê Específico de Ensaio Clínico e Notificações de Ensaio Clínico. 3a ed. Brasília: Anvisa; 2018.

Disponível em:

[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_acao\\_pesquisa\\_clinica\\_brasil.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_acao_pesquisa_clinica_brasil.pdf). Acesso em outubro de 2021

14. SILVA, O. L; et al. Contribuições da engenharia biomédica da UFABC no combate à COVID. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 44, p. 12-22, ed. esp. 2020. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12377>. Acesso em outubro 2021.

15. Três meses depois de anunciar projeto de respirador mais barato, USP diz que faz ultimo teste nesse final de semana. 2020. Disponível em: [https://g1.globo.com/sp/sao-](https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/06/25/tres-meses-depois-de-anunciar-projeto-de-respirador-mais-barato-usp-diz-que-faz-ultimo-teste-nesse-final-de-semana.ghtml)

[paulo/noticia/2020/06/25/tres-meses-depois-de-anunciar-projeto-de-respirador-mais-barato-usp-diz-que-faz-ultimo-teste-nesse-final-de-semana.ghtml](https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/06/25/tres-meses-depois-de-anunciar-projeto-de-respirador-mais-barato-usp-diz-que-faz-ultimo-teste-nesse-final-de-semana.ghtml) . Acesso em novembro de 21.

16. Mapa comparativo de preços de ventiladores pulmonares no inicio da pandemia. 2020.

Disponível em: <http://www.compras.mg.gov.br/images/stories/arquivoslicitacoes/2020/SEPLAG/07-05-2020/precos-ktk.pdf> . Acesso em novembro 2021.

17. Barbosa LD, Zanatta G, Campiolo EL. O uso de ventiladores na pandemia do COVID-19

The use of ventilators in COVID-19 pandemic Uso de ventiladores na

pandemia. Interam J Med Health 2020;3:e202003052. 2020. Disponível em:

<https://iajmh.emnuvens.com.br/iajmh/article/download/141/171/>. Acesso em novembro 2021.

## **ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO D'ÁGUA NO SETOR DE HEMODIÁLISE PARA A MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS DE INFECÇÕES**

Hideki, M. H.; Marcondes, L. J. A.; Marinho, M. A.; Pedro, R. A.; Rosa, M. F.  
Orientadores: Del Monaco, A. e De Valois, N. Al. L.  
Centro Universitário das Américas – FAM

### **RESUMO**

O presente estudo tem como objetivo realizar uma pesquisa monográfica que visa abordar o sistema de tratamento de água, sistema do qual é um processo de purificação da água utilizado em clínicas de hemodiálise e minimizar os riscos por infecções através de planos de segurança do paciente, procedimento operacional padrão e controles de qualidade. Faz-se necessário a utilização de diversos componentes para o tratamento da água, sendo feita em conjunto de rigoroso acompanhamento de análises físico-químicos e microbiológicos. Com isto existem métodos e normas que certificam a credibilidade ao tratamento da água e na segurança dos equipamentos utilizados, para não prejudicar a saúde e integridade física do paciente. Destaca-se a importância de ter um setor de gestão de risco para gerenciar, controlar e tomar as ações cabíveis em busca de implantar programas de qualidade com desenvolvimento para melhoria contínua na entrega dos serviços no setor de hemodiálise. Além das portarias, e normas regulamentadoras que visa garantir boas práticas por meio de padrões de qualidade de produtos e serviços, é preciso avaliar, monitorar, gerenciar as atividades dos funcionários, equipamentos, infraestruturas, procedimentos, trabalhos externos (laboratórios qualificados) e controles bacteriológicos trazendo resultados com segurança e eficácia para com os pacientes.

**Palavras chave:** Tratamento de água, Hemodiálise, Instalações, Osmose Reversa.

### **ABSTRACT**

The present study aims to conduct monographic research that aims to address the water treatment system, a system of which is a water purification process used in hemodialysis clinics and minimize the risks of infections through patient safety plans, operational standard of procedures and quality controls. It is necessary to use several components for water treatment, being made together of rigorous monitoring of physicochemical and microbiological analysis. Thus, there are methods and standards that certify the credibility

of water treatment and the safety of the equipment used, so as not to harm the patient's health and physical integrity. It is important to have a risk management sector to manage, control and take appropriate actions in search of implementing quality programs with development for continuous improvement in the delivery of services in the hemodialysis sector. In addition to ordinances, and regulatory standards that aims to ensure good practices through quality standards of products and services, it is necessary to evaluate, monitor, manage the activities of employees, equipment, infrastructure, procedures, external work (qualified laboratories) and bacteriological controls bringing results safely and effectively to patients.

**Key words:** Water treatment, Hemodialysis, Installation, Reverse osmosis.

## 1. INTRODUÇÃO

Indivíduos que apresentam insuficiência renal passam por uma perda súbita do funcionamento dos rins, ou seja, a filtragem de resíduos, sais e líquidos do sangue. Uma vez que os rins entram em falência é necessário que os pacientes entrem em tratamento dialítico. Todavia, além deste oferecer benefícios aos pacientes com insuficiência renal crônico, é ironicamente responsável por óbitos e complicações, cuja intensidade e frequência foram descritas na literatura (BOHRER; BUGNO et al, 2007).

De forma majoritária essas complicações acontecem devido ao tratamento inadequado da água, ou seja, houve uma possível entrada de contaminantes no dialisato, por exemplo: materiais orgânicos, minerais e bactérias (SILVA, 1996). Existem, porém, medidas preventivas para que se possam minimizá-las, seja quanto à parte das instalações de tratamento de água, durante o manuseio e a obtenção de amostras.

Coloca-se em pauta que os parâmetros de concentrações de substâncias do dialisato estabelecidos hoje são assim devido aos acidentes que aconteciam no passado, por exemplo: até a década de 70 acreditava-se que a água potável também servisse para hemodiálise (ISMAIL, B.; HAKIM, 1996).

Para o tratamento d'água os sistemas incluem do pré-tratamento, filtros primários e multimídias, abrandadores, filtros de carvão ativado, deionizadores e osmose reversa, cuja aplicabilidade depende da capacidade do equipamento e origem da água a ser tratada. Independentemente de a escolha do tipo de sistema no tratamento de água seja

crucial, é um erro supor que a melhor escolha significa que todos os problemas relacionados à qualidade da água estão solucionados, pois está dependente também da manutenção, monitoramento do sistema e planos de controle da qualidade. Sabe-se que as infecções são uma das complicações mais comuns relacionadas ao óbito de pacientes em unidades de hemodiálise. Conseqüentemente, medidas e procedimentos que reduzem o risco de infecções devem ser utilizados no setor de hemodiálise: esterilização, limpeza, manutenção, remoção de resíduos, precauções básicas e gerais.

Desta forma, o objetivo geral é analisar e realizar uma pesquisa monográfica a respeito do setor de hemodiálise, descrevendo o processo de tratamento da água e evidenciando-se os cuidados para-se evitar complicações durante os procedimentos e minimizar os riscos por infecções no setor de hemodiálise através de planos de segurança do paciente, procedimentos operacionais padrões e controles de qualidade.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram selecionadas artigos acadêmicos, pesquisas, normas (RDC) e portarias, em que, realizamos uma revisão monográfica e exploratória dos documentos científicos, para o monitoramento e avaliações de sistemas de tratamento de água no setor de hemodiálise.

### **2.1. Qualidade e sintomas da água na hemodiálise**

A água da hemodiálise inicialmente era a do tipo comum, ou seja, água potável. Sujeitos a um tratamento de água utilizado pelos sistemas públicos de tratamento de água, em razão de torná-las favoráveis para o consumo, adicionam fatores com potencial tóxico, colocando em contato componente tóxico aos pacientes em tratamento de hemodiálise. Pode-se exemplificar o sulfato de alumínio que é usado para o processo de floculação e pode causar anemia, encefalopatia e osteomalácia; a cloramina empregada como desinfetante que pode causar hemólise; e o flúor, que é usado na prevenção de cáries, capaz de provocar osteomalácia e flourose.

Dependendo da origem da água, a sua composição é variável, e alguns dos seus componentes "normais" podem ser tóxicos aos pacientes. *Allapan* cita o exemplo de "água rica em cálcio e magnésio, que pode causar a síndrome da água dura, nos casos das concentrações elevadas de sódio podem causar distúrbios osmolares". A presença de

contaminantes eventuais, como os microrganismos e seus produtos, causam febre, calafrios, mal-estar e, mais raramente, complicações mais graves, como choque, insuficiência hepática e até óbito (ALLAPAN, CRUZ, ABU-ALFA et al. 2001).

E mesmo quando a água está dentro dos parâmetros aceitos pela legislação, podem causar danos ao paciente, devido ao fato da continua liberação de fragmentos (endotoxinas) na água contribuindo para a ativação do sistema imune e, assim, continuação de um estado de inflamação crônica subclínica (ALLAPAN, CRUZ, ABU-ALFA et al. 2001).

Para manter a qualidade da água são importante o monitoramento microbiológico regular e a desinfecção química com cloro ou ácido paracético. Deve-se evitar a formação de biofilme na parede do circuito, pois uma vez que isso tenha ocorrido, torna-se muito difícil de removê-lo. Novas estratégias têm sido incorporadas com intenção de reduzir a proliferação bacteriana e formação de biofilme no circuito de distribuição de água pós-tratamento, componentes dos quais serão citadas detalhadamente durante o decorrer do trabalho, tais como a passagem de água por uma segunda filtração por osmose reversa, a irradiação ultravioleta (onde a água em recirculação pelo circuito passa constantemente por uma câmara cilíndrica contendo em seu interior uma lâmpada emissora de luz ultravioleta) e desinfecção com ozônio (produzido por corrente elétrica no ar ambiente é injetado na água). Outro recurso que se mostra promissor para minimizar o risco de formação de biofilme é a substituição do PVC na construção da alça para circulação da água por tubulações especiais formadas de materiais com propriedade antiaderente, refratários à adesão de bactérias em sua superfície (LUGON, STROGOFF e WARRACK, 2007).

A água produzida para diálise deve ser monitorada periodicamente de coerência às suas propriedades organolépticas, físico-química e microbiológica. No Brasil, a RDC 54 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 15 de junho de 2004, regulamenta a periodicidade desse monitoramento e informa os níveis aceitáveis para cada componente a ser observado. Esses mesmos limites aceitáveis para cada componente são semelhantes àqueles recomendados pela *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI), nos Estados Unidos. No que se refere a microbiologia, a água que chega a uma máquina de hemodiálise não deve ter mais do que 200 unidades formadoras de colônia (UFC) de bactérias heterotróficas por ml e menos de 2 unidades de endotoxinas (UE) por ml. Já na Europa, os limites aceitáveis são bem mais rigorosos para

a qualidade da água que chega às máquinas são: > 100 UFC/ml e < 0,25 USE/ml (LUGON; STROGOFF; WARRACK, 2007).

Atualmente, muitas máquinas de hemodiálise tem um dispositivo para a filtração da solução de diálise que remove mais de 99% das bactérias, produzindo a chamada água ultrapura, com contagem bacteriana abaixo de 0,1 UFC/ml e menos de 0,003 UE/ml (LUGON; STROGOFF; WARRACK, 2007).

Por todas essas razões, a água utilizada para hemodiálise deve ser adicionalmente purificada na clínica de diálise empregando-se um sistema de tratamento. Além disso, segundo o guia da *Agency for Clinical Innovation* publicado em 2016, para promover qualidade da água, é recomendado que:

- A equipe de profissionais envolvida tenha o conhecimento do pré-tratamento de água, além de serem treinados para terem conhecimentos sobre o gerenciamento de risco da qualidade da água.
- As informações de políticas, práticas e de procedimentos devem estar de acordo para que garanta a segurança do pré-tratamento.
- As práticas relacionadas à hemodiálise devem ser regularmente auditadas.
- Os padrões ISO são os padrões mínimos aceitos para o pré-tratamento de água.
- Nunca se deve realizar um procedimento de diálise sem no mínimo: filtro multimídia, filtro de carbono ativado, um filtro de 1 micron ou ultrafiltro e uma osmose reversa (OR).
- Teste da qualidade da água deve ser regularmente testado.
- Assegurar níveis seguros de cloro no pré-tratamento de água, utilizando técnicas apropriadas e feitas depois do começo de cada sessão de diálise, e quando todas as máquinas não estiverem conectadas ao paciente.
- Os testes de níveis de cloro devem ser registrados em uma planilha adequada.
- Manutenções, intervenções, mudanças e serviços feitos no sistema de pré-tratamento da água devem ser registradas em um livro de registro. E esse livro deverá ser colocado em um local convencional, recomendando-se próximo do equipamento de hemodiálise. Além disso, um sistema eletrônico do gerenciamento do equipamento deve ser considerado para se obter um controle de planos.
- Os resultados da qualidade da água e o desempenho do sistema de pré-tratamento de água devem ser revisados por um comitê multidisciplinar composto por pelo

menos um enfermeiro sênior, um médico, a equipe técnica e outros *stakeholders* envolvidos (AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION, 2016).

## 2.2. Qualidade mínima da água

Segundo a norma RDC 11 Além da preocupação com os elementos químicos, há uma preocupação com contaminantes microbiológicos. As Normas recomendam os seguintes níveis máximos:

Legislação	Total de bactérias Heterotróficas	Endotoxina
RDC 11	< 100 UFC/ml	< 0,25 EU/ml
ANSI/AAMI/ISSO 13959:209	< 100 UFC/ml	< 0,25 EU/ml

Tabela I – RDC 11 que determina os níveis mínimos de contaminantes microbiológicos (OLIVEIRA, JAIME. 2014).

	RDC 11	Portaria 2914
Coliforme total	Ausência em 100 ml	Variável
Heterotróficas	100 UFC/ml	500 UFC/ml
Endotoxinas	0,25 EU/ml	Não exige
Alumínio	0,01 mg/l	0,2 mg/l
Cloro	0,5 mg/l	2 mg/l
Cobre	0,1 mg/l	2 mg/l
Fluoreto	0,2 mg/l	1,5 mg/l
Mercúrio	0,0002 mg/l	0,001 mg/l

Tabela II - Variação das exigências entre a RDC 11 e portaria 2914 que diferencia os requisitos mínimos da água potável para o uso na hemodiálise (OLIVEIRA, JAIME. 2014).



### 2.3. Tipos de tratamento de água potável

Figura 1 – SAAE serviço autônomo de água e esgoto, sistema de tratamento de água convencional, no qual aborda: Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção, Tanque de contato, Correção de PH e Fluoretação (ARACRUZ, 2006).

### 2.4. Tipos de tratamento de água para hemodiálise

#### 2.4.1. Filtro multimídia

Em relação ao guia da *Agency for Clinical Innovation*, este descreve que a turbidez da água de alimentação ocorre devido à presença de partículas, como areia, argila, sílica e outras matérias suspensas conhecidas como coloides. Essas partículas são removidas por um filtro multimídia. Partículas grandes na água de alimentação afetam negativamente o sistema de filtração de água por bloquearem ambos os filtros de carbono e abrandadores de água e assim danificando as membranas da osmose reversa e consequentemente o funcionamento dela.

Os fabricantes de membranas de osmose reversa recomendam um índice de densidade de sílica (SDI – *silt density index*) abaixo de 5.0, quanto maior o SDI, mais rápido a água irá obstruir os diversos filtros do sistema de pré-tratamento de água (*Agency for Clinical Innovation*, 2016). Observando-se a imagem ao lado, a água de alimentação passa pelas diversas camadas, cada uma com o papel de barrar diferentes tipos de partículas suspensas conforme a água atravessa as camadas.

Os filtros multimídia são geralmente configurados para realizarem um retro lavagem (*back-washing*) em intervalos regulares quando a osmose reversa não esteja sendo usada. Nesse processo o fluxo da água torna-se ao contrário, ou seja, do fundo do filtro até a superfície,

liberando assim as partículas que foram retidas em cada camada e escoando-as para um sistema de drenagem. O sistema de retro lavagem pode ser programado por um relógio ou um sinal da unidade de gerenciamento da osmose reversa.

Falhas de energia e no ajuste do tempo de *back-washing* podem resultar em um retro lavagem indesejável durante o procedimento de diálise em pacientes. Se caso isso ocorrer, o risco será mínimo para o paciente, uma vez que a unidade de osmose reversa não teria nenhum fluxo de água e seguidamente um alarme seria acionado devido à variação de pressão (*AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION*, 2016).

### 2.4.2. Abrandador

Em relação ao guia da *Agency for Clinical Innovation* (2016), este descreve que o componente é requerido em áreas onde a água de alimentação apresenta cálcio ou magnésio em excesso, conhecido como água dura.

Carbonato de cálcio	Classificação
0-60 mg/L	Leve
61-120 mg/L	Moderadamente duro
121-180 mg/L	Duro
Maior que 180 mg/L	Muito Duro

Tabela II - Classificação da água quanto dureza (*AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION*, 2016).

Se o sistema for alimentado com esse tipo de água concentrada, essa água posteriormente poderá interferir na membrana da osmose reversa, devido ao seu depósito. Abrandadores tem a função de fazer a troca de íons, onde o cálcio e o magnésio são substituídos por um sódio. Os grânulos dentro do tanque têm uma grande afinidade pelos cátions de cálcio e magnésio que estão presentes na água de alimentação, estes liberam dois íons de sódio para cada íon de cálcio ou magnésio capturado. Com o passar do tempo, carbonatos de cálcio serão depositados na membrana da osmose reversa, em razão disso, devem ser feitas manutenções regulares para se puderem retirar os resíduos de carbonato de cálcio. Caso os depósitos não forem removidos, a membrana da osmose reversa terá uma expectativa de vida reduzida, para sistemas alimentados com uma água muito dura, danos na membrana podem ocorrer em questão de horas.

Uma análise do nível de carbonato de cálcio ( $\text{CaCo}_3$ ) na água de alimentação é importante para determinar o tamanho do abrandador. Uma fórmula pode ser usada para determinar quanto tempo o abrandador irá durar.

$$\text{Capacidade de troca de íons: } \frac{\text{Volume dos grânulos} \times \text{Frequência da resina } \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right) \times 1000}{\text{Dureza da água } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}$$

Abrandadores são geralmente colocados antes do filtro de carvão ativado, ao lado da água clorada, para impedir o crescimento de micro-organismos, diminuindo o acúmulo biológico na membrana de osmose reversa são necessários a retro lavagem e a troca dos grãos dentro do filtro. O processo inicial é similar ao que ocorre com os filtros multimídia, com o fluxo de água redirecionado para que ocorra um fluxo da parte profunda até a parte superficial do filtro, para limpar qualquer partícula indesejável no tanque. Esse processo precisa ser realizado com frequência, em geral os sistemas serão configurados para a renovação ser feita diariamente e em um ciclo automático. Sendo que, quaisquer abrandados configurados dessa maneira deve também assegurar ao paciente de um mecanismo de segurança para que tenha um dispositivo que previna a exposição do paciente com água contendo altos níveis de cálcio, magnésio e sódio.

A dureza da água de alimentação e da água de produto (Água que passou pelo sistema de pré-tratamento) deve ser menos do que 35 mg/L e ainda ser testado e registrado mensalmente para que se possam monitorar e prever possíveis riscos. A dureza da água deve-se também ser testada depois de qualquer mudança feita no filtro de carvão ativado. Para o teste diário do abrandador, é necessário ser feito duas vezes: A primeira deve ser realizada na parte da manhã, para poder confirmar se o abrandador obteve sua renovação de grânulos. A segunda vez deve ser feito no fim do dia para demonstrar que o abrandador obteve um desempenho adequado durante o dia inteiro. Mede-se a dureza da água utilizando a água “recente”, mas não a água que foi deixada no reservatório de água por períodos extensos. Portanto, a água deve estar fluindo pelo sistema de pré-tratamento por cerca de 20 a 30 minutos para se obter uma amostra. Quando o resultado indicar um alto nível de água dura (>35mg/L) considera-se programar um novo sistema de renovação seguidamente de uma reavaliação dos níveis de carbonato de cálcio (AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION, 2016).

### **2.4.3. Deionizadores**

Em relação ao guia da *Agency for Clinical Innovation* (2016), este descreve que os deionizadores é um processo comumente por resinas capazes de eliminar praticamente todos os sais minerais, e as matérias orgânicas e partículas coloidais. O nível de sal no

deionizador deve ser inspecionado diariamente e feito a manutenção, quando necessário. Assim que houver a presença de sal insolúvel, a solução é considerada supersaturada. Recomenda-se registrar o nível da água do deionizador e a quantidade de sal usada diariamente. Um dos problemas que os deionizadores apresentam, é a possibilidade da formação de “pontes salinas”, os quais crostas duras em contato com a solução. Se a ponte salina se formar, o abrandador não funcionará de acordo com o padrão esperado. Para fazer a limpeza da ponte salina, deve-se suavemente bater no tanque ou ainda entrar em contato físico com ponte salina e limpá-la com uma haste de madeira (AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION, 2016).

#### **2.4.4. Carvão**

Em relação ao guia da *Agency for Clinical Innovation* (2016), este descreve que os filtros de carvão ativado são requeridos para remover aditivos de cloro na água de alimentação. Esses químicos são adicionados pelos fornecedores de água com o propósito de desinfetar e de prover uma água potável para a segurança da população. No entanto, o cloro pode combinar-se com matérias orgânicas para formar substâncias carcinogênicas, tal como o trihalometano. Portanto, muitas autoridades que cuidam a qualidade da água passaram a utilizar cloraminas como uma escolha para desinfetar água. As cloraminas são seguras como água potável, pois é neutralizada pelo sistema digestor antes de entrar na corrente sanguínea.

Todavia, se houver contato direto de cloraminas com o sangue, o processo de oxidação pode ocorrer, levando a hemólise das células vermelhas. Portanto, a filtração de carbono é usada para remover cloro e cloraminas da água usada em diálise. Mesmo se cloraminas não estiver normalmente presente na água de alimentação, cloraminas podem se formar naturalmente pela combinação de cloro com amônia provida de vegetais decompostos. Portanto, o gestor do parque tecnológico de hemodiálise deve sempre realizar testes da quantidade de cloro e cloraminas. Além de prejudicar o organismo do paciente, ambos o cloro e cloramina irão danificar a membrana da osmose reversa caso não forem removidos no sistema de pré-tratamento. Portanto, devem ser removidos antes do sistema de osmose reversa (AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION, 2016).

#### **2.4.5. Osmose Reversa**

Em relação ao guia da *Agency for Clinical Innovation* (2016), este descreve que há diversas de considerações a serem feitas para suprir água para diálise, dependendo do tamanho da instalação de tratamento. A osmose reversa promove uma água ainda mais purificada, sendo que ela pode ter diversas configurações: uma osmose reversa única, uma unidade de osmose central ou osmose reversa individual para cada máquina de hemodiálise.

Uma unidade central de osmose reversa no projeto de instalações de tratamento de água para diálise possui uma recomendação de seis cadeiras ou mais para reduzir custos associados com a manutenção e reparos individuais da unidade de Osmose Reversa. Um componente de osmose reversa única proporciona mais flexibilidade e mobilidade, mas requer uma série de manutenções e reparos (AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Gerenciamento de risco no setor de hemodiálise

##### 3.1.1. Avaliação e monitoramento de risco

O objetivo das avaliações de risco é melhorar a saúde, a segurança geral de seus funcionários, pacientes etc. No que, identificam os perigos significativos, programa medidas de controle para redução dos riscos no local hospitalar, abaixo alguns exemplos de procedimentos para entregar de um serviço seguro e eficaz (MULATINHO, LETÍCIA.

1 Participantes: \_\_\_\_\_ Processo: \_\_\_\_\_  
 2 Objetivo do processo: \_\_\_\_\_ Vínculo com a Estratégia: \_\_\_\_\_

IDENTIFICAÇÃO		ESTIMATIVA E AVALIAÇÃO				PLANEJAMENTO DA RESPOSTA																																							
4 CAUSAS 2 Evento de risco: _____ 3 Tipo de risco: _____ 4 CONSEQUÊNCIAS	5 NÍVEL DE PROBABILIDADE Freqüência passada      Chance de ocorrência	<table border="1"> <tr> <td>Muito baixa</td> <td>Raro 1 a 20%</td> </tr> <tr> <td>Baixa</td> <td>Improvável 21 a 40%</td> </tr> <tr> <td>Média</td> <td>Possível 41 a 60%</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>Provável 61 a 80%</td> </tr> <tr> <td>Muito Alta</td> <td>Quase Certo 80 a 99%</td> </tr> </table>		Muito baixa	Raro 1 a 20%	Baixa	Improvável 21 a 40%	Média	Possível 41 a 60%	Alta	Provável 61 a 80%	Muito Alta	Quase Certo 80 a 99%	7 CONTROLES EXISTENTES  NÍVEL DE CONFIANÇA DOS CONTROLES		8 RESPOSTA 																													
	Muito baixa	Raro 1 a 20%																																											
Baixa	Improvável 21 a 40%																																												
Média	Possível 41 a 60%																																												
Alta	Provável 61 a 80%																																												
Muito Alta	Quase Certo 80 a 99%																																												
	6 NÍVEL DE IMPACTO	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>8</th> <th>16</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operacional</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Imagem</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Legal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Orçamentário</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Integridade</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			1	2	4	8	16	Operacional						Imagem						Legal						Orçamentário						Integridade						9 PLANEJAMENTO					
	1	2	4	8	16																																								
Operacional																																													
Imagem																																													
Legal																																													
Orçamentário																																													
Integridade																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Descrição</th> </tr> <tr> <th>AÇÃO (What)</th> <th>ATIVIDADES (How)</th> <th>RESPONSÁVEIS (Who)</th> <th>PRAZO (When)</th> </tr> <tr> <th>O que?</th> <th>Como?</th> <th>Quem?</th> <th>Quando?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Descrição				AÇÃO (What)	ATIVIDADES (How)	RESPONSÁVEIS (Who)	PRAZO (When)	O que?	Como?	Quem?	Quando?																													QUANTO (How much)?	
Descrição																																													
AÇÃO (What)	ATIVIDADES (How)	RESPONSÁVEIS (Who)	PRAZO (When)																																										
O que?	Como?	Quem?	Quando?																																										

2017).

Figura 2 – Gestão de riscos corporativos (DIB, WILLIAM. 2018).

### **3.1.2. POP (procedimento operacional padrão)**

Garantir a qualidade no tratamento da água para hemodiálise, estabelecendo os pontos de coleta para análise, frequência, responsáveis e ações de controle em caso de desvios nos resultados (P.O.P. Controle de qualidade da água para hemodiálise, n: 017.186.4.0032, 06/2020).

### **3.1.3. Planos de segurança ao paciente em hemodiálise**

O objetivo da criação do plano de segurança do paciente é regulamentar as ações de segurança no setor de hemodiálise. Incluir o reconhecimento e mapeamento dos riscos institucionais relacionados à especificidade da epidemiologia local e aos processos assistenciais, de forma a estimular a criação de uma cultura de gerenciamento desse cuidado, bem como organizar as estratégias e as ações que previnam, minimize e mitigue os riscos inerentes a estes processos (RODRIGUES, M. et al, 07/2015).

### **3.1.4. Pessoal treinado e motivado**

Na RDC 11 de 2014, ela afirma que são as condições organizacionais para o serviço de diálise tem de possuir uma licença atualizada conforme a legislação sanitária do local. É citado também que é indispensável e muito importante que o enfermeiro e ou equipe assistencial tenha, além do embasamento científico, a competência e habilidade técnica pertinente a suas atividades. Assim, é necessário a noção e o aperfeiçoamento nos aspectos que considerem as reais necessidades e sentimentos dos pacientes no tratamento de hemodiálise (OLIVEIRA, 2008).

Nakamura já dizia que “são os fatores motivacionais que referem ao conteúdo do cargo, às tarefas e aos deveres relacionados com o cargo em si”. Ele afirmava também que os fatores motivacionais produzem efeitos prolongados de satisfação e trás aumento na produtividade. Desta maneira minimizando os riscos adversos na entrega de um serviço com qualidade.

### **3.1.5. Controle bacteriológico e endotoxinas**

A monitorização e validação da contaminação microbiológica da água para hemodiálise, do concentrado de distribuição central e do dialisante, é obrigado a respeitar às técnicas de análise bacteriológicas de colheita.

Segundo o decreto-lei n.º 505/99, de 20 de novembro, com a redação dada pelo decreto-lei n.º 241/2000, de 26 de setembro "Primeiro os locais de colheita que assegurem acesso direto à água, na distribuição central ou dialisante; Segundo a rejeição prévia com pelo menos, L de água; Terceiro a colheita de amostra com 100 ml; Quarto o processamento da amostra nos trinta primeiros minutos ou na sua conservação entre 3 e 6 °C por um período máximo de vinte e quatro horas; Quinto o método recomendado para a contagem de ufc - filtração de membrana com incubação a 20-22 °C, durante, pelo menos, 7 dias.

### **3.1.6. Laboratório credenciado para testes (REBLAS)**

São estabelecidos pela Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 390, de 26 de maio de 2020. Todos os laboratórios analíticos prestadores de serviço que realizam ensaios de controle de qualidade em lotes de produtos acabados devem estar habilitados na *Reblas* nos escopos correspondentes às respectivas categorias de produtos analisados. O laboratório habilitado é capaz de oferecer os serviços de interesse sanitário com qualidade, confiabilidade, segurança e rastreabilidade (RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC nº 390, 2020).

## **4. CONCLUSÃO**

Percebe-se que as instalações de tratamento de água apresentam uma série de componentes responsáveis pela qualidade da água, o qual é o produto elementar para a realização dos procedimentos de hemodiálise. Em razão dos procedimentos dialíticos serem em pacientes críticos de insuficiência renal, a água para hemodiálise deve apresentar um padrão de qualidade para ser utilizado, com isso foi descrito de forma geral os processos de tratamento de água para o setor de hemodiálise, incluindo-se a função de cada um dos sistemas e sua aplicabilidade.

Além das portarias, e normas regulamentadoras que visa garantir boas práticas por meio de padrões de qualidade de produtos e serviços, é preciso avaliar, monitorar, gerenciar as atividades dos funcionários, equipamentos, infraestruturas, procedimentos,

trabalhos externos (laboratórios qualificados) e controles bacteriológicos.

## REFERÊNCIAS

AGENCY FOR CLINICAL INNOVATION (ACI). **A guide for in-centre, satellite and home hemodialysis in NSW**. Chatswood, 2016. Disponível em:

[https://www.aci.health.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/306088/water-for-dialysis2018.pdf](https://www.aci.health.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/306088/water-for-dialysis2018.pdf).

Acesso em: outubro de 2021.

ALLAPAN, R.; CRUZ, D.; ABU-ALFA, A.K; MAHNENSMITH, R.; PERAZELLA, M.A. **Treatment of severe intradialytic hypotension with the addition of high dialysate calcium concentration to midodrine and/or cool dialysate**. Am J. Kidney Dis., 37:294-9, 2001. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11157369>. Acesso em: outubro de 2021.

ARACRUZ. **Sistemas de Tratamento de Água**. p.5, agosto de 2006. Disponível em:

[https://www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento\\_de\\_Agua.pdf](https://www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf). Acesso em: novembro de 2021.

BOHRER, D. **Alumínio em Diálise – Uma visão analítica**. J. Bras. Nefrol, n.19, p. 264-270, maio 1997. Disponível em: [http://bases.bireme.br/cgi-](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=nk&exprSearch=208721&indexSearch=ID)

[bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=nk&exprSearch=208721&indexSearch=ID](http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=nk&exprSearch=208721&indexSearch=ID). Acesso em: setembro de 2021.

BUGNO, A. et al. **Deteção de bactérias gram-negativas não fermentadoras em água tratada para diálise**. Rev. Inst. Adolfo Lutz, São Paulo, v. 66, n. 2.2007. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/66-\(2007\)-2/deteccao-de-bacterias-gram-negativas-nao-fermentadoras-em-agua-tratada](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/66-(2007)-2/deteccao-de-bacterias-gram-negativas-nao-fermentadoras-em-agua-tratada). Acesso em: setembro de 2021.

DIB.WILLIAM. **Gestão de Riscos Corporativos Guia Prático de GRC**. p.14, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/acoeseprogramas/gestao-de-riscos/arquivos/1535json-file-1>. Acesso em: novembro de 2021.

HAKIM, R. M.; HELD, P. J.; et al. **Effect of the dialysis membrane on mortality of chronic hemodialysis patients**. Kidney Int, 50:566-70, 1996. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0085253815596440>. Acesso em: outubro de 2021.

HENRIQUES. CLAUDIO. **AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - Resolução da diretoria colegiada – RDC Nº154**. Brasília, junho de 2004. Disponível em:

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0154\\_15\\_06\\_2004\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0154_15_06_2004_rep.html). Acesso em: setembro de 2021.

ISMAIL, Nuhad; BECKER, Bryan; HAKIM, Raymond. **Water treatment for hemodialysis. American journal of nephrology**. p. 60-72, 1996. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8719767/>. Acesso em: novembro de 2021.

LUGON, J.; STROGOFF, J.; WARRACK, Elias. Hemodiálise. In: RIELLA, Miguel. **Princípios de Nefrologia e Distúrbios Hidroeletrólíticos**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2007. p. 981-1081.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – GABINETE DO MINISTRO. **PORTARIA GM/MS Nº 3.822**. 29 DE DEZEMBRO DE 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-3.822-de-29-de-dezembro-de-2020-296816685>. Acesso em: setembro de 2021.

MULATINHO, LETÍCIA. **ANÁLISE DO SISTEMA DE GESTÃO EM SEGURANÇA E SAÚDE NO AMBIENTE DE TRABALHO EM UMA INSTITUIÇÃO HOSPITALAR**. p.29, agosto de 2001. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Dissertacao\\_Mestrado\\_leticia.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Dissertacao_Mestrado_leticia.pdf). Acesso em: novembro de 2021.

NAKAMURA, C.C. et al. **Motivação no Trabalho**. Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais, v. 2, n.1, p. 20-25, junho. 2005. Disponível em: <http://www.maringamanagement.com.br/index.php/ojs/article/view/26>. Acesso em: novembro de 2021.

OLIVEIRA, J. C. M. **Resolução - RDC Nº 11**. 13 de março de 2014. Disponível em: [http://www.poderesaude.com.br/novosite/images/Publica%C3%A7%C3%B5es\\_14.03.2014\\_-\\_II.pdf](http://www.poderesaude.com.br/novosite/images/Publica%C3%A7%C3%B5es_14.03.2014_-_II.pdf). Acesso em: outubro de 2021.

PAMPLONA, MARA. **MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria MS nº 2.914/2011**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Portaria-2914.pdf>. Acesso em: outubro de 2021.

TORRES, ANTONIO. **RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC nº 390. Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde**. Maio de 2020 - Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/laboratorios/reblas>. Acesso em: outubro de 2021.

## **A BIÓPSIA HEPÁTICA JÁ PODE SER SUBSTITUÍDA PELA ELASTOGRAFIA EM CASOS DE HEPATITE C?**

Santillo, M. E. A.; Santos, R. C.; Silva, R. A. C.; Maria, A. D. M.; Valois, N. A. L.  
Centro Universitário das Américas - FAM

### **RESUMO**

A Hepatite C é a infecção virótica que acomete o fígado e causa alterações progressivas, que se não tratadas levam ao enrijecimento do órgão (fibrose) e em casos extremos à cirrose. O método de diagnóstico e estadiamento da fibrose hepática mais utilizado ainda é a biópsia, método invasivo e com diversos riscos aos pacientes. A elastografia é uma técnica ultrassonográfica avançada, que se baseia nos princípios de densidade e módulos de elasticidade para determinar, principalmente, a rigidez do fígado, vem sendo utilizada como alternativa à biópsia hepática no estadiamento da Hepatite C e outras hepatopatias. Este artigo buscou comparar a elastografia e a biópsia, levando em consideração os benefícios e as complicações de cada exame, a acurácia diagnóstica e acompanhamento terapêutico a fim de saber se a biópsia já pode ser definitivamente substituída pela técnica elastográfica. Para tal uma revisão bibliográfica foi realizada com o aconselhamento dos profissionais atuantes na empresa alemã, Siemens Healthineers e médicos ultrassonografistas especialistas em elastografia e renomados no meio científico, além de uma revisão comparativa de estudos científicos que relacionaram a eficácia, especificidade e sensibilidade de ambas as técnicas para o diagnóstico da fibrose hepática. A elastografia mostrou ser tão eficiente, sensível e específica quanto a biópsia hepática. Há significativa correlação entre os resultados obtidos em ambas técnicas. A crescente evolução que a elastografia hepática apresenta somada à sua alta especificidade, constata que a mesma pode ser um método de prognóstico e diagnóstico efetivo e mais bem aceito pelos médicos e pacientes.

**Palavras-chaves:** Elastografia. Elastografia hepática. Hepatite C. Fibrose hepática. Biópsia hepática. Elastografia versus biópsia.

### **ABSTRACT**

Hepatitis C is a viral infection that affects the liver and causes progressive changes, which, if untreated, lead to stiffening of the organ (fibrosis) and, in extreme cases, cirrhosis. The most used method of diagnosis and staging of liver fibrosis still is biopsy, an invasive method with several risks to the patients. Elastography is an advanced ultrasound technique, which is based on the principles of density and elastic modulus to determine, mainly, liver stiffness, and has been used as an alternative to liver biopsy in the staging of Hepatitis C and other liver diseases. This article aims to compare elastography and biopsy, taking into account the benefits and complications of each test, diagnostic accuracy and therapeutic follow-up, in order to know whether biopsy can now be definitively replaced by the elastographic technique. Therefore, the bibliographic review was carried out with counselling from Siemens Healthineers professionals and ultra-sonographers specialized in elastography and notable by the scientific community, in addition to a comparative review of scientific papers that related efficacy, specificity and sensitivity of both techniques for the diagnosis of liver fibrosis. Elastography has been shown to be as efficient, sensitive and specific as liver biopsy. There is a significant correlation between the results obtained in both techniques. The increasing evolution of hepatic elastography, in addition to its high specificity, shows that it can be an effective prognostic and diagnostic method, better supported by physicians and patients.

**Keywords:** Elastography. Liver elastography. Hepatitis C. Hepatic fibrosis. Liver biopsy. Elastography versus biopsy.

## 1 INTRODUÇÃO

A Hepatite C se dá por meio da infecção pelo vírus *Hepacivirus*, da família *Flaviviridae*. Estima-se que o vírus afete 170 milhões de pessoas, cerca de 3% da população mundial. Aproximadamente 55 a 85% dos infectados desenvolvem a forma crônica da doença e destes, 15 a 30% apresentam risco de desenvolver cirrose após 20 anos do diagnóstico. De acordo com o último senso realizado no Brasil em 2016, a prevalência de infectados é de 0,7%, o que corresponde a 1.032.000 indivíduos entre 15 e 69 anos. Destes, estima-se que 670 mil sejam virêmicos e que necessitem de tratamento (MELLO *et al*, 2020; RAGAZZO *et al*, 2017).

A infecção pelo vírus da Hepatite C pode causar alterações hepáticas progressivas, que se não tratadas podem resultar em fibrose e cirrose hepática, estando então, a fibrose intimamente relacionada com a cronicidade da doença (CARNAÚBA *et al*, 2018).

O estadiamento do paciente e escolha da terapêutica adequada dependem do grau de fibrose que o fígado afetado apresenta (Tabela 1). A biópsia hepática ainda é considerada padrão-ouro para diagnóstico da fibrose, porém a técnica apresenta limitações: é invasiva, demanda internação, sedação do paciente e tem riscos de complicações. Estes fatores levam à uma menor adesão na repetição periódica do exame (CARNAÚBA *et al*, 2018).

Tabela 1: Sistema de Classificação METAVIR para Fibrose Hepática

Escore	Alteração Histopatológica	Escore	Fibrose
A0	Atividade ausente	F0	Ausência de Fibrose
A1	Atividade leve	F1	Fibrose portal sem septos
A2	Atividade moderada	F2	Fibrose portal com poucos septos
A3	Atividade Severa	F3	Numerosos septos sem cirrose
-	-	F4	Cirrose

Fonte: ABDELMAKSOUUD *et al*, 2015

Para o estudo anatomopatológico é necessária a obtenção de amostra de tecido hepático com ao menos 4 cm para um resultado isento de erros, o que é clinicamente inviável, e ainda existe a possibilidade de divergência de interpretação de resultados, mesmo entre patologistas experientes (MELLO *et al*, 2020).

Diante do exposto observou-se a necessidade da busca por métodos não invasivos e com resultados confiáveis para o diagnóstico e estadiamento da fibrose hepática. Um destes métodos é a elastografia: se trata de um método avançado de aquisição de imagem ultrassonográfica sensível à rigidez do tecido e foi descrita pela primeira vez na

década de 1990. As diferentes técnicas de elastografia utilizam os Módulos de Elasticidade para detectar rigidez dos tecidos moles, resultantes de processos fisiológicos ou patológicos. O seu aprimoramento ao longo dos anos permitiu que hoje sejam feitas avaliações qualitativas e quantitativas da rigidez dos tecidos (SIGRIST *et al*, 2017).

A elastografia utiliza a medida da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para qualificar ou quantificar a fibrose hepática. Quanto mais enrijecido o fígado, em função da evolução da fibrose, maior será a velocidade de propagação das ondas (SILVA *et al*, 2020).

As técnicas de elastografia são divididas em duas metodologias: Elastografia de Deformação (*Strain Imaging*) e Elastografia por Onda de Cisalhamento (*Shear Wave Elastography*). Na primeira apenas mapas qualitativos dos deslocamentos são obtidos. Já na segunda, é possível obter resultados quantificáveis e dependendo do equipamento utilizado são disponibilizados mapas pontuais, bidimensionais ou tridimensionais. (CARNAÚBA JUNIOR *et al*, 2020; ROMUALDO *et al*, 2019; SIGRIST *et al*, 2017).

O primeiro método elastográfico utilizado para determinação do grau de rigidez hepática foi o *FibroScan*<sup>®</sup>. Desenvolvido na França pela *Echosens*, o método de elastografia transitória (TE – 1D *Transient Elastography*) utiliza ondas de cisalhamento de 50 Hz e ondas ultrassônicas de baixa frequência. O equipamento é composto por um sistema de ultrassom acoplado a uma central eletrônica de processamento de dados e por uma sonda, que produz vibrações com leve amplitude e baixa frequência. Estas vibrações são transmitidas até o fígado, onde são propagadas. Simultaneamente, o sistema emite pulsos elétricos que acompanham e medem a velocidade de propagação das ondas no interior do parênquima hepático. A velocidade das ondas de cisalhamento é expressa em kilopascal (kPa) e está diretamente relacionada com a rigidez do tecido, ou seja, quanto maior for o resultado em kPa, maior o grau de fibrose hepático (BERZIGOTTI *et al*, 2017; CARNAÚBA JUNIOR *et al*, 2020).

O Pulso de Força de Radiação Acústica (ARFI – *Acoustic radiation force impulse*), segundo método elastográfico mais utilizado para determinação da fibrose hepática, foi desenvolvido pela empresa germânica *Siemens AG* e se divide em duas técnicas: *Point Shear Wave Elastography (pSWE)* e *2D Shear Wave Elastography (SWE)*. A *pSWE* foi a técnica pioneira na inclusão de um software específico para determinação de fibrose hepática em um equipamento de ultrassonografia tradicional. A imagem em modo B permite a visualização do órgão e a escolha da Região de Interesse (ROI – *Region of*

*interest*) para a aquisição da velocidade das ondas de cisalhamento, que é mostrada dentro de um retângulo com 10 mm de altura por 6 mm de comprimento. O transdutor emite pulsos acústicos de curta duração, que geram ondas de cisalhamento na ROI determinada previamente. As ondas de cisalhamento são emitidas após o comando do operador. Simultaneamente, pulsos são emitidos pela sonda para captar a velocidade das ondas expressa em m/s. O resultado é obtido pela mediana de dez medidas consecutivas. O primeiro equipamento lançado no mercado com essa tecnologia foi o *Acuson S2000™* (Siemens AG, Erlangen, Alemanha), mas hoje diversas fabricantes a possuem em seu portfólio (SIGRIST *et al*, 2017).

O método *SWE* é uma evolução do anterior: segue os mesmos princípios, mas tem a capacidade de produzir imagens quantitativas em uma região de interesse maior, com foco em vários locais, de forma sequencial e detectando a velocidade das ondas de cisalhamento em múltiplos locais, inclusive laterais. Nesta técnica as ondas são criadas em profundidades crescentes no parênquima hepático em uma velocidade ultrarrápida e sua propagação está em todo o campo de visão da tela, permitindo a geração, em tempo real, de gráficos, coloridos ou não, denominados elastogramas que representam o Módulo de Young de elasticidade, expresso em kPa ou m/s. Esta metodologia está em constante evolução e frequentemente empresas lançam produtos com atualizações com objetivo de aperfeiçoá-la (CARNAÚBA JUNIOR *et al*, 2020; ROMUALDO *et al*, 2019).

A grande quantidade de infectados pelo vírus da Hepatite C, a severidade das complicações causadas pela forma crônica da doença e a importância do acompanhamento do grau de fibrose hepática para determinação de um tratamento eficaz nos levou a analisar alternativas não invasivas para o estadiamento de hepatopatias, visto que a biópsia, método mais utilizado atualmente, apresenta riscos ao paciente que já possui saúde debilitada. O objetivo deste artigo é comparar os métodos de elastografia hepática com o método invasivo caracterizado pela biópsia. Levando em consideração os benefícios e as complicações de cada exame, a acurácia diagnóstica e acompanhamento terapêutico.

## 2 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica a partir de buscas nas bases de dados Bireme, PubMed e LILACS, no portal de revistas eletrônicas SciELO e em livros escritos por profissionais renomados na área.

Para o estudo comparativo, as pesquisas foram realizadas no mesmo portal de revistas eletrônicas, nas mesmas bases de dados já citadas, com os seguintes descritores: elastografia; elastografia hepática; Hepatite C; fibrose hepática; biópsia hepática; elastografia versus biópsia. Foi selecionado o período de 2007 a 2021.

Estas buscas retornaram um total de 1207 artigos, onde foram empregados os seguintes filtros: (I) conter o assunto principal, (II) disponibilidade da versão completa, (III) idioma português e inglês, (IV) conter as palavras chaves, e (V) conter comparações entre os métodos. Os artigos foram pré-selecionados a partir da leitura do título e resumo e após a aplicação dos filtros foram lidos na íntegra. Ao todo foram selecionados 13 artigos que abrangiam o tema e as descrições necessárias.

Além da pesquisa descrita, o profissional especialista em produto da fabricante alemã de equipamentos de ultrassonografia, *Siemens Healthcare*, atuante em São Paulo, Jair de Santana Matos (ao qual deixamos nosso agradecimento) também foi consultado sobre o assunto abordado e indicou publicações relevantes para enriquecer este trabalho.

## 3 BIÓPSIA HEPÁTICA VERSUS ELASTOGRAFIA HEPÁTICA

### 3.1 BIÓPSIA HEPÁTICA VERSUS TE

Com o objetivo de comparar a reprodutibilidade e sensibilidade da técnica de elastografia transitória em relação à biópsia hepática, em 2007, Serejo e colaboradores analisaram 204 pacientes com Hepatite C Crônica (HCC) que faziam tratamento no Hospital Santa Maria, localizado na cidade de Lisboa, Portugal. Todos realizaram biópsia hepática, onde foram retiradas amostras com média de 19,25 milímetros e em seguida foram submetidos à avaliação da rigidez hepática pelo equipamento *FibroScan*<sup>®</sup>. Em 60% dos pacientes os resultados obtidos no estudo ultrassonográfico foram semelhantes ao obtido na análise anatomopatológica da amostra hepática. Os autores consideram que os fatores limitantes da técnica elastográfica estão relacionados a características específicas de cada paciente, como obesidade visceral e estreitamento do espaço intercostal (SEREJO *et al*, 2007).

Anos mais tarde, Rizzo e colaboradores repetiram a comparação de metodologias com 139 pacientes com HCC admitidos nas Unidades de Doenças Infecciosas dos Hospitais Garibaldi Nesima e Ferrarotto em Catânia e na Universidade de Hepatologia do Hospital Universitário de Palermo, na Itália. A avaliação pelo método TE foi realizada dentro de 6 meses após a biópsia. Dos pacientes com classificação METAVIR F1, 55,3% foram diagnosticados corretamente pela técnica TE, sendo o estágio que mais apresentou concordância no estudo (RIZZO *et al*, 2011).

Em 2017, em um estudo desenvolvido pelo Departamento de Gastroenterologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), 107 pacientes, diagnosticados com Hepatite C Crônica pelos profissionais do Hospital das Clínicas, foram submetidos à biópsia hepática e a TE para determinação do grau de fibrose hepática. As amostras retiradas tinham, em média, 15 milímetros, foram analisadas pelo mesmo profissional patologista e classificadas de acordo com a escala METAVIR. Em pacientes que apresentaram fibrose significativa (METAVIR  $\geq$  F2) o método TE apresentou *Area under the curve* (AUC) (0,8-1,0) de 0,836 para o diagnóstico da fibrose. Para pacientes cujo resultados histopatológicos apresentaram fibrose avançada (METAVIR  $\geq$  F3) a metodologia apresentou AUC de 0,852. Já para pacientes que apresentaram resultados de METAVIR  $\geq$  F4 (cirrose) a técnica TE apresentou AUC de 0,995 (RAGAZZO *et al*, 2017).

Sporea e colaboradores reuniram 199 pacientes com HCC dos Departamentos de Gastroenterologia e Hepatologia e Doenças Infecciosas de Timisoara, na Romênia a fim de comparar o método invasivo de determinação do grau de fibrose com TE. Pacientes com METAVIR  $\geq$  F2 apresentaram valores de velocidade de propagação de onda entre 6,8 e 7,5 kPa, configurando ao método TE sensibilidade de 52,2 a 56,5% e especificidade de 93,3 a 96,7% (SPOREA *et al*, 2008).

Um estudo realizado pelo pesquisador Abdelmaksoud e colaboradores - em 2015 no *National Hepatology and Tropical Medicine Research Institute* reuniu 50 pacientes com hepatite viral C crônica e cirrose com idades entre 19 e 56 anos e teve como objetivo avaliar a precisão dos diagnósticos advindos da elastografia hepática e da biópsia hepática. Houve correlação positiva entre o *FibroScan*® e biópsia hepática. Na pontuação do *FibroScan*® 8 pacientes (16%) eram F0, 27 pacientes (54%) eram F1, 6 pacientes (12%) eram F2, 5 pacientes (10%) eram F3 e 4 pacientes (8%) eram F4. Em biópsia 3

pacientes (6%) eram F0, 31 pacientes (62%) eram F1, 7 pacientes (14%) eram F2, 6 pacientes (12%) eram F3 e 3 pacientes (6%) foram F4 (ABDELMAKSOUND *et al*, 2015).

Hajiani e outros pesquisadores, em 2014 realizaram um estudo comparativo baseado em parâmetros colhidos entre 2010 e 2012 no Hospital Universidade Ahwaz Jundishapur em 102 pacientes com doença hepática crônica. Destes, 12 tinham Hepatite C, 57 com Hepatite B, 17 com Hepatite autoimune e 16 com Esteato-hepatite não Alcoólica. De acordo com o estágio de fibrose, foram: 6,7 kPa em 40 pacientes com F0; 6,42 kPa em 22 casos com F1; 11,3 kPa em 16 pacientes com F2; 15,1 kPa em 4 casos com F3; 17,3 kPa em 11 casos com F4, 17,6 kPa em 6 casos com F5, e 15,9 kPa em 3 casos com F6. Este estudo, como a maioria dos outros estudos, mostra que, usando um valor de corte de 6,7 kPa, pode-se identificar pacientes com fibrose ( $F \geq 2$ ) *versus* aqueles que têm fibrose não significativa ( $F < 2$ ) com precisão suficiente e sem realizar uma biópsia hepática (HAJIANI *et al*, 2014).

Os resultados estatísticos encontrados nos estudos avaliados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados estatísticos encontrados em diferentes estudos comparativos entre biópsia hepática e TE

Estudo	Escala METAVIR	AUC	Especificidade	Sensibilidade
SEREJO <i>et al</i>	$\geq F2$	0,79 (0,66-0,92)	67%	78%
	$\geq F3$	0,96 (0,90-1,024)	85%	86%
	F4	0,98 (0,96-1,008)	93%	86%
RIZZO <i>et al</i>	F2	0,103 (0-0,20)	-	-
	F3	0,120 (0-0,20)	-	-
	F4	0,097 (0-0,20)	-	-
RAGAZZO <i>et al</i>	$\geq F2$	0,836 (0-0,80)	-	-
	$\geq F3$	0,852 (0-0,80)	-	-
	F4	0,995 (0-0,80)	-	-
SPOREA <i>et al</i>	F2	-	52,2-56,5%	93,3-96,7%
ABDELMAKSOUND <i>et al</i>	F0	0,359	82-88%	-
	F1	0,468		
	F2	0,482		
	F3	0,482		
	F4	0,737		

		0,41		
HAJIANI <i>et al</i>	F0 a F6	-	92,3%	60,6%

Fonte: SEREJO *et al*, 2007; RIZZO *et al*, 2011; RAGAZZO *et al*, 2017; SPOREA *et al*, 2008; ABDELMAKSOUUD *et al*, 2015; HAJIANI *et al*, 2014.

### 3.2 BIÓPSIA HEPÁTICA VERSUS ARFI

A imagem gerada pela técnica ARFI é diferente da elastografia transitória: não depende da compressão induzida pelo operador, pois usa um pulso de onda de cisalhamento produzida pelo transdutor para comprimir o tecido (PALMERI *et al*, 2005).

Utilizando-se a ARFI durante um exame de ultrassonografia padrão em modo B do fígado, a área ROI padronizada é posicionada em um local anatômico predeterminado dentro do parênquima hepático para avaliação. A partir daí, pulsos acústicos de curta duração, com frequência de transmissão fixa (2,67 MHz), são subsequentemente gerados nas proximidades da ROI designada, com cada pulso durando menos de 1 m/s (JAFFER *et al*, 2012).

Pode-se levar em conta ainda o fato de que tal técnica permite uma avaliação quantitativa em pacientes acometidos com doenças hepáticas crônicas, uma vez que “a velocidade de propagação da onda de cisalhamento é proporcional à raiz quadrada da elasticidade do tecido” (JAFFER *et al*, 2012), sendo assim quando maior a rigidez do fígado, maior será a velocidade da onda de cisalhamento registrada pelo equipamento.

Um estudo realizado com 116 pacientes no ano de 2011 por Shuang-Ming e colaboradores, concluiu que as velocidades da onda de cisalhamento mediana em lesões malignas foram 3,14 m/s e 1,35 m/s em lesões hepáticas benignas. Com um valor de corte de 2,22 m/s, o estudo concluiu uma sensibilidade, especificidade e precisão para malignidade de 89,7, 95 e 92,2%, respectivamente (SHUANG-MING *et al*, 2011).

O estudo piloto de comparação entre ARFI e escores histológicos de biópsia hepática na avaliação de doença hepática crônica conduzido por Haque e colaboradores no *Vancouver General Hospital* no ano de 2010, analisou alguns casos de doença hepática crônica. O estudo foi realizado com 21 pacientes, dos quais 16 eram portadores de Hepatite C, 1 era infectado pelo vírus da Hepatite B, 1 era infectado por ambos os vírus, 1 portava Doença Hepática Alcoólica e 2 apresentavam outras doenças. Os

pacientes foram submetidos à ARFI e a biópsia hepática no mesmo dia. A ultrassonografia teve uma precisão de 82-88% para o diagnóstico de fibrose hepática e cirrose (HAQUE *et al*, 2010).

Uma avaliação entre a ARFI e análise histopatológica em casos de fibrose hepática em crianças foi apresentada por Noruegas e colaboradores em 2011. A distribuição dos escores de fibrose foi: 13 crianças com escore F0, 11 com escore F1, 6 com escore F2 e 2 com escore F4 (classificação METAVIR). A velocidade de onda média apresentada por estes grupos foi: F0, 1,19 m/s; F1, 1,48 m/s; F2, 1,66 m/s e F4, 2,93 m/s. Com valores de corte das velocidades de onda de cisalhamento de 1,31 m/s para F1 ou superior, 1,39 m/s para F2 ou superior e 2,25 m/s para F4, as áreas sob as curvas (ROC) foram 0,834, 0,818 e 0,983 respectivamente. Representando sensibilidade de 78,9% para F1, 87,5% para F2 e 100% para F4 (NORUEGAS *et al*, 2011).

Um estudo realizado entre 2012 e 2014 no centro de hepatologia do Hospital das Clínicas em São Paulo, fez uma comparação diagnóstica entre ARFI e biópsia hepática para casos de hepatite C crônica, apresentando os seguintes resultados para a técnica ARFI, conforme tabela adaptada abaixo.

Tabela 3: Resultado da técnica ARFI

Método – ARFI (m/s)	AUC	Sensibilidade	Especificidade
>F2 (1.22)	0.7701	78%	70%
>F3 (1.48)	0.8669	82,6%	82,8%
=F4 (1.77)	0.9188	100%	85,7%

Fonte: PARANAGUÁ-VEZOZZO *et al*, 2017

Com o objetivo de comparar as características e precisão do diagnóstico realizado através de SWE e biópsia hepática, Gharibvand e colaboradores realizaram um estudo em 2018 com 176 pacientes dos hospitais Golestan e Imam Khomeini usando as características de operação do receptor e gráficos baseados no grau de fibrose (pontuação METAVIR). A avaliação da precisão da elastografia na determinação de diferentes graus de fibrose hepática mostrou que há uma relação significativa entre o SWE e biópsia do fígado (P = 0,0001). A AUC foi de 0,871, 0,895 e 0,937 para fibrose estágios F2, F3 e F4, respectivamente. Os valores de corte foram 8,6 kPa para F2, 10,7 kPa para F3, e 13,8 kPa para F4, com sensibilidade e especificidade de 88,76% e

77,01%, 90,20% e 78,40%, 89,53% e 94,38%, respectivamente (GHARIBVAND *et al*, 2020).

Para avaliar o desempenho da metodologia ARFI no estadiamento de pacientes com Hepatite Crônica, em 2010 um estudo reuniu 133 pessoas na cidade de Bolonha, Itália. Destas, 90 tiveram cirrose hepática comprovada pela biópsia (METAVIR F4) e foram submetidas ao estudo ultrassonográfico. A técnica apresentou sensibilidade de 88,9% e especificidade de 86% quando comparada à técnica invasiva de diagnóstico. Outros 18 pacientes com menor grau de acometimento hepático (METAVIR F1 à F3) foram analisados pela técnica elastográfica, que comparada com a biópsia, apresentou sensibilidade de 88,9% e especificidade de 84,4% para o diagnóstico da fibrose nestes pacientes (PISCAGLIA *et al*, 2010).

O estudo realizado em Catânia e Palermo, anteriormente citado, também verificou a acurácia do diagnóstico de fibrose hepática utilizando a técnica ARFI. Pacientes classificados na escala METAVIR F2 apresentaram AUC (0-0,20) de 0,142; os classificados METAVIR F3 apresentaram AUC (0-0,20) de 0,156 e os que apresentaram cirrose (METAVIR F4) apresentaram AUC (0-0,20) de 0,115. A partir destes resultados, os pesquisadores observaram que a imagem ARFI para o diagnóstico não invasivo da fibrose hepática tem um bom rendimento e é reprodutível e preciso para o estadiamento de classes intermediárias e avançadas de fibrose hepática (RIZZO *et al*, 2011).

Em 2010, 50 voluntários saudáveis foram avaliados pelo departamento de radiologia do Hospital Universidade *Virgen de la Arrixaca*, na Espanha. O objetivo deste estudo foi avaliar a reprodutibilidade da velocidade de onda de cisalhamento utilizando dois observadores com diferentes níveis de experiência para desenvolverem um sistema de pontuação de ARFI. Nesse sistema, as categorias de impulso de força de radiação acústica indicariam a previsão dos seguintes estágios de fibrose: impulso de força de radiação acústica pontuação 0, sem fibrose; pontuação 1, fibrose leve; pontuação 2, fibrose intermediária; pontuação 3, fibrose grave; e pontuação 4, cirrose. Além disso, o impulso de força de radiação acústica categorias podem ser agrupadas para diferenciar fibrose (pontuação 0-2) de fibrose avançada (pontuação 3 e 4) (GUZMAN AROCA *et al*, 2011).

## 4 DISCUSSÃO

A biópsia hepática foi durante anos o único método avaliativo para a quantificação da fibrose. Tal método dispõe de desvantagens como o fato de tratar-se de um exame invasivo, demandando de internação hospitalar e sedação do paciente. O método apresenta riscos como: hemorragias, pneumotórax, punção de outros órgãos, hipotensão, bacteremia e quebra da agulha de biópsia. Todos estes fatores acarretam uma menor adesão a repetição periódica do exame (CARNAÚBA *et al*, 2018).

De acordo com os 13 estudos apresentados, observa-se que as técnicas elastográficas apresentam um ótimo resultado quando comparadas à biópsia. O estudo que apresentou maior discrepância foi o realizado por Serejo e colaboradores no Hospital Santa Maria, em Lisboa. Os autores citam que estes resultados podem ser devido às limitações que a TE apresenta. A técnica pode sofrer interferência de grandes quantidades de tecido adiposo, alta atividade inflamatória, esteatose hepática e a experiência do examinador em relação ao aparelho de ultrassom. Outra limitação que a técnica apresenta é a realização de estudos em pacientes com ascite, uma vez que as ondas elásticas não se propagam por meios de líquidos. O exame também é malsucedido em pacientes com espaços intercostais estreitos (ABDELMAKSOUD *et al*, 2015).

Como apresentado, todos os estudos apresentaram resultados positivos para a técnica ARFI, principalmente nos quesitos eficácia e sensibilidade para diagnosticar estágios mais avançados de fibrose. É importante ressaltar que vários fatores podem influenciar as medidas de elastografia hepática, resultando em um diagnóstico falso-positivo de fibrose avançada ou cirrose. Profissionais que realizam este exame devem ter conhecimento destes fatores de confusão e evitar o uso da técnica ultrassonográfica nas seguintes situações: inflamação (demonstrada, mas não exclusivamente, pelo nível elevado de transaminases), colestase, congestão hepática, hepatite tóxica aguda, hepatite alcoólica (para este caso, a rigidez do fígado diminui após 1 a 4 semanas de abstinência), amiloidose, linfomas e hematopoiese extramedular. A esteatose hepática causa atenuação do pulso ARFI e pode causar uma variação nas medidas (GUZMAN AROCA *et al*, 2011; CARNAÚBA *et al*, 2018).

Para se obter resultados confiáveis em ambas as técnicas é necessário seguir rigorosamente o protocolo do exame: jejum de 4 a 6 horas antes do exame, que deve ser realizado com o paciente em posição supina ou leve lateral esquerda, com o braço

levantado acima da cabeça afim de aumentar o espaço intercostal. O transdutor deve estar perpendicular à cápsula do fígado e o ROI deve ser posicionado de forma a evitar grandes vasos sanguíneos, ductos biliares e massas (CARNAÚBA *et al*, 2018).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A biópsia ainda é uma técnica muito utilizada no estadiamento da hepatite C por sua alta especificidade, o que permite a análise da coexistência de lesão hepática associada a outras doenças no fígado e processos metabólicos. Porém, ao analisar os estudos observa-se que não garantem 100% de êxito nos resultados, devido a fatores como o local onde da retirada o tecido a ser analisado, pois a lesão pode não ser uniforme e no mesmo grau; o tamanho da amostra coletada que deve ser maior que 15 milímetros; diferença entre a interpretação de cada patologista, e há, ainda, risco de complicações. Deve-se levar em consideração o próprio quadro algico gerado pelo procedimento e as necessidades de internação e preparação hospitalar para a realização desta que, por muitas vezes leva a uma baixa adesão dos pacientes ao método, o que dificulta um monitoramento eficaz.

As técnicas elastográficas, que apesar de serem relativamente novas e pouco difundidas entre a comunidade médico-científica, apresentam diversos benefícios, dentre eles rapidez, retorno financeiro e é um método diagnóstico conservador. A eficiência deste método é caracterizada pela alta tecnologia envolvida e pelo método de classificação (METAVIR) que auxilia no acompanhamento da progressão da doença.

Durante o estudo comparativo realizado, a elastografia mostrou ser tão eficiente, sensível e específica quanto a biópsia hepática. Há significativa correlação entre os resultados obtidos em ambas técnicas. A crescente evolução que a elastografia hepática apresenta somada à sua alta especificidade, constata que a mesma pode ser um método de prognóstico e diagnóstico efetivo e mais bem aceito pelos médicos e pacientes.

Ainda se faz necessário realizar mais estudos comparando os recentes softwares lançados pelas principais fabricantes de ultrassonografia, que investem cada vez mais na tecnologia para que os obstáculos encontrados para a realização da técnica em todos os pacientes sejam superados, especialmente para a avaliação de estágios iniciais e intermediários de fibrose. Deste modo, a técnica poderá ser definitivamente validada para substituir a biópsia hepática, sendo cada vez mais divulgada e aderida pelos profissionais

da área, sendo, inclusive, um método de diagnóstico amplamente coberto pelas operadoras de saúde.

## REFERÊNCIAS

ABDELMAKSOUD, A. H. K.; TAHA, M. E. S.; KASSAS, M. E. *et al.* Prospective comparison of transient elastography and liver biopsy for the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C infection. **The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine**, v. 46, n. 2, p. 293-297, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejrm.2015.03.001>> Acesso em: 29 set. 2021

BARR, R. G.; WILSON, S. R., RUBENS, D. *et al.* Update to the society of radiologists in ultrasound liver elastography consensus statement. **Radiology**, v. 296, n. 2, p. 263-274, 2020. Disponível em: <<https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2020192437>> Acesso em: 16 mar. 2021.

BERZIGOTTI, A.; FERRAIOLI, G.; BOTA, S. *et al.* Novel ultrasound based methods to assess liver disease: The game has just begun. **Digestive and Liver Disease**, v. 50, n. 2, p. 107-112, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dld.2017.11.019>> Acesso em: 25 set. 2021.

CARNAÚBA, L. A. B; PONTES, L. R.; FLAVIO, L. F. A. *et al.* Estadiamento da Hepatite C: elastografia comparada com a biópsia hepática. **Revista Caderno de Medicina**, v. 1, n. 1, p. 111-123, 2018. Disponível em: <<http://www.revista.unifeso.edu.br/index.php/cadernosdemedicinaunifeso/article/view/959>> Acesso em: 15 set. 2021.

CASTERA, L.; BEDOSSA, P. How to assess liver fibrosis in chronic hepatitis C: serum markers or transient elastography vs. liver biopsy? **Liver International**, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1478-3231.2010.02380.x>> Acesso em 06 nov. 2021

GHARIBYAND, M. M.; ASARE, M.; MOTAMEDFAR, A. *et al.* Ultrasound shear wave elastography and liver biopsy to determine liver fibrosis in adult patients. **Journal of Family Medicine and Primary Care**, v. 9, n. 2, p. 943-949, 2020. Disponível em: <[https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_828\\_19](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_828_19)> Acesso em: 06 nov. 2021.

GUZMÁN-AROCA, F.; REUS, M. BERNÁ-SERNA, J. D. *et al.* Reproducibility of Shear Wave Velocity Measurements by Acoustic Radiation Force Impulse Imaging of the Liver. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 30, n. 7, p. 975-979, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.7863/jum.2011.30.7.975>> Acesso em: 06 nov. 2021

HAJIANI, E.; HSHEMI, S. J.; MASJEDIZADEH, A. R. *et al.* Comparison of Liver Biopsy with Transient Elastography as a Non-invasive Method for Assessment of Liver Fibrosis. **Journal of Gastroenterology and Hepatology Research**, v. 3, n. 3, p. 1013-1016, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.6051/j.issn.2224-3992.2014.03.401>> Acesso em: 06 nov. 2021

HAQUE, M.; ROBINSON, C.; OWEN, D. *et al.* Comparison of acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) to liver biopsy histologic scores in the evaluation of chronic liver disease: a pilot study. **Annals of Hepatology**, v. 9, n. 3, p. 289-293, 2010. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1665-2681\(19\)31639-4](https://doi.org/10.1016/S1665-2681(19)31639-4) > Acesso em: 06 nov. 2021

JAFFER, O. S.; LUNG, P. F. C.; BOSANAC, D. *et al.* Is ultrasound elastography of the liver ready to replace biopsy? A critical review of the current techniques. **Ultrasound**, v. 20, n. 1, p. 24-32, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1258/ult.2011.011043>> Acesso em: 06 nov. 2021

KIRKE, R.; HARRIS, A. C. Virtual Touch™ Software - Applications in Liver Disease. **US Radiology**, Vancouver, v. 3, n. 1, p. 48-52, setembro, 2011.

MELLO, F. S. F.; LIMA, J. M. C.; HYPOLITO, E. B. *et al.* Comparação dos graus de fibrose hepática na hepatite C crônica (HCC) medidos por métodos de elastografia e de sorologia: ARFI e FibroScan vs APRI e FIB4. **Revista de Medicina da Universidade Federal do Ceará**, v. 60, n. 2, p. 18-25, 2020. Disponível em: <[http://periodicos.ufc.br/revistade\\_medicinadaufc/article/view/33967](http://periodicos.ufc.br/revistade_medicinadaufc/article/view/33967)> Acesso em: 15 set. 2021.

NORUEGAS, J. M.; MATOS, H.; GONÇALVES, I. *et al.* Acoustic radiation force impulse-imaging in the assessment of liver fibrosis in children. **Pediatric Radiology**, v.42, n. 2, p.201-204, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00247-011-2257-2>> Acesso em: 06 nov. 2021

PALMERI, M. L.; SHARMA, A. C.; BOUCHARD, R. R. *et al.* A Finite-Element Method Model of Soft Tissue Response to Impulsive Acoustic Radiation Force. **IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control**, v. 52, n. 10, p. 1699-1712, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/tuffc.2005.1561624>> Acesso em: 06 nov. 2021.

PARANAGUÁ-VEZOZZO, D. C.; ANDRADE, A.; MAZO, D. F. C. *et al.* Concordance of non-invasive mechanical and serum tests for liver fibrosis evaluation in chronic hepatitis C. **World Journal of Hepatology**, v. 9, n. 8, p. 436-442, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4254/wjh.v9.i8.436> > Acesso em: 06 nov. 2021

RAGAZZO, T. G.; PARANAGUÁ-VEZOZZO, D. C.; LIMA, F. R. *et al.* Accuracy of transient elastography-FibroScan®, acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging, the enhanced liver fibrosis (ELF) teste, APRI, and de FIB-4 index compared with liver biopsy in patients with chronic hepatitis C. **Clinics**, v. 72, n. 9, p. 516-525, 2017. Disponível em: <[https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(09\)01](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(09)01)> Acesso em: 15 nov. 2021

RIZZO, L.; CALVARUSO, V.; CACOPARDO, B. *et al.* Comparison of transient elastography and acoustic radiation force impulse for non-invasive staging of liver fibrosis in patients with chronic Hepatitis C. **The American Journal of Gastroenterology**, v. 106, n. 12, p. 2112-2120, 2011. Disponível em: <[10.1038/ajg.2011.341](https://doi.org/10.1038/ajg.2011.341)> Acesso em: 02 out. 2021.

ROMUALDO, A. P.; BARRETO, E. Q. S.; CHAMIÉ, L. P., QUEIRÓZ, M. R. G., GARCIA, R. G. **Novas técnicas em ultrassonografia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

SEREJO, F.; MARINHO, R.; VELOSA, J. *et al.* Elastografia hepática transitória, um método não invasivo para avaliação da fibrose em doentes com hepatite c crónica. **Jornal Português de Gastrenterologia**, v. 14, n. 1, p. 8-15, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/237566431\\_Elastografia\\_hepatica\\_transitoria\\_um\\_meto\\_do\\_nao\\_invasivo\\_para\\_avaliacao\\_da\\_fibrose\\_em\\_doentes\\_com\\_hepatite\\_C\\_cronica](https://www.researchgate.net/publication/237566431_Elastografia_hepatica_transitoria_um_meto_do_nao_invasivo_para_avaliacao_da_fibrose_em_doentes_com_hepatite_C_cronica)> Acesso em: 02 out. 2021.

SHUANG-MING, T.; PING, Z. YING, Q. *et al.* Usefulness of Acoustic Radiation Force Impulse Imaging in the differential diagnosis of benign and malignant liver lesions. **Academic Radiology**, v. 18, n. 7, p. 810-815, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.acra.2011.01.026>> Acesso em: 15 nov. 2021.

SIGRIST, R. M. S.; LIAU, J.; KAFFAS, A. E. *et al.* Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications. **Theranostics**, v. 7, n. 5, p. 1303-1329, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28435467/>> Acesso em: 28 fev. 2021.

SILVA, L. C. M. *et al.* Análise da elastografia por ultrassonografia em pacientes com esteatose hepática. **Radiologia Brasileira**, v. 53, n. 1, p. 47-55, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0028>> Acesso em: 01 mar. 2021.

SPOREA, I.; SIRLI, R.; DELEANU, A.; Comparison of the liver stiffness measurement by transient elastography with the liver biopsy. **World Journal of Gastroenterology**, v. 14, n. 42, p. 6513-6517, 2008. Disponível em: <[doi:10.3748/wjg.14.6513](https://doi.org/10.3748/wjg.14.6513)> Acesso em: 02 out. 2021.

## **ESTUDO REOLÓGICO DO PROCESSO DOS SISTEMAS À BASE DE POLI (ÁCIDO LÁCTICO) (PLA) E BORRACHA NATURAL (NR) NÃO RETICULADO**

Sinisgalli, R. S. D. C.; URENHA R. L.; MAJOR, S. S.; Silveira, É. B.; Hernandez, R. D. P. B.; Valois, N. A. L.

<sup>1</sup>Alunos do Curso Engenharia Química – Centro Universitário das Américas

### **RESUMO**

Neste trabalho foi estudado o comportamento dos materiais poliméricos que possuem grande aplicação na indústria devido a sua versatilidade em muitas áreas do conhecimento. Foi estabelecido como objetivo revisar e descrever como o Poliláctico (PLA) e a borracha natural (NR – “natural rubber”) se comportam quando processados entre si, formando uma blenda polimérica e a partir disto, serão apresentados estudos com caráter experimental desenvolvidos e cedidos por pesquisadores da área, com levantamento de dados sobre ensaios reológicos do PLA e do NR. O resultado esperado é que a processabilidade dos dois polímeros resulte na formação da morfologia de gotas dispersas que possui como característica uma alta resistência mecânica.

**Palavras-chave:** Polímeros; reologia; Borracha Natural (NR); Poli (ácido láctico) (PLA); blenda polimérica.

### **ABSTRACT**

*In this work, the behavior of polymeric materials that have great application in the industry was studied due to their versatility in many areas of knowledge. The objective was to review and describe how Poly-lactic acid (PLA) and natural rubber (NR - “natural rubber”) behave when processed together, forming a polymer blend and from this, studies with an experimental character will be presented. developed and provided by researchers in the field, with data collection on PLA and NR rheological tests. The expected result is that the processability of the two polymers results in the formation of the dispersed droplet morphology that has a high mechanical resistance as a characteristic.*

**Key-Words:** *Polymers; rheology; Natural Rubber (NR); Poly (lactic acid) (PLA); polymer blend.*

## INTRODUÇÃO

Há muitos anos, desde que surgiu a necessidade de suprir abrigo e promover conforto, o homem busca aprimorar seus materiais e técnicas. Passando pela madeira, metais, cerâmica e vidro, o último elemento estrutural descoberto foram os polímeros. No início do século XX, ficou provado que alguns materiais antes considerados colóides, consistiam em um encadeamento de mais de 10.000 moléculas de carbono que apresentavam repetição de pequenas unidades em sua longa cadeia principal. E, assim, a palavra proveniente do grego (poli= “muitas”; meros= “partes”) hoje é conhecida pelo que chamamos de polímero. Eles estão presentes em diversos materiais conhecidos no dia a dia, como, por exemplo, plásticos, borrachas, fibras, adesivos (MANO, 2019).

Com sua vasta aplicação, os materiais poliméricos compõem grande parte dos resíduos gerados pela humanidade e são frequentemente depositados na natureza de forma inadequada, causando impactos ambientais. Além disso, eles são resistentes à degradação dos microorganismos por conta de sua produção a partir do petróleo. Essa questão é uma preocupação do governo brasileiro que aprovou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ela contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário do País perante os problemas ambientais decorrentes do manejo inadequado de resíduos sólidos.

Preocupando-se com essa questão, surgiu o PLA, (poli (ácido láctico)), um biopolímero que pode ser amorfo ou semi-cristalino, termoplástico, sintetizado a partir do ácido láctico proveniente de fontes renováveis como cana-de-açúcar, milho e trigo. Suas propriedades mecânicas se comparam com as de polímeros provenientes de origens fósseis (como o tereftalato de etileno e o poliestireno), apresentando rigidez relativamente elevada, transparência e elevado módulo de elasticidade (ARAÚJO et al., 2015). Além disso, esse polímero, por ser biocompatível e bioabsorvível, interage com sistemas biológicos, podendo ser utilizado de forma mais sustentável em embalagens rígidas e flexíveis e em aplicações mais especializadas como a área da biomedicina.

A preocupação com a utilização de recursos renováveis vem sendo um crescente cada vez maior na indústria, o que torna a borracha natural um material de escolha entre as borrachas conhecidas. Trata-se de um material estratégico, pois não pode ser substituída por outras borrachas devido a suas propriedades especiais como resiliência, elasticidade, flexibilidade, resistência à abrasão, entre outras. Sua atratividade no

mercado é proveniente da relação preço e desempenho das borrachas sintéticas em relação à natural. Dessa forma, ela vem sendo utilizada em aplicações como luvas descartáveis, materiais cirúrgicos, pisos e revestimentos, preservativos, impermeabilização de fios e tecidos (RIPPEL et al., 2009).

A motivação para esse estudo é expor as melhorias que podem ser obtidas através da junção dos polímeros PLA e borracha natural (NR) levando-se em consideração as suas características individuais. Assim, pode-se obter a composição de um material mais resistente, com custo mais baixo e maior qualidade.

Através do estudo da importância da reologia no processamento desses polímeros, dados sobre processamento e ensaios reológicos foram levantados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Poliácido láctico (PLA)

O poli (ácido láctico) PLA é um poliéster alifático feito de  $\alpha$ -hidroxiácidos, e são considerados biodegradáveis e compostáveis. Eles podem existir na forma de dois estereoisômeros, o ácido D-láctico e o ácido L-láctico (LUNT, 1998), como é mostrado na figura a seguir.

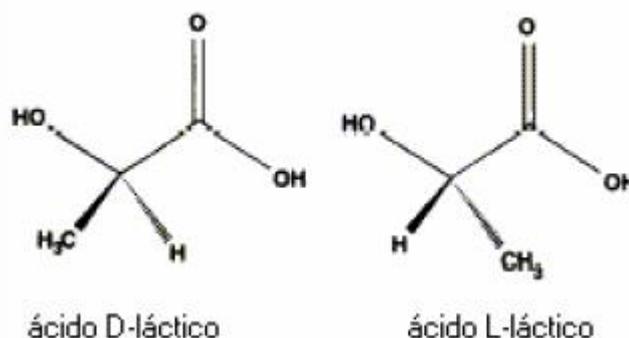


Figura 1 – Estereoisômeros do ácido láctico (SILVEIRA, 2015).

Denominado pela União Internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC), o ácido láctico também pode ser encontrado pelo nome de ácido 2-hidroxiopropanóico. É um ácido orgânico de ocorrência natural, mas pode ser produzido por síntese química ou fermentação (NEMPOOTHIRI, 2010).

Segundo o trabalho de Silveira (2015), o PLA, por ter elevada rigidez e fragilidade associada a baixa cristalinidade e difícil processabilidade, as possibilidades de aplicação ficam limitadas. Diferentes métodos podem ser utilizados para melhorar suas propriedades, como modificação da estrutura cristalina, adição de plastificantes e síntese de um copolímero de ácido láctico e um monômero mais flexível.

### Borracha natural não reticulada

A borracha natural (NR, “natural rubber”), oriunda de fonte renovável, é um polímero de poli (cis-1,4-isopreno), Figura 2, que apresenta propriedades particulares por conta da sua estrutura intrínseca, alta massa molar e presença de componentes como proteínas, carboidratos, lipídeos e minerais oriundos do látex (RIPPEL, BRAGANÇA, 2009).

Sendo a borracha natural considerada um material estratégico devido suas propriedades especiais como: resiliência, elasticidade, resistência à tração, ao impacto e à corrosão, flexibilidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade e seu baixo custo de acordo com o desempenho aplicado, as borrachas sintéticas que se equiparam à borracha natural que, juntamente com sua natureza de material de base biológica, o torna um candidato ideal para modificar a fragilidade do PLA (SILVEIRA, RIBEIRO, GARCIA, TOFFOLI, VALERA, 2019).

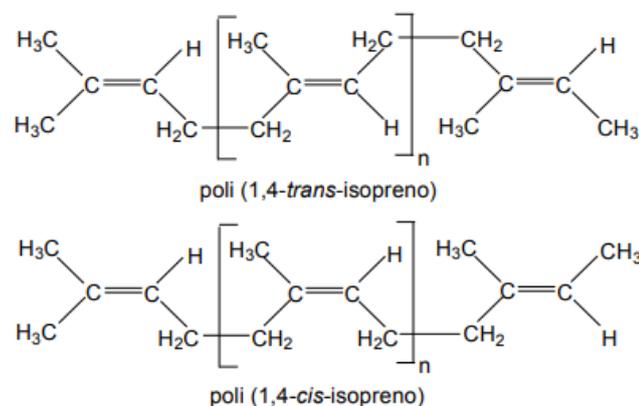


Figura 2 – Estruturas químicas do poli-isopreno nas formas trans e cis (SOUZA, 2012).

### Blenda Polimérica

Uma mistura ou blenda polimérica é um método que apresenta vantagem em relação aos componentes anteriores, pois proporciona menor perda em módulo de elasticidade e resistência à tração no ponto de escoamento (SILVEIRA, 2015).

Blendas poliméricas ocupam hoje no mercado brasileiro 50% dos plásticos disponíveis. Elas facilitam a obtenção de novos materiais com propriedades superiores às dos componentes puros (SIQUEIRA, BRUNS, NUNES, 1993).

Outra forma de viabilizar a mistura entre dois polímeros é a busca em melhorar a razão entre custo e desempenho de plásticos comerciais. Dessa maneira, reduzir o preço de um plástico de engenharia que possui um alto custo torna-se vantajoso e ainda promove a tenacificação (resistência ao impacto) de materiais quebradiços (AKCELRUD, 2007). **O gráfico da Figura 3 é uma representação gráfica que relaciona os módulos de deformação e tensão que definem a rigidez do material.** Onde as linhas 1 e 2 do gráfico representam os polímeros com comportamento frágil que não apresentam ponto de escoamento portanto não se deformam plasticamente, já as linhas 3 e 4 representam os polímeros com comportamento dúctil apresentam ponto de escoamento nítido e deformam-se plasticamente.

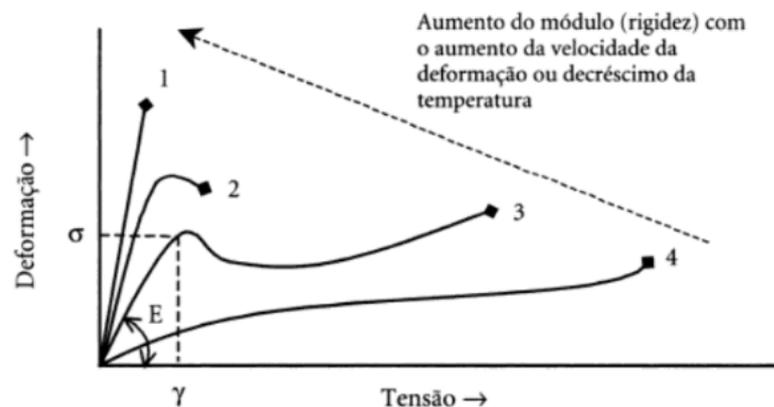


Figura 3 – Representação esquemática – gráfico tensão x deformação (AKCELRUD, 2007.).

No presente trabalho, foi provado por Silveira (2015) que a mistura de um agente tenacificante do PLA proporciona perda em módulo de elasticidade e resistência à tração no ponto de escoamento, sendo esse agente a borracha natural. Assim, a produção dessa mistura polimérica por meio de mistura no estado fundido, tornou-se um método fácil e econômico de modificar as propriedades de um polímero.

Ao tratar da compatibilidade entre PLA e NR, a boa afinidade entre as fases matriz e dispersa são importantes, pois o grau de adesão entre as fases influencia no aumento da tenacidade dos polímeros (SILVEIRA, 2015).

Através da revisão bibliográfica de artigos científicos com caráter experimental, serão apresentados estudos que relatam o processamento dos polímeros PLA e a borracha natural (NR) formando uma mistura ou blenda polimérica, apresentando-se como um método fácil e econômico que permite a modificação das suas propriedades, proporcionando uma melhor qualidade de material.

Será desenvolvido com base em dados experimentais cedidos por autores de diferentes trabalhos relacionados com o tema. Esses dados serão analisados e discutidos, pelos autores do presente trabalho, segundo as competências e habilidades desenvolvidas ao longo do curso de bacharelado em Engenharia Química do Centro Universitário FAM.

Para o estudo realizado, foi fixada a proporções 80/20, ou seja, 80% em massa de PLA e 20% em massa de NR, por meio dos seguintes processos industriais: calandragem, extrusão e injeção.

Como finalização do processo, é feita a avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e a morfologia das misturas.

Os métodos para conformação e processabilidade dos materiais são apresentados a seguir.

## **Processamento**

Para alcançar o processamento e conformação destes polímeros, existem diversas técnicas, entretanto, elucidaremos às: calandragem, injeção e extrusão.

O processo de calandragem consiste na alimentação do PVC, anteriormente fundido, entre dois cilindros de alimentação que o comprimem para a formação de uma chapa na espessura desejada. Então, a única função da calandra, após a alimentação do composto de PVC, é conformá-lo na forma de um laminado de espessura uniforme e definida (MARTINS, 2003).

O processo de mistura de blendas poliméricas em sua maioria é realizado em extrusoras dupla rosca, tornando o processo de extrusão o principal processo de confecção de termoplásticos, sendo empregado em diversas etapas do ciclo de

utilização do polímero, como a produção da matéria prima, mistura, conformação, reciclagem, entre outros (JOHANSEN, 2016).

A grande vantagem deste método é que se pode trabalhar com a produção contínua obtendo-se grande flexibilidade na escolha dos componentes da blenda (FARIAS, 2018).

O processo de moldagem por injeção envolve o preenchimento rápido, por meio de um fator de pressão, de uma cavidade de um molde com polímero fundido seguido da solidificação do produto (CORDOVA, 2018).

Um fator importante sobre a moldagem por injeção é que este processo, por ser cíclico, pode produzir diversas peças de diferentes formatos simultaneamente com boa qualidade (CORDOVA, 2018).

### **Estudo Reológico**

O estudo reológico dos materiais é de fundamental importância para entender sua processabilidade. Além disso, o comportamento viscoelástico das blendas depende fortemente das interações borracha-plástico e, dessa forma, fornece informações úteis sobre a estrutura formada. Uma das maneiras que permitem prever a obtenção da morfologia de gotas dispersas, de acordo com as condições do processamento, que a mistura será sujeita, é a *razão de viscosidade* ( $\lambda$ ) (Equação 1) (SILVEIRA, 2015).

$$\lambda = \eta_d / \eta_m$$

(Equação 1)

$\eta_d$  = viscosidade da fase dispersa

$\eta_m$  = viscosidade da fase matriz

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através dos resultados do Viscosímetro capilar definiu-se a razão de viscosidade e a relação entre a viscosidade e a fração volumétrica para cada composição, a fim de prever a morfologia obtida.

### Reometria capilar

A viscosidade dos polímeros que formam as misturas, PLA (PLA 3251D e PLA 3D850) e NR, foram avaliadas através de ensaios de reometria capilar e os resultados são apresentados no gráfico da Figura 4, razão de viscosidade entre as fases dispersa e matriz é uma propriedade reológica que afeta a morfologia de misturas poliméricas, os dados para calcular essa propriedade foram obtidos do gráfico da Figura Y e reportados nas Tabelas 1 e 2. A razão de viscosidade ( $\lambda$ ) foi obtida para valores de taxas de cisalhamento aos quais as misturas foram submetidas durante o processo de extrusão ( $1000 \text{ s}^{-1}$ ) e durante o processo de injeção ( $10000 \text{ s}^{-1}$ ).

Figura 4 – Gráfico da viscosidade em função da taxa de cisalhamento à  $190 \text{ }^\circ\text{C}$ .

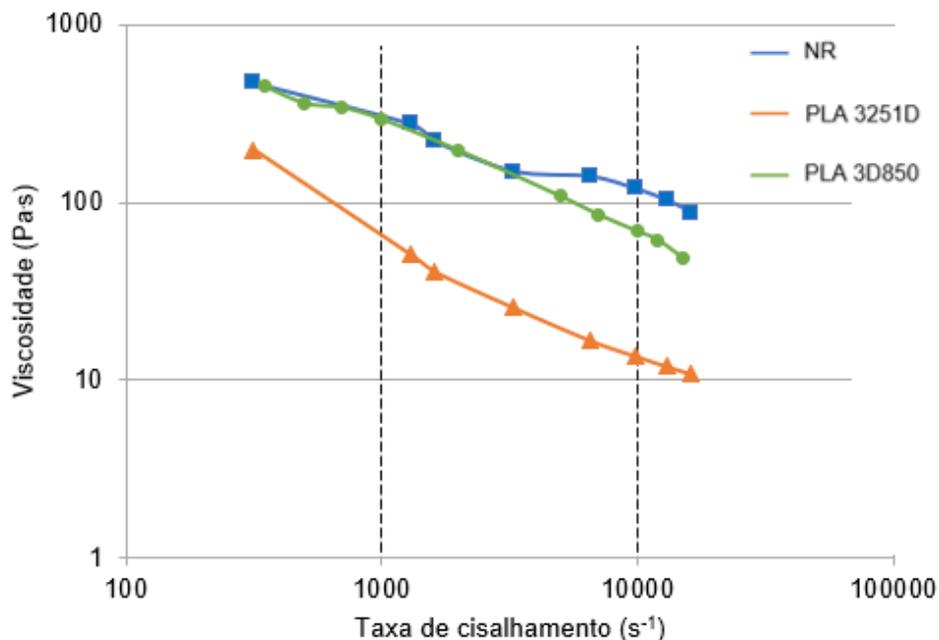


Tabela 1 – Viscosidade dos componentes da blenda e razão de viscosidade em diferentes taxas.

<b>Composição</b>	<b>Viscosidade em 1000 s-1 (Pa.s)</b>	<b>Viscosidade em 10000 s-1 (Pa.s)</b>
PLA 3251D	58,9	13,6
NR	325,7	119,9
<b>Razão de viscosidade (<math>\lambda</math>):</b>	5,5	8,8

Tabela 2 – Viscosidade dos componentes da blenda e razão de viscosidade em diferentes taxas.

<b>Composição</b>	<b>Viscosidade em 1000 s-1 (Pa.s)</b>	<b>Viscosidade em 10000 s-1 (Pa.s)</b>
PLA 3D850	294,9	68,8
NR	325,7	119,9
<b>Razão de viscosidade (<math>\lambda</math>):</b>	1,1	1,7

Conforme discutido, não há um consenso por parte da literatura quanto ao valor exato de  $\lambda$  para se obter uma morfologia de gotas, sendo que os limites citados estão entre 3 e 4.

Os valores obtidos para razão de viscosidade da blenda PLA 3251D/NR estão acima dos limites estabelecidos pela literatura, portanto, não há indício de predominância da morfologia de gotas. Enquanto os valores obtidos para razão de viscosidade para o sistema PLA3D850/NR estão significativamente abaixo dos limites estabelecidos pela literatura, portanto, é de se esperar a predominância da morfologia de gotas, porém não há como obter a morfologia diretamente pelo processo de injeção, deve-se primeiro extrudar o material para ajustar a morfologia e depois conformar por injeção.

NR tem viscosidade alta. Comparando a razão de viscosidade, NR está acima do grade de injeção. Ou seja, se a razão de viscosidade está fora da faixa de 1/3 e 1 (fase matriz com fluidez maior e viscosidade menor) não se consegue essa faixa. (Mecflu= não tem força para quebrar os domínios da fase dispersa). Com uma diferença de viscosidade muito grande, principalmente da fase contínua, se ela é

abaixo da fase dispersa, não consegue quebrar os domínios. Isso significa que durante o processamento não se consegue formar a morfologia de gotas dispersas.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho, analisa as propriedades reológicas da blenda polimérica, que se forma entre os polímeros PLA e borracha natural. A Blenda PLA 3D850/NR nas proporções 90/10 e 80/20 apresentam a morfologia de gotas. Através da análise da razão de viscosidade, pode-se concluir que não é possível injetar essa blenda direto. Mesmo utilizando uma grade com viscosidade mais alta e mais próximo da viscosidade da borracha, não se chega numa razão de viscosidade entre 1/3 e 1, fica bem alto ainda. Para injetar, é necessário extrudar antes.

Conclui-se também que proporção ideal de massa de NR que poderia melhorar a fragilidade do PLA é de 20%, além do preço desempenho, a proporção maior de NR implicaria em um aumento de resistência ao impacto. Mas, em contrapartida, diminuiria a resistência à tração da blenda.

## REFERÊNCIAS

AKCELRUD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. 1ª Edição. Editora Manole, 2007. p. 19, 44.

ARAÚJO J. P.; Agrawal P.; MÉLO T. J. A. **Blendas PLA/PEgAA: Avaliação da reatividade entre os polímeros e da concentração de PEgAA nas propriedades e na morfologia**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, vol. 10, nº 3, p. 118–127, 2015.

BRUNS, Roy Edward; SIQUEIRA, Denise Freitas; NUNES, Suzana P. **Compatibilização e otimização de blendas poliméricas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 3, n. 2, p. 15-19, 2013.

CORDOVA, Bruno Alexandro Bewzenko. **Otimização do processo de moldagem por injeção do ABS via métodos estatísticos**. Programa de pós-graduação em engenharia e ciência de materiais – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

FARIAS, Ítalo Fernando. **Estudo da influência da radiação gama nas propriedades mecânicas e térmicas de “elastômeros termoplásticos” blendas de poli (cloreto de vinila) com poli (vinil butiral)**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo, 2018.

JOHANSEN, Luis Henrique Balista. **Previsão do posicionamento de partículas de nanosílica numa blenda polimérica imiscível e comprovação via turbidimetria**. Programa de pós-graduação em ciência e engenharia de materiais – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

HARADA J.; UEKI M. M. **Injeção de termoplásticos: produtividade com qualidade.** São Paulo: Artliber, 2012. p.211-220.

KARAM, H. J.; BELLINGER, J. C. **Deformation and breakup of liquid droplets in simple shear field.** *Plastics Fundamental Research*. Vol. 7 No. 4 November 1968.

LUNT, J. **Large-scale production properties and comercial applications of polylactic acid polymers.** *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 59, p.145-152, 1998.

MANO E. B. **Polímeros como materiais de engenharia.** São Paulo: Blucher, 1991.

MARTINS, Gilson Silvestre. **Preparação e caracterização de compósitos de poli (cloreto de vinila) reforçados com fibras de sisal.** Mestrado – Área de Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de São Paulo, 2003.

NAMPOOTHIRI K.M; NAIR N.R.; JOHN R.P. **An overview of the recente developments in polylactide (PLA) research.** *Bioresource Technology*, Thiruvananthapuram, n.101, p. 8493-8501, 2010.

PLUMMER C. J. G.; DONALD A. M. **Disentanglement and crazing in glassy polymers.** *Macromolecules*, v.23 (17), p. 3929–3937 (1990).

PONGTANAYUTA K.; THONGPINA C.; SANTAWITEEB O. **The Effect of Rubber on Morphology, Thermal Properties and Mechanical Properties of PLA/NR and PLA/ENR Blends.** *Energy Procedia*, Vol. 34, p. 888 – 897, 2013.

RIPPEL M. M.; BRAGANÇA F. C. **Borracha natural e nanocompósitos com argila.** *Quim. Nova*, Vol. 32, nº 3, P. 818-826, 2009.

SILVEIRA É. B.; RIBEIRO E. D. R.; GARCIA P. S.; TOFFOLI S. M.; VALERA T. S. **Borracha natural como modificador de impacto do poli(ácido láctico): influência da mastigação da borracha na morfologia e propriedades mecânicas da mistura.** Congresso Brasileiro de Polímeros (CBPOL), 15., 2019, Bento Gonçalves, Anais.

SILVEIRA, E. B. **Estudo da tenacificação do PLA pela adição de elastômero termoplástico EMA-GMA.** 2015. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SOUZA, Rafael Lute. **Estudo da degradação microbiana *in vitro* do poli (1,4-trans-isopreno) (*in natura*) e em cones dentários.** Programa de pós-graduação em química - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

UTRACKI, L. A.; SHI, Z. H. – *Pol. Eng. Sci.*, 32, p.1824 (1992).

WU, S.H. **Formation of dispersed phase in incompatible polymer blends: interfacial and rheological effects.** *Polymer Engineering and Science*, v. 27, n.5, p. 335-43, 1987.

XU, C.; YUAN, D.; FU, L.; CHEN, Y. **Physical blend of PLA/NR with co-continuous phase structure: Preparation, rheology property, mechanical properties and morphology.** *Polymer Testing*, Vol. 37, p. 94–101, 2014.

## ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA PRODUÇÃO

Jessyca Laleska do curso Engenharia de Produção  
Layse Anne do curso Engenharia de Produção  
Mariana Muniz do curso Engenharia de Produção  
Profº Me. Eduardo de Araújo Maeda  
Centro Universitário das Américas

### RESUMO

O presente trabalho de pesquisa visa aprimorar o sistema produtivo de uma empresa metalúrgica em termos que se traduza em lucratividade para a empresa a partir da implantação do Lean Manufacturing. Esta metodologia é definida por um estudo de caso. No presente trabalho, o sistema de produção de uma metalúrgica é aprimorado através da redução de custos, melhoria da qualidade, redução do tempo de fabricação e aumento da produção. Para isso, ferramentas de *Lean Manufacturing* como *Single Minute Exchange of Die* (SMED-Troca de Ferramenta), Padronização de Operações e Just in time (JIT-Just in time) são implementadas em cada processo crítico do processo produtivo. Para isso, é realizada a análise, diagnóstico e implantação da melhoria no processo produtivo, obtendo-se como resultado da pesquisa, uma redução de 47% na configuração de paradas programadas no processo de laminação de postes e perfis, redução de 59% no tempo de retrabalho no processo de jateamento e de 17% no tempo de fabricação no ciclo produtivo gerado pelo aumento de 25% na produção. De acordo com os resultados obtidos, mostra-se atualmente que a aplicação do *Lean Manufacturing* por meio de sua metodologia e implantação de ferramentas, melhora o sistema de produção em empresas produtivas aplicadas. Em linha com o que se postula para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing*, é necessário o empenho de toda a organização, o respeito pelo trabalhador e a adaptabilidade aos vários contextos e inovação contínua.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Sistema de administração da Produção, Mapeamento do Fluxo de valor, SMED-Troca de Ferramenta.

**ABSTRACT**

This research work aims to improve the production system of a metallurgical company in terms that translates into profitability for the company after the implementation of Lean Manufacturing. This methodology is defined by a case study. In the present work, the production system of a metallurgical company is improved by reducing costs, improving quality, reducing manufacturing time and increasing production. For this, Lean Manufacturing tools such as Single Minute Exchange of Die (SMED-Tool Exchange), Standardization of Operations and Just in time (JIT-Just in time) are implemented in each critical process of the production process. For this, the analysis, diagnosis and implementation of the improvement in the production process is carried out, obtaining as a result of the research, a reduction of 47% in the configuration of programmed stops in the process of lamination of posts and profiles, reduction of 59% in time rework in the blasting process and 17% in manufacturing time in the production cycle generated by the 25% increase in production. According to the results obtained, it is currently shown that the application of Lean Manufacturing through its methodology and implementation of tools, improves the production system in applied productive companies. In line with what is postulated for the successful implementation of Lean Manufacturing, it is necessary the commitment of the entire organization, respect for the worker and adaptability to various contexts and continuous innovation.

**Keywords:** Single Minute Exchange of Die (SMED-Tool Change); Just in time (JIT-Just in time); Value Stream Mapping (VSM-Process Map).

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o ambiente industrial está se tornando cada vez mais competitivo devido às altas demandas por parte dos clientes em termos de custo, qualidade e prazo. É por isso que as empresas competem e buscam constantemente melhorias em seus processos produtivos, para reduzir ou eliminar perdas e aproveitar ao máximo os recursos disponíveis.

A metodologia *Lean Manufacturing (LM)* visa otimizar recursos e eliminar todos os desperdícios que geram perdas no processo produtivo. O presente trabalho de pesquisa, aplicado na empresa metalúrgica hipotética, tem como objetivo aprimorar o seu sistema de produção por meio da implantação da *Lean Manufacturing*. A metodologia se baseia em descritiva.

Da mesma forma, o esquema de pesquisa é detalhado em 5 capítulos: No capítulo I, apresenta-se a abordagem do estudo, realiza-se a fundamentação e formulação do Problema geral e específico, a justificação teórica, prática e metodológica e respetivos objetivos de investigação. Já no Capítulo II, o referencial teórico é desenvolvido. Que inclui os antecedentes da investigação (nacional e internacional), as bases teóricas (história, resíduos, princípios e o Toyota Way) e o quadro conceptual da *Lean Manufacturing*.

No capítulo III, descreve-se a formulação das hipóteses gerais e específicas e, no capítulo seguinte, descreve-se o tipo e desenho da investigação, bem como a população de estudo, as técnicas e ferramentas de recolha de dados. No capítulo V, é realizada a análise e interpretação dos resultados, que inclui a apresentação dos resultados (descrição da empresa, descrição do processo produtivo, análise, diagnóstico, implementação do *Lean Manufacturing* e seu impacto econômico), testes de hipóteses e discussão dos resultados. Por fim, o capítulo V descreve as conclusões e recomendações das pesquisas realizadas a partir dos resultados obtidos.

## Justificativa

Nesta pesquisa, é realizada a implantação do *Lean Manufacturing* em uma metalúrgica, por meio de suas ferramentas como SMED (Troca rápida de ferramenta), VSM (Mapeamento de fluxo de valor) e JIT (Sistema de Produção) nas áreas críticas do

processo produtivo, a fim de melhorar seu sistema produtivo, o que se traduz em rentabilidade e competitividade para a empresa.

O estudo permite verificar a implementação das ferramentas propostas de *Lean Manufacturing* na melhoria do sistema produtivo de uma metalúrgica através de uma análise comparativa entre a situação inicial e final do processo produtivo, as quais são medidas e quantificadas através de indicadores de custo, qualidade e tempo.

Neste estudo, é analisada a cadeia de valor do processo produtivo, para identificar os resíduos que geram perdas no processo produtivo, a posteriori ferramentas de *Lean Manufacturing* como SMED, *Value Stream Mapping* e JIT são implementadas com o objetivo de melhorando seu sistema de produção. A implantação será medida por meio de indicadores como a produção mensal, o custo de parada por mês, os reprocessos por mês e o tempo de entrega, que são avaliados e analisados no impacto econômico da implantação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### a. Tipo de pesquisa

A pesquisa descritiva busca especificar propriedades, características e características importantes de qualquer fenômeno que seja analisado. Este trabalho é um estudo descritivo da abordagem quantitativa, pois coletaremos dados sobre os diferentes aspectos do sistema de produção da empresa para investigar e realizar uma análise e medição das melhorias implementadas.

### b. Projeto Pesquisa

Este trabalho de pesquisa é não-experimental, transversal, descritiva.

### c. População e amostra

A população de estudo compreende todos os processos do sistema de produção, como o processo de formação de rolos, corte, prensa e dobra, soldadura, grão e tinta. A amostra de análise inclui os processos mais críticos do processo, onde o maior desperdício do processo produtivo é encontrado de acordo com a análise feita da situação

inicial, a fim de implementar as melhorias propostas para melhorar o seu sistema de produção.

d. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Os dados atuais serão coletados, através da reportagem da área de Planejamento e Controle de Produção e do Mapeamento de Processo (VSM) através da técnica de observação participativa, a fim de determinar os processos mais críticos em que a metodologia *Lean Manufacturing* é implementada e seu impacto econômico é analisado para a melhoria feita no sistema de produção.

e. Técnicas de processamento e análise

Através do controle dos indicadores estabelecidos é medido se a implementação da *Lean Manufacturing* melhora o sistema de produção. Na análise dos dados, tabelas estatísticas, diagrama Pareto e diagrama de bloco são utilizados, que indicam o impacto das melhorias nos processos de produção com a implementação das ferramentas da LM.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS**

A implementação do SMED (troca rápida de ferramenta) reduz os custos no processo de implantação de posts e perfis. Os resultados são obtidos como uma redução de 2 horas com 15 minutos nas alterações das paradas programadas que representam uma redução de 47% do tempo inicial de set-up, atingindo um maior impacto na mudança de formato de espessura que teve uma redução em 67%. Além disso, uma disponibilidade da máquina é alcançada em 83% que resulta em um aumento na produção do rolo formando processo de posts e 3 TN perfis por dia nesse processo. As melhorias implementadas geram uma poupança mensal de S/2,1409.63 solas que representa uma redução de 36% do custo inicial.

Já a implementação da padronização das operações melhora a qualidade no processo de tiro. Resultados obtidos como uma redução de 2 horas com 30 minutos em tempos de reprocessão que representa uma redução de 59%, atingindo um maior impacto nas reprocessões, desengordurando o que teve uma redução em 75%. Além disso, uma disponibilidade de máquina é gerada por 89%, como resultado de um aumento da

produção em 5 TN por dia neste processo. As melhorias implementadas alcançam uma poupança mensal de S/4,993.13 que representa uma redução de 64% do custo inicial.

A implementação do JIT reduz o tempo de produção dos processos de produção. Resultados de uma redução de 17% do tempo de produção de fabricação. Além disso, de acordo com as melhorias implementadas, uma redução de 43% do estoque de aço é alcançada no armazém principal da empresa, a eliminação total de inventários em processo de produção e um aumento da produção diária em 25%. Melhorias melhoradas alcançar economias mensais de S/320,000,00, que representa uma poupança mensal de 50%.

A partir dos resultados obtidos a partir das melhorias implementadas, foram realizados os seguintes resultados:

- Uma poupança de 36% nos custos de lançamento do rolo agendado formando posts e perfis através da implementação SMED;
- Uma poupança de 64% no custo de reprocessar o processo de tiro através da implementação da Normalização de Operações;
- Finalmente, uma poupança de 50% nos inventários da empresa através da implementação da JIT, alcança um aumento da rentabilidade da empresa S/ 363.133.75 por mês.

Com os resultados obtidos e com a respectiva análise, aceita-se a hipótese geral de que a implementação da metodologia *Lean Manufacturing* melhore o sistema de produção na empresa de metalurgia. Portanto, para a implementação adequada das ferramentas Lean, é importante analisar e diagnosticar o processo através do mapa de processo (VSM), uma vez que isso ajuda a determinar a ferramenta para implantar. Nesse sentido, recomenda-se também que a ferramenta Lean seja formada pelos grupos Kaizen, pois gera a equipe da empresa para se engajar em melhorias e ajudar a trabalhar em equipe.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Para começar, o aço é uma liga de ferro com percentual de carbono que pode variar entre 0,03% e 1,075% em peso de sua composição, dependendo do grau do aço, além de ser maleável e resistente, é adequado para sua grande diversidade de uso

resiste a altas e baixas temperaturas, evita que a sujeira se acumule em sua superfície, é durável e de manutenção econômica (OHNO, 1997).

Vale ressaltar que esta variedade e disponibilidade o torna adequado para vários usos em vários campos, como a construção de máquinas, ferramentas, edifícios, obras públicas, aeronáutica, indústria automotiva, instrumentos médicos, etc. contribuindo para o desenvolvimento tecnológico das sociedades industrializadas, pois nenhum material se compara quando o assunto é resistência a impactos. Por isso, o aço é o recurso de vital importância para a execução dos processos produtivos de qualquer metalúrgica.

Segundo Briaes (2011), o Brasil tem uma produção de aço bruto de 3,1 milhão de toneladas por ano, o que representa 5% da produção de aço bruto da América Latina. No entanto, o maior produtor de aço bruto do mundo é a China com 803,8 milhões de toneladas por ano, o que representa 61% da produção mundial. É por isso que, num mercado tão competitivo, globalizado e com clientes cada vez mais exigentes, tornam o setor da metalomecânica cada vez mais flexível e adaptável às necessidades dos clientes em termos de custos, qualidade e prazo.

Para Werkema (2012), a metodologia Lean Manufacturing serve para melhorar os sistemas de produção através da eliminação de todas as atividades que não agregam valor ao processo, o que faz com que as empresas otimizem seus valiosos recursos para a execução de seus processos produtivos e obtenham os melhores resultados; portanto, a aplicação do LM tem um papel muito importante, pois geram respostas rápidas às necessidades dos clientes, por meio de pessoas capacitadas e processos enxutos.

Nesse processo, Briaes (2011) realizou a pesquisa que analisou as ferramentas de LM para a eliminação de desperdícios em PMEs. Universidade nacional no âmbito latino americano. A pesquisa realizada chegou às seguintes conclusões:

1. As ferramentas do Lean Manufacturing (LM) são mais amplamente utilizadas nos elos de produção e logística do setor produtivo;
2. O sucesso da implementação do LM depende do grau de comprometimento, pois é uma metodologia de longo prazo que implica uma mudança de cultura na organização.

Sundin (2010) propõe em seu trabalho de pesquisa ideias muito importantes com as quais concordo, tais como as seguintes:

1. A aplicação das ferramentas da Manufatura Enxuta depende muito da necessidade organizacional em seu planejamento estratégico;
2. O LM se baseia na melhoria do sistema produtivo por meio da eliminação de desperdícios, otimizando a cadeia de valor do ponto de vista do cliente;
3. A padronização de processos é o ponto de partida para a melhoria de processos e a implementação de ferramentas Lean.

Os autores da tese propõem em seus trabalhos de pesquisa ideias muito importantes com as quais concordo, tais como (SUNDIN, 2010):

2. O Mapeamento de Processos (VSM) é a base da metodologia Lean Manufacturing que permite obter uma visão do estado atual e a identificação de desperdícios dentro do processo;
3. Uma implementação do LM gera redução de custos, melhoria da qualidade e redução do tempo de entrega, requisitos para competir no mercado atual;
4. A implantação da ferramenta 5S inicia-se com um teste piloto de forma a se adaptar e gerar uma mudança cultural, então sua implantação deve ser realizada em todas as demais áreas da empresa.

Por sua vez, Briaes (2011) realizou a pesquisa: Implementação de ferramentas de LM na área de embalagens de um laboratório farmacêutico. A investigação chegou às seguintes conclusões:

1. A implementação de ferramentas de Lean Manufacturing como Kaizen, 5S e a padronização de regulagem e limpeza conseguiram aumentar a Eficácia Global de Equipamentos (OEE) em 30%;
2. A padronização de regulagem e limpeza e a implantação do 5S é a base para a implantação de novas ferramentas como a Manutenção Produtiva Total (TPM);
3. A padronização de processos é importante dentro do processo de produção porque reduz a variabilidade do processo.

A produção em massa foi iniciada por Henry Ford, que se baseia nos princípios de Frederick Taylor ("Pai da Engenharia Industrial") que enfoca a separação do planejamento e da execução do trabalho, análise da divisão do trabalho e atribuição do trabalhador ao curto, tarefas repetitivas e fáceis de aprender (CARPINETTI, 2005).

De acordo com Jones (1998), entre suas contribuições e a de maior influência foi a implantação da linha de montagem móvel, que gerou impacto positivo na produção automotiva mundial. Além disso, a produção em massa é caracterizada por um baixo nível de qualificação do operador, produção de muitas unidades por produto (economia de escala), problemas de qualidade, modelos inflexíveis, máquinas caras de uso único, altos estoques, altos reprocessos executando um sistema de produção push. Por esse motivo, devido aos estouros de custos devido aos altos estoques e à inflexibilidade dos processos, foi substituído pelo sistema de produção enxuta.

A metodologia de produção enxuta tem suas origens no Japão devido à situação econômica e histórica que o Japão vivia após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e em contraste com a metodologia de produção em massa aplicada pelos EUA porque o único valioso recurso de que dispunham era humano talento, que gerou um paradigma e uma mudança cultural no mundo industrial.

É por isso que Riani (2016) resume a origem do LM da seguinte forma:

Nenhuma ideia surge realmente do vácuo. Em vez disso, novas ideias surgem de um conjunto de condições nas quais as velhas ideias parecem não funcionar mais. A produção enxuta surgiu em um determinado momento porque as ideias convencionais não pareciam funcionar no desenvolvimento industrial daquele país (RIANI, 2016, p. 31).

Essa metodologia foi iniciada por Sakichi Toyoda e seu filho Kiichiro Toyoda, que contribuíram com ferramentas como Jidoka e JIT, que são os pilares fundamentais do pensamento Lean. Após a Segunda Guerra Mundial, as empresas manufatureiras japonesas foram economicamente afetadas, razão pela qual não puderam implementar o sistema de produção em massa devido aos altos custos do sistema, por isso Eiji Toyoda junto com Taiichi Ohno implementaram um novo sistema de produção que é conhecido como Sistema de Produção Toyota (TPS) (OHNO, 1997)

O Sistema Toyota de Produção assume maior importância no mundo industrial devido à sua rápida recuperação após a crise do petróleo (1971), razão pela qual o Massachusetts Institute of Technology em coordenação com a indústria automotiva cria o International Motor Vehicle Program (1984-1990), que foi formada pelos melhores profissionais e especialistas da indústria automotiva que teve como objetivo investigar o Sistema Toyota de Produção, que destacou as vantagens da manufatura Toyota em relação ao mundo industrial devido ao seu sistema de produção sem desperdícios, ágil e enxuto (OHNO, 1997).

Desta forma, a metodologia Lean Manufacturing aplicada ao Sistema Toyota de Produção surge com o intuito de ser mais flexível e adaptável às necessidades do mercado, criando valor do ponto de vista do cliente, uma vez que é ele quem mantém o processo ativo.

A metodologia *Lean Manufacturing* (LM) é um sistema abrangente de produção e gestão que se baseia na otimização dos processos produtivos por meio da eliminação de desperdícios, adequando a produção à demanda do cliente, gerando uma mudança cultural na forma de pensar para projetar, fabricar, fornecer, distribuir e vender gerando fluidez e flexibilidade em seus processos produtivos. É por isso que as características do sistema de produção da Manufatura Enxuta são fluxo de trabalho contínuo, pequenos lotes de produção, produção sincronizada de acordo com a demanda do cliente, prevenção de defeitos, trabalho em equipe multifuncional e eliminação de desperdícios (WERKEMA, 2012).

Conforme reforça Riani (2016), uma correta implementação do LM nas organizações gera vantagens competitivas como aumento da capacidade de produção, melhoria nos prazos de entrega, melhoria da qualidade, redução dos tempos de troca de ferramentas, aumento da produtividade, redução de custos, redução da variabilidade do processo e redução dos estoques.

O desperdício também é conhecido como "muda", "desperdício" ou "desperdício" são atividades, processos, tempos, espaços, materiais, pessoas, esforços que agregam custo ao produto e/ou serviço sem agregar valor ao processo, por isso eles não são exigidos pelo sistema ou processo. É por isso que Sundin (2010) menciona que: "A eliminação de desperdícios é o cerne da criação de processos Lean, por isso existem ferramentas e técnicas para a eliminação de cada um dos desperdícios. O lixo mais perigoso é aquele que não é reconhecido (SUNDIN, 2010, p. 21)".

A figura 2.1 detalha as atividades do sistema que representam valor da perspectiva do cliente.

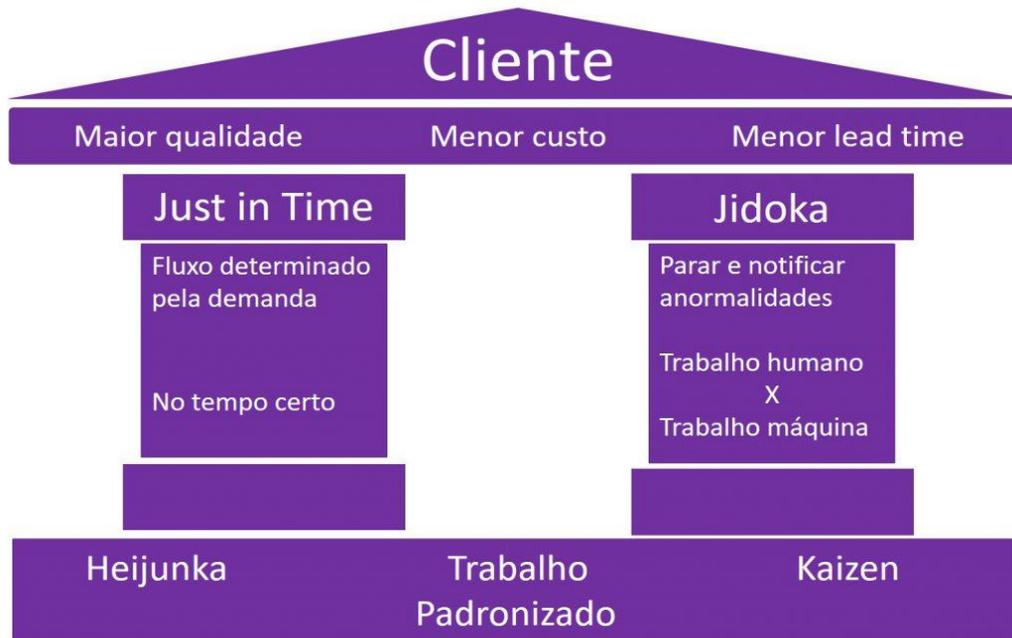


Tabela 2.1 Atividades do processo de produção

Fonte: Carpinetti (2005)

A seguir, os 7 + 1 grandes resíduos mortais encontrados em cada processo de produção são explicados. Sendo eles (CARPINETTI, 2005):

- 1) Superprodução: É produzir muito e/ou antes do que cliente precisa e/ou o seguinte processo, causando um mau fluxo de informações, produtos e estoques;
- 2) Processamento excessivo: está processando mais peças e materiais do que o mínimo necessário para atender aos pedidos dos clientes;
- 3) Espera: É o tempo de inatividade quando pessoas, materiais, informações ou equipamentos não estão disponíveis quando solicitados. O recurso mais valioso de uma empresa é o tempo, pois é um recurso irrecuperável;
- 4) Movimentos: É o conjunto de movimentos e/ou deslocamentos desnecessários de pessoas dentro de um processo. É um desperdício na forma de trabalhar da pessoa;
- 5) Transporte: É o tempo investido perdido ocasionado pela movimentação de materiais e pessoas que não agregam valor ao produto ou serviço utilizando algum meio de transporte;
- 6) Estoques: É o maior número de peças e/ou materiais do que o mínimo necessário para atender aos pedidos do cliente;

- 7) Defeitos: Qualquer produto ou serviço que não atenda às especificações técnicas do cliente, o que resulta em um custo mais elevado, gerando um tempo de fabricação maior;
- 8) Talento Humano: É o desperdício mais desperdiçado e valioso que as organizações possuem. A criatividade e/ou competências não utilizadas dos colaboradores são perdas do potencial humano, tendo em conta que são eles que possuem o “Know-How” dos processos de produção.

Já os 5 princípios da metodologia de LM são (CARPINETTI, 2005):

1. Valor: É tudo pelo que o cliente final está disposto a pagar, o valor é estabelecido pelo cliente e criado pelo fabricante. Tudo o que faz com que as funcionalidades esperadas pelo cliente sejam cumpridas, com um nível de qualidade esperado, a um custo ótimo esperado e no prazo exigido;
2. Cadeia de Valor: É o conjunto de ações com ou sem aporte de valor necessário para a obtenção de determinado produto ou serviço. O Mapa de Processo (VSM) é uma descrição gráfica da cadeia de valor usando símbolos padronizados para tornar o fluxo de informações e materiais globalmente visível;
3. Fluxo Contínuo: É a fabricação das peças uma a uma, cada uma delas passando imediatamente para o próximo processo sem interrupções;
4. Sistemas puxados: Produza contra a demanda, produza o que foi vendido. A produção deve fluir para os clientes na taxa que eles solicitam;
5. Melhoria contínua: é baseada na melhoria contínua de uma organização por meio do ciclo de aprendizagem PDCA, que visa a busca permanente pela perfeição.

Vale ressaltar que a síntese dos princípios da Manufatura Enxuta é realizada no Toyota Way, que consolida o TPS, é baseado na busca pela melhoria contínua e no respeito às pessoas que são a chave do sucesso.

De acordo com Ohno (1997):

O sucesso da Toyota na implementação dessas ferramentas vem da mais profunda filosofia do negócio, baseada na compreensão e motivação das pessoas. Em última análise, seu sucesso se baseia em sua capacidade de cultivar liderança, equipes e cultura, de projetar uma estratégia, de construir relacionamentos com fornecedores e de manter uma organização que aprende (OHNO, 1997, p. 29).

O Toyota Way é classificado em 14 princípios que são resumidos no 4P que são detalhados abaixo (OHNO, 1997):

- Objetivo: O objetivo da empresa é agregar valor para os clientes, para isso faz um investimento de longo prazo na construção de uma organização que aprende para que eles possam se adaptar às mudanças no ambiente e sobreviver como uma organização produtiva;
- Processos: Sua premissa é "os processos corretos produzirão resultados corretos." O fluxo é a chave para alcançar a melhoria da qualidade e do processo;
- Pessoas e Parceiros: Para agregar valor a uma organização, ela deve desenvolver seus colaboradores e fornecedores;
- Resolução de problemas: Resume-se na aprendizagem contínua, para resolver a causa raiz dos problemas, o que permite ter uma organização que aprende.



Figura 2.2 Toyota Way Pyramid

Fonte: OHNO (1997)

Os objetivos da LM assentam em dois pilares que são o Just in time (JIT) e o Jidoka (“automação com toque humano”), que se baseiam nos alicerces da estabilidade operacional, criando assim a casa do TPS. Sendo eles:

a. Just in time (JIT)

De acordo com Riani (2016), o Just in time (JIT) é uma filosofia que busca reduzir o desperdício desde a aquisição da matéria-prima até o despacho do produto final. O

principal objetivo da filosofia Just in time é eliminar do processo produtivo tudo o que não agregue valor ao produto e/ou processo.

O sistema JIM tem quatro objetivos essenciais que são atacar problemas fundamentais, eliminando desperdícios, buscando simplicidade e projetando sistemas para identificar problemas. Entre as ferramentas de implantação do pilar Just in time estão Kanban, SMED, padronização de operações, fluxo por peça e células de produção (RIANI, 2016).

#### b. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Também conhecido como “Troca rápida de ferramentas”, visa reduzir ou minimizar os tempos de set-up de cada processo produtivo. Para isso, é classificado em dois tipos de preparações de operações (JONES, 1998):

- A preparação das operações internas: É a troca de ferramentas que se realiza quando a máquina está parada, o que não gera uma produção efetiva;
- Os preparativos de operações externas: É a troca de ferramentas que se realiza com a máquina em funcionamento, sem afetar a efetiva produção.

As etapas de implantação da ferramenta SMED são: Etapa 1: Observar, registrar e analisar o processo; Etapa 2: reconhecer e separar as operações internas das operações externas; Etapa 3: converter operações internas em externas e; Etapa 4: tornar todas as atividades mais eficientes. Etapa 5: documente as melhorias do processo.

Entre os objetivos da SMED estão a melhoria da flexibilidade nos processos, o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade, a redução dos custos e o aumento da capacidade de produção e disponibilidade dos processos.

#### c. Kaizen

A palavra Kaizen vem de duas palavras japonesas, Kai: "Mudança" e Zen "Bom", cujo significado é "Boa mudança" cuja essência é a melhoria contínua. É uma filosofia que se baseia em Masaaki Imai: “Nunca se aprende tudo, porque tudo pode sempre ser melhorado e feito de uma forma diferente, com a criatividade a prevalecer sobre o investimento (BRIALES, 2011, p. 22)”. O Kaizen tem como metodologia base o ciclo de melhoria contínua ou também conhecido como “o círculo PDCA” (BRIALES, 2011).

#### d. Padronização de operações

É definida por Jones (1998) como: “A padronização visa eliminar desperdícios e reduzir a variação, é a base para a melhoria da eficiência e consiste em estabelecer padrões e trabalhar de acordo com os mesmos padrões (JONES, 1998, p. 59)”.

Por isso a produtividade aumenta enquanto a variabilidade diminui, a estabilidade visa produzir resultados consistentemente ao longo do tempo, ou seja, realizar determinada operação sempre da mesma forma e ao mesmo tempo, sob diretrizes estabelecidas para que você obtenha resultados repetitivos (JONES, 1998).

e. Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)

É a descrição gráfica da cadeia de valor usando símbolos padronizados. O mapa de fluxo de valor permite visualizar no papel a sequência de atividades necessárias à transformação do produto e facilita a identificação dos desperdícios existentes no processo e a análise de suas causas para a implementação das respectivas melhorias.

Os passos para uma correta implementação da ferramenta são apresentados a seguir (JONES, 1998): a. Identificar o produto, família de produtos ou serviço; b. Determinação do VSM real; c. Determinação do futuro VSM; d. Estabelecer as etapas necessárias para alcançar a situação futura e; e. Implementação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho de pesquisa, as ferramentas Lean são implementadas, obtendo como resultados uma redução de 47% do set-up no processo de formação do rolo, 59% de redução no tempo de reprocessamento no processo de explosão e, finalmente, uma redução de 17% no processo de produção da Companhia Metalmechanic (fictícia) através da implementação de ferramentas SMED, VSM e *Just in Time*. A partir dos resultados obtidos e da execução das ferramentas Lean, uma poupança mensal de S/363.133,75 é obtida, de modo que confirma a confiabilidade da hipótese principal.

A implementação da SMED gera uma redução de 47% na afinação no processo de rolo, gerando um maior impacto no tempo de mudança de espessura com uma redução de 67%, estas melhorias geraram uma disponibilidade da máquina em 84% assim um aumento na produção por 3 toneladas por o dia nesse processo. A implementação da normalização das operações gera uma redução de 59% no tempo de reprocessamento, gerando um maior impacto sobre as reprocesses, desengordurando o que tinha uma

redução de 75%, essas melhorias geram uma disponibilidade de máquina por 89% um aumento de 5 toneladas neste processo.

A implementação do Just in Time (JIT) gera uma redução de 17% do tempo de execução do processo de produção, ele também atinge uma redução de 43% no inventário de aço no armazém principal da empresa, a eliminação total de inventários em processo de produção e um aumento da produção diária de 25%. 1. É importante para a aplicação das ferramentas da *Lean Manufacturing* que toda a organização deve comprometer com a mudança, também ter em conta que o resultado vai tornar a empresa altamente competitiva, de modo a sua implementação será o ponto de partida da melhoria contínua.

Portanto, se confirma a tese de que a metodologia Lean não é aplicada apenas nas áreas de fabricação, mas é aplicada em todos os processos organizacionais, porque visa otimizar a cadeia de valor da empresa. É finalmente recomendado que melhorias implementadas, padronizadas, documentadas em procedimentos e/ou instrução para garantir que as melhorias perduram ao longo do tempo e sirvam como lições aprendidas no futuro.

## REFERÊNCIAS

- BRIALES, J. A. **Melhoria contínua através do Kaizen: estudo de caso Daimlerchrysler do Brasil**. 2011, 156 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.
- CARPINETTI, L. **Indicadores de Desempenho para o Sistema de Produção Enxuto**. Revista Produção, v. 5, n. 2, pp.2-7, 2005.
- JONES, D.T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda., 1998.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- RIANI, A. **Estudo de Caso: O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Monografia – Engenharia de Produção, UFJF, Juiz de Fora, 2016.
- SUNDIN, E. **Product and process design for successful remanufacturing**. Dissertation. Linköping Studies in Science and Technology, 2010.
- WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma – Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2012.

## BIOCONCRETO

Vyctória Marques Silva<sup>1</sup>; Marcelo Oliveira de Souza<sup>2</sup>; Karina Lima Silvestre<sup>3</sup>; Júlio Cesar de Matos Justino<sup>4</sup>; Orientador Prof. Me. Eduardo de Araújo Maeda<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Aluna do Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário das Américas

<sup>2</sup>Aluno do Curso Engenharia Civil – Centro Universitário das Américas

<sup>3</sup>Aluna do Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário das Américas

<sup>4</sup>Aluno do Curso Engenharia Civil – Centro Universitário das Américas

<sup>5</sup>Docente de cursos de graduação – Centro Universitário das Américas

### RESUMO

Um dos materiais mais utilizados na construção civil é o concreto, entretanto, exige que sempre esteja sendo inspecionado e reparado por profissionais, por se tratar de um material cerâmico e apresentar fragilidade quando se fala em fissuras, rachaduras e trincas. Dessa maneira, ainda muito se estuda a respeito de quais formas isso pode ser solucionado ou, pelo menos, parcialmente resolvido, e o material tenha uma durabilidade maior. O presente artigo tem como foco apresentar uma frente de pesquisa apresentada, pelo microbiólogo Henk Jonkers, estudada a mais de uma década, em que se acrescenta uma bactéria no preparo do concreto, que ajuda na autorregeneração quando ocorrem patologias, não precisando de intervenção humana para restauração. Para a confecção deste artigo, foram pesquisadas e estudadas informações de artigos pré-existentes e anteriormente publicados, porém pouco conhecidos, já que pouco fala-se e utiliza-se o bioconcreto. Sendo assim, possível a apresentação de dados gerais sobre ele, desde a definição, criação, aplicação, testes de compressão, vantagens e desvantagens.

**Palavras-chave:** Bioconcreto; Construção civil; Autorregeneração.

### ABSTRACT

*One of the most used materials in civil construction is concrete, however, it requires that it is always being inspected and repaired by professionals, as it is a ceramic material and has fragility when it comes to cracks, cracks and cracks. In this way, there is still a lot of study as to what forms this can be solved or, at least, partially solved, and the material has a greater guarantee. The present article focuses on presenting a research front presented by the microbiologist Henk Jonkers, studied over a decade ago, in which a bacterium is added in the preparation of concrete, which helps in self-healing when pathologies occur, not needing human intervention for Restoration. For the preparation of this article, information from pre-existing and previous articles was researched and studied, but little known, since little is said and the bioconcrete is used. Therefore, it is possible to present general data about it, from definition, creation, application, compaction tests, advantages and disadvantages.*

**Keywords:** Bioconcrete; Civil construction; Self-regeneration.

## **INTRODUÇÃO**

O concreto vem sendo utilizado desde o século XIX e ao longo dos anos pode-se constatar que ele está presente nos mais diversos tipos de construções, tornando o consumo de cimento maior do que o de alimentos, e perdendo, somente, para o consumo de água (Helene & Andrade, 2010; CONSTRUCT, 2016)

Por certo tempo, o concreto foi considerado um material eterno, sabe-se que ele é um material extremamente resistente e as construções podem durar mais de 50 anos. Apesar disso, interferências externas podem atingir as estruturas e causar fissuração, apresentando falhas no concreto armado.

As fissuras de pequena extensão não são, geralmente, prejudiciais à integridade estrutural do concreto, porém elas facilitam a entrada de água e agentes agressores no interior da estrutura, afetando a durabilidade do material.

Além disso, a indústria da construção civil é uma das causas de danos à natureza, pois muitos de seus materiais acabam sendo descartados e geram entulhos no meio ambiente e a fabricação do cimento é uns dos principais vilões do efeito estufa, pois é responsável pela emissão de 5% de todo CO<sub>2</sub> gerado no planeta.

Em virtude da necessidade de ter estruturas com alta resistência, maior durabilidade e mais sustentáveis, o presente estudo visa realizar uma revisão sobre o emprego do bioconcreto, também denominado como “concreto auto curável” na construção civil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A partir de pesquisas de microbiologistas holandeses, em 2006, tendo Henk Jonkers, como principal profissional, que busca soluções para o problema do concreto convencional em surgir fissuras e rachaduras, com isso deu-se origem ao bioconcreto, capaz de se regenerar sem intervenção humana.

O grande diferencial deste novo material, é que são adicionadas colônias da bactéria *Bacillus Pseudofirmus* e lactato de cálcio, utilizado como o alimento da bactéria mais tarde. Essa bactéria fica adormecida até que entre em contato com a umidade, através das fissuras e rachaduras e começam o processo de autorregeneração.

Quando são ativadas, as bactérias começam a se alimentar do lactato de cálcio e logo em seguida passam a liberar o calcário que preenche o espaço na patologia do concreto, esse processo pode ocorrer em apenas três semanas.

O Bioconcreto pode ser aplicado com eficácia em todo projeto civil, tanto em novas construções (de alicerces, por exemplo), quanto em restaurações de obras existentes, edificações antigas e propensas a abalos por suas rachaduras, e possui facilidade de aplicação em estruturas submersas ou subterrâneas de difícil acesso.

Sua utilização, pode poupar bilhões na área de manutenção e reformas, pois para esses projetos, visa a economia de tempo e dinheiro, já que o material trabalha sozinho e no caso de rachaduras, não há limites de extensão para reparar, no entanto, ela deve ter uma largura inferior a 0,8 mm.

A primeira estrutura a utilizar o material foi uma estação de salva-vidas em um lago na Holanda. Iniciada em 2011 e sujeita a condições extremas com alta incidência solar e presença contínua de água, a estrutura mantém-se em ótimo estado de conservação até os dias atuais. Na América do Sul, o bioconcreto também está sendo utilizado em canais de irrigação no Equador, país que possui grande incidência de abalos sísmicos, colocando em teste a sua capacidade de regeneração.

Ao penetrar nas fissuras do bioconcreto, a umidade as estimula e elas, por sua vez, passam a consumir o lactato. O resultado é a produção de calcário, substância encarregada de reparar o material em somente três semanas. É importante ressaltar que o bioconcreto ainda está passando por testes práticos e de aceitação do mercado.

Algumas das vantagens de utilizar esse material são a alta durabilidade, pois ao empregar o bioconcreto numa construção, é possível que rachaduras sejam autorregeneradas, o que torna a obra mais durável e elimina problemas estruturais.

Outro ponto relevante é a diminuição de vazamentos e infiltrações, já que as rachaduras podem desencadear problemas de vazamentos ou infiltrações e originar problemas que comprometem a estrutura. Como o concreto é capaz de se autorregenerar, ele fica com aparência de novo por mais tempo e isso pode ser visto a olho nu em edificações mais rústicas e que optam por utilizar como acabamento o próprio concreto. O bioconcreto é sustentável e de grande potencial ecológico devido ao aumento de vida útil e por contribuir na diminuição das taxas de emissão de dióxido de carbono.

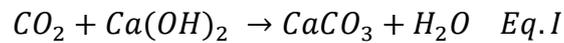
Algumas das desvantagens de utilizar esse material são o limite nas dimensões da Fissura, onde o cientista responsável pelo projeto, Henk Jonkers, o principal cientista envolvido no projeto do bioconcreto, afirma: “Não há limite para extensão da rachadura que o nosso material pode reparar. Pode ser de centímetros a quilômetros”; entretanto, o limite da largura da fissura a ser reparada não pode ultrapassar 8 milímetros. Outra desvantagem é o aumento inicial nos gastos da construção em 40% em relação ao concreto convencional. Apesar disso, o material pode reduzir os custos de manutenção em construções ao longo dos anos em bilhões de dólares.

Os componentes do bioconcreto são os agregados, partículas minerais que, à medida que são misturadas à massa do cimento, aumentam seu volume reduzindo assim o seu custo, uma vez que geralmente esses materiais são mais baratos. São exemplos: areia, pedras e brita. Segundo a ABNT NBR 7211 (2005), o agregado graúdo é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75mm e ficam armazenados na peneira de abertura de 4,75mm, de acordo com ensaio efetivado segundo a ABNT NBR NM 248 (2003). Já o agregado miúdo é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de 4,75mm e fica retido na peneira com abertura de malha de 150 µm; os aglomerantes, que são componentes cuja função é ligar os outros materiais adicionados à massa, sendo o cimento, o mais usualmente utilizado. Segundo Cincotto (2011), o cimento Portland comum é um produto composto de clínquer e sulfato de cálcio, enquanto os cimentos Portland compostos recebem a adição ou troca do clínquer por filer calcário, materiais pozolânicos e escória de alto forno. O objetivo do cimento ao se combinar com a água é aglomerar partículas e realizar sua ligação pela formação de produtos hidratados com aumento de resistência mecânica e a água, que é usada para propiciar a mistura dos outros componentes, além de participar de reações químicas juntamente com o cimento, o que ocasiona o endurecimento do concreto. O procedimento de hidratação da pasta de cimento exerce grande importância na compreensão das propriedades e comportamento do material.

A combinação de bactérias com lactato de cálcio representa um agente de cicatrização que produz grandes quantidades de precipitados minerais na superfície de fissuras jovens em corpos de prova de concreto curados a 7 dias. O processo através do qual ocorre a formação dos minerais de carbonato de cálcio.



A seguir, as moléculas de CO<sub>2</sub> provenientes da metabolização do lactato de cálcio reagem com a portlandita, ou hidróxido de cálcio, e produzem ainda mais CaCO<sub>3</sub>, mostrado na equação I, que representa a equação química da reação.



Esse processo é homólogo à carbonatação, um processo lento e natural que ocorre no concreto devido à entrada por difusão do dióxido de carbono atmosférico, cuja taxa é significativamente acelerada pela conversão do lactato de cálcio. As bactérias permanecem quase todo tempo em estado latente, sendo apenas ativado em contato com a água. Em um período de 3 semanas, o calcário produzido terá reparado as fissuras das paredes completamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O concreto convencional apresenta resistência à compressão e, por não apresentar aço, a resistência à flexão é baixa, variando de 5,0 em 5,0 MPa, a partir de 10,0 até 40,0 MPa e seu abatimento (Slump) varia de 40 a 70 mm. (APL ENGENHARIA, 2018)

A durabilidade do bioconcreto a longo prazo pode ser observada na tabela a seguir, no qual está descrita a relação de resultados de ensaio de resistência à compressão no concreto durante o período de 365 dias, como mostrado na Tabela 01.

Dias	Concreto convencional N/mm <sup>2</sup> (Mpa)	Bioconcreto N/mm <sup>2</sup> (Mpa)
7	37,57	39,48
14	44,73	51,26
28	51,19	60,17
60	55,39	63,35
90	56,97	66,27
180	58,37	67,62
270	59,17	68,84
365	60,87	70,07

Tabela 1 – Resistência de Concretos (SILVA e PASSARINI, 2018)

É possível observar um acréscimo da resistência com o passar dos dias e é visível que o bioconcreto apresenta resistência considerável à compressão, de acordo com a Tabela 02.

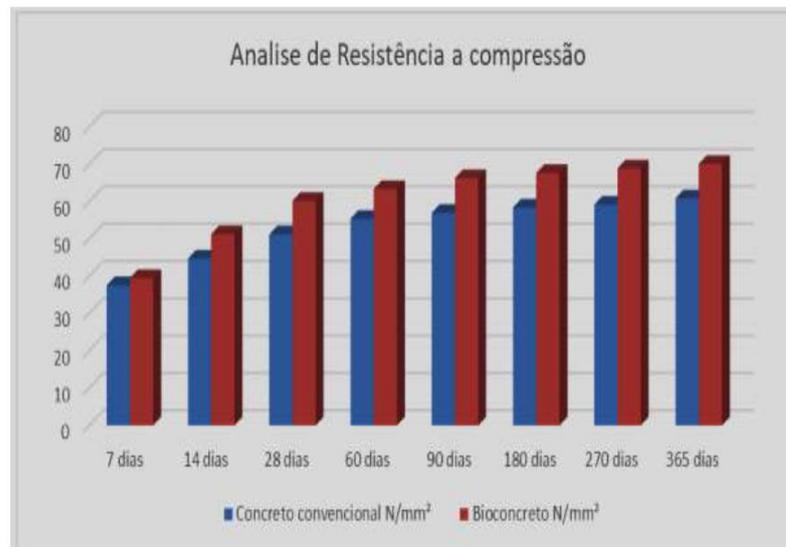


Tabela 2 – Resistência à Compressão (SILVA e PASSARINI, 2018)

Analisando o teste de 365 dias, nota-se um ganho de resistência de aproximadamente 10% em comparação ao teste realizado a 7 dias, que era de aproximadamente 2%. Isso ocorre devido ao preenchimento dos poros presentes no concreto pelas bactérias, o que resulta em maior resistência ao concreto.

Nos últimos anos, o concreto bacteriano foi submetido a testes de resistência sob várias condições externas em um prédio de testes dedicado em Breda, na Holanda. Testes mostraram que quando a água penetra no concreto, as bactérias germinam e se multiplicam rapidamente. Eles convertem os nutrientes em calcário dentro de sete dias no laboratório. Lá fora, em temperaturas mais baixas, o processo leva várias semanas. E os estudos feitos a partir da MICP (*Microbiologically induced calcite precipitation*), traduzido do inglês, A precipitação de carbonato de cálcio induzida micro biologicamente é um processo biogeoquímico que induz a precipitação de carbonato de cálcio na matriz) comprovou um aumento na resistência a compressão de 25% quando foi usada no bioconcreto a cultura de bactérias *Shewanella sp.* Um experimento feito utilizou as células bacterianas em meio líquido e logo foram adicionados a mistura de areia e cimento, e foi feito um corpo de prova de 70.6 mm. E este molde de cimentos foram realizados os testes de compressão e teve um aumento de 17 a 36% na sua resistência e a sua permeabilidade a água fora aumentada também (VIEIRA DOS REIS, L. 2017).



Figura 1 – Cubo de concreto submetido à compressão (Civil Engg. Saminar, 2016)

Usando o corpo de prova apresentado pelo Civil Engg. Saminar (2016) que foi usado um molde cúbico de 150mm x 150mm x 150mm. O concreto já misturado é adicionado aos moldes cúbicos. Depois de 7 dias as amostras foram testadas num período de 7 a 28 dias numa máquina de compressão e fissuras apareceram. No teste realizado pelo cientista Jonkers, H.M. (2015), de 12 a 14 fissuras foram apresentadas que podem variar de 0,05 mm a 1 mm de largura dependendo das condições.

O procedimento de análise do bioconcreto feito pelo Jonkers, H.M. (2015), fez dois ensaios com as fissuras após o teste de compressão (um é de controle e o outro com as bactérias), com grande número de rachaduras individuais com diferentes larguras, foram imersos horizontalmente em água da torneira (coluna de água de 3,5 cm cobrindo os ensaios) em um balde de plástico que foi mantida aberta à atmosfera durante todo o período de incubação para permitir a livre difusão de oxigênio e dióxido de carbono sobre a interface água - ar. Os espécimes foram removidos da água semanalmente para inspeção estereoscópica e imagens fotográficas para quantificação da cicatrização do concreto como tempo. Cinco fissuras, com um comprimento total de 53 mm, foram monitoradas em ambas as amostras. Dependendo da largura da fissura, ela pode ser preenchida após 28 dias, dependendo da bactéria utilizada no experimento e das condições do ambiente.

O resultado apresentado no experimento feito pelo Jonkers, H.M. (2015), foi que após 100 dias de observações concluiu que realmente os microrganismos fazem o seu papel no processo de precipitação de carbonato de cálcio (Figura 2), e que em comparação com a amostra de controle, tem uma diferença no perfil do concreto com o carbonato de cálcio preenchendo as fissuras. E pode-se observar que esporos

bacterianos que foram postos nas argilas expandida fizeram a precipitação de carbonato de cálcio (Figura 3).

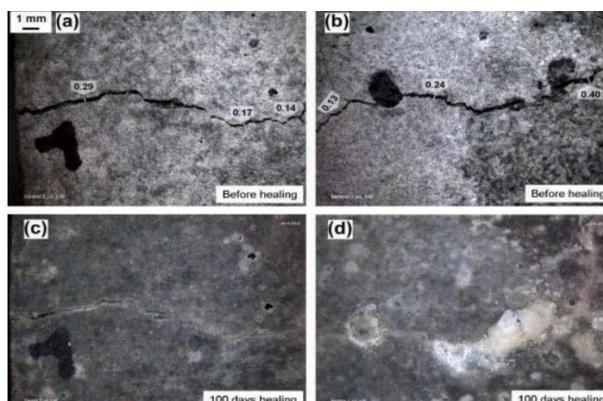


Figura 2 – Observação estéreo microscópica das amostras feita por Jonkers, H.M. (ScienceDirect, 2016).

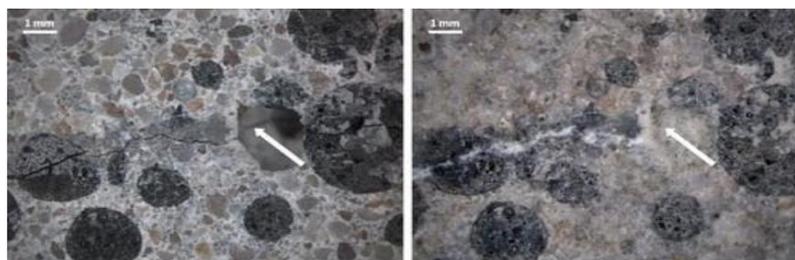


Figura 3 – Esporos bacterianos dormentes e micróbios alimentando do lactato de cálcio, selando as rachaduras. (ACS central Science, 2015)

O resultado do teste de compressão e flexão apresentado pelo Civil Engg. Saminar (2016), revelou que, os ensaios introduzidos com bactéria tiveram um aumento na sua resistência em relação ao ensaio de controle (sem as bactérias), como são mostrados nas Tabelas 03 e 04.

Ensaio	Dias	Concreto normal (N/mm <sup>2</sup> )	Concreto com a bactéria (N/mm <sup>2</sup> )
1	7	20,84	27,09
2	28	29,99	38,98

Tabela 3 – Resultado dos ensaios de compressão de 7 e 28 dias (Civil Engg. Saminar, 2016)

Ensaio	Dias	Concreto normal (N/mm <sup>2</sup> )	Concreto com a bactéria (N/mm <sup>2</sup> )
1	7	3,92	4,6
2	28	7,07	7,85

Tabela 4 – Resultado dos ensaios de flexão de 7 e 28 dias (Civil Engg. Saminar, 2016)

## CONCLUSÃO

O presente estudo buscou embasar cientificamente os benefícios do uso do bioconcreto na construção civil. A partir deste estudo teórico concluiu-se que a utilização do bioconcreto, apresenta uma alternativa sustentável e muito promissora para a extinção de problemas relacionados a fissuras ou trincas nas estruturas da construção civil, além de ser uma ótima opção para diminuir a necessidade de manutenção e assim, possibilitando a redução de custos com reparos futuros na estrutura. Foi apresentado, por meio de testes, o aumento da resistência ao longo do tempo, demonstrando um alto desempenho em relação ao concreto convencional. Além de verificar o acréscimo na capacidade de flexão e compressão, devido ao espaço vazio preenchido pelo carbonato de cálcio. A partir dos dados coletados na pesquisa, conclui-se que o bioconcreto pode simplificar alguns processos na construção civil com a sua correta aplicação, trazer efeitos positivos para o meio ambiente, resultando numa maior sustentabilidade e revolucionar os processos construtivos atuais.

## REFERÊNCIAS

- Oliveira, T. Y. M. D. (2015). **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Rio de Janeiro. Pinheiro. L. M., Muzardo, C. D., Santos, S. P. (2007). **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Universidade de São Paulo. 380 p. São Carlos.
- Helene, P., & Andrade, T. (2010). **Concreto de Cimento Portland**. In Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais (p. 909).
- Azevedo, M. D **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**.
- Jonkers, H. M., Thijssen, A., Muyzer, G., Copuroglu, O., & Schlangen, E. (2010). **Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. Ecological engineering**, 36(2), 230-235.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em: 17/05/2021
- BACTERIAL CONCRETE**. [S.l.]: Civ. Eng. Saminar 2016 [Acesso em: 2021 abr 25]; Disponível em: . CIVIL ENGINEERING SEMINAR TOPICS: BACTERIAL CONCRETE. Disponível em: <[civilenggseminar.blogspot.com](http://civilenggseminar.blogspot.com) >. Acesso em: 15/05/2021.

## **FERRAMENTAS DA QUALIDADE USADAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE**

Thaís Ketrin Simeão Melo; Prof. Me. Eduardo A. Maeda, Prof<sup>a</sup>. Dra. Nayara A. L. de Valois  
Centro Universitário das Américas – Curso Engenharia de Produção

### **RESUMO**

O presente artigo refere-se a um estudo de um sistema logístico integrado, analisando prejuízos relacionados aos tempos nos processos, visando melhor satisfação dos clientes, para aumentar o faturamento e o lucro nas operações. A SCM (*Supply Chain Management* - Gestão da Cadeia de Suprimentos - GCS) se encontra em diversas áreas, como previsão de demanda, compras, produção, distribuição, estoques e transportes, usando integração estratégicas, táticas e operacionais. A gestão da cadeia de suprimentos envolve a coordenação da informação, materiais e fluxos financeiros entre as empresas. A definição de gestão da qualidade na cadeia de suprimentos é baseada em três dimensões: práticas de gestão da qualidade interna, interação da qualidade com fornecedores e interação da qualidade com clientes. A metodologia adotada neste artigo foi a entrevista em sondagem de opinião: elaborada mediante um questionário estruturado, onde a escolha do entrevistado está relacionada a dar respostas às perguntas formuladas pelo entrevistador. Com a elaboração do questionário de 10 questões, foi possível observar que dos 24 entrevistados, 17 (ou 70,83%) utilizam algum tipo de ferramenta, sendo assim, o estudo abordado foi satisfatório, visando o melhor processo e satisfação do cliente.

**Palavras-chave:** Gestão da Cadeia de Suprimentos; Gestão da Qualidade; Ferramentas da Qualidade; Empresas de Pequeno Porte.

### **ABSTRACT**

This article refers to a study of an integrated logistics system, analyzing losses related to time in processes, to better customer satisfaction, to increase revenues and profit in operations. The supply chain management (SCM) is in several areas, such as demand forecasting, purchasing, production, distribution, inventory and transport, using strategic, tactical and operational integration. Supply chain management involves the coordination of

information, materials and financial flows between companies. The definition of supply chain quality management is based on three dimensions: internal quality management practices, quality interaction with suppliers and quality interaction with customers. The methodology adopted in this article was the interview in an opinion poll: elaborated through a structured questionnaire, where the interviewee's choice is related to giving answers to the questions formulated by the interviewer. With the preparation of the questionnaire of 10 questions, it was possible to observe that of the 24 interviewees, 17 (or 70.83%) use some type of tool, so the study addressed was satisfactory, aiming at the best process and customer satisfaction.

**Keywords:** Supply Chain Management; Quality Management; Quality Tools; Small Businesses.

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme estudado por Gohr e Faustino citam em seu artigo (2017):

“Segundo Zeng, Phan e Matsui (2013), a concorrência e a globalização fizeram a gestão da cadeia de suprimentos se tornar uma forma das empresas responderem de maneira rápida, correta e lucrativa às demandas do mercado. Zagha (2009) afirma que a SCM (*Supply Chain Management* ou em português, Gestão da Cadeia de Suprimentos) está relacionada à coordenação de atividades e processos não apenas dentro do contexto de uma organização isolada, mas sim de todas as empresas que compõem a cadeia de suprimentos. Dessa forma, a autora considera que há benefícios que podem ser obtidos na gestão estratégica de toda a cadeia de suprimentos.”

Ao referenciar o assunto em questão, Arildo e Caio (2014) explicam, que:

“Para Lambert *et al.* (2005) o gerenciamento da cadeia de suprimentos, engloba mais do que as atividades e processos organizacionais individuais, devendo implementar processos multifuncionais integrados junto à cadeia de abastecimento. Ou seja, todo o gerenciamento logístico parte da integração dos processos e fatores envolvidos (fornecedores, produtos, informação, etc.). Essa integração proposta por Waters (2003) observa que a redução de custos e aumento de receitas está relacionado ao envolvimento dos parceiros, que por sua vez, geram maiores oportunidades.”

Também é importante destacar:

“Fredendall *et al.* (2009) sugerem que para a busca da melhoria das operações da cadeia de suprimentos, os colaboradores devem estar focados em suas ações, pois essas atitudes permitem redução de custos e aumento de receitas. Portanto a Cadeia de Suprimentos aqui é vista como um complexo logístico formado por elementos que envolvem fornecedores, produtores, centros de distribuição e clientes que interagem entre si através de fluxo de informações e produtos (GIBSON *ET AL.*, 2005).”

O objetivo geral: estudar o comportamento das empresas em um sistema logístico integrado, analisando os conceitos aplicados para aumentar o faturamento e o lucro nas operações, e visando a melhor satisfação dos clientes. Objetivos específicos:

- Identificar quais processos são comuns entre empresas de pequeno porte;
- Analisar ferramentas de qualidade mais utilizadas em suas cadeias de suprimentos.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste artigo será a entrevista em sondagem de opinião, segundo Nogueira-Martins e Bogus (2004), é “elaborada mediante a um questionário totalmente estruturado, visto que a escolha do informante está condicionada a dar respostas às perguntas formuladas pelo investigador (MINAYO, 2010).”

Conforme estudo de BATISTA apud, em 2017:

“Diferentemente da pesquisa quantitativa, a qualitativa busca uma compreensão particular daquilo que estuda; não se preocupa com generalizações populacionais, princípios e leis. O foco de sua atenção é centralizado no específico, no peculiar, buscando mais a compreensão do que a explicação dos fenômenos estudados. Isso não significa, entretanto, que seus achados não possam ser utilizados para compreender outros fenômenos que tenham relação com o fato ou situação estudada. Para que isso possa ocorrer, o pesquisador precisa, com os dados obtidos, atingir um nível conceitual, que é o que vai possibilitar o aproveitamento da compreensão obtida no estudo específico.”

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1. Supply Chain Management (SCM)

#### 1.1. Definição

Segundo o artigo de ALVES e RAMOS, em 2012:

“O conceito de *Supply Chain Management* (Gestão da cadeia de abastecimento – GCA) foi popularizado por Oliver e Weber (1982), e refere o foco original da SCM desde o ponto de origem até ao ponto de consumo final. Posteriormente esta noção foi replicada por Houlihan (1988) em vários artigos, para descrever a gestão de materiais e dos fluxos através das fronteiras organizacionais. Para Harland (1996), a GCA é a gestão de uma rede de empresas interligadas, envolvidas no fornecimento de pacotes de produtos ou

serviços, requeridos pelos clientes finais, e abrange toda a movimentação e armazenagem de matérias-primas, produtos em curso e produtos acabados, do ponto de origem até o ponto de consumo.”

Outra definição estudada por Guarnieri e Hatakeyama, em 2005:

“A gestão da cadeia de suprimentos consiste na integração dos processos-chave do consumidor final até o fornecedor de matéria prima. A SCM (*Supply Chain Management*) abrange diversas áreas, como previsão de demanda, compras, produção, distribuição, estoques e transportes, interagindo nas perspectivas estratégicas, táticas e operacionais. A gestão da cadeia de suprimentos envolve a coordenação da informação, material e, fluxos financeiros entre múltiplas empresas (PYKE e JOHNSON, 2003, apud Badin, Novaes & Dutra, 2003).”

## 1.2. Aplicação

Definindo a aplicação da cadeia de suprimentos, os autores Oliveira e Almeida, em 2012, contextualizaram:

“É fundada pela relação entre fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, estes que abrangem a atuação de níveis estratégicos, táticos e operacionais. Sua função é tratar o processo para que se obtenha eficiência e eficácia particular em cada uma das partes, assim, com foco não apenas na redução de custo logístico ou armazenagem, mas na criação de uma Abordagem Sistêmica, para obtenção de vantagem no mercado. Ballou (2006 p. 27) define a cadeia de suprimentos como uma função e controle dos processos e do fluxo, desde compra, estágio de matéria prima à entrega do produto.”

Em outro contexto, os irmãos Quadros Borges, em 2014, definiram:

“A administração da cadeia de suprimento compreende um ambiente de operações que utiliza técnicas baseadas em consumo mínimo de energia e de recursos direcionados ao processo produtivo (SRIVASTAVA, 2007). Alguns de seus principais desafios são: a integração de operações internas de produção (FERRER e WHYBARK, 2001); a logística reversa na cadeia de suprimento (CHOUINARD *et al.*, 2005; FLEISCHMANN e KLOSE, 2005; SAVASKAN *et al.*, 2004); a integração no design do produto (GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2002) e a análise do ciclo de vida do produto (LEE *et al.*, 1995).”

Como também, basearam-se que:

“A cadeia de suprimento detém todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento de um consumidor (CHOPRA e MEINDL, 2004). Assim, observa-se que esta categoria não inclui apenas fabricantes e fornecedores de insumos, mas também depósitos, transportadoras, varejistas e os

próprios clientes. O comportamento verificado dentro de uma cadeia de uma cadeia de suprimento revela um fluxo contínuo de recursos e informações através de seus inúmeros estágios e que funciona com base em elos de relação sinérgica. Basicamente, as etapas de planejamento, compras, produção e entrega compreendem aquelas que mais caracterizam os elos da cadeia de suprimento (PAIVA, 2007)”.

E por fim, concluiu-se que “a administração da cadeia de suprimento diante, do ajuste desta estrutura estratégica, favorece a promoção de um ambiente condicionante para que as empresas alcancem as certificações por padrões de qualidade e a sustentabilidade (GREEN *et al.*, 1998).”

## 2. Gestão da Qualidade

### 2.1. Definição

Segundo BORGES, LISBOA, ARAÚJO e VETRAZ, em 2018, definiram qualidade como sendo:

“A adequação ao uso do produto, considerando o ponto de vista do cliente em cinco dimensões: qualidade intrínseca, custo, entrega, moral e segurança (YUKI, 1998). Já a gestão da qualidade, compreende um conjunto de todas as atividades de todas as funções gerenciais que determinam a política da qualidade, objetivos e responsabilidades e os implanta por meio do planejamento, garantia e controle da qualidade e melhorias contínuas, como parte do sistema da qualidade (PRAZERES, 1996 apud Toledo *et al.*, 2013).”

Desta forma, “várias são as ferramentas empregadas na gestão da qualidade com ampla utilização por parte dos responsáveis pelas melhorias organizacionais. Algumas delas são destacadas a seguir: *Benchmarking*; Círculos de Controle da Qualidade; *Brainstorming*; Diagrama de Pareto, Controle Estatístico do Processo e Diagrama de *Ishikawa* (HENSLEY e UTLEY, 2011; CHAVAN, 2011).”

### 2.2. Ferramentas da Qualidade

Em seu artigo, Aragão, em 2020, definiu e citou como base alguns tipos de ferramentas da qualidade como instrumento de estudo inicial: “Segundo Carpinetti (2010, p. 78), as ferramentas da qualidade têm o objetivo de desenvolver, adotar e implementar ações que busquem a melhoria contínua de todos os processos. As ferramentas da

qualidade descritas a seguir são: Fluxograma, 5W1H, *Brainstorming* e Diagrama de *Ishikawa*.”

### 2.2.1. Fluxograma

A ferramenta fluxograma de processo foi evidenciada conforme:

“De acordo com Cury (2005, p.340) apud Bispo (2017; p.16), o fluxograma é o gráfico de processamento mais adequado para representar o fluxo ou a sequência normal de qualquer trabalho, produto ou documento. Maranhão e Macieira (2010, p. 251) definem como sendo fluxograma uma figura feita com símbolos padronizados e textos devidamente arrumados a fim de mostrar sequência lógica de passos de realização dos processos ou atividades. Completam dizendo que a visualização gráfica é sempre um poderoso canal de comunicação, por ser mais bem absorvida e de maior compreensão do que os textos escritos, que exigem esforço mental e são mais subjetivos.”

### 2.2.2. 5W2H

No caso da ferramenta 5W2H definiu-se:

“Para atingir um objetivo, uma meta, é necessário fazer alguma coisa, agir, realizar uma ou geralmente várias ações. Até mesmo não fazer nada pode ser uma ação necessária para atingir um objetivo. Como para ir a qualquer lugar desconhecido precisa-se saber qual o caminho ou ter um mapa, para chegar a um objetivo também é indispensável uma orientação, ou melhor, um plano de ação. Quanto maior a quantidade de ações e pessoas envolvidas, mais necessário e importante é ter um plano de ação. E, quanto melhor esse plano, maior a garantia de atingir a meta (CAMPOS, 1992).”

### 2.2.3. Brainstorming

Conforme o estudo, foi apontado essa ferramenta como:

“O *brainstorming* segundo Peinado e Graelm (2007, p. 550) [...] é utilizado para se gerar o máximo de ideias possível sobre um assunto, em um determinado espaço de tempo. De acordo com Seleme e Stadler (2012, p. 57), a empregabilidade do *brainstorming* pelas organizações tem a finalidade de induzir seus colaboradores a criarem ideias inovadoras para otimizar serviços e processos. Para Stuaní (2014, p. 1), essa técnica possui como desvantagem o desenvolvimento de ideias imaginárias e limitadas devido à metodologia de aplicação ter como base a informalidade e a descontração. Mas apesar disso, possui ainda uma análise estrutural baseada na resolução de problemas.”

#### 2.2.4. Diagrama de Ishikawa

E por fim, no diadema de causa-efeito ou diagrama de Ishikawa, abordou-se que:

“Para Holanda; Pinto (2009, p. 4), o diagrama de *Ishikawa* nos mostra as relações que existem no resultado do processo baseada em suas causas e como elas afetaram o resultado. Barros; Bonafini (2015, p. 41) enfatizam que um ponto bastante positivo no diagrama é que, as causas do problema são ramificadas e desdobradas de modo que chegue ao problema e sua origem efetiva.”

#### 2.3. Aplicação

Segundo os irmãos Quadros Borges, em 2014, aplicação da qualidade é definida como:

“A implantação de um sistema da qualidade em um empreendimento aumenta a sua capacidade de se estabelecer no mercado, bem como aumenta o processo de previsibilidade do produto, elevando a eficiência, a qualidade, a lucratividade e a redução do desperdício. Todo este processo se reflete na diminuição no custo de retrabalho, na emissão de resíduos, no tempo de ciclo, assim como, no tempo de inatividade dos equipamentos (PSOMAS *et al.*, 2011). Para Dale, van der Wiele e van Iwaarden (2007), A GQT é a cooperação mútua de todos em uma organização e está associado aos processos da empresa que visam a produzir produtos e serviços de valor agregado, que satisfaçam e excedam as necessidades e expectativas dos clientes.”

### 3. Qualidade na Cadeia de Suprimentos

Para Junior e Silva, em 2014, há uma relação direta entre a qualidade na cadeia de suprimentos, definindo:

“A qualidade tem se tornado uma dimensão significativa e tem tomado um papel fundamental no contexto da SCM (ZENG; PHAN; MATSUI, 2013; PIRES, 2004). Zu e Kaynak (2012) afirmam que as empresas têm encontrado dificuldade em controlar a qualidade dos materiais fornecidos devido à dependência cada vez maior das redes de fornecedores na produção e entrega dos produtos-serviços.”

A definição de gestão da qualidade na cadeia de suprimentos envolve três dimensões: “práticas de gestão da qualidade interna, interação da qualidade com fornecedores (à montante da cadeia) e interação da qualidade com clientes (à jusante da cadeia), o que a torna um conceito multidimensional (ZENG; PHAN; MATSUI, 2013).”

Sendo assim, conforme artigo:

“Zu e Kaynak (2012) consideram que é inevitável que uma empresa esteja exposta a eventos imprevisíveis quando obtém mercadorias e serviços de fornecedores, devido ao processo natural de aquisição, entrega e uso. Nesse sentido, a qualidade do produto final é garantida a partir da qualidade das entradas, ou seja, das matérias-primas que foram utilizadas (ZU; KAYNAK, 2012).”

## 4 RESULTADOS

No estudo de caso a seguir, foi desenvolvido o método de entrevista com 24 empresas de pequeno, médio e grande porte, na região do ABC, da grande São Paulo, no período do dia 1 de julho de 2021 a 30 de julho de 2021. Foi elaborado um formulário com 10 questões relacionando as informações das empresas com o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e as Ferramentas de qualidade.

A 1ª questão, seria o e-mail corporativo de cada pessoa que preencheu o formulário, somente para formalizar, por questões de segurança não serão divulgados.

A 2ª questão, aborda os nomes das empresas que foram entrevistadas, na Tabela 1, estão os resultados:

Tabela 1 – Resultado da 2ª Questão – Nomes das empresas que participaram do estudo de caso.

Nome da empresa
Metalpart Indústria e Comércio LTDA
5M COMERCIO ATACATISTA
SBI Equipamentos e Sistemas de Soldagem
A7 REFRIGERAÇÃO
3xF.Tech
ADDI
Indústria Sicamet de Solda LTDA.
Eaton LTDA
Coneciato Conexões
Tecnotextil ind. e com. de Cintas Ltda
Voyfer Comercial Ltda – ME
Ciser fixadores
Schmersal Eletroeletrônica
FBR METALURGICA LTDA
FIRE ETIQUETAS E PLACAS
CNBFIX COMÉRCIO DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO E VEDAÇÃO LTDA
MURRELEKTRONIK
Coppermetal Comercio de Aços e Metais Ltda

BRAGANFER IND.E.COM.DE FERRO E AÇO LTDA

HIDRODEMA MATERIAIS HIDRAULICOS EIRELI

ConAn Ind e Com de Prod Eletro Eletrônicos Eireli

projaser serigrafica com. Ltda (abrange-fantasia)

TEBEL DISTRIBUIDORA

FELIXFERR USINAGEM & FERRAMENTARIA

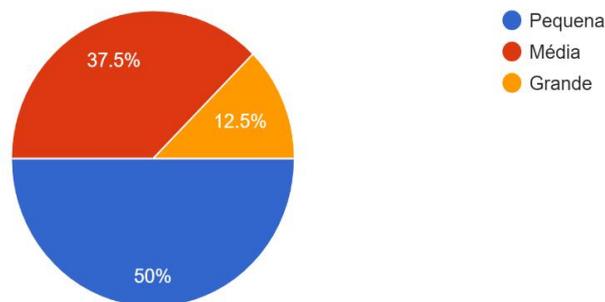
Fonte: Google Forms – Elaboração da própria autora (2021)

Após o preenchimento do nome da empresa, a 3ª questão, informa o porte da empresa, mostrado no Gráfico 1, sendo:

- 12 respostas ou 50% dos entrevistados responderam pequeno porte;
- 9 repostas ou 37,5% dos entrevistados responderam médio porte;
- 3 respostas ou 12,5% dos entrevistados responderam grande porte.

Gráfico 1 – Resultado da 3ª Questão – Porte da Empresa

Porte da empresa  
24 responses



Fonte: Google Forms (2021)

A 4ª questão, demonstra o ramo de atividade da empresa, onde foi avaliado diversas áreas, segundo a Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Resultado da 4ª Questão – Ramo de Atividade da Empresa

Ramo de atividade
Fornecimento de peças automotivas
Financeiro
Indústria de Equipamentos e Máquinas de Solda
Refrigeração Industrial.
Tecnologia

Fintech
Fabricante de Máquinas
Electrical
Comercialização, desenvolvimento, fabricação de conexões, válvulas e peças forjadas em latão.
Produtos de elevação e amarração de cargas
Revenda e Distribuidora de Materiais Elétrico
indústria fixadores
Equipamentos de Automação e Segurança para Máquinas.
USINAGEM GERAL
Comercialização de Placas, Adesivos, Comunicação visual e Diversos
COMÉRCIO DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
Distribuição de aços ferrosos e não ferrosos
COMERCIO DE FERRO E AÇO
HIDRODEMA, CONDUÇÃO E CONTROLE DE FLUÍDOS EM TERMOPLASTICOS INDUSTRIAIS
Fabricação de Máquinas de solda por Resistência
serigrafia técnica em alumínio etiquetas, placas e painéis)
SUPRIMENTOS DE ESCRITORIO, MATERIAIS DE LIMP, COPA E DESC
FERRAMENTARIA

Fonte: Google Forms – Elaboração da própria autora (2021)

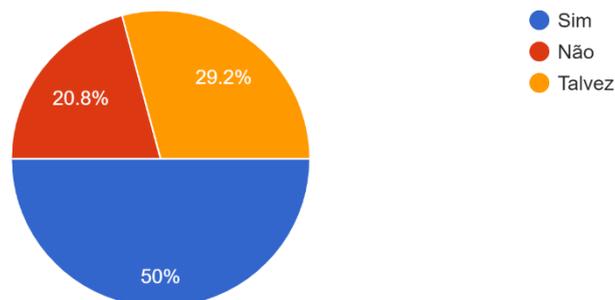
A 5ª questão, aborda se a empresa entrevistada conhece o conceito de “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos”, onde o resultado é mostrado no Gráfico 3:

- 12 respostas ou 50% dos entrevistados responderam Sim;
- 7 respostas ou 29,2% dos entrevistados responderam Talvez;
- 5 respostas ou 20,8% dos entrevistados responderam Não.

Gráfico 2 – Resultado da 5ª Questão – Conhecimento do conceito “gestão da cadeia de suprimentos”

Sua empresa conhece o conceito de "Gestão da Cadeia de Suprimentos"?

24 responses



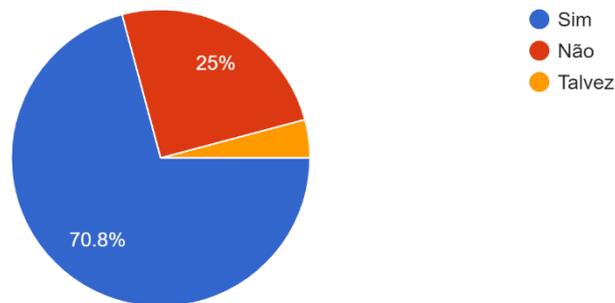
Fonte: Google Forms (2021)

A 6ª questão, avaliou se a empresa aplica algum tipo de ferramentas da qualidade, demonstrado no Gráfico 3:

- 17 repostas ou 70,8% dos entrevistados responderam Sim
- 6 repostas ou 25% dos entrevistados responderam Não
- 1 resposta ou 4,2% dos entrevistados responderam Talvez

Gráfico 3 – Resultado da 6ª Questão – Aplicação de algum tipo de Ferramenta da Qualidade

Sua empresa aplica algum tipo de ferramenta da qualidade?  
24 responses



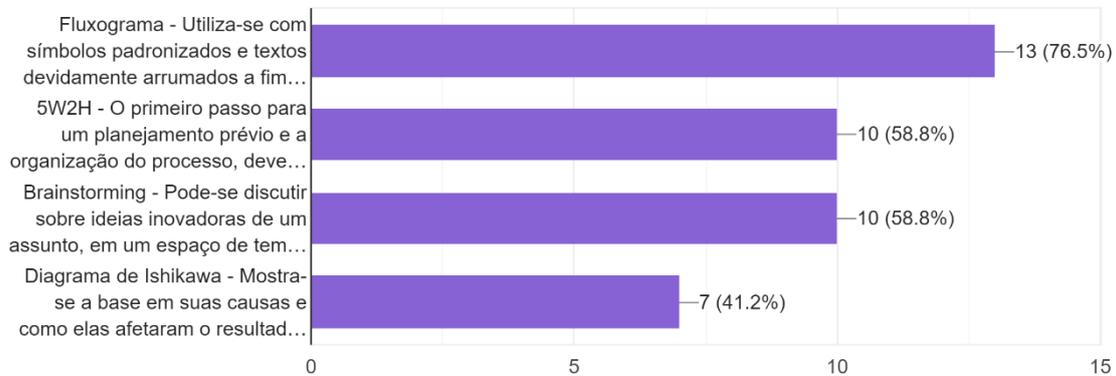
Fonte: Google Forms (2021)

A 7ª questão demonstra se a empresa aplica algum tipo de ferramentas da qualidade, qual seria a(s) mais usada(s) atualmente, foram 17 repostas (não obrigatórias), o resultado é mostrado a seguir, no Gráfico 4:

Gráfico 4 – Resultado da 7ª Questão – Tipos de Ferramenta da Qualidade Usadas nas Empresas

Se sim, quais ferramentas da qualidade são mais usadas atualmente?

17 respostas



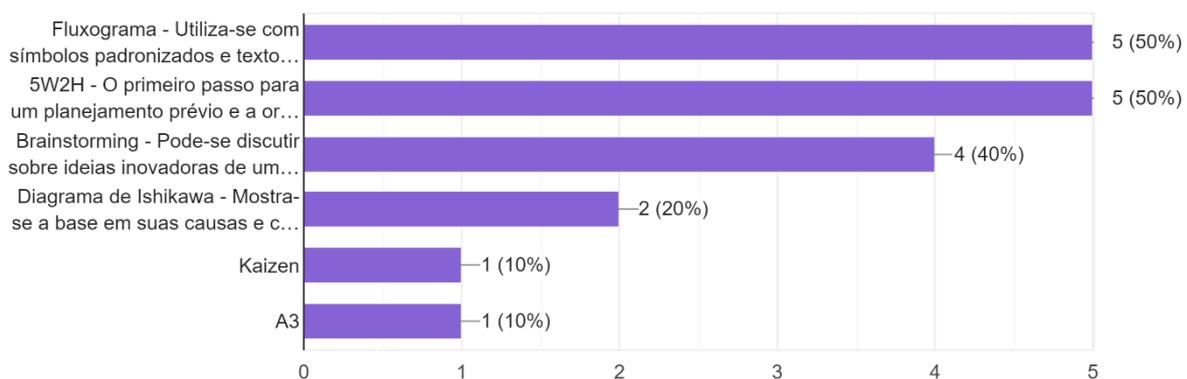
Fonte: Google Forms (2021)

A 8ª questão demonstra se a empresa não aplica algum tipo de ferramentas da qualidade, qual seria a que poderia(m) ser implantada(s), foram 10 respostas (não obrigatórias), o resultado é mostrado a seguir, no Gráfico 5:

Gráfico 5 – Resultado da 8ª Questão – Tipos de Ferramenta da Qualidade Como Sugestão de Implantação nas Empresas

Se não, quais ferramentas da qualidade poderiam ser implantadas?

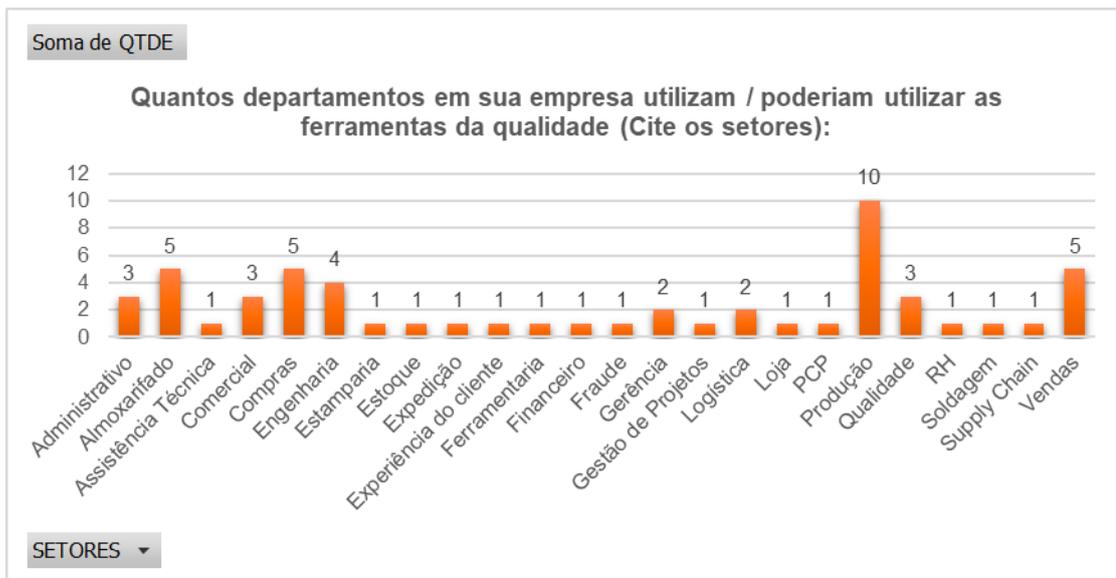
10 respostas



Fonte: Google Forms (2021)

A 9ª Questão, tratou-se de citar quais setores da empresa utilizam / poderiam utilizar as ferramentas da qualidade, na Tabela 3 abaixo demonstra as sugestões, foram 22 respostas:

Gráfico 6 – Resultado da 9ª Questão – Exemplos de Setores que aplica(riam) ferramentas da qualidade



Fonte: Google Forms – Elaboração da própria autora (2021)

Finalmente, a 10ª Questão, tratou-se de citar seria a opinião dos entrevistados de implantar as ferramentas da qualidade na cadeia de suprimentos, na Tabela 4 abaixo demonstram suas opiniões, foram 21 respostas:

Tabela 3 – Resultado da 10ª Questão – Opiniões da Importância de Implantar as Ferramentas da Qualidade na Cadeia de Suprimentos de cada empresa.

<b>Para sua empresa, qual importância de implantar as ferramentas da qualidade na cadeia de suprimentos (fluxo de informações e fluxo de suprimentos)?</b>
Para organização corporativa.
Total
Seria muito importante que a empresa implantasse essas ferramentas, pois isso traria uma maior organização, ajudaria a empresa a visualizar melhor seus objetivos a curto, médio e longo prazo alinhando todos os setores em um mesmo objetivo.
Desempenhar um serviço de qualidade com ferramentas que tragam uma maior segurança e qualidade ao funcionário que a utiliza.
Para otimiza tarefas, rever ideias e definir uma meta visando algum objetivo.
Não sei dizer

Controle da qualidade e rastreabilidade de produtos desde a produção da matéria prima até seu uso no cliente.
Auxilia nos processos internos definindo as responsabilidades de cada setor.
Pode contribuir para a otimização do processo de produção
Importante - Empresas Norma NBR ISO 9001:2015
Agilidade das respostas
Gigante, pois com um custo menor de compra, todo o restante se equilibra
Primordial. O recebimento de produtos sem a garantia da qualidade implica em toda uma cadeia de produção defeituosa.
diminuir custos, otimizar o controle dos produtos de modo a prevenir perdas, gestão eficiente e a transparência,
Todas as informações que são implantadas, servem para melhoria da qualidade, prazos de entregas, custo benefício e fortalecimento da empresa, frente aos fornecedores, colaboradores.
É de total importância pois, no mercado em que atuamos, tudo gira em torno de entradas e saídas sejam elas abstratas ou físicas, informações e produtos tendo uma excelente qualidade em suply chain tudo vai bem!
As ferramentas ajudam no controle e melhoria dos processos
MUITO IMPORTANTE
É muito importante para a organização e planejamento da empresa
Alta
JULGAMOS IMPORTANTE, POIS MELHORA A GESTÃO E PRODUÇÃO.

Fonte: Google Forms – Elaboração da própria autora (2021)

## 5 DISCUSSÃO

Após os resultados apresentados, verificou-se que a maior parte das indústrias conhecem os conceitos de gerenciamento da cadeia de suprimentos e as aplicações das ferramentas da qualidade, o estudo foi voltado para empresas de pequeno porte, pois, dos 24 entrevistados, 12 (ou 50%) são de pequeno porte.

Há muitas hipóteses de eficácia, pelo fato de que as empresas enxergam importância nesse estudo. Não se realizou a parte de custos, pois, cada empresa tem sua necessidade e adaptação para implantação da ferramenta da qualidade. O tempo depende de cada empresa, mas é necessário começar. Depende de todos os stakeholders para planejar, implantar e controlar cada ferramenta.

Dos 24 entrevistados, 17 (ou 70,83%) responderam que aplicam pelo menos uma ferramenta em sua empresa, 13 deles (ou 76,47%), utilizam como base a ferramenta de Fluxograma de Processos, essa ferramenta é eficaz, pelo fato de que é simples e visivelmente básica para entendimento de toda companhia.

Portanto, mediante a metodologia aplicada nesse estudo, observou-se pela participação das organizações, que entre elas, os setores que mais aplicam ou será aplicado as ferramentas da qualidade são: 10 respostas para departamento de produção,

e 5 respostas para os departamentos de almoxarifado, compras e vendas, assim para eles, conforme última questão abordada seria interessante para contribuir com a otimização dos processos, diminuiria os custos e alinharia os objetivos em comum dos stakeholders.

## 6 CONSIDERAÇÕES

O estudo de ferramentas da qualidade utilizadas no gerenciamento da cadeia de suprimentos em empresas de pequeno, médio e grande porte, mostrou-se a importância da implantação nas organizações, embora que, o objetivo geral foi estudar o comportamento das indústrias, analisando quais processos são comuns entre elas e as ferramentas mais utilizadas, foi adotada a metodologia de entrevista de soldagem de opinião, com elaboração de um questionário com 10 questões, buscando resultados quantitativos e qualitativos, esses resultados em questão foi demonstrado ao longo do trabalho sendo apresentado com auxílio de tabelas e gráficos, explanando: nome da empresa, porte, ramo de atividade, se a empresa conhecia o conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos, como também se é aplicado algum tipo de ferramenta da qualidade, abordando os tipos mais usados e os que poderiam ser implantados, foi pedido a opinião como sugestão de quais setores seriam aplicados essas ferramentas, e por fim, qual seria a importância das ferramentas na cadeia de suprimentos da corporação entrevistada. Tais resultados foram satisfatórios, em relação ao objetivo, pois, apesar das organizações conhecerem esses conceitos, as ferramentas mais utilizadas foram, respectivamente: fluxograma, 5W2H, Brainstorming e Diagrama de Ishiwaka, contudo, as empresas têm um ótimo direcionamento para aumentar seu lucro e visando sempre a satisfação do cliente.

## REFERÊNCIAS

Aragão, Leonardo Alves. **Melhorias realizadas através da utilização de ferramentas da qualidade**. Editora: Brazilian Journal of Development. Aracaju, Set, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-026>>. Acesso: 05 Jan, 2021.

BATISTA, Eraldo Carlos. MATOS, Luís Alberto Lourenço. NASCIMENTO, Alessandra Bertasi. **A entrevista como técnica de investigação na pesquisa qualitativa**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.11, n.3, p.23-38, TRI III 2017. ISSN 1980-7031. Disponível em: <<https://rica.unibes.com.br/rica/article/view/768/666>>. Acesso: 15 Mar. 2021.

Fabiana Gohr, Cláudia; de Azevêdo Faustino, Cinthia. **Gestão Da Qualidade Na Cadeia De Suprimentos**. Editora: Pretexto. João Pessoa, Jun, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21714/pretexto.v18i4.3220>>. Acesso: 03 Jan, 2021.

Fabrini Quadros Borges, Educelio Gaspar Lisboa, Hiogo Maciel da Silva Araújo y Silvane Vatrax. **Gestão da qualidade e as certificações: uma análise na cadeia de suprimento em uma empresa do setor madeireiro no município de Paragominas – PA**. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (marzo 2018). Disponível em: <[www.eumed.net/2/rev/oel/2018/03/setor-madeireiro-brasil.html](http://www.eumed.net/2/rev/oel/2018/03/setor-madeireiro-brasil.html)>. Acesso em: 11 jan, 2021.

Guarnieri, Patrícia; Hatakeyama, Kazuo. **Supply Chain Management Na Indústria Automobilística**. 1. ed. Editora: Revista Gestão Industrial. Ponta Grossa, Out, 2005. Disponível em: <[http://ava.grupouninter.com.br/tead/CCDD2/ccdd\\_Grad/gstProdIndustrial/cadeiaSuprimentos/a4/artigo.pdf](http://ava.grupouninter.com.br/tead/CCDD2/ccdd_Grad/gstProdIndustrial/cadeiaSuprimentos/a4/artigo.pdf)>. Acesso: 05 Jan, 2021.

Nogueira-Martins, Maria Cezira Fantini; Bogus, Cláudia Maria. **Considerações sobre a metodologia qualitativa como recurso para o estudo das ações de humanização em saúde**. Saude soc., São Paulo , v. 13, n. 3, p. 44-57, Dez. 2004 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902004000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902004000300006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 15 Mar. 2021.  
Oliveira, Nicollas; de Almeida Santos, Fernando. **Análise da Cadeia de Suprimentos de Uma Indústria de Bens de Capital**. 1. ed. Editora: Revista Academica. Rio Branco, Dez, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.22287/ag.v1i12.184>>. Acesso: 07 Jan, 2021.

Paulo Viana Junior, Arildo; Ruano da Silva, Caio. **Tecnologia Da Informação E Qualidade Do Relacionamento Em Gestão De Cadeias De Suprimentos Como Mecanismo De Redução Dos Custos De Transação**. 1. ed. Editora: Desafio Online. Campo Grande, Jan/ Abr, 2014. Disponível em: <<http://www.desafioonline.com.br/publicações>>. Acesso: 03 Jan, 2021.

Quadros Borges, Fabrini; Quadros Borges, Fabricio. **Gestão da qualidade e as certificações: uma análise na cadeia de suprimento em uma companhia**. 1. ed. Editora: Produto & Produção. Out, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.22456/1983-8026.43336>>. Acesso: 11 Jan, 2021.

Rolo Alves, Ana; Ramos Pires , António; Saraiva, Margarida. **Qualidade e Inovação Organizacional na Gestão da Cadeia de Abastecimento**. 3. ed. Editora: Associação Portuguesa para a Qualidade. Lisboa, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10071/13913>>. Acesso: 11 Jan, 2021.

## **ENERGIA SOLAR: SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID**

Isaac Felipe de Sousa Lourenço; Orientador Prof. Me. MARCOS PAULO DE SOUZA SILVA

<sup>1</sup>Aluno do Curso Engenharia Elétrica – Centro Universitário das Américas

### **RESUMO**

A geração de Energia solar vem ganhando bastante espaço no meio energético. Com o avanço da tecnologia e estudos, foi desenvolvido equipamentos como painéis solares que captam a luz do sol por meio da irradiação e transforma em energia elétrica em corrente contínua (CC), junto com os painéis o inversor que tem a função de converter a energia das placas CC para Corrente Alternada (CA), com esses equipamentos pode se utilizar a luz do Sol que é uma fonte inesgotável. Com isso surgiu o conceito de Geração Fotovoltaica On-Grid, na qual podemos ter nossa própria geração em paralelo com as redes de distribuição convencional, facilitando o uso da energia solar. Com todos esses avanços o artigo foi desenvolvido com o objetivo de exemplificar o quão viável é a utilização de fonte de energia renovável. Essa exemplificação foi realizada por meio de estudos e análises práticas em uma residência em São Paulo com intuito de mostrar de forma real que é possível e vantajoso a utilização do Sistema Solar On-Grid. Com os estudos e análises podemos dizer que é uma forma de investimento fácil e de ótimo retorno financeiro, e de forma que também estaremos contribuindo para melhorias no meio ambiente.

**Palavras Chaves:** Geração de energia, painéis solares, irradiação, corrente contínua, inversor.

### **ABSTRACT**

The generation of solar energy has been gaining a lot of space in the energy field. With the advancement of technology, equipment such as solar panels were developed that capture sunlight through irradiation and transform studies into direct current (DC) into electrical energy, together with the panels, the inverter that has the function of converting energy of the DC boards for Alternating Current (AC), these devices can use sunlight, which is an inexhaustible source. With this came the concept of On-Grid Photovoltaic Generation, in which we can have our own generation in parallel with conventional distribution networks, facilitating the use of solar energy. With all these advances, the article was developed with the aim of exemplifying how viable the use of a renewable energy source is. This example was carried out through studies and practical analyzes in a residence in São Paulo with the intention of showing the real way that the use of the On-Grid Solar System is possible and advantageous. With the studies and analysis, we can say that it is an easy investment and a great financial return, and so that we will also be contributing to improvements in the environment.

**Keywords:** Power generation, solar panels, irradiation, direct current, inverter.

## **INTRODUÇÃO**

O atual cenário energético brasileiro sofreu alteração, devido à diminuição das chuvas e conseqüente redução da energia gerada por hidrelétrica, associado à necessidade da utilização de termoelétricas causando um aumento no preço da energia, refletindo em uma demanda maior por energias renováveis e sustentáveis por meio de tecnologias dos mais diversos tipos. Com todas essas vertentes, diversos consumidores passaram a adotar o sistema solar fotovoltaico On-Grid, que tem como características gerar sua própria energia através de painéis solares. Dessa forma os aparelhos se alimentarão automaticamente pela Energia Solar Gerada. Caso a potência gerada seja superior à potência consumida, uma parte da energia (o excedente da energia) será exportada para a Rede Elétrica da Concessionária, passará pelo medidor de energia da distribuidora (o relógio de luz), que identificará essa energia como energia elétrica injetada gerando um Crédito Energético. Este artigo tem como objetivo identificar alternativas para a geração de energia elétrica renovável através do sistema solar On-Grid, e tornar viável a utilização de fonte de energia renovável, analisar o método utilizado para criação de energia renovável e criar uma solução viável e econômica para o setor.

## **MATERIAIS E METODOS**

Esse artigo foi desenvolvido por meio de uma aplicação prática de instalação de sistema fotovoltaico On-Grid, na qual foi escolhida cuidadosamente uma residência na região Sul de São Paulo e analisado minuciosamente o seu consumo durante os últimos 12 meses, que antecederam o início da elaboração da pesquisa.

Após a extração desse relatório constando o consumo, foi feito o dimensionamento do sistema necessário para o perfil de consumo da residência. Depois de realizado o dimensionamento foi elaborado um memorial de custo com a finalidade de ser apresentado para o cliente, de forma clara, para que ele entenda a viabilidade da instalação do sistema, junto com a análise de cálculo, exemplificando seu retorno e as vantagens do investimento, bem como seu retorno financeiro após a quitação do

sistema.

### **Metodologia de pesquisa**

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas, análises quantitativas e análises comparativas, através de estudos já realizados a respeito do tema e estudo de campo.

No geral, o sistema fotovoltaico é uma grande aposta para os próximos anos, com o aumento da energia de concessionárias, diversas empresas e pessoas físicas estão apostando no investimento de geração própria para economia. Com isso, é possível fazer uma análise comparativa apontando para os benefícios da aquisição desse sistema.

Será feito então a análise de uma residência, comparando os gastos com energia comum e posteriormente qual retorno seria possível com a aquisição de um sistema On-Grid.

### **RESULTADO E DISCUSSÃO**

Nos próximos tópicos, será abordado os principais pontos da pesquisa realizada, a respeito da instalação do sistema fotovoltaico on-Grid, bem como suas aplicações, vantagens e como na prática é feita essa instalação e pesquisa de viabilidade para o usuário.

É importante para compreensão, analisarmos como foi o surgimento desse sistema e sua evolução, para assim entendermos o seu avanço e por fim sua aplicação atual.

#### **Aplicação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**

No início dos anos 90, ocorreu a evolução tecnológica dos Drives Inversores de Frequência (conversor de corrente contínua para corrente alternada). Essa evolução tinha como característica a redução do dimensionamento e atendimento a requisitos de segurança, ligando diretamente as placas solares à rede da distribuidora de energia. Surgiu assim o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede tem como requisito necessário para sua aplicação, a capacitação dos inversores para realizar o chamado “sincronismo”, em

termos práticos, gerar eletronicamente a corrente alternada de forma similar a um gerador eletromagnético comum. Outro requisito importante é sua capacidade de desligar e ligar automaticamente, caso assim seja necessário, para que possibilite a realização de manutenção nas linhas elétricas, assim como também nos cabos de força das redes, por exemplo.

Os requisitos de segurança foram estendidos em razão da evolução tecnológica dos sistemas, surgindo também requisitos de qualidade e energia, chegando então aos atuais inversores interativos conectados à rede, que são equipamentos considerados inteligentes e capazes de gerenciar de forma automática o sistema fotovoltaico. No Brasil a aplicação do SFCR teve início em abril de 2012 com a publicação da Resolução Normativa 482/2012, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, permitindo então que os brasileiros gerem a sua própria energia utilizando fontes renováveis (solar, eólica, biomassa, hidráulica).

### **Primeiras células fotovoltaicas**

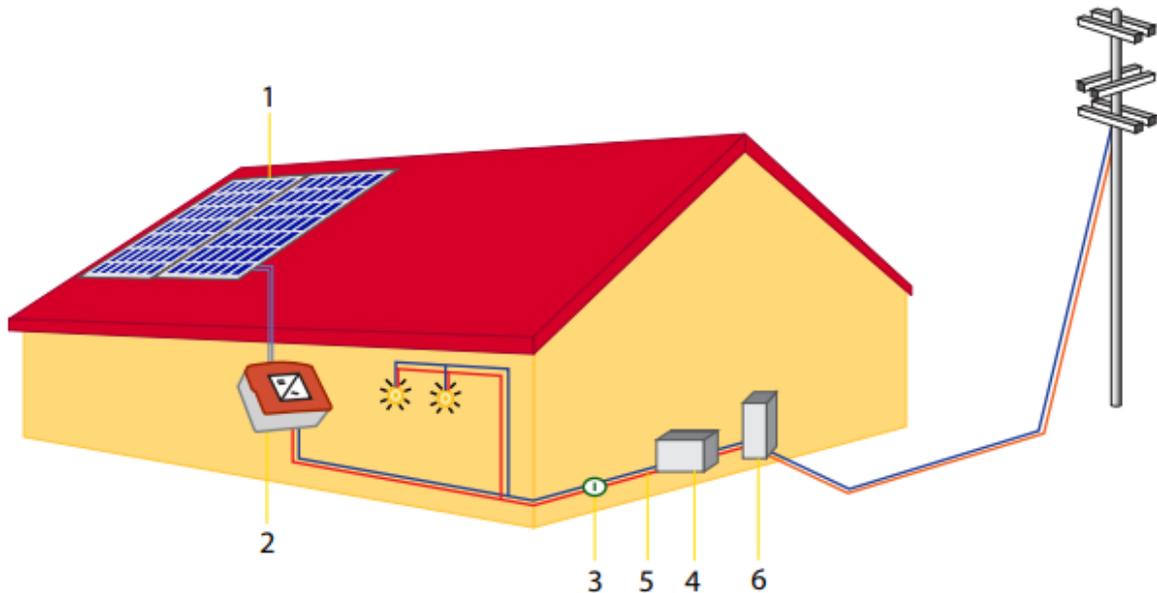
O inventor norte americano William Grylls Adam, e seu aluno Richard Day desenvolveram no ano de 1877 o primeiro dispositivo sólido de foto produção de eletricidade após a descoberta do efeito fotovoltaico por Becquerel.

O dispositivo sólido obteve uma eficiência de conversão de 0,5% que posteriormente foi duplicada para 1% por Charles Fritts, após construir as primeiras células solares verdadeiras.

A energia solar teve início em 1954, por meio do químico Calvin Fuller de Nova Jersey, nos EUA, quando o mesmo iniciou processo de dopagem do silício, colaborando para o desenvolvimento de células que exibiam eficiências recorde, sendo de aproximadamente 6%.

No ano seguinte a sua apresentação, a célula de silício teve sua primeira aplicação como fonte de alimentação de uma rede telefônica na Geórgia.

Com isso, a tecnologia começou a evoluir a um ritmo acelerado e hoje, podemos encontrar painéis solares com mais de 20% de eficiência – painéis de alta eficiência podem produzir até 25% mais energia se comparado a maior parte dos vendidos nos últimos anos.



*Figura 1 Sistema conectado à rede. Fonte: Blue solar: Os sistemas de energia solar fotovoltaicas pag 17.*

- 1 – Módulos Fotovoltaicos
- 2 – Inversor On-Grid – Responsável por transformar a corrente contínua do painel em corrente alternada, compatível com a eletricidade da rede.
- 3 – Interruptor de Segurança.
- 4 – Quadro de Luz - Responsável pela distribuição de energia da casa.
- 5 – A eletricidade alimenta os aparelhos.
- 6 – A sobra de energia gerada retorna para a concessionária gerando crédito.

### **Energia solar fotovoltaicas**

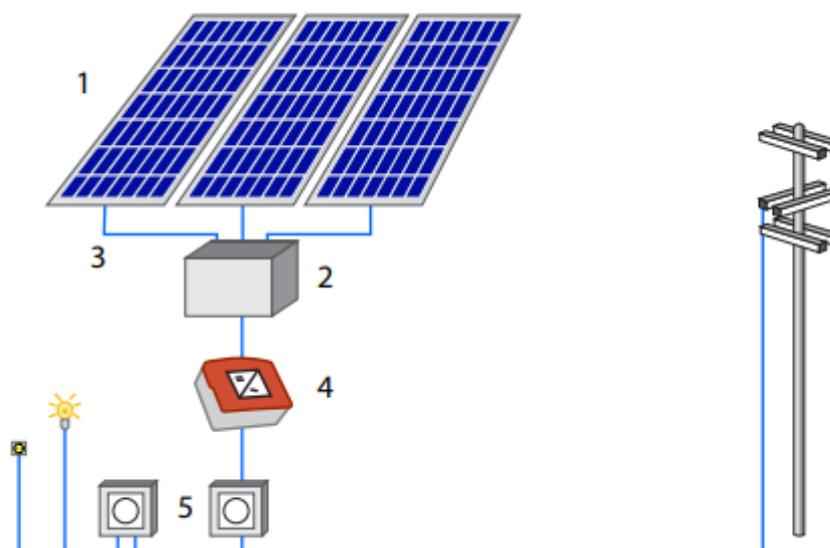
A energia Solar é uma fonte de energia renovável e altamente sustentável, procedente da luz e calor do sol, que pode ser aproveitada e utilizada por diversas tecnologias, como por exemplo, energia solar fotovoltaica. É uma energia limpa, obtida de forma natural, que não gera impactos ao meio ambiente, consumir energia 100% limpa é o jeito mais eficiente de compensar a emissão de gases de efeito estufa à atmosfera terrestre, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>).

O sol é considerado a principal fonte de energia do nosso planeta, além de se tratar também de um recurso infinito. É enviado para a Terra, uma grande quantidade de

energia solar, nas formas de luz e calor, sendo um recurso importante para suprir as necessidades mundiais em quantidade satisfatória, porém apenas uma pequena parcela é aproveitada dessa energia.

A energia fotovoltaica é hoje umas das fontes de energia limpa (não poluente), que mais cresce no mundo, o sistema fotovoltaico podendo trabalhar de forma conjugada com a energia convencional fornecida pela concessionária, proporcionando maior economia ao sistema. São classificados como métodos de captura de energia solar, direto ou indireto, passivo ou ativo.

A aplicação de energia fotovoltaica é de extrema importância, principalmente em regiões que necessitam de energia complementar, mas que não possuem uma área de cobertura suficiente disponível para a integração dos módulos solares, em termos construtivos, os módulos de energia fotovoltaica podem ser integrados em qualquer área que receba irradiação solar.



*Figura 2 Componentes de um sistema fotovoltaico on-grid. Fonte: Blue solar: Os sistemas de energia solar fotovoltaicas p. 18.*

### **Estudo de caso energia solar fotovoltaicas.**

Após a realização de uma pesquisa de campo em uma residência na Zona Sul de São Paulo, com base no consumo da conta de energia, foi feito o dimensionamento de acordo com a Irradiação do local.

Para realização do projeto encontramos a média de consumo dos últimos 12 meses totalizando 120kwh com fornecimento monofásico, para que seja possível dimensionar a necessidade de placas solares e equipamentos necessários. Com isso chegamos ao orçamento da instalação do sistema On-Grid de 9.115,00 reais.

DIMENSINAMENTO DE PLACAS							
média de consumo (KW/mês)	média de consumo (W/mês)	Irradiação São Paulo(KWH/m <sup>2</sup> )					
120	120000	4,5					
Placas (W)	média de consumo (W/dia)	Consumo a debitar (KWH/mês)					
330	4000	120					
Quantidade de Placas	média de consumo (kW/dia)	Consumo diário (WH/dia)					
3	4	1,1					
<b>POTENCIA TOTAL W</b>							
1111							
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇOS			TOTAL
				MATERIAL	MÃO-DE-OBRA	UNITÁRIO	
1							
1.1	Painel Solar de 330W	PÇ	03	1.120	45,00	1.165,00	3.495,00
1.2	Inversor de Corrente 3kw	PÇ	01	4.650,00	80,00	4.730,00	4.730,00
1.3	Quadro externo de conjunto	PÇ	01	120,00	20,00	140,00	140,00
1.4	Cabo Solar 4mm 1,8kv	M	20	7,50	5,00	12,50	250,00
1.5	verbas de fixação	VB	01		500,00	500,00	500,00
<b>SUBTOTAL</b>							<b>9.115,00</b>
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>9.115,00</b>

*Figura 3: Projeto energia solar residência, embasado na irradiação de São Paulo. Autoria própria Lourenço, Isaac Felipe de Sousa - Centro Universitário das Américas – FAM*

Com base no custo da média mensal do proprietário que é de 120kwh e 155,20 reais. A partir da sua geração própria, podemos chegar a isenção de custo de 94% na conta mensal, gerando uma economia de 145,88 reais. A economia de 100% não pode ser alcançada devido a taxa mínima da instalação que não é isenta e a COSIP.

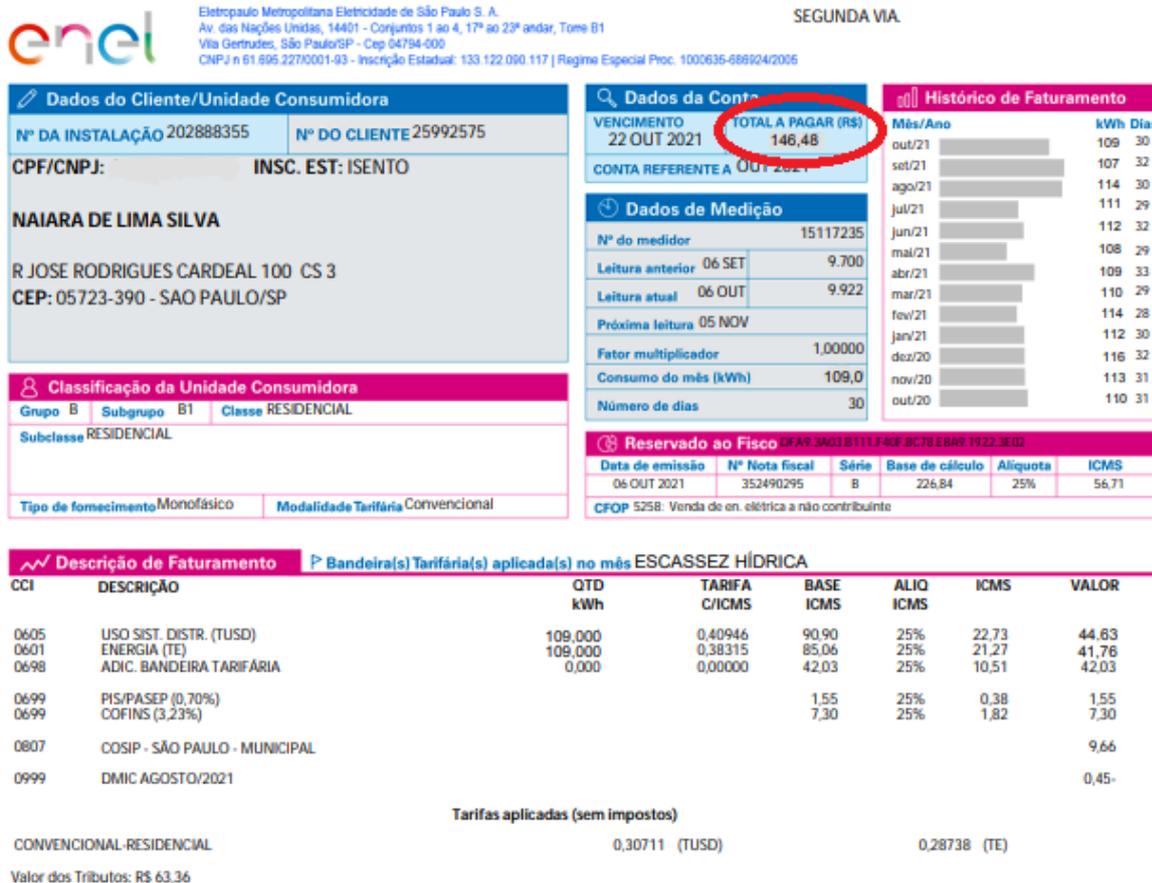


Figura 4: Conta de energia da concessionária ENEL.

Analisando os dados de custos das taxas das contas e valores da instalação podemos chegar a seguintes conclusões:

$$\text{Retorno financeiro} = \text{valor instalação} / \text{economia mensal} = \text{tempo de quitação}$$

$$\text{Retorno financeiro} = 9.115 / 155,88 = 59 \text{ meses}$$

O proprietário da residência pagando o investimento apenas com o valor do retorno mensal ele gastaria 59 meses para quitar o investimento que daria 4 anos e 8 meses.

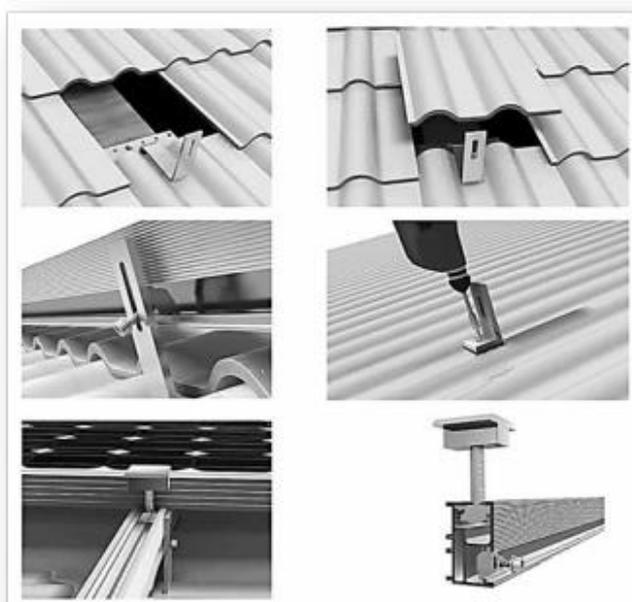
### Estrutura e suporte para telhado

Após realizado o processo de levantamento de informações para a instalação e apresentado ao cliente, partimos enfim para o processo de estrutura e suporte do sistema fotovoltaico On-Grid.

Esse ponto da implementação do sistema, é de extrema importância, pois uma instalação mal-feita, faz com que todo esforço seja vão, pois pode gerar transtornos para o cliente e até mesmo refletir em sua economia, por conta dos custos que podem ser gerados com reparações, tornando inviável a instalação.

Na residência em questão, o cliente possui um telhado de Brasilit. Fizemos uma análise da estrutura inclinação da telha, para definir a posição correta do sistema, para melhor captação da irradiação e a compensação em períodos em que ela estiver menor.

Para instalação dos módulos no telhado, foi necessário fixar um suporte por meio de presilhas escolhidas de acordo com o perfil de instalação.



*Figura 5:* Detalhes das presilhas e perfil de suporte dos módulos para telhados

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema solar On-Grid é prático e economicamente viável em uma casa, sendo bastante eficaz na diminuição da conta de energia elétrica. Além de racionalizar o uso da energia como um todo, proporciona e beneficia tanto a concessionária quanto para o consumidor.

O estudo realizado viabiliza a implementação desse sistema solar, realizamos

uma análise do valor a ser investido nessa aplicação, mostramos que é vantajoso e que gera diversos benefícios, além de que o retorno investido na instalação do Sistema Solar é em pouco tempo. Podemos destacar os principais benefícios como, economia de aproximadamente 94% na geração de energia para o usuário, benefícios ao meio ambiente, pois não há emissão de gases poluentes na geração dessas energias, além do sistema possuir durabilidade garantida de 25 a 30 anos, com até 87% de rendimento em sua geração. Por fim, além dos diversos benefícios que o sistema solar traz para o meio ambiente estamos corroborando com o uso consciente de energia e eficiência energética, que por sua vez contribui para um mundo melhor, com menos poluição.

## REFERÊNCIAS

**ANEEL, Geração distribuída – Micro e minigeração.** Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>

**CONHEÇA a história da energia solar.** Incentive energia solar, Disponível em:

<https://incentivesolar.com.br/conheca-a-historia-da-energia-solar/2018>. Acesso em 13/04/2021

**GALDINO, M. A., 2012,** "Análise de custos históricos de sistemas fotovoltaicos no Brasil". IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES, São Paulo, 18 a 21. Disponível em: Set

[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IV-CBENS/Artigo\\_custos\\_historicos\\_IVCBENS.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IV-CBENS/Artigo_custos_historicos_IVCBENS.pdf)

**GALDINO, M. A.; VISCONTI, I. F. e OLIVIERI, M. M. A., 2012,** "Estudos de impactos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no sistema isolado de Parintins-AM". IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES, São Paulo, 18 a 21 Set. Disponível em:

[cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IVCBENS/Artigo\\_impactos\\_Parintins\\_IVCBENS.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/IVCBENS/Artigo_impactos_Parintins_IVCBENS.pdf)

**GALDINO, M. A.; SILVA, P. C. e MASI, M., 2010,** "Sistemas fotovoltaicos para os parques municipais da cidade do Rio de Janeiro". III Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belém, 21 a 24 Set. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/III-CBENS/69006.pdf>

**GOMES, Leonardo Neto. MASSA, Adilson. FLORIAN, F. ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID E OFF-GRID.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº. 000187, 10/12/2019. Disponível em:

<https://semanaacademica.com.br/artigo/estudo-do-sistema-fotovoltaico-grid-e-grid>. Acesso em: 11/10/2021.

**ROSA, Rodrigo Santa.** Engenheiro de Automação e Controle. Disponível em:

<http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcr-on-grid>). Acesso em: 11/04/2021.

**SOUZA, RONILSON DI,** "Os sistemas de energia solar Fotovoltaica". Blue Sol Educacional Energia Solar, Jardim América, Ribeirão Preto – SP. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>

## UniCHECK\_: Gerenciador de eventos

Carolina Miyuki Ushikoshi da Paz<sup>1</sup>; Josinei dos Santos Araujo<sup>2</sup>; Lowhans Silva Sousa de Melo<sup>3</sup>;  
Larissa Vitória Soares Rodrigues<sup>4</sup>; Orientador Prof. Me. Claudio Barboza Ferreira Junior<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Aluna do Curso de Engenharia – Centro Universitário das Américas

<sup>5</sup>Docente de cursos de graduação – Centro Universitário das Américas

### RESUMO

Eventos sociais mecanismo interativos de preservação de relações sociais entre diversas pessoas. No caso das organizações, que utilizam desse meio como estratégias de negócio, estão focadas em atrair seu público-alvo específico, aliar gestores e colaboradores, consolidar a imagem no mercado, favorecendo produtos e/ou serviços, dentre outros. Com o decorrer dos anos, os contextos sociais nos quais os eventos acontecem, assim como as expectativas dos públicos, tornaram-se mais complexos e indistinguíveis, sendo necessário assim um planejamento mais elaborado e relativamente mais complexo para atender as expectativas dos participantes buscando formas de otimizar a utilização dos recursos e minimizando perdas. Valendo-se da condição de estudantes do Centro Universitário das Américas -FAM e do grande número de alunos que a instituição possui, torna-se necessário um sistema de gerenciamento de eventos integrado à um banco de dados que possa, de forma prática e rápida, cadastrar participantes, melhorando a logística, gerando relatórios de engajamento para as decisões futuras e melhorias da gestão. Este projeto tem como objetivo a construção de um software capaz de controlar e classificar os participantes dos eventos da FAM, bem como fornecer os dados para análise de desempenho para os gestores. O trabalho irá descrever os processos de criação, detalhamento das tecnologias e métodos utilizados, do mesmo modo demonstrar a aplicação das funcionalidades.

**Palavras-chave:** Software; Projeto de programação; Leitor de QR-Code.

### ABSTRACT

*Events are increasingly being used by individuals as a mechanism to align and preserve social relationships with other people. In the case of organizations that use this means as*

*business strategies intending to attract their target audience, bring managers and employees together, consolidate the image in the market, favor products and/or services, among others. Over the years, the contexts in which events take place, as well as the public's expectations, have become more complex and rigorous. In view of this, it is necessary that events are well planned so that their purpose is achieved, in order to optimize the use of resources and minimize losses.*

*Due to the large number of students in the institution, an integrated system to a database that can, in a practical and fast way, register, improve logistics, save, and generate an engagement report for future management decisions becomes necessary. This project aims to build a software capable of controlling and classifying the participants of the college events, as well as providing statistical data. The work will describe the creation processes, detailing the technologies and methods used, as well as demonstrating the application of the functionalities.*

**Keywords:** Software; Programming Project; QR-Code Reader.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Giacaglia (2008), os eventos vêm se tornando cada vez mais essenciais à vida das empresas. Conforme as proporções e finalidades dos eventos de negócios aumentam, é necessário profissionais capazes de planejar e executar, com eficácia e em curto espaço de tempo, as inúmeras e complexas tarefas relacionadas a essa atividade.

Bizarro (2015) declara que os eventos se tornaram importantes ferramentas das estratégias de marketing, de desenvolvimento social e econômico para as empresas, tanto do setor privado como do setor público. O autor ainda acrescenta que um evento está sujeito a diferentes riscos que podem comprometer o seu objetivo, conquanto, para minimizar a possibilidade de ocorrência, é fundamental a gestão eficiente do evento, utilizando-se de bons recursos.

Paralelo a isso, Silva, Martins e Moreira (2015) afirmam que os recursos tecnológicos quando aliados as atividades executadas dentro das organizações, se utilizados de forma correta, ajuda a melhorar os processos e aumentar a produtividade. Os profissionais que incorporam as tecnologias às suas atividades corporativas e desfrutam de seus benefícios, mantêm grande potencial de crescimento profissional. (FARIAS, 2018, p.10).

Desde os primórdios, o homem fez do deslocamento uma atividade diária, inicialmente era atrelado com a sua sobrevivência, já com o passar dos tempos, passou a incorporar outras razões, das quais, podem ser citadas a necessidade de reunir-se para

tratar de assuntos diversos do interesse da sociedade. Desta maneira, os eventos surgiram a partir do deslocamento humano (MATIAS, 2010).

Na Idade Média eventos como os concílios e as representações teatrais, se tornaram destaques na história, bem como as feiras comerciais, sendo ocasiões nos quais são realizadas as trocas comerciais entre os indivíduos. Esse modelo de feira ao longo dos anos foi passando por grandes transformações, até apresentar as características das atuais feiras que ocorrem em amplos pavilhões e exposições.

Conforme Melo Neto (2007, p.20), evento é “qualquer fato que pode gerar sensação e por isso ser motivo de notícia”. Ainda de acordo com o autor, o sucesso de um evento está relacionado com as sensações que ele proporciona, antes, durante e após a sua realização.

Através disso, é perceptível a importância de o evento ser bem organizado e planejado, o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) (2000) aborda, que os eventos podem ser classificados de quatro formas: pela sua dimensão, data, perfil dos participantes e objetivo.

Giacaglia (2008) informa que os estudos realizados pelo Sebrae e pela Federação Brasileira de Conventions & Visitors Bureaux, demonstram que em 2002, os eventos geraram negócios superiores a 45 milhões, e o número de eventos no Brasil está se expandindo com média anual de 7%, segundo os dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas Organizadoras de Eventos.

O momento pós-evento, é muito importante, uma vez que é nessa fase que o organizador e a gestão farão um levantamento dos resultados obtidos para que ocorra a comparação com os objetivos esperados, essas informações constam no relatório final do evento. As considerações finais servirão para a organização dos próximos eventos (SILVA, 2003). Os sistemas de informação assumem o papel de auxiliar na coleta e armazenagem de informações que irão ajudar na tomada de decisão (TEÓFILO; FREITAS, 2007).

Foi realizado pela empresa de pesquisa comScore em 2017 um estudo com 13 países, entre eles o Brasil, sobre a utilização das tecnologias móveis. No Brasil, os aplicativos responderam por 80% do tempo gasto na internet através do celular. O estudo declara que os principais benefícios dos dispositivos móveis são a segurança, facilidade de navegação e a privacidade proporcionada (COMSCORE, 2017).

A associação americana, Global Business Travel Association (GBTA) (2006), realizou uma pesquisa com 94 organizadores de eventos nos EUA, com isso demonstrou que 57% dos profissionais entrevistados utilizam algum tipo de tecnologia ou software para o gerenciamento de eventos ou reuniões, assim como 96% declararam que consideram importante a utilização de tecnologias como forma de auxiliar esse procedimento.

O presente *software* visa, facilitar o acesso aos eventos, através de em um simples cadastro, o qual só precisa ser preenchido uma vez, os dados fornecidos pelo aluno são automaticamente enviados ao servidor *SQL*, onde armazena os dados pessoais e atrela o ID do aluno a um token único, sendo possível utilizá-lo como ingresso. Por conseguinte é codificado em um *QR Code*, que basta ser impresso ou salvo pelo aluno, em seu celular.

Desta forma, na entrada do evento, um membro da organização poderá ler o ingresso utilizando uma extensão da aplicação. O leitor de *QR Code* do *uniCHECK\_* é totalmente *web-based*, e pode ser disponibilizado na intranet da universidade. Uma vez validado, a confirmação de presença do aluno é encaminhada ao servidor *SQL* e sua entrada é liberada.

Por fim, ao final do evento, os gestores e/ou organizadores podem visualizar relatórios dos eventos, das edições atuais e passadas, com os dados armazenados no servidor, sendo possível analisar, de forma prática, as taxas de engajamento. Desta forma, auxiliando na tomada de decisão por parte da universidade que, será capaz de administrar as inscrições para cada evento promovido.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para à construção da interface gráfica do usuário (IGU), foram utilizados *HTML*, *CSS* e *React Javascript*. O *PHP* permitiu realizar a leitura do *QR Code*, a comunicação entre a aplicação e o banco de dados do *MySQL*. De modo final, com *Ecmascript* foi criado o processo de execução do lado do cliente, sem necessariamente realizar a conexão com o servidor.

São definidos 3 tipos de utilizadores. Sendo eles:

- a. Alunos da instituição (FAM), devidamente matriculados e com situação regular;

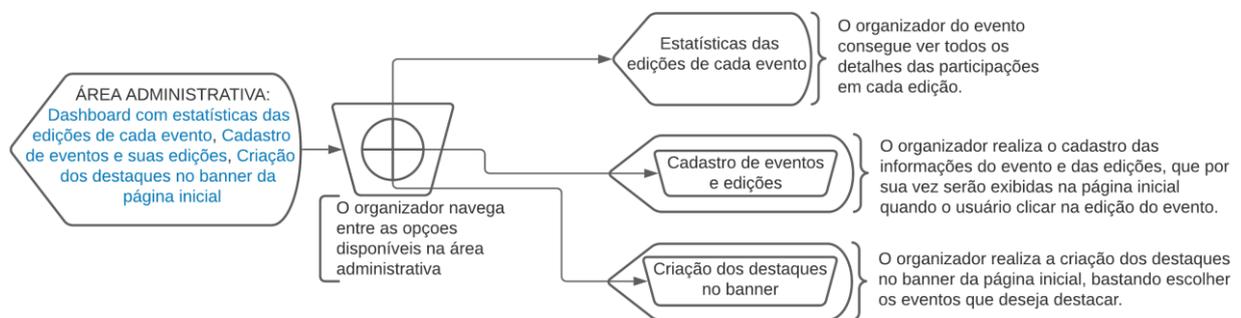
- b. Auxiliares operacionais presentes nos eventos, os quais farão a leitura dos códigos QR (ingressos), validando suas entradas;
- c. Gestores e/ou administradores do evento (Coordenação), visualizarão o relatório final de engajamento.

Nota-se que, é imprescindível que todos os utilizadores tenham um dispositivo com acesso à internet para usufruir da aplicação. Além disso, o usuário no item “b” também precisa ter uma câmera conectada ao aparelho. O sistema não será acessível para *Internet Explorer*, abaixo da versão 11.

## 2.1 FLUXOGRAMA

A figura 1, exemplifica o processo de uso da área administrativa do Software, que consiste em gerenciar os eventos e banners.

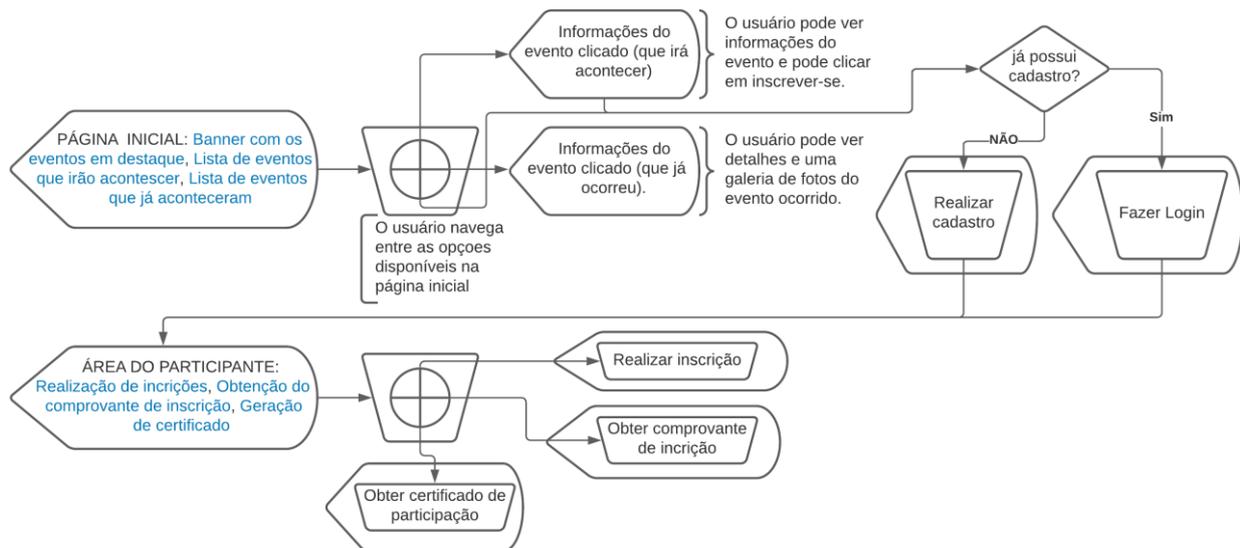
**Figura 6 - Área Administrativa**



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 2, caracterizada pela experiência do usuário, com o detalhamento do processo de navegação pela página inicial. Nessa página é possível ver os eventos disponíveis, os que já ocorreram, bem como fotos e vídeos. Ao final do evento, o certificado estará disponível para download/impressão.

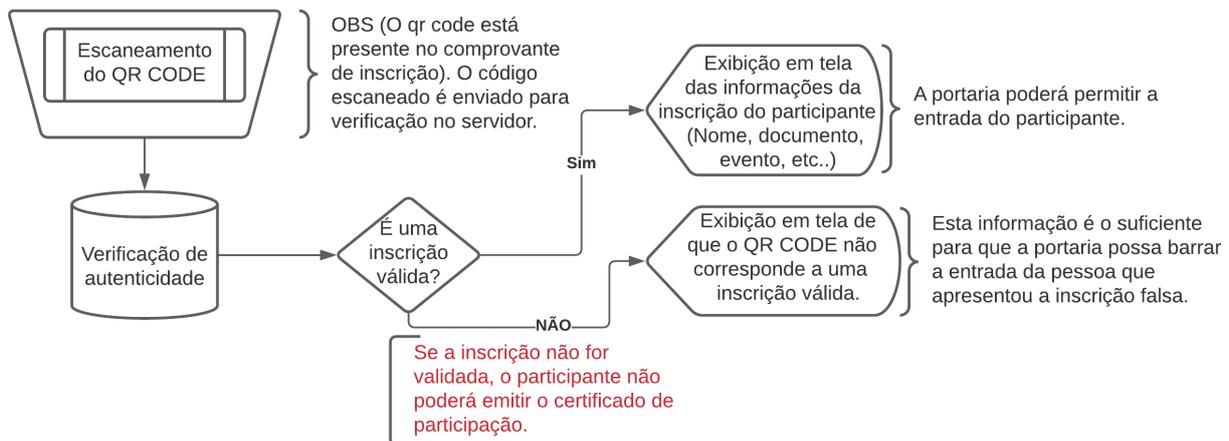
**Figura 2 – Página Inicial**



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 3, é representado o funcionamento do aplicativo de validação, utilizado pela portaria do evento para validar as inscrições via *QR Code*, ocorrendo a liberação ou não da passagem do participante.

Figura 3 – Aplicativo de Validação



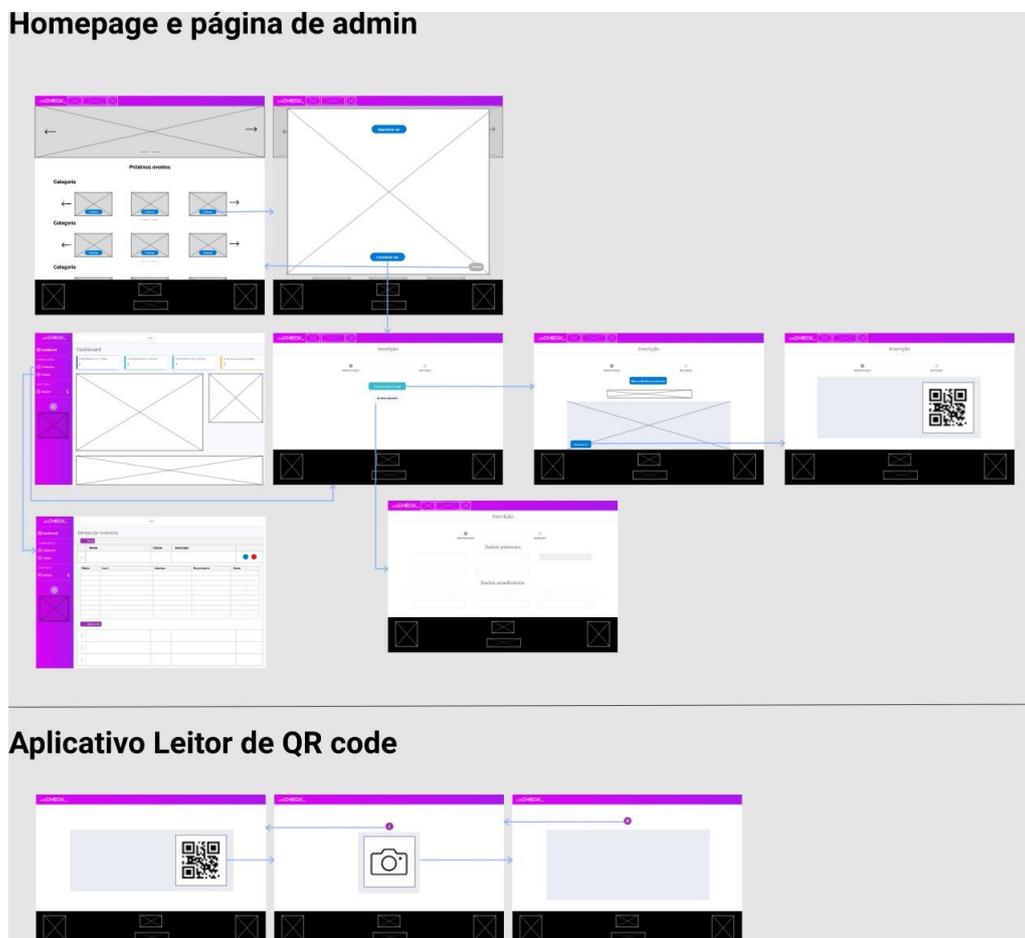
Fonte: Elaborado pelos autores

### 2.3 WIREFRAME

O Wireframe, é um protótipo da página de um site ou aplicativo. Antes da elaboração do layout, é criado um rascunho, facilitando a visualização do produto final, sendo possível ajustar o esboço quanto for necessário. Ele serve como um guia que

auxilia na diagramação da página, é utilizado também na implementação de uma nova funcionalidade no aplicativo da empresa.

**Figura 4 – Wireframe do Aplicativo**



Fonte: Elaborado pelos autores

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

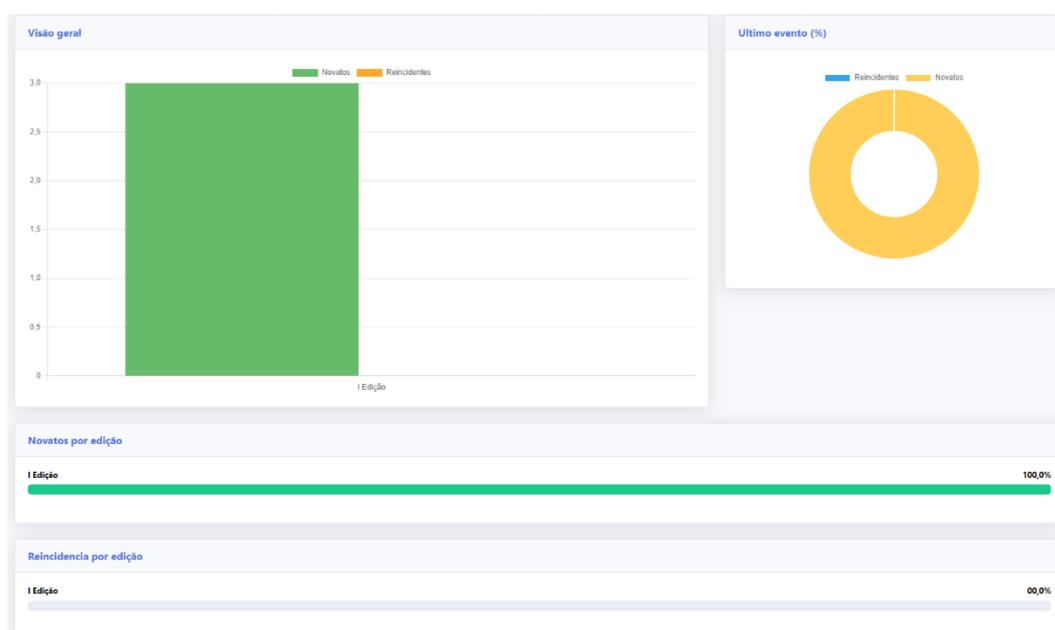
Após a finalização do desenvolvimento do software, conseguimos desenvolver um gerenciador completo de eventos, que abrange a criação de eventos, divulgação de eventos, cadastro/login de usuários, inscrição de usuários em eventos, validador de entrada nos eventos, gerador de certificados e uma área voltada a parte administrativa, com dados e estatísticas.

A área de dashboard administrativa do sistema, tem uma grande importância para o gerenciamento e criação de eventos, porque nesta área podemos obter por exemplo as

informações referentes a participação de pessoas novatas e reincidentes relacionado a um evento e suas respectivas edições que já ocorreram.

Para fins de testes, inserimos algumas informações no banco de dados, foi criado um evento com o nome “Jornada da Fisioterapia da Fam”, é a primeira edição deste evento, inserimos 3 participantes, consideramos que estes participantes já estão confirmados no evento através do aplicativo de validação, a partir dessas informações obtivemos os seguintes dados:

**Figura 5 - Dashboard administrativa**



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme o resultado, por ser a primeira edição do evento, todos os participantes são computados como “Novatos”, as informações referente a estes participantes ficam guardadas em nosso banco de dados, caso estas mesmas pessoas participem das próximas edições do evento, o software distingue essas pessoas como “Reincidentes”, além disto a aplicação retorna essas informação em três tipos de demonstração de dados, gráfico em barras, gráfico circular e um medidor, essas informações podem auxiliar o gestor da ferramenta a tomar decisões mais assertivas para melhoria continua dos eventos divulgados no site.

#### 4. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das afirmações realizadas por Giacaglia e Bizarro, entendemos a importância dos eventos principalmente no âmbito privado e público, dado o fato que os eventos são utilizados como uma importante estratégia de marketing para as empresas e que há uma contínua expansão dos eventos no país. Mas observa-se também que uma má gestão de eventos pode trazer riscos para atingir os objetivos esperados, através desta afirmação, nasce a necessidade do desenvolvimento de tecnologias capazes de otimizar e gerir os eventos de forma mais eficiente, tecnologias que auxiliem o gestor a transformar os eventos em dados metrificáveis além da facilidade de criação e divulgação dos mesmos na internet. O software desenvolvido Unichack une diversas propostas para gestão, uma plataforma Web-based integrada a uma solução de escaneamento de QR-code, desenvolvido em linguagens de programação que visa a escalabilidade do software e possíveis melhorias que podem ser realizadas, com o objetivo de evitar a obsolescência da aplicação, atendendo a necessidade de uma gestão eficiente e facilitada de eventos com a criação, publicação e divulgação no site, facilitando o processo de inscrição e verificação dos participantes nos eventos e a metrificação destes dados para melhoria contínua dos eventos.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BIZARRO, V. L. T. **Gestão de eventos - ferramenta de comunicação para as marcas: um estudo de caso de fatores de dificuldade e sucesso.** 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Empreendedorismo, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, 2015.
- COMSCORE (Estados Unidos). **The 2017 U.S. Mobile App Report.** Virgínia, 2017. Color. Disponível em: <https://www.comscore.com/por/Insights/Presentations-andWhitepapers/2017/The-2017-US-Mobile-App-Report> . Acesso em: 24 nov. 2021.
- CONTENT, Redator Rock. **Wireframe: quais os tipos e as principais ferramentas de criação.** 2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/wireframes/>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- Disponível em: [https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6567/1/Dissertação\\_Vera](https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6567/1/Dissertação_Vera). Acesso em: 24 nov. 2021.

FARIAS, Ana Paula dos Santos. **AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO COMO FERRAMENTA DE APOIO À ORGANIZAÇÃO DE EVENTOS**. 2018. 58 f. Tese (BACHAREL) - Curso de Secretariado Executivo, A Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: [http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/34790/1/2018\\_tcc\\_apsfarias.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/34790/1/2018_tcc_apsfarias.pdf). Acesso em: 24 nov. 2021.

GIACAGLIA, M. C. **Organização de eventos: teoria e prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. \_\_\_\_\_ . **Organização de eventos: teoria e prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

GLOBAL BUSINESS TRAVEL ASSOCIATION. **Technology's Role in Event Planning**. 2016. Disponível em: <http://blog.gbta.org/2016/10/27/technologys-role-in-event-planning/>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MATIAS, M. **Organização de eventos: procedimentos e técnicas**. 5. Ed. – São Paulo: Manole, 2010.

MELO NETO, F. P. **Marketing de eventos**. 5º ed. - Rio de Janeiro, 2007.

SENAC, DN. **Eventos: Oportunidades de novos negócios**. Rio de Janeiro: Ed. Senac Nacional, 2000.

SILVA, S. R. **“Eu não vivo sem celular”**: sociabilidade, consumo, corporalidade e novas práticas nas culturas urbanas. Intexto, n. 17, 2007.

TEÓFILO, R. B; FREITAS, L. S. **O uso de tecnologia da informação como ferramenta de gestão**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 4, 2007, Resende. Rio de Janeiro: Seget, 2007. p. 1 - 12. Disponível em: [https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/652\\_SEGET\\_roro.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos07/652_SEGET_roro.pdf). Acesso em: 24 nov. 2021.

## ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO/SP – ESTUDO DE CASO

ALVES, A. L. O.<sup>1</sup>; Orientador Profº. Ms.C. OLIVEIRA, D. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do Curso Engenharia Ambiental – Centro Universitário das Américas

<sup>2</sup>Docente de cursos de graduação – Centro Universitário das Américas

### RESUMO

A quantidade de postos de combustíveis está diretamente relacionada a quantidade de áreas contaminadas cadastradas na CETESB. As contaminações são um problema de saúde pública e as áreas contaminadas devem ser identificadas e monitoradas, principalmente quando apresentam risco imediato à população. O objetivo do presente estudo é o levantamento de dados referente a contaminações em decorrência de atividades retalhistas de combustíveis na região metropolitana de São Paulo, os principais tipos de compostos normalmente encontrados em locais contaminados por combustíveis e descrever de forma breve como essas contaminações ocorrem, utilizando um estudo de caso como exemplo.

**Palavras-chave:** Áreas Contaminadas; Postos de Combustíveis; Combustíveis Líquidos; São Paulo; Atividades Retalhistas de Combustíveis; Complexo do Embu.

### ABSTRACT

*The number of gas stations is directly related to the number of contaminated areas registered with CETESB. Contamination is a public health problem and contaminated areas must be identified and monitored, especially when they present an immediate risk to the population. The aim of this study is to collect data on contaminations due to fuel retailing activities in the metropolitan region of São Paulo, the main types of compounds normally found in locations contaminated by fuels and briefly describe how these contaminations occur, using a case study as an example.*

**Keywords:** *Contaminated Areas; Fuel Stations; Liquid Fuels; São Paulo; Fuel Retail Activities; Embu Complex.*

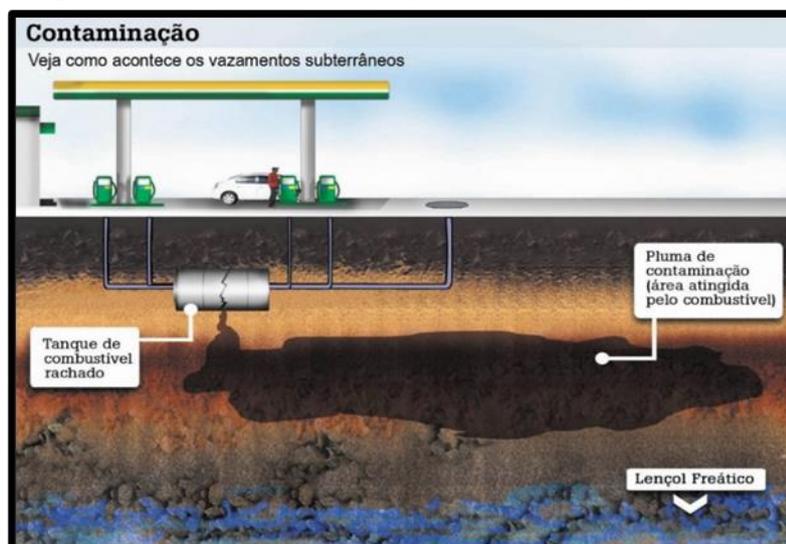
## INTRODUÇÃO

O Brasil possuía, até o ano de 2019, cerca de 40.970 postos de combustíveis devidamente cadastrados na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Deste total, cerca de 8.529 se localizam na cidade de São Paulo – SP, o que a torna a cidade com maior número de postos de combustíveis no país.

Os postos de combustíveis normalmente utilizam tanques subterrâneos para armazenar combustíveis líquidos, conhecidos como Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis – SASC. Os materiais utilizados nesses tanques devem ser aço carbono ou resina termofixa reforçada com fibra de vidro, conforme descreve a CONAMA 273/2000 (BRASIL, 2000).

De acordo com Ferreira (2000), quando utilizamos o termo “Área Contaminada” com relação às atividades de armazenamento e transporte de combustíveis líquidos, os primeiros pontos que normalmente sofrem impactos ambientais negativos são o solo e a água subterrânea, visto que, quando estas substâncias não são contidas de forma adequada, muitas vezes acabam percolando através do solo e atingindo lençóis freáticos (Figura 1).

**Figura 1** – Pluma de Contaminação no Solo e Lençol Freático



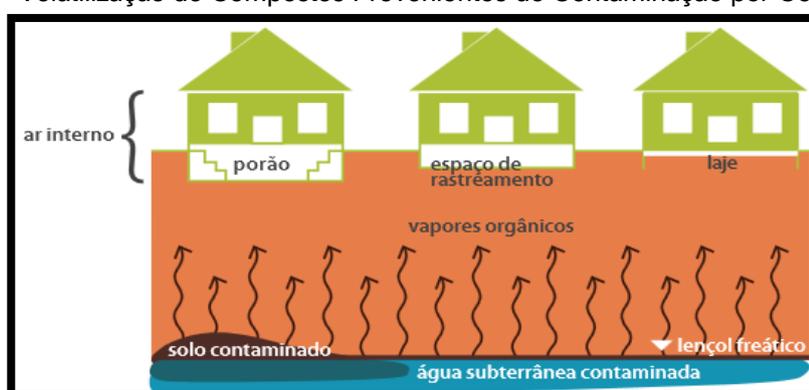
Fonte: BR POSTOS, (2015).

Os compostos mais comuns, quando ocorrem contaminações relacionadas à combustíveis derivados de petróleo, são os do grupo BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e os PAH's (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos),

normalmente encontrados em contaminações derivadas de gasolina e diesel respectivamente (TROVÃO, 2006).

Dentre as Substâncias Químicas de Interesse (SQI's) citadas, o Benzeno é considerado um dos compostos com maior potencial de danos à saúde humana, pois se volatiliza mais rápido comparado aos demais compostos, de acordo com as condições do ambiente e, quando em profundidade, pode percolar até a superfície atingindo organismos vivos, além de ser transportado através do fluxo subterrâneo de água para rios e córregos que podem ser usados para abastecimento público (Figura 2).

Figura 2 – Volatilização de Compostos Provenientes de Contaminação por Combustíveis.



Fonte: BR POSTOS, (2016).

As contaminações resultantes de atividades retalhistas de combustíveis são relativamente comuns e sua incidência tem aumentado nos últimos anos, especialmente na cidade de São Paulo - SP, onde a maioria das áreas contaminadas cadastradas no Estado de SP são referentes aos postos de combustíveis (CUNHA, 2000). Esses dados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Áreas Cadastradas no Estado de São Paulo – Dezembro de 2020

Região	Atividade					Total
	Comercial	Industrial	Resíduos	Postos de Combustíveis	Acidentes/ Desconhecida/ Agricultura	
São Paulo	153	497	59	1674	15	2398
RMSP - outros	61	340	39	689	14	1143
Interior	99	341	73	1650	22	2185
Litoral	33	50	31	289	4	407
Vale do Paraíba	6	66	6	221	2	301
Total	352	1294	208	4523	57	6434

Legenda: RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

Fonte: CETESB, 2020.

As substâncias provenientes dessas atividades podem atingir as águas subterrâneas e chegar a redes de abastecimento público, tornando-se um risco à saúde da população, seja por sua toxicidade ou sua explosividade (CUNHA, 2000).

Portanto, deve haver o controle, investigação e cadastro de áreas contaminadas, bem como o estudo e aprimoramento de técnicas e tecnologias que visam facilitar a identificação dos contaminantes e das áreas de interesse. A Resolução CONAMA 420 (BRASIL, 2009) torna obrigatório que cada estado realize esse controle.

Este artigo tem como objetivo o levantamento de dados referente a contaminações em decorrência de atividades retalhistas de combustíveis na região metropolitana de São Paulo, bem como apresentar os principais tipos de compostos normalmente encontrados em locais contaminados por combustíveis e descrever de forma breve como essas contaminações ocorrem, utilizando um estudo de caso como exemplo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A cidade de São Paulo possui uma alta densidade populacional, de acordo com o último censo do IBGE, no ano de 2010 a cidade continha cerca de 11,25 milhões de habitantes, em uma área de aproximadamente 1521 Km<sup>2</sup>, o que faz a densidade de São Paulo ser algo em torno de 7398 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Segundo Rodriguez (1977), a forma como a população se distribui em uma região gera modificações que alteram a forma como as substâncias provenientes de contaminação se distribuem, bem como as características geológicas da região.

O local do estudo de caso utilizado como base está inserido no complexo do Embu que é a unidade litoestratigráfica que está presente na maior parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), ela se caracteriza, segundo Fernandes (1991), por rochas de granito e cálcio porosas, o que aumenta a velocidade de infiltração, e como consequência a diluição de contaminantes químicos no solo e lençol freático.

Existem diversas definições sobre o que é uma área contaminada, porém uma das mais aceitas é que uma área contaminada é um local que sofreu com um impacto ambiental negativo, ou seja, suas características físicas, químicas e/ou biológicas sofreram alterações de modo a dificultar proliferação ou permanência da vida no local (JUNIOR; PASQUALETTO, 2008).

Com relação às áreas contaminadas por atividades retalhistas de postos de combustíveis, os primeiros e principais meios impactados são o solo e a água

subterrânea, visto que normalmente essas contaminações ocorrem em decorrência de vazamentos nos tanques de armazenamento e/ou linhas de distribuição de combustíveis (JUNIOR; PASQUALETTO, 2008).

Ressalta-se que a preocupação com contaminações provenientes de combustíveis não é recente, os dados divulgados pela CETESB (2020) em seu relatório anual de áreas contaminadas apontam que somente no estado de SP, havia mais de 6 mil áreas contaminadas cadastradas.

O risco a saúde humana é o principal fator de alerta para esse tipo de contaminação, visto que a água subterrânea passa por diversos processos de filtração natural e autodepuração e, portanto, espera-se que seja uma água de qualidade para consumo, o que torna maior o risco de ingestão de compostos químicos perigosos (JUNIOR; PASQUALETTO, 2008).

As principais SQI's encontradas em áreas contaminadas no Estado de São Paulo, de acordo com o último relatório de Áreas Contaminadas emitido pela CETESB (2020) são os dos grupos BTEX e PAH, normalmente presentes em áreas contaminadas por combustíveis.

Para esse presente artigo, foi realizado o levantamento de dados e informações no banco de dados aberto ao público da ANP e da CETESB, bem como pesquisa da literatura existente sobre o tema em fontes disponíveis, artigos, legislações, órgãos e instituições públicas e privadas.

Para a obtenção das informações do local a ser utilizado como estudo de caso, foram consultados arquivos de órgãos ambientais estaduais e municipais bem como os bancos de dados disponíveis e os softwares DataGeo, SIAGAS e Google Earth Pro a fim de se obter a maior quantidade de informações da área de interesse.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

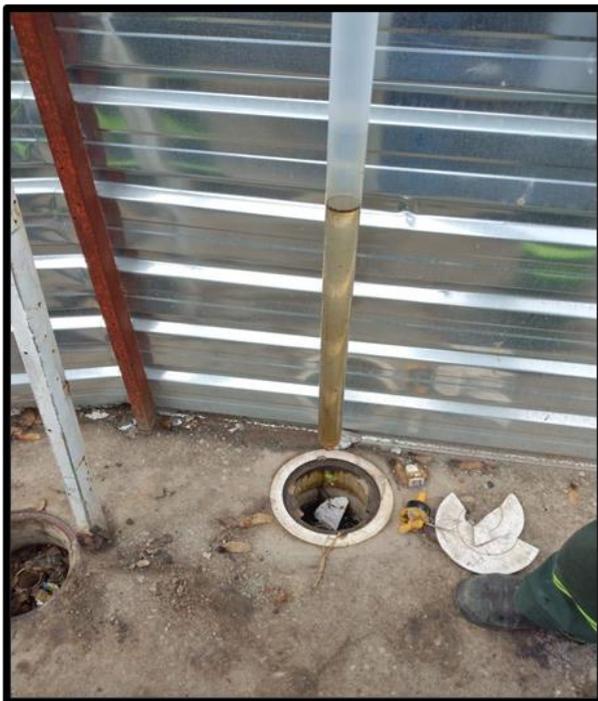
Como estudo de caso, será utilizado um posto de combustíveis localizado na RMSP que comercializa os combustíveis líquidos: Gasolina Comum, Gasolina Aditivada, Etanol, Diesel Comum e Diesel S-10. A área do posto ainda conta com oficina mecânica para reparos de emergência, local de troca de óleo, estacionamento e loja de conveniências, dentro de um espaço de aproximadamente 2405 m<sup>2</sup>.

A área de interesse possui 5 tanques subterrâneos, sendo 3 bipartidos e 2 plenos, cada tanque com capacidade de 30.000 L e se localizam ao lado da pista de abastecimento. Há também um tanque subterrâneo menor, de 1.000 L, localizado próximo à oficina mecânica, destinado a receber resíduos de óleo queimado, retirado dos veículos, este óleo é removido 1 vez ao mês e encaminhado às estações especiais para tratamento e posterior destinação final em local adequado.

Para os estudos ambientais relacionados às áreas contaminadas no Estado de SP, utilizamos como referência a Decisão de Diretoria nº 38, que estabelece padrões e normas de apresentação das informações presentes nos relatórios técnicos e da realização de trabalhos em campo.

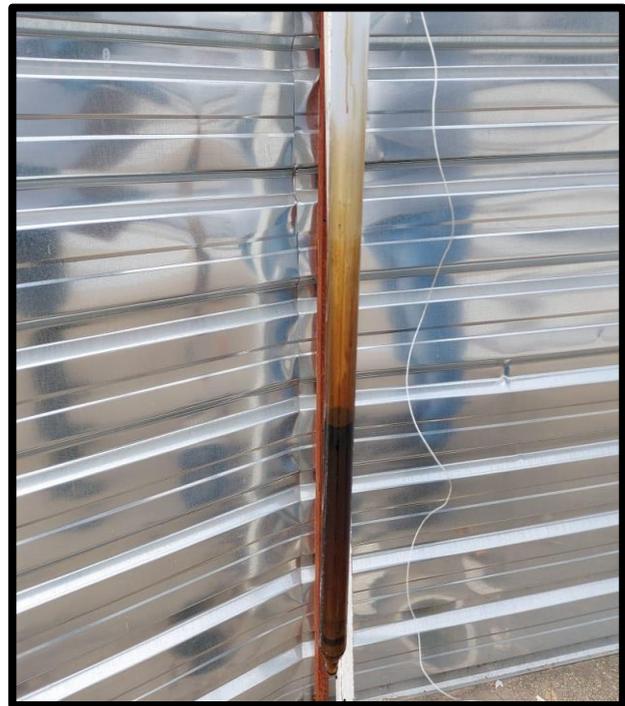
O monitoramento inicial e coleta de água subterrânea nos poços de monitoramento foram realizados utilizando bailers, conforme demonstra as figuras 3 e 4. Nesse caso de estudo foi identificada uma pluma de Fase Livre, ou seja, combustível puro e livre presente na área subterrânea do posto.

**Figura 3** – Monitoramento dos PM's com Bailer



Fonte – Própria, 2021.

**Figura 4** – Fase Livre Registrada



Fonte – Própria, 2021.

Com base nos estudos anteriores da área e com o monitoramento inicial, foram localizados 30 poços de monitoramento, porém 6 se encontraram obstruídos ou

destruídos e, portanto, houve a coleta de 24 amostras de água subterrânea para análise laboratorial quanto aos parâmetros BTEX e PAH.

Ressalta-se que os poços que apresentam Fase Livre não são amostrados para análises de contaminantes, pois entende-se que o ponto já possui a confirmação de contaminação. Porém, é possível coletar o combustível para análises quanto à data aproximada de refino e o tempo que está em contato com o solo, além de características específicas para identificar a fonte do vazamento.

Após as análises foi constatado que havia plumas de contaminação de todos os compostos do grupo BTEX na área do posto. Com os dados dos contaminantes e análise do caso, um Relatório de Monitoramento Ambiental foi elaborado, recomendando a continuidade dos estudos para Avaliar o Risco para a Saúde Humana e a possibilidade da Remoção dos Tanques.

O projeto foi apresentado ao proprietário do posto, que solicitou que o relatório fosse protocolado junto à CETESB. Devido à pandemia o órgão ambiental está atualmente com um prazo médio de resposta de 6 meses e, portanto, até o momento não há parecer oficial da CETESB referente a área de interesse, porém a previsão é que a continuidade dos estudos ambientais seja requerida.

## **CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme apresentado nos tópicos acima, São Paulo é a cidade com maior número de postos de combustíveis no país, provavelmente isso se deve à grande aglomeração populacional na região, isso favorece a criação de novas empresas e empreendimentos, entre eles estão os postos de combustíveis.

A quantidade de postos de combustíveis está diretamente relacionada a quantidade de áreas contaminadas cadastradas no Órgão Ambiental do Estado de São Paulo, a CETESB, visto que a maioria dos cadastros estão de alguma forma ligadas às atividades retalhistas de combustíveis.

As contaminações são um problema de saúde pública e devem ser controladas e identificadas rapidamente, principalmente quando apresentam risco imediato à população.

A contaminação do solo e lençol freático por combustíveis geralmente ocorre quando há vazamentos nos tanques, nas bombas ou no sistema de distribuição do posto,

e usualmente os tipos de combustíveis são diesel e gasolina que são subprodutos do petróleo (RBSO, 2017).

Pesquisar e desenvolver novas tecnologias, criação de bancos de dados mais robustos e acesso à informação são fatores que devem estar presentes em todo o país, especialmente em grandes cidades.

Portanto, investimentos e interesse por parte dos órgãos ambientais e de saúde para criar, manter e alimentar sistemas de identificação de áreas contaminadas se fazem necessários. Ressalta-se que o apoio da população com denúncias e cobrança por investigações em áreas com possibilidade de contaminação são de suma importância para a preservação da qualidade de vida humana.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP).; **Tabela 3.17 - Quantidade de Postos Revendedores de Combustíveis Automotivos, por Bandeira, Segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/anuario-estatistico-2020-dados-abertos>. Acesso em: 02 de Out. de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 273 de 29 de Novembro de 2000**. Considerando que toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimento potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27300.html>. Acesso em: 15 de Out. de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 420 de 28 de Dezembro de 2009**. Critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf>>. Acesso em: 15 de Out de 2021.

BRASIL POSTOS. **Instalação de Poços de Monitoramento**. 2015. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/canal-do-instalador/instalacao-de-pocos-de-monitoramento-tire-suas-duvidas/>. Acesso em: 11 de Out. de 2021.

BRASIL POSTOS. **Pesquisa Contra Risco de Exposição a Vapores de Combustíveis**. 2016. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/meio-ambiente/pesquisa-contra-risco-de-exposicao-a-vapores-de-combustiveis/>. Acesso em: 15 de Out. de 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017**. Diário Oficial do Estado de São Paulo: Caderno Executivo I, Edição nº127, Páginas:47 a 52. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/decisoes-de-diretoria/dd-038-2017-c/>>. Acesso em: 10 de Out. de 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo. 2020.** Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2021/03/TE\\_XTO-EXPLICATIVO-2020.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2021/03/TE_XTO-EXPLICATIVO-2020.pdf). Acesso em: 13 de Out. de 2021.

CUNHA, R. C. A.; HASSUDA, S. Maximiano, A. M. S. (1ST Joint World Congress on Groundwater). **Uma Proposta de Risk Based Screenig Level (RBSL) Para a Região Metropolitana de São Paulo Utilizando o Procedimentos Risk Based Corrective Action (RBCA) – ASTM.** 2000. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23455>. Acesso em: 03 de Out. de 2021;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010: Cidades e Estados, Panorama São Paulo/SP.** In: IBGE. Portal do Governo Brasileiro. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama> >. Acesso em: nov. 2021.

FERNANDES, A. J. (USP – Instituto de Geociências). **O Complexo Embu no Leste do Estado de São Paulo: Contribuição ao Conhecimento da Litoestratigrafia e da Evolução Estrutural e Metamórfica.** 1991. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-29082013-160727/publico/Fernandes\\_mestrado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-29082013-160727/publico/Fernandes_mestrado.pdf). Acesso em: 08 de Out. de 2021.

FERREIRA, S. B. (2000). Estudos Laboratoriais para Avaliação do Potencial de **Contaminação de Água e de Solo por Gasolina Oxigenada.** São Carlos, 2000. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em: < <https://www.sbr-webdesign.de/files/media/portfolio/Doktorarbeit.pdf> >. Acesso em: 05 de Out. de 2021.

JUNIOR, J. J.; PASQUALETTO, A. (2008); **CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL MOVIDA POR POSTOS RETALHISTAS DE COMBUSTÍVEIS,** Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia - Engenharia Ambiental. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/7074/material/CONTAMINA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL%20POR....pdf>>. Acesso em: 14 de Out. de 2021.

MATTOS, A. S.; MAIA, T. Q. (COBRAP). **XIX Edição, Foz do Iguaçu – PR. Inovações Científicas e Tecnológicas, Contaminação de Solo.** 2017. Disponível em: <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/08/038.pdf>. Acesso em 06 de Out. de 2021.

REVISTA BRASILEIRA DE SAÚDE OCUPACIONAL – RBSO. São Paulo, ago de 2017, Vol. 42. **Avaliação Ambiental de Btex (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) e Biomarcadores de Genotoxicidade em Trabalhadores de Postos de Combustíveis.** 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S030376572017001000202&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030376572017001000202&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 14 de Out. de 2021.

RODRIGUEZ, S. K. (USP – Instituto de Geociências). **Geologia urbana da Região Metropolitana de São Paulo.** 1997. Disponível em: [http://dSPACE.cprm.gov.br/bitstream/doc/206/1/tese\\_d\\_%20Kleinfelder.pdf](http://dSPACE.cprm.gov.br/bitstream/doc/206/1/tese_d_%20Kleinfelder.pdf). Acesso em: 08 de Out. de 2021.

TROVÃO, R. S. (USP). **Análise Ambiental de Solos e Águas Subterrâneas Contaminadas com Gasolina: Estudo de Caso no Município de Guarulhos – SP.** 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-09082007-183630/publico/DissertacaoRenataSTrovao2006.pdf>. Acesso em: 03 de Out. de 2021.

## **REAPROVEITAMENTO DE LAMAS RESIDUAIS EM CENTRAIS DOSADORAS DE CONCRETO**

Profº. Me. Daniel Oliveira Frazão da Silva<sup>1</sup>

Profº. Dr. Fábio Soares César<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente de cursos de graduação – Centro Universitário das Américas

### **RESUMO**

Nos dias atuais, um dos maiores problemas ambientais de uma Central Dosadora de Concreto (CDC) são as sobras de resíduos de concretos que retornam das obras. Em especial, as lamas decantadas obtidas no processo de lavagem de caminhões representam gastos elevados com destinação, devido ao pH elevado deste resíduo pastoso, que o caracteriza como resíduo perigoso segundo a NBR 10.004. O presente trabalho tem como objetivo: analisar a composição (teor de cimento anidro, teor de fases hidratadas e carbonatadas, e presença de aditivos) das lamas residuais, uma obtida por secagem nas primeiras 24 horas e outra obtida por secagem após 30 dias de estocagem na usina; e verificar a influência da incorporação da mesma como adição ao concreto. As duas amostras das lamas foram submetidas a ensaios de caracterização, como análise termogravimétrica (TG), granulometria a laser e calorimetria. Após essa análise, foi definida a amostra que melhor se adaptou para o reaproveitamento no concreto e definido uma mistura de concreto de referência da CDC. Foram moldados o concreto de referência e outros dois contendo teores crescentes de adição de lama e realizados ensaios no estado fresco (por reometria e teste de consistência por abatimento pelo cone de tronco) e endurecido (resistência à compressão). Os resultados indicaram que a utilização da lama não influencia de forma significativa na reação química do cimento, mas que a adição no concreto impacta nas propriedades reológicas e na resistência mecânica, porém pode ser realizada em composições sem responsabilidade estrutural.

**Palavras-chave:** Lama, Central Dosadora de Concreto, Lama Decantada.

### **ABSTRACT**

Nowadays, one of the biggest environmental problems of a concrete batching plant (CDC) are the concrete waste leftovers returning the works. In particular, the decanted sludge obtained in the truck washing process represent high spending allocation, due to the high pH of this pasty residue, which characterizes it as hazardous waste according to NBR 10.004. This study aims to: analyze the composition (anhydrous cement content of hydrated phases and carbonated content, and the presence of additives) of the sludge, one obtained by drying the first 24 hours and one obtained by drying after 30 days of storage at the plant; and the influence of the incorporation of the same as addition to concrete. The two samples of sludge were subjected to characterization tests such as thermogravimetric analysis (TG), laser granulometry calorimetry. After this analysis, we defined the sample that best adapted for reuse in concrete and set a mixture of the CDC reference concrete. They were cast the reference concrete and two others containing increasing amounts of sludge addition and conducted trials in the fresh state (rheometry

and consistency test for allowance for trunk cone) and hardened (compressive strength). The results indicated that the use of the slurry does not influence significantly the cement chemical reaction, but the addition in concrete impact on the rheological and mechanical strength properties, but may be performed in compositions without structural responsibility.

**Keywords:** Slurry, Concrete Batching Plant, Poured Slurry.

## Introdução

A construção civil contribui significativamente com geração de resíduos (ÂNGULO. (2005)), sejam em centrais dosadoras de concreto (CDC), canteiros de obras, e demolições, e, com isso, geram custos para destinação em aterros adequados ou podem agredir o meio ambiente quando destinados a locais informais. O material mais consumido na construção civil é o concreto (PEDROSO. (2009)). O material cimentício é o mais presente na geração de resíduos. Essa lama de concreto, devido ao pH elevado, é um material que possui restrição ambiental para o seu destino.

Dentro das CDCs, o processo pelo qual o concreto é produzido e gerando lama se dá conforme pode ser observado na Figura 1. Os agregados e cimento armazenados em silos são dosados juntamente com aditivos e água, que pode ser potável ou de reuso. Após o carregamento aos caminhões betoneiras realizam seu transporte até as obras que são destinados.

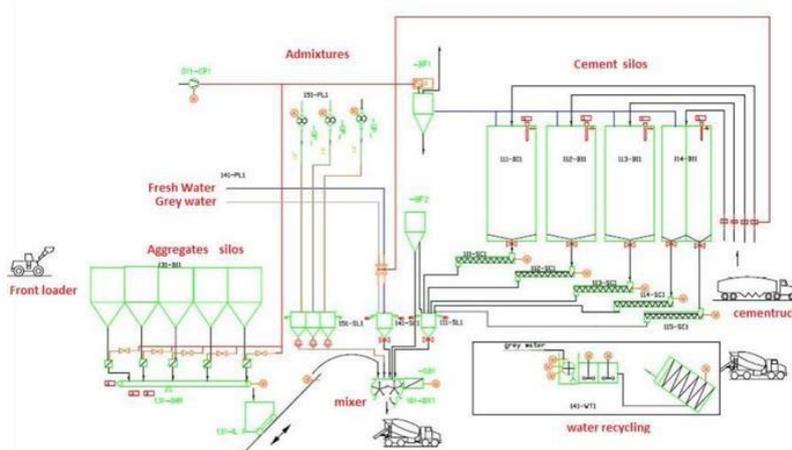


Figura 1 – Processo de produção de concreto (SLEPICKOVÁ. (2014)).

Os resíduos são gerados pelas perdas do processo produtivo que são

caracterizadas com todo material que é descartado antes da saída do concreto para a obra, e abrange os seguintes casos (VIEIRA et al. (2011)): materiais desperdiçados durante o transporte no interior da CDC; concretos com abatimento inadequado que são descartados ainda na CDC; materiais usados no desenvolvimento de estudos de dosagem e controle da produção do concreto são descartados em tanques de decantação nas CDC's.

As devoluções com frequência de sobras de concreto usinado pelas obras para as CDC tem como sua causa mais frequente a diferença existente entre o volume pedido pelas obras para a concretagem de uma estrutura e a quantidade que se faz realmente necessária para a execução dessa atividade, representando cerca de 80% das devoluções. Outras causas usualmente encontradas para essas devoluções são a impossibilidade de aplicação do concreto devido a uma ultrapassagem de seu tempo de aplicação, que representa 12% das devoluções, e recusa do material na obra devido a abatimento inadequado do mesmo (VIEIRA et al. (2011)).

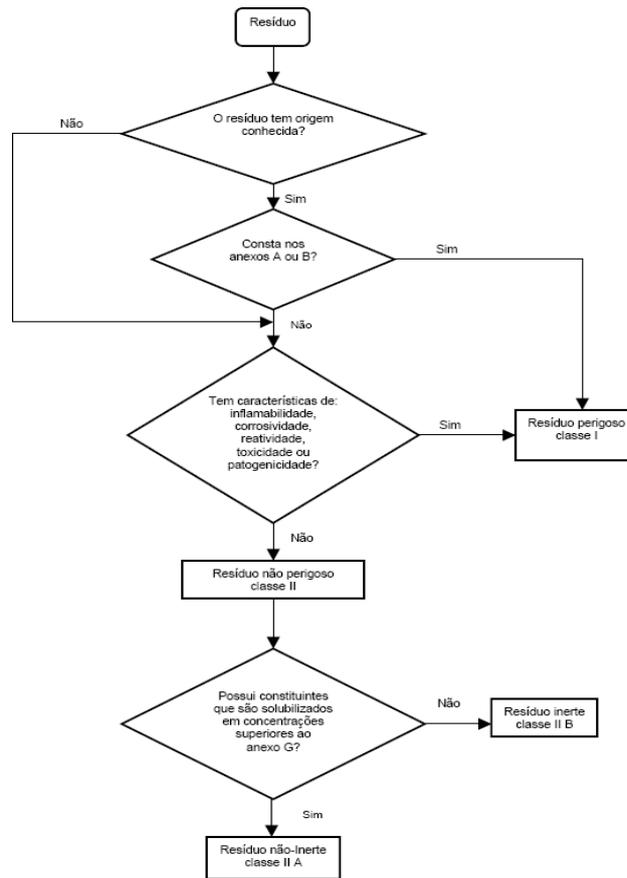
### **Classificação Ambiental da Lama**

No Brasil, atualmente, existem dois principais sistemas para a classificação dos resíduos gerados em obra: a resolução CONAMA 307, definida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, e a NBR 10.004:2004, definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme pode se observada na figura 2.

O concreto, quando no estado seco, pode ser classificado como um resíduo não perigoso e inerte pela NBR 10.004 ou como resíduo classe A pelo CONAMA.

Em seu estado fresco essa lama residual apresenta um pH próximo a 13,5 (TSISMAS et al., 2011), o que faz com que ele seja classificado como resíduo classe I, devido a sua corrosividade, conforme o item 4.2.1.2 da NBR 10.004, ou resíduo classe D, que é a categoria dos resíduos perigosos na resolução do CONAMA 307. Essa classificação faz com que o resíduo precise ser destinado para aterros que apresentem uma Licença de Operação atribuída pelo órgão ambiental local especificado para o recebimento desse tipo de resíduo, o que limita as opções das CDC na escolha de sua destinação.

Figura 2 – Classificação de resíduos conforme resolução do NBR 10004:2004.



### Soluções Existentes na Atualidade para o Problema: Reuso da Água Decantada em Tanques

O reaproveitamento da água decantada dos resíduos gerados já é uma prática bastante empregada pelas CDC, sendo habitual o reuso da água resultante do processo de decantação da lama residual. Esse processo, entretanto, é em muitos casos realizado sem um estudo detalhado e controle devido, o que pode causar variações em seu processo (DUSSELDORF. (2005)).

A água resultante do processo de decantação das lamas residuais pode ser reutilizada tanto no processo de lavagem quanto na dosagem de novos concretos, sem efeitos negativos relevantes às características mecânicas do concreto, quando combinada com o uso de água potável. Essa prática de reaproveitamento já é amplamente usada nas centrais dosadoras da Alemanha, sendo regulamentada por norma técnica de produção de concreto com o uso de água reciclada (DUSSELDORF. (2005)).

## **Reuso de Concreto Através da Aplicação de Aditivos Estabilizadores de Hidratação**

Centrais de concreto nos Estados Unidos programaram um sistema de gestão de resíduos (Programa de Gestão de Resíduos Zero) com auxílio de um software desenvolvido pela DELVOMATIC que ajudam nesse gerenciamento de resíduos. O sistema informa os dados técnicos ao operador sobre as quantidades necessárias de dosagem de aditivo estabilizador de hidratação (AEH) para o reaproveitamento de concretos que retornaram a central (ZERO WASTE MANAGEMENT. (2001)).

No Brasil, o mesmo método de reaproveitamento é utilizado. A utilização de aditivos estabilizadores de hidratação (AEH) resolve em 80% os casos de retorno de concreto a central (VIEIRA et al. (2013)).

## **Reciclagem de Concreto Endurecido na Forma de Agregado**

Em casos nos quais não há a possibilidade de se aplicar estabilizadores de hidratação no concreto para seu reuso no estado fresco ou de lavagem dos agregados naturais, existe ainda a possibilidade do uso do resíduo de concreto endurecido como agregado reciclado. Para a reciclagem desse resíduo como agregado, o mesmo deve ser armazenado até o seu endurecimento, quando passa por um processo de britagem para ser reutilizado como agregados em bases para pavimentos ou em elementos de concretos sem função não estrutural.

Estudos mostram que o concreto produzido com esses agregados apresenta uma consistência menor do que no caso de uso de agregados naturais, o que resulta na necessidade de um maior uso de água na sua mistura (MULDER et al. (2008)), e uma redução de sua resistência a compressão entre 5 e 40%, dependendo da granulometria do material, sendo recomendado que se limite o seu uso a 30% do total de agregado usado (OBLA et al. (2007)).

## **Outras frações sem destinação**

Ainda não se resolveu o problema por completo para uma CDC gerando custos para destinação adequada desse material. Uma fração que permanece sem aplicação são as lamas do processo de lavagem dos caminhões betoneira, mesmo que a parcela da água seja reutilizada.

## **Programa Experimental - Preparação dos Materiais - Coleta da Lama Residual**

Foram coletados dois tipos de amostra numa CDC da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Amostra FC1: a amostra ficou em decantação por 1 mês no tanque. Foram coletados

200 kg da lama cimentícia na região central do tanque, utilizando-se de uma pá carregadeira (Caterpillar 924G). O material foi homogeneizado sobre uma lona conforme técnica de pilha alongada (PETERSEN et al., 2004) e quarteado com quarteador do tipo Jones até se obter quatro alíquotas de 12,5 kg da amostra.

Amostra FC2: a coleta da amostra foi feita após 2 dias de hidratação. Parte da lama foi depositada em caixas, com dimensões de 80 cm x 60 cm x 30 cm e armazenada por 2 dias em um laboratório, a temperatura ambiente. Ao final desse período de sedimentação, removeu-se a água em excesso e os finos obtidos foram colocados em uma baia separada, para secagem por um período de 30 dias. O material seco foi homogeneizado e quarteado com o mesmo procedimento utilizado na primeira amostragem, até se conseguir quatro amostras de 12,5 kg dos finos. Neste caso, tentou-se reduzir o grau de hidratação do cimento, por isso a água foi retirada por secagem ao ar, pois se esperava obter alguma parcela de cimento ainda não hidratado nesse resíduo (Katz. (2003)).

## **Formulação do Concreto**

Para a formulação da mistura de concreto de referência, foi considerado um fator água/cimento ( $a/c$ ) = 0,7, utilizado para produzir um concreto não estrutural que representa a maior demanda da CDC.

As misturas com a adição de lama residual foram formuladas com os teores de adição de 1% e 2,5% em volume, substituindo a areia artificial, que são referentes à porcentagem de resíduo gerada em relação ao volume total de concreto fabricado de uma CDC e porcentagem em relação ao volume deste tipo de concreto não estrutural fabricado na CDC, respectivamente.

A mistura, em massa, foi definida conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo das misturas em relação ao concreto de referência.

Mistura	Alteração
TR	Mistura de referência
TR1%	Substituição de 27 kg de areia artificial por 24 kg de lama residual, que corresponde a 1% do volume da mistura.
TR1%,6%	Substituição de 27 kg de areia artificial por 24 kg de lama residual e com adição de 12 l de água, que corresponde a um acréscimo de 6% de água, para melhorar sua trabalhabilidade.
TR2.5%,13%	Substituição de 123 kg de areia artificial por 59 kg de lama residual, que corresponde a 2,5% do volume da mistura, e com adição de 26 l de água, que corresponde a um acréscimo de 13% de água, para melhorar sua trabalhabilidade.
TR1%, 0.15%	Substituição de 26,6kg de areia artificial por 24,1kg de lama residual e com adição de 0,400kg de aditivo que corresponde a um acréscimo de 0,15% de aditivo, para melhorar sua trabalhabilidade.

### Procedimentos dos Ensaios: Análise Termogravimétrica

O ensaio do material cimentício foi realizado em um equipamento da marca Netzsch, modelo TASC 414/4 acoplado a uma termobalança – STA409EP.

As amostras passaram por uma preparação através do uso de moinhos de rolos, marca Eberle modelo S90L4 e um moinho de discos oscilantes de ferro-cromo, Herzog HSM 250P, para a redução do tamanho das partículas. Esse procedimento foi adotado em função das restrições da técnica de ensaio e do equipamento, porém nos demais casos, as amostras foram utilizadas sem a etapa de moagem.

### Análise Granulométrica

A distribuição do tamanho das partículas foi determinada por granulometria a laser em um equipamento da marca QicPic da empresa Sympatec. Cerca de 5 g de material seco foi adicionado em um copo Becker com 20 ml de água para prévia dispersão. A suspensão foi introduzida no granulômetro de modo a manter a opalescência dentro da faixa de detecção do equipamento. A curva granulométrica resultante trata-se de uma média entre 10 leituras para cada diâmetro avaliado.

### Determinação da Área Superficial Específica

A medida de área superficial específica (ASE) foi realizada conforme método de BET (desenvolvido por Braunauer, Emmet e Teller), no equipamento Belsorp Max, Bel Japan, com pré-tratamento das amostras em temperatura de 60°C e pressão de 10-2 psi por 24

horas.

A ASE tem grande impacto nas características dos concretos no estado fresco, principalmente na demanda de água para o amassamento o que pode dificultar a utilização de resíduos nesse tipo de suspensão (ROMANO et al. (2011)).

### **Calorimetria**

A quantificação do fluxo de calor durante a reação de hidratação do cimento foi realizada em um calorímetro de condução isotérmica TAMAir durante 48 horas, mantendo-se a temperatura em 23°C. O método permite comparar a reatividade entre cimentos, bem como a influência de parâmetros como temperatura de hidratação, finura, presença de adições e de aditivos e seus teores (ROMANO. (2013)).

As amostras conforme definidas na tabela 2, foram misturadas com água em um cadinho de porcelana com auxílio de uma espátula de silicone por durante 1 minuto, após 3 minutos do início da mistura, foi iniciado o ensaio.

Tabela 2 – Caracterização das amostras de pasta e cimento e adições da lama cimentícia.

<b>Amostra</b>	<b>Descrição</b>
<b>CR</b>	Cimento CP II E 40 RS e relação A/C=0,5.
<b>CR1%</b>	Cimento CP II E 40 RS com adição de 1% de FC2 e relação A/C=0,5.
<b>CR2,5%</b>	Cimento CP II E 40 RS com adição de 2,5% de FC2 e relação A/C=0,5.

### **Comportamento Reológico**

Os parâmetros reológicos das misturas foram determinados em um reômetro rotacional planetário desenvolvido no Laboratório de Microestrutura e Ecoeficiência de Materiais na Escola Politécnica da USP.

O processo de mistura adotado é ilustrado na Figura 3. Colocou-se os materiais secos entre o intervalo de 50 s e 300 s na cuba do reômetro com velocidade de rotação de 50 rpm para homogeneização. Aumentou-se a velocidade de rotação para 500 rpm visando a homogeneização do material com maior energia. O início da adição da água, juntamente com o plastificante, ocorreu após 423 s controlando-se a vazão em 45 g/s.

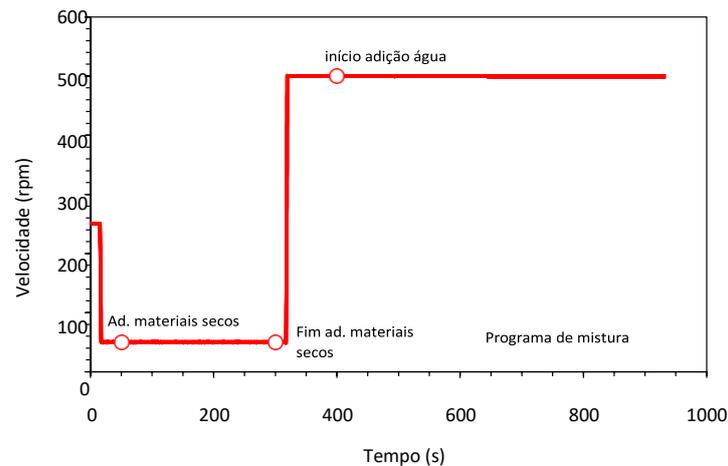


Figura 3 – Programação de mistura dos concretos.

### Comportamento do Concreto no Estado Endurecido

Para a análise das propriedades mecânica foram realizadas moldagem de 4 corpos de prova para cada composição, conforme NBR 5739, sendo avaliado a resistência à compressão uniaxial após 28 dias de cura, conforme NBR 12655 totalizando um total de 24 amostras.

Após 24 h de moldagem, os cp's foram encaminhados para a câmara úmida do laboratório de materiais da Escola Politécnica da USP até a idade da ruptura. Após a cura, as superfícies foram retificadas e as amostras foram secas por 30 min em temperatura ambiente. Em seguida os ensaios foram realizados em uma máquina de ensaios Universal, Shimadzu com capacidade de 200ton.

### Resultados e Discussão: Análise termogravimétrica da lama

A perda de massa em relação ao aumento da temperatura foi acompanhada até 1000°C, e os resultados são apresentados na figura 4 a partir das curvas derivadas de perda de massa (DTG).

Nas curvas, a decomposição térmica desde a temperatura ambiente até 350°C foi tratada como a perda de massa referente aos produtos hidratados dos silicatos, aluminatos, sulfato aluminatos de cálcio hidratados e compostos hidratados de magnésio (tabela 3). A porcentagem desses compostos não foi calculada, pois partes destes não apresentam estequiometria bem definida.

A perda de massa entre 420 e 520°C indica a decomposição de água referente à

molécula de portlandita. Por isso, a porcentagem medida foi multiplicada por 4,11 referente a razão entre a massa molecular de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e a massa molecular da água (72 g/mol / 18 g/mol). Os teores de portlandita foram 10,7 e 2,9% para as duas amostras estudadas.

Por fim, a perda de massa entre 520 e 800°C indica a decomposição de  $\text{CO}_2$  referente a calcita (fator de multiplicação = 2,27). Os teores de carbonato de cálcio foram 18,8% e 15,2%.

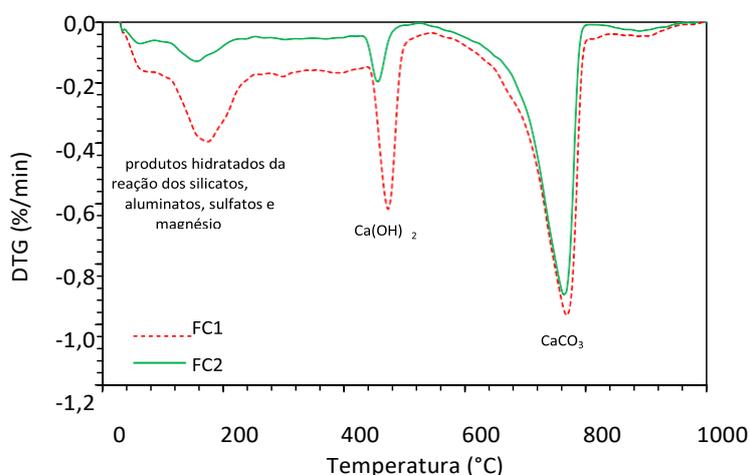


Figura 4 – Derivada das curvas de perda de massa das amostras.

Na amostra FC1 foi observada a maior quantidade dos compostos hidratados em relação a amostra FC2. Essa afirmação foi comprovada pela comparação da quantidade de água combinada dos silicatos e aluminatos de cálcio e portlandita formada. Por outro lado, a diferença na quantidade de carbonato foi considerada pequena, porém com maior intensidade na amostra hidratada por 30 dias.

Tabela 3 – Porcentagem de perda de massa das decomposições químicas das amostras.

Faixa de decomposição (°C)	Referencia	FC1	FC2
Até 350	Produtos hidratados da reação dos silicatos, aluminatos, sulfatos e magnésio	<b>6,7</b>	<b>2,2</b>
420 – 520	$\text{H}_2\text{O}$ ref à $\text{Ca}(\text{OH})_2$	$2,6 \times 4,11^* = \mathbf{10,7}$	$0,7 \times 4,11^* = \mathbf{2,9}$
520 – 800	$\text{CO}_2$ ref à $\text{CaCO}_3$	$8,3 \times 2,27^{**} = \mathbf{18,8}$	$6,7 \times 2,27^{**} = \mathbf{15,2}$

\* fator de multiplicação para conversão da massa decomposta de  $\text{H}_2\text{O}$  para a quantidade de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

\*\* fator de multiplicação para conversão da massa decomposta de  $\text{CO}_2$  para a quantidade de  $\text{CaCO}_3$

### Análise granulométrica da lama

Da mesma forma que na composição química foram observadas diferença nas características físicas das lamas em função da condição de coleta.

Na figura 5 é apresentada alteração na distribuição de tamanho de partículas, densidade real e área superficial específica. Apesar de a extensão granulométrica ser a mesma, na amostra FC2 foi observada maior quantidade de partículas mais finas.

Quanto à área superficial das amostras, apesar da maior quantidade de partículas mais grossas na granulometria da amostra FC1, a área superficial da mesma foi superior a da amostra FC2. Isto porque há maior quantidade de compostos hidratados formados, aspecto que aumenta significativamente a área superficial dos materiais cimentícios.

Uma hipótese para a diferença observada na distribuição de tamanho de partículas pode ser o fato da amostra FC1 conter maior quantidade de aglomerados hidratados.

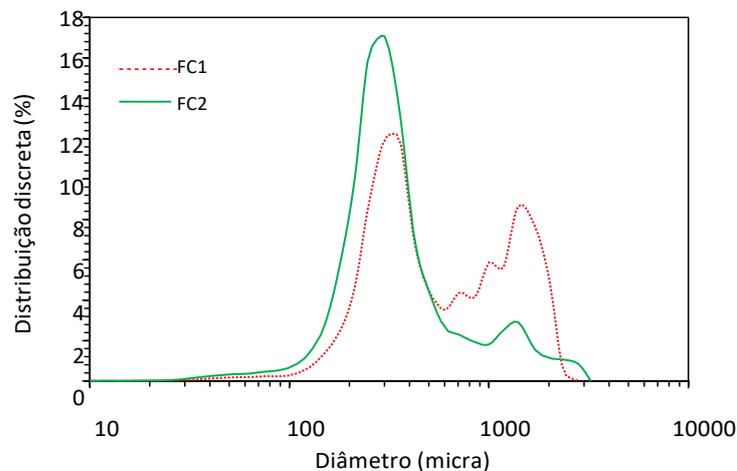


Figura 5 – Curvas granulométricas das amostras.

Tabela 4 – Área Superficial Específica e Densidade Real das amostras.

Propriedade	FC1	FC2
Área Superficial específica (m <sup>2</sup> /g)	27,5	27,1
Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )	2,49 ± 0,026	2,64 ± 0,040

No caso da densidade real, a amostra FC1 foi menos densa que a FC2. Isto porque, ao hidratar (se combinar com a água), a massa específica dos compostos hidratados do cimento se reduz.

As alterações físicas afetam o empacotamento e a mobilidade das partículas

podendo interferir de forma muitas vezes indesejada nas propriedades reológicas das composições dos concretos.

Por outro lado, a composição química da lama pode influenciar na reatividade do cimento anidro quando realizado a substituição parcial do ligante pelo resíduo.

Devido a essas condições, a amostra FC2 foi adotada para a utilização no concreto estudado nesse trabalho. Por isso, o impacto na reação química e nas propriedades nos estados fresco e endurecido foram avaliadas e os resultados são apresentados na sequência.

### **Calor de hidratação do cimento, através da substituição parcial do mesmo pela lama cimentícia**

As reações de hidratação do cimento são contínuas e consecutivas resultando no endurecimento do material como um todo. Alterações na temperatura, teor de água, utilização de aditivo e adições são algumas das variáveis que afetam cinética com que esses fenômenos ocorrem.

No caso específico desse trabalho o fluxo de calor liberado durante a hidratação do cimento foi acompanhado por 48 h substituindo-se 1% e 2,5% do ligante anidro pela lama FC2, preparada somente com dois dias de repouso em água.

Os resultados são ilustrados na figura 6. Em (a) é apresentado o gráfico do fluxo de calor em função do tempo e em (b) o calor acumulado. Nesses casos CR indica o cimento de referência, sem a substituição por lama; CR1% e CR2,5% indicam, respectivamente substituição de 1 e 2,5% de lama FC2.

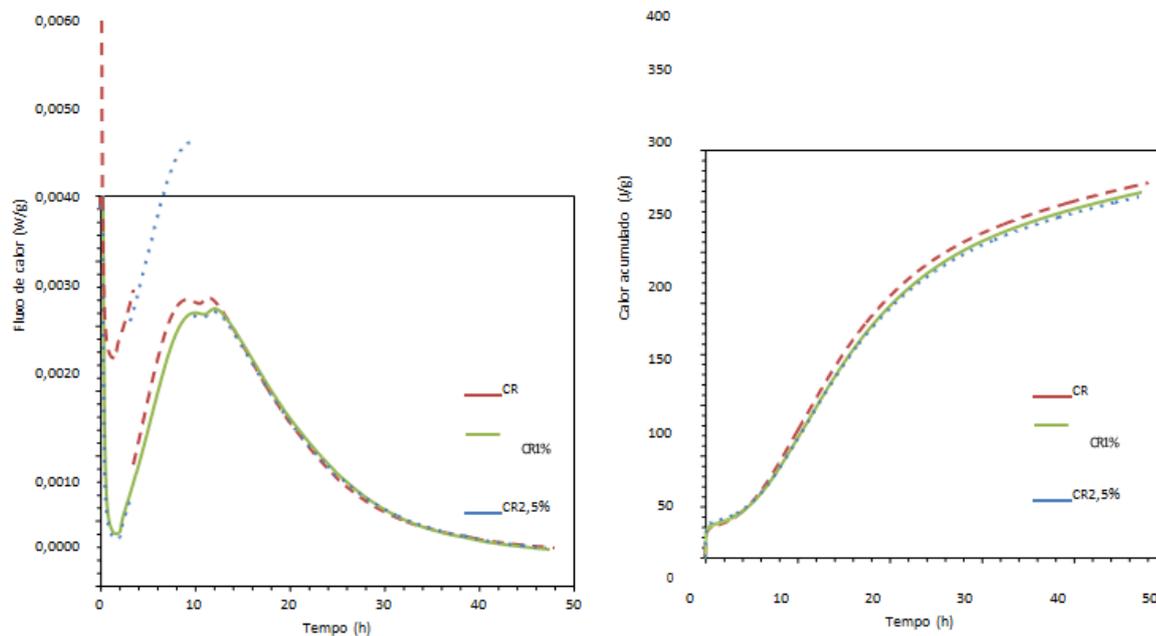


Figura 6 – Curvas de Fluxo de Calor e Calor Acumulado de CR, CR1% e CR2%.

A utilização da lama não alterou o perfil de liberação de calor. No entanto, foi observada menor liberação de calor referente à reação de formação da portlandia e CSH, e da reação dos aluminatos.

Não houve alteração no período de indução, mas foi constatada uma leve diminuição na taxa de reação em função da utilização da lama. Todos os resultados foram independentes da quantidade do resíduo utilizada.

Após 48h de hidratação ficou comprovado que a presença do resíduo diminuiu um pouco a reatividade do cimento anidro.

Esperava-se que, devido a maior área superficial específica a presença da lama servisse como pontos nucleadores para o crescimento dos hidratos, porem esse fato não foi observado devido à elevada quantidade das partículas mais grossas.

Apesar de o concreto ter seu desempenho associado às características no estado endurecido, a avaliação das propriedades no estado fresco é de fundamental importância, pois se trata da etapa de aplicação e desenvolvimento da resistência.

Como neste trabalho pretende-se avaliar a possibilidade de aplicação de um resíduo de construção em composições de concretos, não se pode somente entender o impacto no estado endurecido se o material não apresentar adequadas características no estado fresco.

## Comportamento Reológico

Na figura 7 são apresentados os resultados do comportamento dos concretos durante a etapa de mistura. Foi formulada uma composição padrão (TR), da qual os concretos com substituição de lama foram dosados somente substituindo parte da areia artificial pelo resíduo, conforme apresentado anteriormente na tabela 1.

A caracterização da mistura pode ser um indicativo da qualidade e da produtividade do concreto em obra. Maiores energias necessárias para o processamento do concreto podem indicar menor produtividade, pois necessitam de maiores tempos de processamento (ROMANO et al. (2009)).

A primeira etapa da mistura consiste na adsorção da água na superfície das partículas e, conseqüentemente, ocorre à formação dos aglomerados, devido às forças de interação de van de Waals, forças eletrostáticas entre posições de sítios com cargas opostas e forte interação ou ligação envolvendo as moléculas de água ou hidratos.

Essa aglomeração é responsável pela retenção de parte da água necessária para mistura que, no caso da energia imposta pelo cisalhamento não ser suficiente para o rompimento e fica indisponível para hidratar a superfície das partículas de cimento e para fluidificar a mistura.

Como se pode observar na figura 7, após a adição da água, a tendência natural de aglomeração das partículas faz com que o torque aumente, num primeiro instante, devido ao aprisionamento de água.

Ao final dessa etapa da mistura, onde há a indicação do torque de virada para cada concreto, não foram observadas consideráveis diferenças entre as composições.

Com o passar do tempo, o rompimento dos aglomerados libera água para a mistura e ocasiona uma queda no torque. A liberação da água dos aglomerados facilita a mistura melhorando o estado de dispersão das partículas.

Como pode ser visto os concretos TR1% e TR1%0,15% necessitam de maior energia para o rompimento dos aglomerados e, conseqüentemente, para a mistura, fruto da manutenção da quantidade de água para o amassamento. Fica claro que, para a manutenção da consistência do concreto com substituição de lama, teores usuais de aditivo dispersante não foram capazes de conferir maior mobilidade da mistura, sendo necessário realmente o aumento na quantidade de água de amassamento.

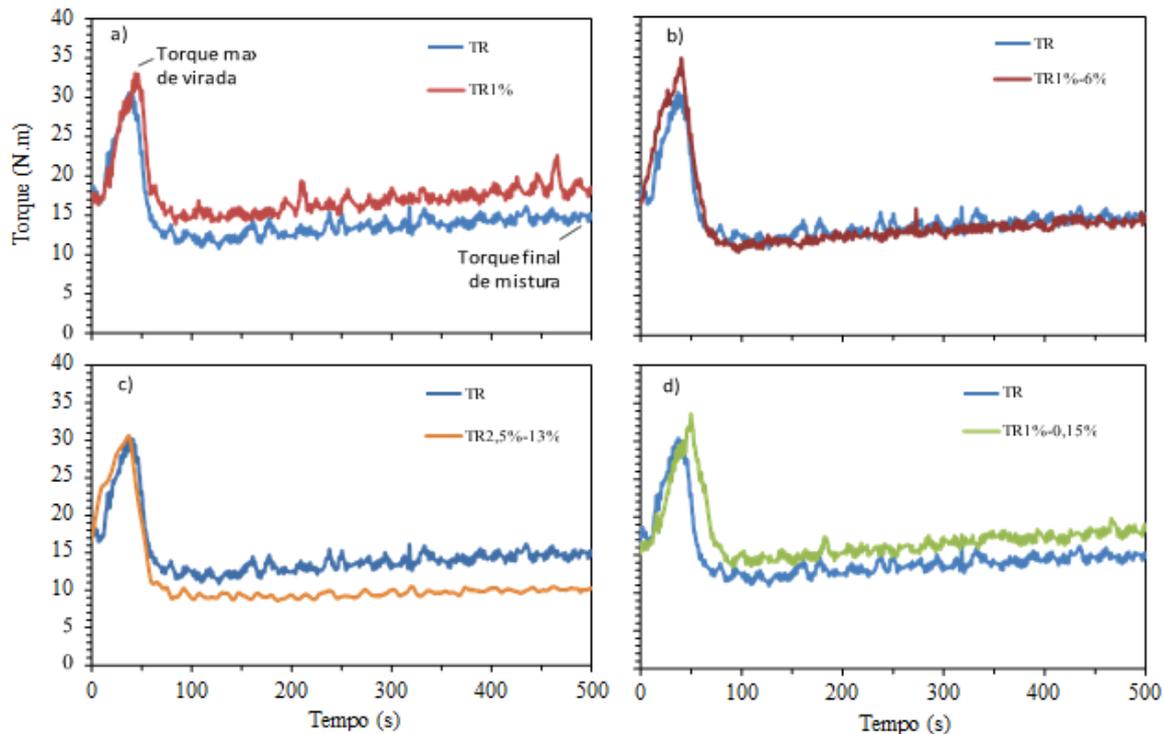


Figura 7 – Curvas de mistura torque vs. tempo das misturas de concreto com as adições de lama, aditivo e água.

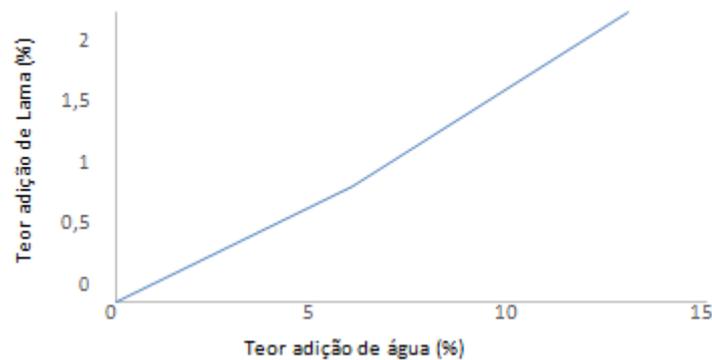


Figura 8 – Curva de adição de lama vs adição de água.

Já a curva de mistura do concreto TR1%6% foi muito semelhante ao concreto TR mantendo as mesmas características do início ao fim, isso foi devido ao ajuste de água do amassamento do concreto.

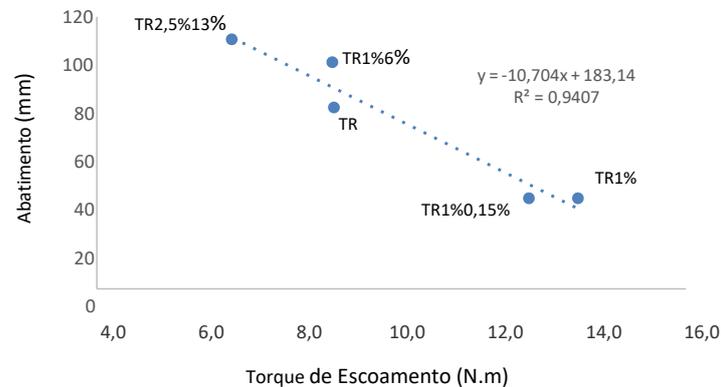


Figura 10 – Relação entre Abatimento vs. Torque de Escoamento.

### Comportamento do Concreto no Estado Endurecido

A figura 11 representa as médias dos resultados de resistência mecânica após 28 dias de cura e seus respectivos desvios.

Os resultados mostram que a adição de água devido a inserção do material cimentício reduziu a resistência mecânica média nas misturas, porém, estatisticamente somente a composição TR2,5%,13% pode ser considerada menor do que as demais.

Desta forma, pode-se dizer que a adição da lama, em teores restritos a 1%, não impactou negativamente o estado endurecido dos concretos.

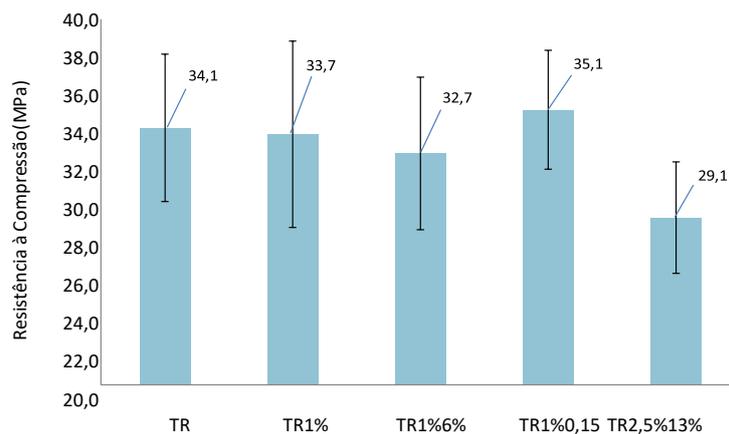


Figura 11 – Resultados médios de resistência à compressão com idade de 28 dias.

## Considerações Finais

Os resultados de caracterização do material cimentício mostraram que apesar da segunda amostra obter um grau de hidratação menor de cimento nos finos os mesmos não indicaram apresentar compostos de cimento anidro ou atuação como agente nucleador para o crescimento dos hidratos.

O uso de plastificante no teor considerado viável economicamente para a CDC (~0,15%) não foi capaz de melhorar as condições de trabalhabilidade do concreto. A adequação da trabalhabilidade foi atingida somente com a variação da quantidade de água. No entanto, essa estratégia não é indicada devido à redução da resistência mecânica.

A adição dos finos de concreto leva ao aumento do consumo de água para se manter a trabalhabilidade, pois possui uma área superficial específica elevada.

O aumento do consumo de água não tem relação linear com o aumento do teor de finos. Com isso, foi definido o teor de 1% de adição da lama como o mais indicado, pois nesta condição não houve impacto significativo na resistência à compressão.

## Referências

ABNT NM 67 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone, 1998.

ABNT NBR 5739 **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico**, 2007.

ABNT NBR 10.004 **Resíduos sólidos – Classificação**, 2004.

ABNT NBR 12655 **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**, 2006.

ÂNGULO, S., C., Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos, Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) – **Resolução 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, 2007.

DUSSELDORF, J. K., **Influence of recycled water from fresh concrete recycling systems on the properties of fresh and hardened concrete**, An International Journal, Vol. 31 No. 2, 2005.

KATZ, A., **Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete**. Cement Concrete Research 33, 703-711, 2003.

MULDER, E. et al. **Closed Cycle Construction: An Integrated Process for the Separation and Reuse of C&D Waste**, Waste Management 27 (10): 1408–1415. doi:10.1016/j.wasman.2007.03.013.

OBLA, K et al, **Crushed Returned Concrete as Aggregates for New Concrete**, Final Report to the RMC Research and Education Foundation Project 05-13 (2007).

PETERSEN, I. F., **Blending in circular and longitudinal mixing piles**, Science Direct, Chemometrics and intelligent Laboratory Systems 74 135 – 141, 2004.

PEDROSO, F., L., **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**, IBRACON – ISSN 1809-7197, Março, 2009.

PETERSEN, I., F., et al. **Representative mass reduction in sampling – a critical survey of techniques and hardware**, Science Direct, Chemometrics and intelligent Laboratory Systems 74 95 – 114, 2004.

ROMANO, R., C., O., et al. **Impacto do tipo de misturador e do tempo de mistura nas propriedades industrializadas**, Ambiente Construído, Porto alegre, v. 9, n. 4, p. 109-118, out./dez. 2009.

ROMANO, R., C., O.; CARDOSO, F., A.; PILLEGGI, R., G., **Propriedades do concreto no estado fresco**, Livro Concreto: Ciência e Tecnologia – Seção III Concreto Fresco – cap.13 - vol. 1 – ISBN / ISSN: 978-85-98576-16-9, 2011.

ROMANO, R., C., O., **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil**, Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
– São Paulo, 2013.

SLEPICKOVÁ, M., **Environmental Product Declaration of Ready-Mix Concrete, Edition 1, Revision 0**: EPD Holcim, January 2014.

TSIMAS, S., ZERVAKI, M., **Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants**, Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 22 No. 1, 2011.

VIEIRA, L., B., P., **Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto**, IBRACON - ISSN 2168-5152, Outubro, 2011.

VIEIRA, L. B. P., FIGUEIREDO, A. D. **Reaproveitamento do concreto com uso de aditivo estabilizador de hidratação em concreteira**, São Paulo: Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON – ISSN 2175-8182, 2013.  
ZERO WASTE MANAGEMENT Software for Concrete, **DELVOMATIC – Computer Software Developed for Implementing A Zero Waste Management Program**, Nova Nomination 11, 2001 disponível em [www.cif.org](http://www.cif.org).

## ESTUDO DE FOSFOLÍPIDIOS ATRAVÉS DO ESPELHAMENTO DE LUZ

Prof. Me. Eduardo de Araújo Maeda; Prof. Me. Augusto César de Brito Geroldo; Prof. Me. Jefferson Almeida Santos; Prof. Dr. Thadeu Alfredo; Prof. Me. Marcos Paulo de Souza Silva; Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Moretti; Prof. Me. Nicolino Foschini Neto

Docentes do Centro Universitário das Américas – FAM, São Paulo, SP

### RESUMO

Dispersões extrusadas do fosfolípido aniônico DMPG (dimiristoil fosfatidil glicerol) em baixa concentração e força iônica apresentam um comportamento bastante peculiar. Baseado em estudos anteriores, dispersões desse fosfolípido mostraram nessas condições físico-químicas, uma transição de fase gel-fluída, denominada fase intermediária iniciando em  $T_{m}^{on}$  caracterizado por uma queda brusca da turbidez e finalizada em  $T_{m}^{off}$  caracterizado pelo aumento da turbidez. Devido a esse interessante comportamento, é que se faz necessário um estudo desse sistema a partir da técnica de espalhamento de luz.

**Palavras-chave:** DMPG. Dispersões extrusadas. Espalhamento de luz.

### ABSTRACT

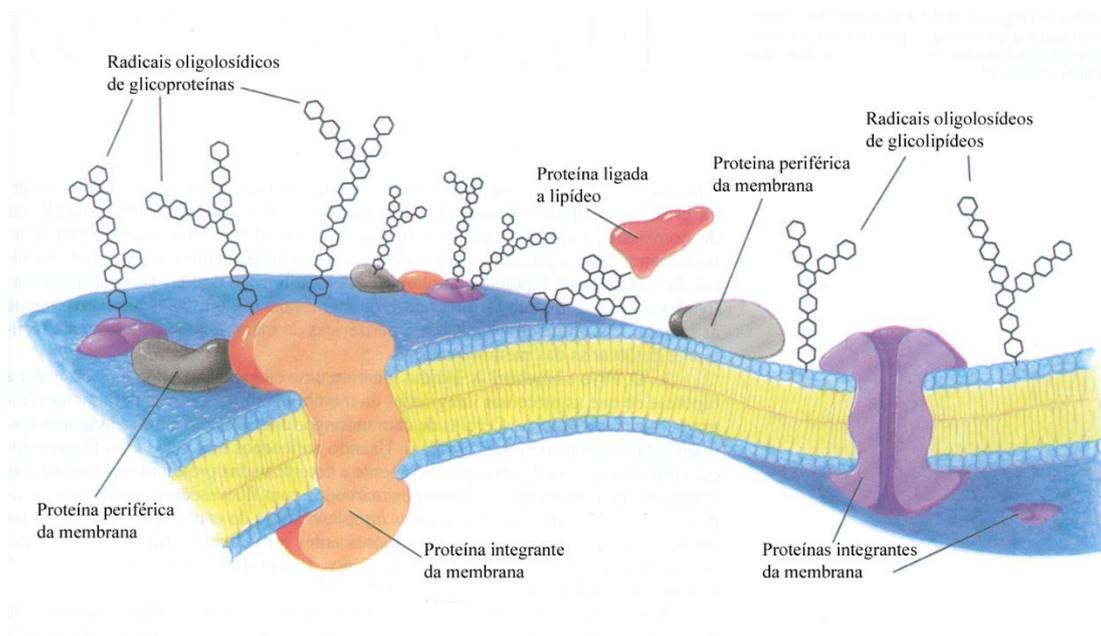
Extruded dispersions of the anionic phospholipid DMPG (dimyristoyl phosphatidyl glycerol) at low concentration and ionic strength show a very peculiar behavior. Based on previous studies, dispersions of this phospholipid showed, under these physicochemical conditions, a gel-fluid phase transition, called intermediate phase, starting at  $T_{mon}$  characterized by a sudden drop in turbidity and ending at  $T_{moff}$  characterized by an increase in turbidity. Due to this interesting behavior, it is necessary to study this system using the light scattering technique.

**Keywords:** DMPG. Extruded dispersions. Light scattering.

## INTRODUÇÃO

As bicamadas lipídicas fornecem às membranas biológicas seu caráter estrutural básico. Os fosfolipídios e os glicolipídios tendem a se reunir em uma estrutura bem mais interessante e biologicamente significativa, uma bicamada lipídica. Por possuírem duas caudas hidrocarbonadas, os fosfolipídios e os glicolipídios não empacotam bem em micelas, mas se arranjam finamente em bicamadas lipídicas. As bicamadas lipídicas formam a base de todas as membranas, incluindo as membranas citoplasmáticas e membranas intracelulares (membranas que envolvem ou sustentam organelas dentro de uma célula eucariótica). A orientação das moléculas de lipídios anfifílicos (constituídos por uma parte polar (cabeça) e uma cauda hidrofóbica) no arranjo de tais bicamadas se faz com as caudas hidrofóbicas, apontando para o interior da bicamada, enquanto as cabeças hidrofílicas estão em contato com a solução aquosa de cada superfície. As cargas positivas e negativas dos constituintes das bicamadas, fornecidas pelos grupamentos polares das cabeças, tais como as das fosfatidilcolinas e esfingomielinas, proporcionam uma superfície iônica.

**Figura 01** – Estrutura de membranas biológicas de eucariontes

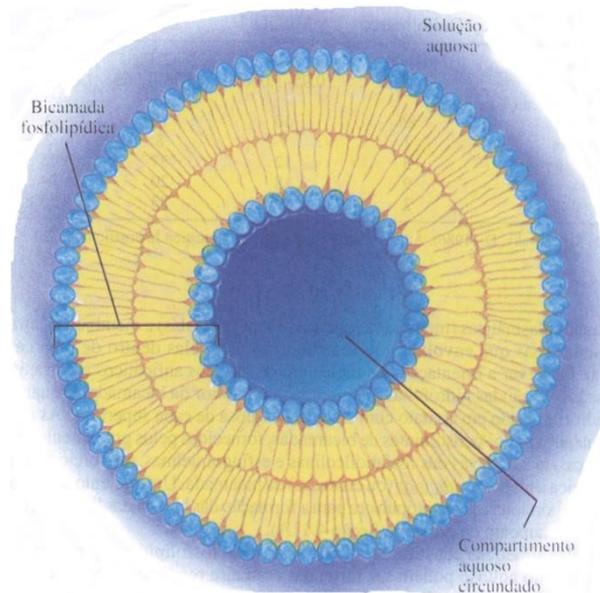


**Fonte:** Horton, 1993.

Vesículas sintéticas constituídas de bicamadas de fosfolipídios, que circundam em compartimento aquoso, podem ser formadas com grande rendimento no laboratório. Tais estruturas, denominadas lipossomos (Figura 02), são geralmente muito estáveis. Devido à sua estabilidade e impermeabilidade para muitas substâncias é que os lipossomos são

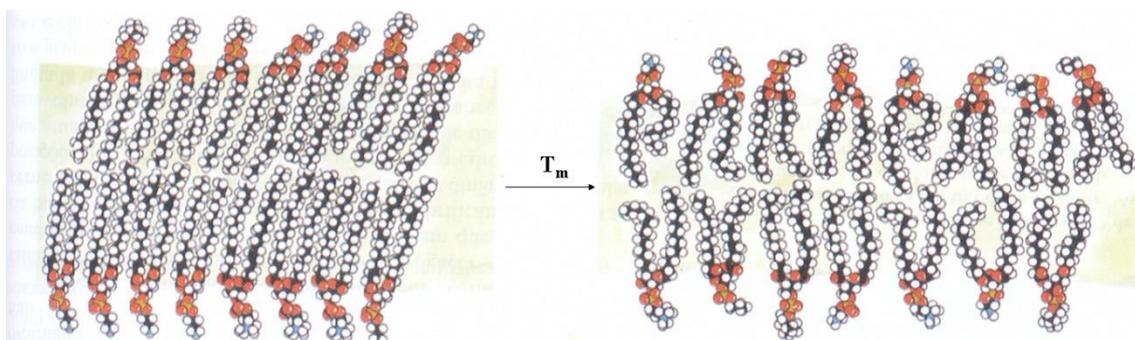
muito utilizados em pesquisas bioquímicas. Muitas de suas propriedades se equiparam às das membranas biológicas.

**Figura 02** – Corte esquemático de um lipossomo.



As bicamadas lipídicas comportam-se também como fluidos ao sofrerem transições de fase. Em baixas temperaturas, abaixo da transição de fase de uma bicamada particular sendo estudada, essa bicamada se apresenta em estado de gel bem ordenado. Nesse estado, as cadeias laterais das acilas graxas assumem uma conformação distendida e se abrigam junto com máximos contatos de Van der Waals. Quando a bicamada lipídica é aquecida, contudo, ocorre uma transição de fase análoga à fusão de um sólido cristalino. Membranas sintéticas compostas por uma única classe de lipídios sofrem uma transição de fase em uma temperatura bastante definida.

**Figura 03** – Transição de fase da bicamada lipídica

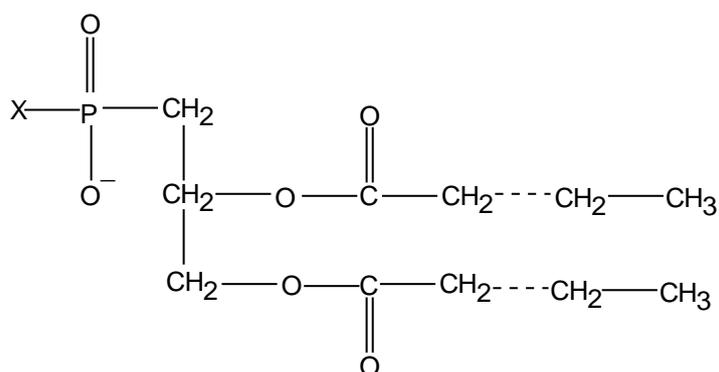


**Fonte:** Voet & Voet (2008).

A composição lipídica de uma bicamada afeta na transição de fase, assim como em sua fluidez e temperatura de transição de fase. A presença de duplas ligações *cis* nas cadeias acilas, aumenta a fluidez de uma membrana e abaixa a temperatura de transição de fase, ao passo que o aumento da cadeia hidrocarbonada constituídas por cadeias saturadas, diminui a fluidez e aumenta a temperatura de transição de fase. Podemos citar como exemplo o DMPG que apresenta transição de fase,  $T_m = 23\text{ }^\circ\text{C}$  em condição fisiológica, e apresenta  $T_m=41^\circ\text{C}$  em  $\text{pH}=1$  (Watts et al., 1978).

Uma classe de lipídios muito utilizada em estudos são os glicerofosfolipídios, que mais se apresentam em membranas biológicas. Eles consistem de uma sn-glicero-fosfato. Ao grupo fosforil podem se ligar vários grupos na posição X (Figura 02) como hidrogênio (PA), etalonamina (PE), colina (PC), serina (PS) e glicerol (PG). Em meio aquoso, essas cabeças polares se ionizam apresentando cargas superficiais, sendo que o glicerol e serina apresentam carga negativa, caracterizando esse lipídios como aniônicos e, os lipídios colina e etalonamina, apresentam caráter neutro, como um dipolo e denominados como isoteriônicos ou *zwiteriônicos* Outra classe de lipídios presente em quase todas as membranas em grande quantidade é o colesterol, presente nas membranas citoplasmáticas dos mamíferos, raramente encontrado em vegetais e nunca em procariontes.

**Figura 04** – Representação da molécula de um fosfolipídio



Fonte: própria, 2022.

A Figura 04 é a representação estrutural de um glicero – fosfolipídio com duas cadeias alquilas. O grupo X, ligado ao grupo fosfato, pode ser um hidrogênio (PA), uma etalonamina (PE), serina (PS), glicerol (PG) ou uma colina (PC). As cadeias acilas podem ter diversos tamanhos e diversas quantidades de insaturações (C=C).

## Dispersões de DMPG

O fosfolípido DMPG (dimiristoil fosfatidilglicerol) é um lipídio aniônico em pH 7,4 possuindo duas cadeias hidrocarbônicas com 14 carbonos e um grupo glicerol ligado ao fosfato na cabeça polar. Lipídios com fosfatidilglicerol como cabeça polar são encontrados apenas em membranas de procariontes como a bactéria *E. Coli*. Ainda assim, vesículas de DMPG e DPPG têm sido muito estudadas como membranas modelo em estudo de interação lipídio-peptídeo. (Heimburg e Biltonen, 1994; Biaggi et al., 1997; Turchiello et al., 2000; Fernandez e Lamy-Freund, 2000). Em condições fisiológicas, pH neutro e força iônica da ordem de 100mM, foi observado que o DMPG se comporta de forma semelhante ao DMPC, ambos possuindo transição principal  $T_m$  em 23°C e pré-transição  $T_p$  em 13°C. O aumento da força iônica ou a diminuição do pH fazem com que o  $T_m$  aumente, devido à diminuição na repulsão entre as cabeças polares, o que aumenta a estabilidade. A adição de NaCl faz com que os íon  $Na^+$  liguem-se ao grupo fosfato da cabeça polar, fazendo com que  $T_m$  chegue até 29 °C (Riske, et al., 2001). Foi observado que em baixa força iônica dispersões de DMPG eram transparentes em temperatura ambiente e turvo em altas e baixas temperaturas. A adição de NaCl até a concentração de 100mM faz com que a faixa transparente desapareça completamente (Riske et al., 1997). O trabalho de Riske (Riske,1997) propõe que a interação eletrostática entre as cabeças dos lipídios aumenta na região de baixa turbidez e isso se dá em consequência do aumento do grau de ionização das cabeças polares dos lipídios em  $T_m$ . Essa fase em que o DMPG apresenta baixa turbidez foi denominada de fase intermediária entre as fases gel e fluida, e que essa fase aparece na variação da concentração lipídica entre 1 a 50mM (Riske et al., 2002). Os resultados obtidos até agora mostram que, em baixa força iônica, a transição de fase gel-fluido não deve ocorrer de forma abrupta devido às interações entre lipídios. Na  $T_m^{on}$  (temperatura onde se inicia a fase intermediária) a ionização dos co-íons ( $Na^+$ ) das cabeças polares ( $PG^-$ ) poderiam estar gerando um processo ainda não entendido, causado por um aumento no potencial de superfície da membrana, provocando mudanças na viscosidade e espalhamento de luz. Ainda, acima de  $T_m^{on}$  pode haver competição entre as repulsões das cabeças polares ou mesmo combinações de interações no caso de haver também atração do tipo Van der Waals entre as cadeias carbônicas e repulsões entre as bicamadas, acarretando à fase intermediária. Essa região poderia conter a coexistência de vários tipos de conformações

dos lipídios, que pode ser confirmado pelos diferentes resultados obtidos por diferentes técnicas.

Esses resultados e propostas foram obtidos através de estudos por SAXS (espalhamento de luz a baixo ângulo), DSC (calorimetria diferencial de varredura) e EPR (Ressonância Paramagnética Eletrônica) a partir de marcadores de spin catiônicos e alguns hidrofóbicos. O primeiro com a finalidade de se estudar a interação entre as cargas da cabeça polar e o segundo para estudar as interações entre as caudas acilas (Riske et al., 1997; Riske et al., 1999).

Por apresentar esse comportamento curioso é que propomos este trabalho com dispersões de DMPG, com o objetivo de complementar os trabalhos acadêmicos feitos anteriormente (Riske et al., 1997 e Riske et al., 2001) Dissertação de Mestrado e Tese de Doutorado, assim como contribuir para a introdução de novas técnicas para confirmar alguns dos resultados obtidos anteriormente. Outra motivação que se impõe é a verificação do uso de dispersões extrusadas em filtros da ordem de 100nm, a fim de se garantir menor polidispersidade em técnicas ópticas.

Assim sendo, este trabalho se propõe a realizar um estudo de dispersões lipídicas a partir de DMPG e DPPG (ambos aniônicos) e DMPC utilizando a técnica de Espelhamento de Luz.

## **MATERIAIS**

**Fosfolipídios** – Os fosfolipídios dimiristoil fosfatidilglicerol (1,2-Dimiristoil-sn-glicero-3-[Fosfo-rac-(1-glicerol)] – sal de sódio), dimiristoil fosfatidilcolina (1,2-Dimiristoil-sn-glicero-3-Fosfocolina – sal de sódio) e dipalmitoil fosfatidil glicerol (1,2-Dipalmitoil-sn-3-[Fosfo-rac-(1-glicerol)] – sal de sódio) usados no trabalho foram obtidos da Avanti Polar Lipids.

**Solventes** – O clorofórmio p.a. utilizado para a preparação dos filmes lipídicos foi obtido comercialmente da Casa Americana. A água usada para a preparação da solução do tampão foi água Milli-Q. O tampão hepes, ácido N-(2-Hidroxietil)-Piperazina-N'-2-etano sulfônico, foi obtido da Merck. O EDTA (ácido etileno-diamino-tetra-acético) adicionado ao tampão hepes foi obtido pela Sigma.

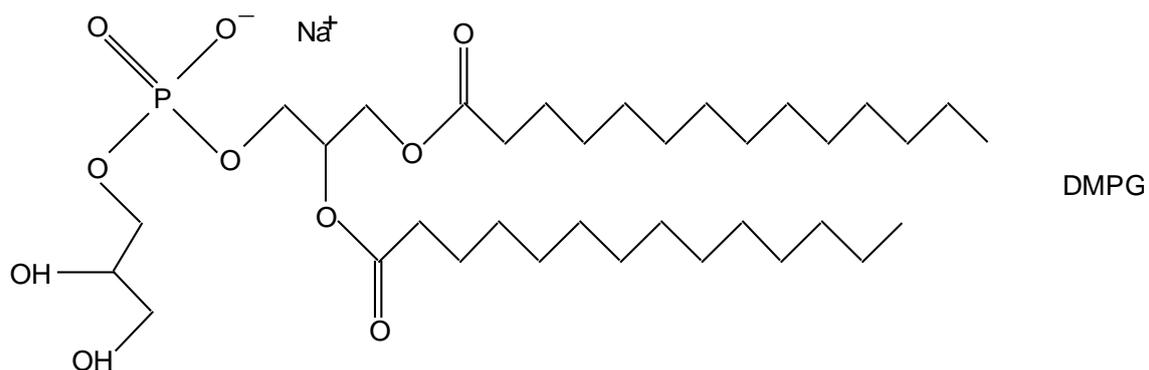
## MÉTODOS

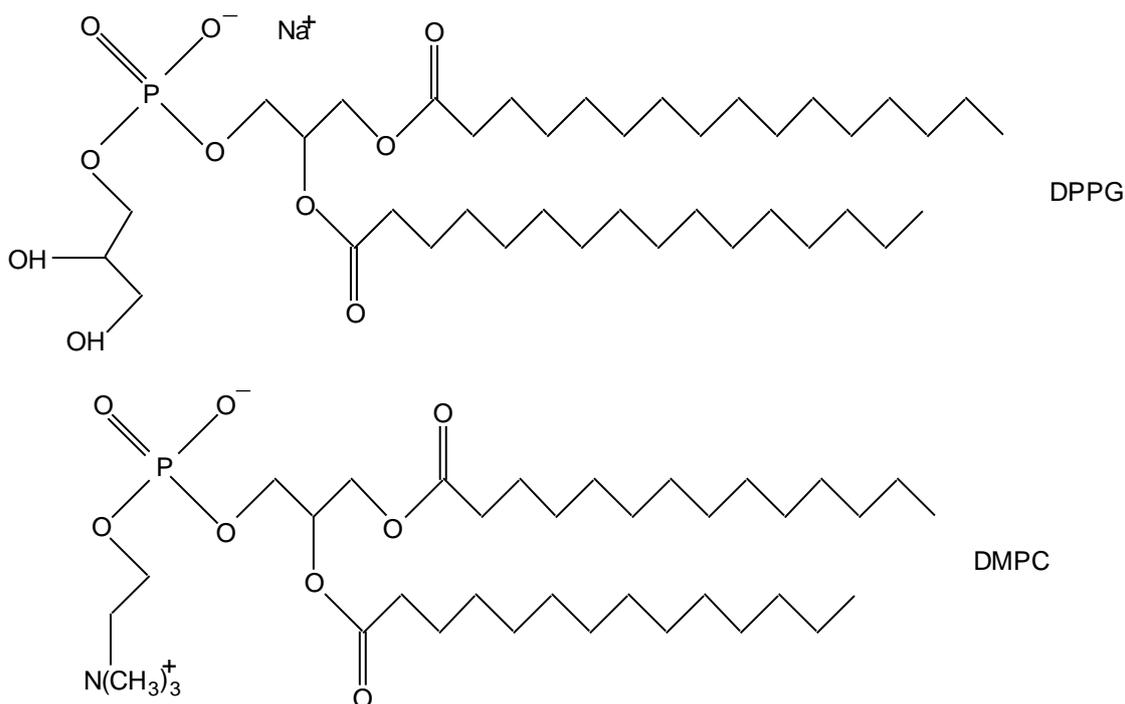
**Dispersões lipídicas** - Os lipídios DMPG (dimiristoil fosfatidilglicerol), DMPC (dimiristoil fosfatidilcolina) e DPPG (dipalmitoil fosfatidilglicerol) foram obtidos comercialmente da Avanti Polar-Lipids. Os filmes foram preparados dissolvendo-se os lipídios em clorofórmio e agitados rapidamente através de um vórtex. Em seguida, as amostras foram secadas por meio de um fluxo de nitrogênio ultra-puro. Depois de seco, os filmes dispersos foram acondicionados em um dessecador ligado a uma bomba de vácuo por um intervalo médio de duas horas, para se retirar o restante dos solventes orgânicos. Os filmes secos foram armazenados em freezer para serem conservados até o uso.

As dispersões foram preparadas dissolvendo o filme à solução tampão de 10mM de HEPES + 1mM de EDTA, em pH 7.4. A dispersão foi agitada por meio de um vórtex e aquecida em um banho a 50°C até obter-se homogeneidade.

As dispersões obtidas foram extrusadas em uma temperatura acima da temperatura de transição principal gel-fluido, portanto, lipídios na fase fluida, de acordo com o procedimento descrito por Hope et al (1985). As amostras foram passadas uma vez por um filtro de policarbonato da Nucleopore de 400nm, duas vezes por um filtro de 200nm e pelo menos três vezes por um filtro de 100nm.

**Figura 05** – Representação da molécula do DMPG, DPPG e DMPC.





Fonte: própria, 2022.

**Medidas de Espalhamento de Luz (Turbidez)** – As medidas de turbidez foram realizadas no Laboratório de Biofísica do IFUSP através do espectrofotômetro Hewlett Packard 8852A – Diode Array. O controle da temperatura foi feito através de um banho térmico Julabo F25 e, para ter uma precisão maior sobre a temperatura da amostra, foi usado um termopar Fluke 51K/J Thermometer. Para o presente experimento foram utilizadas cubetas em quartzo de caminho óptico de 2mm e volume de 1ml, obtida comercialmente da Helma.

**Medidas de Espalhamento de Luz Dinâmico** – As medidas de espalhamento de luz dinâmico foram feitas no Laboratório de Sistemas Biomiméticos do IQUSP no aparelho Zeta PALS Analyser da Brookhaven Instruments Corporation, com um feixe de laser de comprimento de onda de 532nm e um correlator, usando o software Zeta PALS Particle Sizing Software. Usamos cubetas em poliestireno para a realização do experimento. A temperatura foi controlada através de uma placa de Peltier, inserida no aparelho Na seção IV. 3.2 a curva em azul é denotada amostra 1, a curva em vermelho, amostra 2 e a verde, amostra 3.

## **Espalhamento de Luz – Teoria de Espalhamento**

A teoria de espalhamento pode ser descrita através de uma teoria quântica ou pela teoria clássica. Em geral, os resultados a partir do desenvolvimento dessas teorias diferem muito pouco. Por ser uma teoria muito complexa, iremos nos limitar a fazer uma pequena introdução com a finalidade de apresentar apenas os conceitos básicos da teoria de espalhamento de luz, priorizando introduzir com maior ênfase o espalhamento de luz dinâmico assim como definir a função de autocorrelação e descrevendo algumas teorias direcionadas ao tratamento dos dados experimentais a partir de soluções polidispersas.

A teoria clássica de espalhamento para partículas com dimensões tão pequenas em relação ao comprimento de onda da luz foi desenvolvida por Lord Rayleigh com a finalidade de se explicar a cor e a polarização dos raios solares. Rayleigh concluiu que a intensidade da luz espalhada é proporcional a  $\lambda^{-4}$ , explicando o porquê do céu ser azul. Posteriormente Debye fez uma correção à teoria de Rayleigh, tornando o espalhamento de luz aplicável para partículas da ordem do comprimento de onda da luz.

Na teoria clássica de espalhamento de luz uma onda eletromagnética exerce uma força sobre as cargas de um certo volume espalhador. De um ponto de vista semi-macroscópico, originalmente introduzido por Albert Einstein, o espalhamento de luz é o resultado de flutuações na constante dielétrica do meio. É sabido pela teoria cinética, que as moléculas estão constantemente transladando e rotacionando, possuindo uma certa constante dielétrica instantaneamente constante dependente da posição e orientação dessas moléculas, que flutuarão causando o espalhamento de luz.

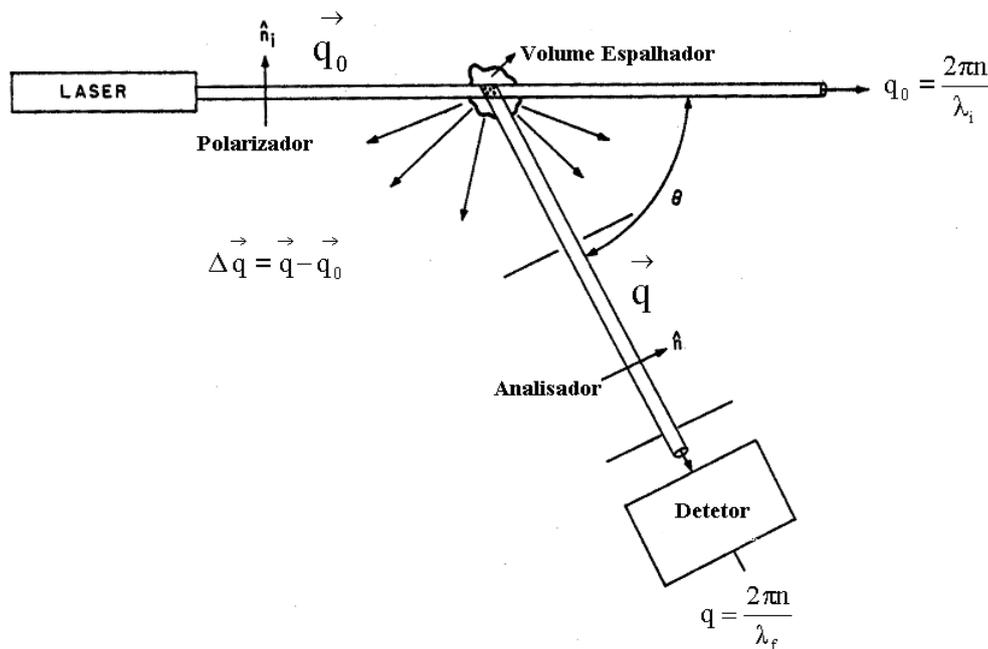
O espalhamento de luz é uma técnica utilizada para o estudo de soluções poliméricas ou macromoleculares, usando-se a luz visível na região de comprimento de onda de 400 a 750nm.

Considere um meio não magnético, não condutor, não absorbante com um constante dielétrica  $\varepsilon$  (e índice de refração  $\sqrt{\varepsilon}$ ). Seja um campo elétrico incidente como sendo uma onda plana na forma:

$$E(r, t) = n_i E_0 r^{i(q_0 r - \omega_0 t)} \quad \text{Equação 01}$$

Onde  $n_i$  é o vetor unitário na direção do campo elétrico incidente;  $E_0$  é a amplitude do campo,  $q_0$  é o vetor de propagação (ou vetor de onda) e  $\omega_0$  é a frequência angular. O vetor  $\Delta q$  é definido em termos da geometria do espalhamento.

Figura 06 – Representação esquemática do experimento de espalhamento.

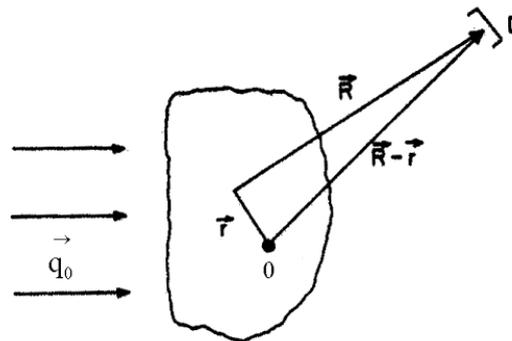


Fonte: Chu, 1974.

Onde  $q$  é o vetor de propagação da onda espalhada. O ângulo entre  $q$  e  $q_0$  é chamado de ângulo de espalhamento. A magnitude de  $q$  e  $q_0$  são respectivamente  $2\pi n/\lambda$  e  $2\pi n/\lambda_0$ , onde  $\lambda$  e  $\lambda_0$  são os comprimentos de onda da radiação incidente e da radiação espalhada e  $n$  é o índice de refração do meio espalhador.

Considerando o caso em que o comprimento de onda da luz incidente varia muito pouco no processo de espalhamento, tal que  $|q_0| \cong |q|$ . Essa igualdade apenas é verdadeira para o caso de espalhamento estático.

**Figura 07** – A onda incidente é espelhada para o detector localizado na posição R em relação ao centro do volume iluminado.



Fonte: Chu, 1974.

$$\Delta q = 2q_0 \sin \frac{\theta}{2} \quad \text{Equação 02}$$

A onda plana incidente, cuja amplitude em  $r_j$  é aproximadamente  $e^{iq_0 r_j}$ , é espalhada por uma partícula em sua direção. A onda esférica é espalhada sendo centrada em  $r_j$ . Ainda, a amplitude da onda espalhada no detector devido à partícula  $j$  é dada por:

$$A_j = A_0 e^{-i(\vec{Q}r_j + \omega_0 t)} \quad \text{Equação 03}$$

Para a contribuição de todas as partículas:  $\sum_j^n A_j$ .

## RESULTADOS

O estudo da turbidez através de dispersões lipídicas aniônicas foi realizado para comparar o efeito da luz espalhada pela solução em relação ao aumento da temperatura, para se caracterizar o processo de transição de fase via diminuição da turbidez. O estudo foi feito com as dispersões de DMPG e DPPG.

### DMPG

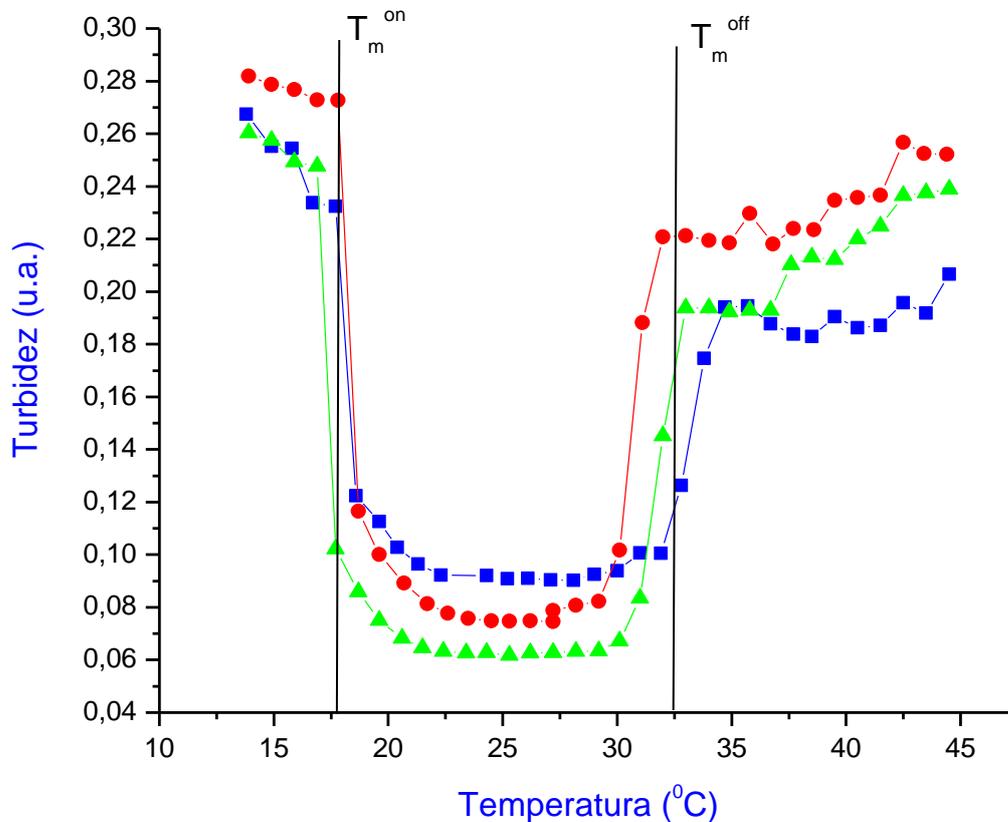
O estudo por espalhamento de luz estático (turbidez) foi realizado a fim de analisar o efeito da extrusão no comportamento do DMPG disperso e verificar se esses resultados diferiam dos obtidos de trabalho anteriores (Riske e Lamy-Freund; 1997). O gráfico da fig. IV. 3.1.2a mostra que as dispersões de DMPG para baixa força iônica apresentaram uma

queda brusca na turbidez a partir da temperatura de 17°C, permanecendo baixa até a temperatura de 30°C, quando ocorre um aumento brusco da turbidez.

Analisando o gráfico, representado pela Figura 08 e, comparando com os resultados de outros trabalhos (Riske e Lamy-Freund, 1997), evidencia-se que não ocorre variação de ambos resultados. Dos resultados, é observado que o efeito da extrusão da dispersão não afeta o comportamento da variação da turbidez da amostra, sendo mostrado ainda que ocorrem duas regiões onde a variação da turbidez varia bruscamente, e que os resultados se equivalem aos obtidos por soluções não extrusadas.

No trabalho Lamy-Freund (Lamy-Freund et al, 2003) é dito que a região relacionada à baixa turbidez é denotada como o intervalo de temperatura entre  $T_m^{on}$  e  $T_m^{off}$  fase intermediária entre a fase gel e a líquido-cristalina. Essa fase é caracterizada por baixa turbidez (como mostrado abaixo - Fig. IV. 3.1.2a), valor positivo no segundo coeficiente da série virial  $A_2$  (repulsão entre as vesículas), alta viscosidade (o que confirma os resultados apresentados nesse trabalho) e condutividade (Heimburg e Biltonen, 1994). Dessa forma, o empacotamento das vesículas na fase gel e na fase fluída de dispersões de DMPG são similares em todas as forças iônicas (de água pura à 10mM de NaCl) e similares ao DMPC. Podemos associar tal diminuição da turbidez como sendo uma brusca diminuição no empacotamento das vesículas, explicado apenas marcadores de spin em Ressonância Paramagnética eletrônica (Lamy-Freund e Riske, 2003).

Figura 08 – Turbidez em função da temperatura de três dispersões de DMPG.



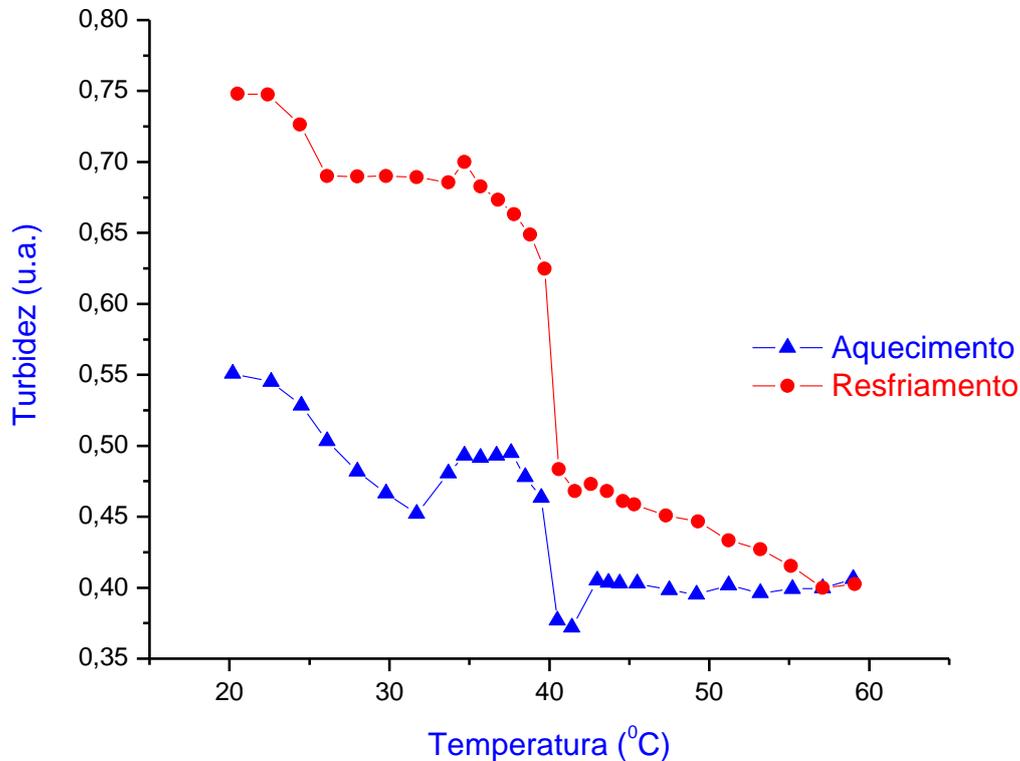
Fonte: própria, 2022.

Note que para todas as amostras, disposta na figura acima, ocorre o mesmo comportamento. Há uma pequena diferença em relação às temperaturas onde acontecem a diminuição brusca da turbidez assim como para a temperatura onde ocorre o aumento da turbidez.

## DPPG

Para as dispersões de DPPG, ao contrário das dispersões de DMPG, não apresentaram duas transições de fase. Um fato interessante é que o DPPG se diferencia do DMPG por dois carbonos a mais na cadeia alquila. Abaixo seguem os resultados:

**Figura 09** - Turbidez em função da temperatura de uma amostra de DPPG em processo de aquecimento e resfriamento.

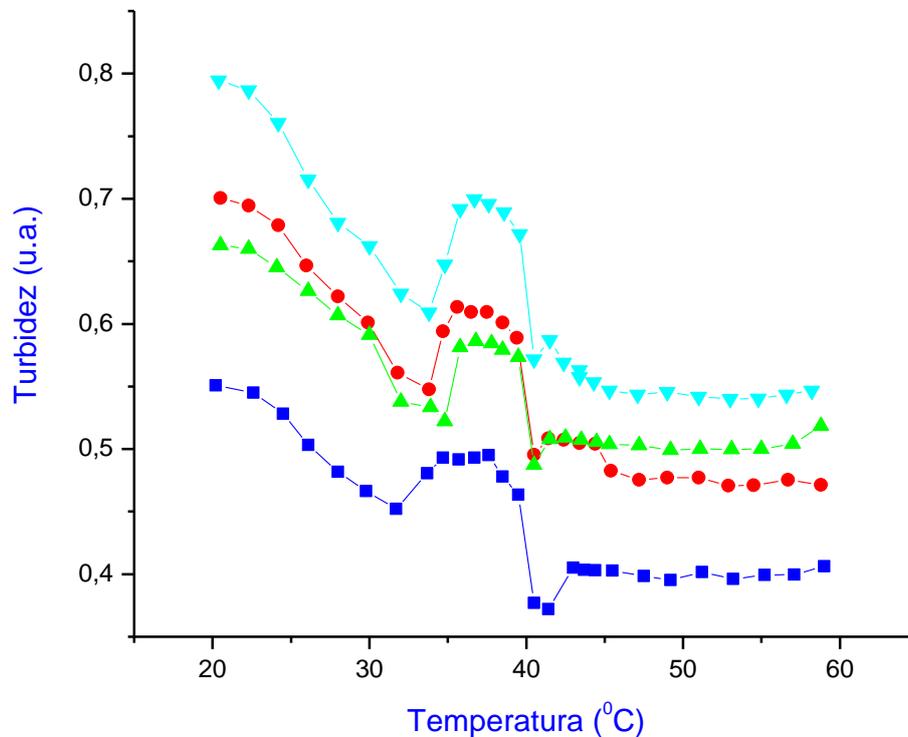


Fonte: própria, 2022.

A figura IV. 3.1.1 descreve o comportamento da turbidez em função da temperatura. Observamos que no aquecimento da amostra há uma redução na turbidez até a temperatura de 32°C e a partir desta, ocorre aumento na turbidez até uma pequena estabilização. Em seguida, a turbidez diminui bruscamente na temperatura de 39°C, caracterizando uma transição de fase. A turbidez cai até um valor mínimo em 42°C ocorrendo a partir desse ponto um aumento seguido de uma estabilização da turbidez.

Observando a curva do resfriamento é mostrado que há uma mudança no comportamento da curva em relação à curva do aquecimento. Ao ser resfriado, o sistema apresenta uma turbidez maior do que a medida na mesma temperatura comparado ao aquecimento. No resfriamento a turbidez aumenta bruscamente aproximadamente na mesma temperatura em que diminuiu, em torno de 39°C.

Figura 10 – Figura Turbidez em função da temperatura de quatro dispersões de DPPG

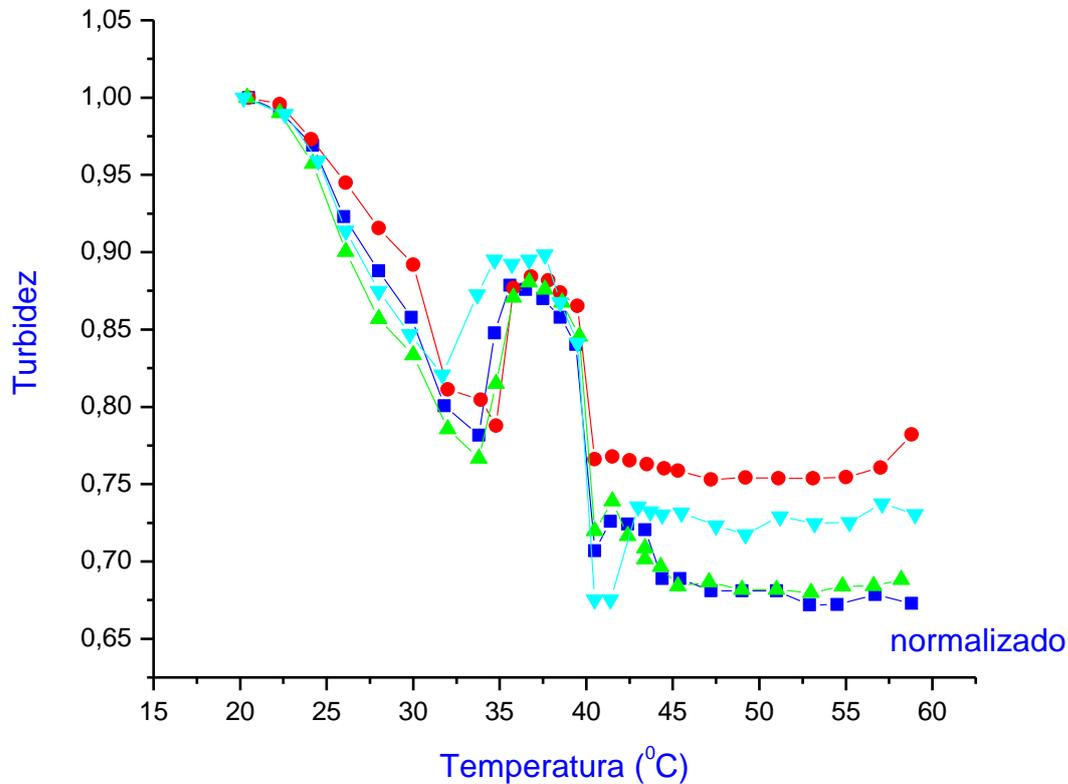


Fonte: própria, 2022.

A figura acima descreve o comportamento da turbidez para quatro dispersões de DPPG nas mesmas condições. Podemos observar que todas as curvas apresentam um comportamento semelhante em relação a diminuição da turbidez até um certo ponto, um certo aumento até atingir um platô e uma queda brusca. Há uma diferença na intensidade e a partir da figura a seguir, pode-se notar que o comportamento é bastante semelhante ao normalizarmos todas as curvas no gráfico acima.

Observando as curvas normalizadas podemos notar que há uma pequena diferenciação na turbidez após a transição de fase. A normalização foi feita pela razão da maior turbidez pelas demais respectiva a cada amostra. Para algumas curvas a queda brusca na turbidez dá-se para valores mais baixos como é o caso da curva em azul e verde. Note que após a transição de fase todas as curvas apresentam comportamento semelhante.

Figura 11 – Turbidez em função da temperatura de quatro dispersões de DPPG – curvas normalizadas



Fonte:

própria, 2022.

Como dito anteriormente, dispersões de DPPG apresentam um comportamento anômalo na região entre 30 e 40°C, mostrado por resultados na condutividade e agora por turbidez, mas não mostrado no estudo da viscosidade. Esse processo ainda não muito bem entendido e necessita de estudos mais aprofundados como está sendo feito com o DMPG.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados mostrados, concluímos que dispersões com concentração da ordem de 10mM e baixa força iônica apresentam um perfil peculiar mostrando que a partir da temperatura de transição de fase principal  $T_m^{on}$  (Riske. e Lamy-Freund, 2000) os diâmetros efetivos diminuem com seus valores menores na temperatura de 25°C, coincidentemente onde a viscosidade é maior, e aumenta a partir da temperatura de 30°C, denominada de  $T_m^{off}$ . Uma analogia para esses resultados é a baixa turbidez

observada no intervalo de 15 a 30°C. Outro ponto forte de indicação do comportamento da variação do diâmetro com a temperatura foi feito a partir da análise da função de correlação onde foram mostrados resultados análogos, sendo apresentado valores em geral dados pela metade dos valores encontrados através do aparelho. Mostramos também que a condutividade das dispersões de DMPG é maior na região de baixa turbidez o que poderia ser explicado pela alta repulsão entre as cabeças polares, pois nessa região haveria mais íons livres em solução do que associados às cabeças fosfatidil. A partir dos resultados de potencial zeta e da mobilidade eletroforética, é possível confirmar essa conclusão, pois o potencial na região após a primeira transição até 30°C é maior do que nas demais regiões.

Uma possível explicação para a variação do diâmetro efetivo de dispersões de DMPG com o aumento da temperatura é que na fase intermediária (intervalo entre 15 e 30°C) as cabeças fosfatidil apresentassem menor repulsões eletrostáticas entre si, diminuindo conseqüentemente a área das cabeças polares, diminuindo o diâmetro efetivo das vesículas.

## REFERÊNCIAS

Aragón S. R; and Pecora R. Theory of Dynamic Light Scattering. Chem. Phys. J. 66 (1977) 2506 – 2516.

Avramovic – Zikic and Colbow K. Turbidity changes of lipid vesicle near the phase transition temperature as an indication of fusion. Bioch. Biophysica Acta, 512 (1978) 97 – 104.

Barros V. P. Dissertação de Mestrado – IFUSP, 2003.

Berne B. J; Pecora R. “Dynamic Light Scattering – with applications to Chemistry, Biology and Physics. John Wiley and Sons, 1976.

D. P. Bossev and N. S. Rosov NIST Center for Neutron Research National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8562, 2003.

Chong C.S; Colbow K; Light Scattering and Turbidity Measurements lipids vesicle. Bioch. et Biophys. Acta 436 (1976) 260 – 282.

Chu B; “Laser Light Scattering”. Academy Press, New York 1974.

Dubin P.L.; Li Y.; Shun L. E. Havel H.A. Dautzenberg H.; Electrophoretic Light Scattering, dynamic Light Scattering, and Turbidimetry Studies of Effect of Polymer Concentration on Complex formation between Polyelectrolyte and Oppositely charged mixed micelles. *Macromolecules* 28 (1995) 3098 – 3102.

Fernandez, R.M. e Lamy-Ferund, M.T. Correlation between the effects of a cationic peptide on the hydration and fluidity of anionic lipid bilayers: a comparative study with sodium ions and cholesterol. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 271 (2000) 87-102.

Gennis R. B. "Biomembranes Molecular Structure and Function" Springer-Verlag, New York, 1989.

Glatter, O. e O. Kratky. "Small Angle X-Ray scattering". Academic press, New York, 1982.

Griffith, O.H.; Dehlinger, P.J.; e Van, S.P.J. *Membrane Biology* 15 (1974) 159-192.  
Goldman C.; Riske K.A.; and Lamy – Freund M.T. Role of soft hard aggregates in the thermodynamics of lipids dispersions. *Physical Review E* 60 (1999) 7349 – 7353.

Handbook of Chemistry and Physics, 58ª edição, 1998, CRC press, INC  
Heimburg, T. e Biltonen, R.L. Thermotropic behavior of Dimyristoylphosphatidylglycerol and its interaction with cytochrome c. *Biochemistry* 33 (1994) 9477-9478  
Hiemenz Paul C., Principles of Colloid and Surface Chemistry 2ª Edition 1999 – Marcel Decker Inc.

Hope, M. J., M. B. Bally, G. Webb, and P. R. Cullis. 1985. Production of large unilamellar vesicles by a rapid extrusion procedure. Characterization of size distribution, trapped volume, and ability to maintain a membrane potential. *Biochim. Biophys. Acta.* 812:55-65.

Horton R.H; Moran L.A; Ochs R. S; Lawn D. J; Scringlous K.G. Fundamentos da Bioquímica 1ª Edição, 1996, Prentice – Hall do Brasil LTDA.

Hunter R. "Zeta Potential in Colloid Science – Principles and Applications". Academy Press, 1981.

Ingebrigtsen, Lars and Brandl Martin – Determination of the Size of Liposomes by SEC Fractionation, and PCS Analysis and Enzymatic Assay of lipid Content – AAPS PharmSciTech 2002.

Israelachvili, J. "Electrostatic forces between surfaces in lipids. In: Intermolecular and Surface Forces". Academy Press. London, 1992.

Koppel, D. E., Fluorescence Redistribution after Photobleaching – A New Multipoint of Membrane Translational Dynamics. *Biophys. J.* 28 (1979) 281 – 292.

Lamy – Freund M. T. and Riske K.A. The Peculiar thermo – structural behavior of the anionic lipid DMPG. *Chemistry and Phys. Of Lipids* 122 (2003) 19 – 32.

Lamy – Freund M.T. Tese de Livre Docência. “Membranas Lipídicas e suas interações com moléculas de interesse biológico – Estudo por Ressonância Paramagnética eletrônica e outras Técnicas Espectroscópicas”. IFUSP, 1998.

Leis D. Barbosa S.; Attwood D.; Taboata P. and Mosquera V. Physicochemical Study of the Complexation of Nortriptyline and Human Serum Albumin, *Langmuir* 18 (2002) 8178 – 8185.

Majhi R. Pinaki and Blume A. Temperature – Induced Micelle – Vesicle Transitions in DMPC –SDS and DMPC – DTAB mixtures studied by Differential Scanning Calorimetry and Dynamic Light Scattering. *Chem. Phys J.* 106 (2002) 10753 – 10763.

Mayer, L.D., M.J. Hope and P.R. Cullis, 1986. Vesicles of variable sizes produced by a rapid extrusion procedure. *Biochim. Biophys. Acta* 858:161-168.

Millard M.M.; Wolf W.J.; Dintzis F. R.; Willett J.L. The hydrodynamic characterization of waxy maize amylopectin in 90% dimethyl sulfoxide – water by analytical ultracentrifugation, dynamic, and static light scattering. *Carbohydrate Polymers* 39 (1999) 315 – 320.

Moore W. J., *Físico Química 1ª Edição* – Editora Universidade de São Paulo 1968.  
Nussenzveig, H. Mausés, *Curso de Física Básica, 3ª Edição*, 1996 Editora Edgard Blücher LTDA.

Pecora R. “Dynamic Light Scattering – Applications of Photon Correlation Spectroscopy”. Plenum Press. New York, 1985.

Pector V.; Caspers J.; Banerjee S.; Dariemaeker L.; Fuks R.; Ouahabi A. E.; Vandenbranden M.; Finsy R.; Ruyschaert J. M. Physico – chemical characterization of a double long-chain cationic amphiphile (Vectamidine) by microelectrophoresis. *Bioch. Biophys. Acta* 1372 (1998) 339 – 346.

Riske, K. A., O. R. Nascimento, M Peric, B. Bales, M.T. Lamy – Freund. Probing DMPG vesicle surface with a cationic aqueous soluble spin label. *Bioch. Biophys. Acta* 1418 (1999) 133 – 146.

Riske, K. A. Dissertação de Mestrado – IFUSP, 1997.

Riske K.A., M.J. Politi, W.F. Reed, M.T. Lamy – Freund. Temperature and ionic strength dependent light scattering of DMPG dispersions. Chem. Phys. Lipids 89 (1997) 31 – 44.

Riske K. A., L.Q. Amaral e M. T. Lamy – Freund. Thermal transitions of DMPG bilayers in aqueous solution: SAXS structural studies. Biochim. Biophys. Acta 1511 (2001) 297 -308.

Riske K.A.; Döbereiner H. G.; Lamy – Freund M.T. Gel – Fluid Transition in dilute versus Concentrated DMPG Aqueous Dispersions. Chem. Phys J. 106 (2002) 239 – 246.

Stryer L. Biochemistry, 4ª Edition, 1995, W.H. Freeman and Company, New York..  
Turchiello R.F. L. Juliano, A.S. Ito, M.T. Lamy- Freund. “How bradykinin alters the lipid membrane structure: a spin label comparative study with bradykinin fragments and other cations. Bopolymers 54 (2000) 211-221.

Voet D.; J. G.Voet. “Biochemistry” 2ª Edição. John Wiley and sons, Inc. New York, 2008.

Sun C.; Sano Y.; Kashiwagi H. Ueno M. characterization of aggregates structures of phospholipids in the process of vesicle solubilization with sodium cholate using laser light scattering method. Colloid Polym. Sci. 280 (2002) 900 – 907.

## **PROGRESSOS CIENTÍFICOS E IMPACTOS SOCIAIS SOB A ÓTICA DA HISTÓRIA DA TECNOLOGIA: CASOS DAS INDÚSTRIAS AERONÁUTICA E FARMACÊUTICA**

Prof. Me. Nicolino Foschini Neto; Prof. Me. Eduardo de Araújo Maeda; Prof. Me. Augusto César de Brito Geroldo; Prof. Me. Jefferson Almeida Santos; Prof. Dr. Thadeu Alfredo; Prof. Me. Marcos Paulo de Souza Silva; Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Moretti; Prof. Dr. Evandro Drigo da Silva; Prof<sup>a</sup>. Me. Patrícia França; Prof. Dr. André Rinaldi Fukushima

Docentes do Centro Universitário das Américas – FAM, São Paulo, SP

### **RESUMO**

Apresenta dois processos de evolução científica dos campos da história da tecnologia na engenharia e da saúde mais especificamente os paradigmas e sua evolução dentro da área da computação dentro da engenharia aeronáutica e da bioinformática dentro da Química Medicinal ou Química Farmacêutica. Apresenta o avanço da computação quântica de forma significativa em relação à computação "clássica" no que concerne a inovação da computação para mecânica clássica com a criação do primeiro método numérico de cálculo computacional, bem como a velocidade de descoberta de novos agentes medicinais e evolução nos tratamentos. Buscou-se nos periódicos da base de dados EBSCO as palavras-chave principais do objeto de estudo, como: "mecânica computacional", "método numérico", "bioinformática", "indústria farmacêutica" e "anticorpos monoclonais". Na parte inicial mais historicamente remota, aplica-se a metodologia de pesquisa baseada na História da ciência com base em fontes primárias de documentos do século 20, agregando a busca de publicações dos últimos dez anos sobre a bioinformática e seus progressos. Aparentemente o caminho que tem sido trilhado pelas grandes corporações farmoquímicas tem apontado que a computação quântica está avançando de forma significativa em relação à computação "clássica" no que concerne velocidade de descoberta de novos agentes medicinais e evolução nos tratamentos. A computação quântica será crucial para a indústria farmacêutica identificar e desenvolver novos agentes medicinais, diagnósticos, aplicações para diagnósticos moleculares e melhoria da precisão dos tratamentos médicos para uma ampla gama de doenças, sendo assim um provável futuro da reinvenção das gigantes farmoquímicas.

**Palavras-chave:** Mecânica Computacional. Método dos Elementos Finitos. Paradigmas da ciência. Computação Quântica. Química Medicinal. Química Farmacêutica.

### **ABSTRACT**

It presents the processes of scientific evolution in the fields of engineering and health, more specifically the paradigms and their evolution within the area of computing within aeronautical engineering and bioinformatics within Medicinal Chemistry or Pharmaceutical Chemistry. It presents the advancement of quantum computing in a significant way in relation to "classical" computing in what concerns the innovation of computing for classical mechanics with the creation of the first numerical method of computational calculation, as well as the speed of discovery of new medicinal agents and evolution in treatments. The main keywords of the object of study were searched in the journals of the EBSCO database, such as: "computational mechanics", "numerical method", "bioinformatics", "pharmaceutical industry" and "monoclonal antibodies". In the most historically remote initial part, a research methodology based on the History of Science is applied,

based on primary sources of documents from the 20th century, aggregating the search for publications from the last ten years on bioinformatics and its progress. Apparently, the path that has been followed by large pharmacochemical corporations has pointed out that quantum computing is advancing significantly in relation to "classical" computing in terms of speed of discovery of new medicinal agents and evolution in treatments. Quantum computing will be crucial for the pharmaceutical industry to identify and develop new medicinal agents, diagnostics, applications for molecular diagnostics and improving the accuracy of medical treatments for a wide range of diseases, thus being a likely future of the reinvention of the pharmochemical giants.

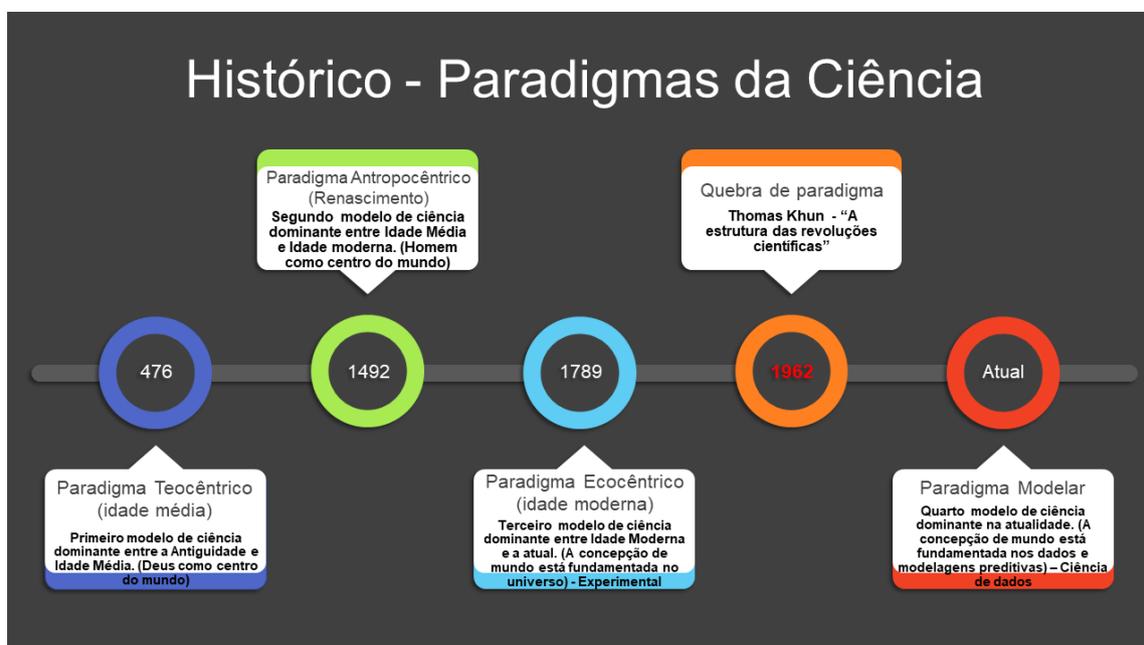
**Keywords:** Computational Mechanics. Finite Element Method. Science paradigms. Medical Computing. Quantum Computing. Medicinal Chemistry. Pharmaceutical Chemistry.

É de notório saber que o desenvolvimento das sociedades, seguem em harmonia com um entendimento ou concepção de mundo. Os processos de evolução científica, em sua maioria, vêm sempre acompanhados de momentos de adversidade, nas mais diferentes esferas, vide o pensamento do renomado físico Albert Einstein, ao dizer que “A associação dos problemas resolvidos com os não resolvidos pode lançar nova luz nas nossas dificuldades, graças à sugestão de ideias novas” (EINSTEIN, 1990). A ciência, ao longo de sua trajetória histórica evidencia que suas práticas são baseadas na visão de mundo momentânea, procurando explicar os fenômenos de interesse, de maneira apropriada aos critérios científicos.

Nesse sentido o processo científico é dinâmico e evolucionista, onde as hipóteses podem ser criadas e refutadas, aprimoradas e substituídas por outras, a fim de buscar explicar e entender, a realidade.

Sendo assim a constituição dos campos científicos se processa através de contextos relacionais, não sendo imune a mudanças de comportamentos sociais e históricos, como mostrado resumidamente na linha do tempo apresentada na figura 4, que fazem com que as indagações se multipliquem e se diversifiquem em correntes distintas de pensamento.

Figura 1 – Paradigmas da Ciência



Fonte: original dos autores.

Ao observarmos os movimentos científicos-sociais, é notório que eles estão seguindo o fluxo proposto por Thomas Samuel Kuhn (1922–1996). Com o surgimento da ciência computacional e ciência de dados, todos os campos tiveram que se reinventar e se adaptar a essa nova realidade, porém, alguns campos como a medicina, a farmácia, principalmente no que tange a descoberta de novos agentes medicinais, bem como, novos tratamentos baseados na medicina personalizada estão passando por modificação que aparentemente estão gerando um impacto bastante positivo com esse novo modelo de ciência. A figura 5 mostra a evolução e a substituição de modelos científicos (KUHN, 2000).

Figura 2 – Evolução dos modelos científicos



Fonte: original dos autores.

## **Breve Histórico da Computação Clássica na Engenharia Aeronáutica: Origens da Mecânica Computacional**

A Mecânica Computacional tem sua marca na história a partir dos Teoremas de Energia de Argyris (Generalização do teorema de Castigliano). John Hadji Argyris (1913-2004) completou seu doutorado em 1942 na ETH de Zurique em aeronáutica. Em maio de 1943 ele chega na Inglaterra onde trabalha como técnico no departamento de engenharia da Royal Aeronautical Society (RAeS) de Londres. Sua tarefa era analisar e criar “data sheets” que a Sociedade emitiu para orientação dos projetistas de aeronaves, nesta posição ele trabalhou por quase seis anos (SPALDING, pg. 27).

A instituição que ele se dedicou inicialmente, como atividade principal foi a Royal Aeronautical Society (RAeS); a segunda, Imperial College de Londres.

Argyris era sobrinho do brilhante matemático alemão Constantin Carathéodory (1873-1950) de descendência grega, que trabalhou com Albert Einstein na Alemanha. Da biografia de Carathéodory um trecho ilustra a importância acadêmica do tio de Argyris: “Em 12 de fevereiro de 1921, sobre a teoria de Carathéodory, Born escreveu a Einstein: ‘Primeiramente, eu escrevi um relato da termodinâmica de Carathéodory que aparecerá em algum momento no [Journal] Phys. Estou muito curioso para ouvir o que você diz sobre isso. O próprio Carathéodory, a quem encontrei o relato em Esmirna, achou o relato ao seu gosto’”(GEORGIADOU, pg, 50).

### **Primórdios da Mecânica computacional**

“As teorias matemáticas do alegre campo de caça dos matemáticos puros são adequadas para descrever o fluxo de ar produzido pelas aeronaves, com precisão tão excelente que podem ser aplicadas diretamente ao projeto de aviões. Theodore von Karman, 1954” (ANDERSON JR., pg. 134).

A aplicação matemática sem o uso das Matrizes Algébricas por Argyris, vai até as suas publicações de 1947, sendo que sua chega na Inglaterra acontece em 1943. Neste período, o matemático-engenheiro se depara com os problemas das aeronaves supersônicas experimentais, que dentro dos túneis de vento batem asas feito pássaros, inviabilizando o voo seguro em altas velocidades. Sobre estes ensaios em túnel de vento, o escritório técnico de projetos da RAeS tem vários dados acumulados, tanto teóricos como experimentais, sobre o estudo de possíveis projetos para uma aeronave supersônica experimental. Com essas aeronaves, espera-se voar bem além da região sônica (Mach 1) e, ao fazê-lo, fornecer algumas informações sobre os muitos problemas transônicos complexos que, até o presente período, escaparam ao tratamento tanto teoricamente e no túnel de vento. Considera-se que esta abordagem em grande escala do problema do vôo supersônico pilotado é provavelmente, no futuro próximo, a mais econômica e frutífera de qualquer um dos métodos propostos.

O método de análise usado neste trabalho produz fórmulas simples para a tensão direta e a tensão de cisalhamento para qualquer número de longarinas (stringer) em qualquer ponto do painel. Neste trabalho Argyris se utiliza de ferramentas matemáticas

avançadas com desenvolvimentos de diversos cálculos como séries de Fourier, equações diferenciais de funções hiperbólicas e cálculo de equações transformadas de diferenças finitas, para impor condições de contorno como simetrias geométricas e calcular a distribuição de tensões pela teoria de flexão comum da engenharia (Euler-Bernoulli), e suas respectivas deflexões. Comenta que provavelmente a única desvantagem do método é que envolve a solução de **equações transcendentais**. De acordo com Argyris, “levando-se em consideração a excelente concordância entre o método finite-stringer deste trabalho e os resultados disponíveis do método da placa ortotrópica, pode-se supor que, do ponto de vista prático, os resultados da presente investigação são suficientemente precisos” (ARGYRIS, 1946, p. 1).

Com os resultados deste trabalho, a distribuição de tensão em um painel plano de asa de avião, com qualquer tensão de borda assimétrica e sob condições de carga muito gerais, pode ser facilmente encontrada (ARGYRIS, 1946, p. 29-33). O autor, recomenda num artigo relacionado aos seus cálculos que: “Qualquer procedimento de cálculo de tensão é baseado em uma idealização da geometria da estrutura e do comportamento do material. Uma visão física considerável é frequentemente necessária para encontrar a estrutura idealizada mais adequada, tanto do ponto de vista computacional quanto de precisão” (ARGYRIS, 1952, p. 803). Em 1952 o autor escreve o *Structural Principles and Data* (HADJI-ARGYRIS; DUNNE, 1952.), que é publicado dentro do capítulo 2: *Structural Analysis do Handbooks of Aeronautics*, que vem a ser um procedimento de cálculo de tensões em asas (swept-back ou delta-wing) com cinco estágios.

## Primeiros contatos com Computador Digital: Ferranti Digital Computer

Um dos primeiros campos de desenvolvimento da mecânica computacional ou seja, a mecânica aplicada com uso de computadores, foi no cálculo estrutural de aeronaves. O sistema Perseu foi inserido em organizações com coleções enormes de cartões perfurados, por isso com o sistema Perseu o computador faz a conversão do cartão perfurado (I.B.M., Hollerith ou Powers-Samas) para a fita magnética. O sistema faz o arranjo da informação no cartão para ser gravado na fita magnética, sendo que cada tipo de cartão tem um arranjo diferente.

Figura 3 – Fotografia de publicidade do computador Ferranti Pegasus II, c 1958, exposta no Museu da Ciência da Inglaterra.

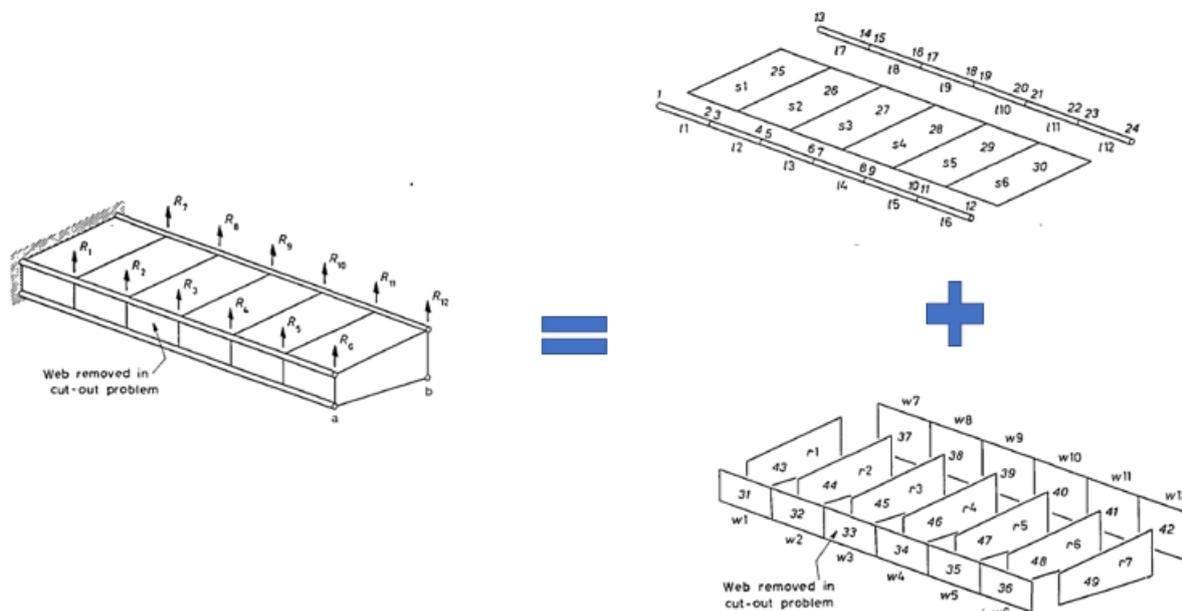


Fonte: <https://blog.sciencemuseum.org.uk/the-pegasus-computer/>

### Parte I. Descrição do Esquema Interpretativo de Matrix e sua aplicação.

Esquema Interpretativo de Matriz foi projetado para o computador Ferranti Pegasus, que foi criado em 1956. O tempo que o computador levou para computar o problema, incluindo o tempo de entrada e saída de dados foi 3 min. 47 s.

Figura 4 – Representação gráfica do equacionamento dos cálculos computacionais apresentados nos artigos publicados por Argyris.



Fonte: ARGYRIS, 1954.

No computador Ferranti Pegasus os tempos necessários para obedecer aos programas (incluindo a leitura nos dados, a impressão dos resultados e o cálculo das verificações) dando um tempo total de 49 minutos e 20 segundos. Assume que todos os dados de entrada foram perfurados para oito algarismos significativos e que todos os resultados também são impressos para essa precisão. Se forem utilizados menos números, os tempos seriam reduzidos de forma correspondente.

Parte II. O uso dos parâmetros de “preset” e programação com o Esquema Interpretativo de Matriz e sua aplicação na análise do Método de Força.

O programa da imagem acima (Matrix instructions) é gravado na fita conforme escrito acima (**claro, as notas à direita não são perfuradas**). Em qualquer execução específica, ele é alimentado no computador junto com o programa auxiliar conhecido como o interlúdio. Esses programas auxiliares podem ser usados para a análise estrutural de qualquer estrutura e, além dos dados iniciais, somente as dimensões das matrizes precisarão ser especificadas novamente para cada caso. Porém, como a capacidade de armazenamento de qualquer computador digital é finita, é necessário impor restrições ao

tamanho das matrizes para que elas possam ser mantidas na memória. As dimensões das matrizes que ocorrem serão da ordem:

**Asa de caça típica**

Número de tensões = 200

Número de forças externas = 30

Número de redundâncias (temperatura) = 50

**Asa de bombardeiro**

Número de tensões = 1.000

Número de forças externas = 50

Número de redundâncias (temperatura) = 200

Ao usar o esquema de matrizes em sua forma atual com o computador Pegasus, o espaço disponível no armazenamento do computador para armazenar os dados da matriz é de 3.070 locais, portanto algumas das grandes matrizes não podem ser mantidas completas lá. Dois dispositivos alternativos podem ser usados para superar essa dificuldade:

1) O uso de uma grande memória auxiliar e de acesso razoavelmente rápido. Isto é fornecido por **fita magnética**. Estes podem ser lidos no computador a uma taxa de 500 números por segundo. Os números também podem ser gravados na fita magnética pelo computador na mesma velocidade.

2) O uso da teoria de **matrizes particionadas** de modo que apenas submatrizes de dimensões muito inferiores precisam ser mantidas no armazenamento do computador a qualquer momento. Do ponto de vista estrutural, este particionamento é equivalente ao uso de conjuntos de peças da estrutura como sistemas básicos estaticamente indeterminados. Em geral, essas sub-matrizes serão tratadas no computador separadamente e os resultados intermediários produzidos a partir deles serão perfurados em fita de papel. Essa informação será então lida novamente pelo computador quando for necessária no cálculo. Desta forma, a **fita de papel está sendo usada como memória auxiliar para os cálculos muito grandes que excedem a capacidade de memória interna do computador**. Os resultados intermediários são perfurados pelo computador em fita de papel e são deixados fora do computador até que sejam necessários

posteriormente no problema. Eles são então lidos novamente. A fita de papel perfurado foi usada para este fim, já que é o meio padrão de entrada e saída disponível no momento com o computador Pegasus.

Esta técnica de usar cartões perfurados como armazenamento auxiliar foi usada na maioria dos cálculos realizados no computador modelo Ace Pilot no Laboratório Nacional de Física antes que o computador fosse equipado com um tambor magnético.

Parte III. Proposta Programação Geral para os métodos de força e deslocamento de grandes estruturas incluindo o uso de fitas magnéticas para armazenamento.

Considerando meios alternativos que acelerariam significativamente este processo, e a fita magnética é uma possibilidade óbvia. O equipamento de fita magnética como uma loja auxiliar para computadores já está bem desenvolvido nos EUA, e é de se esperar que ele esteja disponível em computadores britânicos no futuro próximo. Cada **bobina de fita magnética** é capaz de armazenar 217.000 números de 11 dígitos decimais. O tamanho máximo da bobina é de 3.000ft e cada bobina contém 6.050 blocos de informação. Cada bloco consiste em 32 palavras. Como é relativamente fácil alterar qualquer bobina e substituí-la por outra, dois ou quatro mecanismos com o computador provavelmente serão suficientes.

Figura 5 – Representação gráfica de fita magnética e a forma de estruturação da gravação da informação usada para entrada de dados pelos Computadores da Ferranti modelo Perseus.

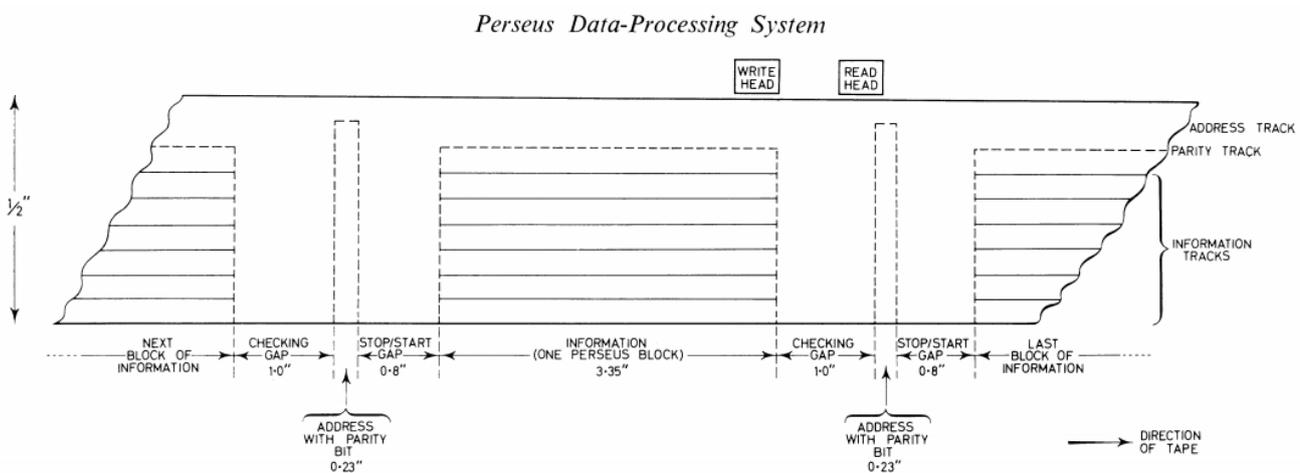


FIG. 6.—The layout of the information on Perseus magnetic tape.

Fonte: HUNT, 1959.

As informações podem ser lidas e gravadas em fita magnética pelo computador a uma taxa de 500 números por segundo. Isso se compara favoravelmente com 16 números por segundo - a taxa que a fita de papel pode ser lida. O recurso de pesquisa permite que o computador leia ou escreva em qualquer seção da fita magnética e é capaz de encontrar esta seção automaticamente.

Mesmo com fita magnética, no entanto, a mídia de entrada e saída da fita de papel provavelmente ainda será usada, a fita magnética será usada como memória auxiliar e os resultados finais perfurados na fita de papel pelo computador e depois impressos por um teleprinter.

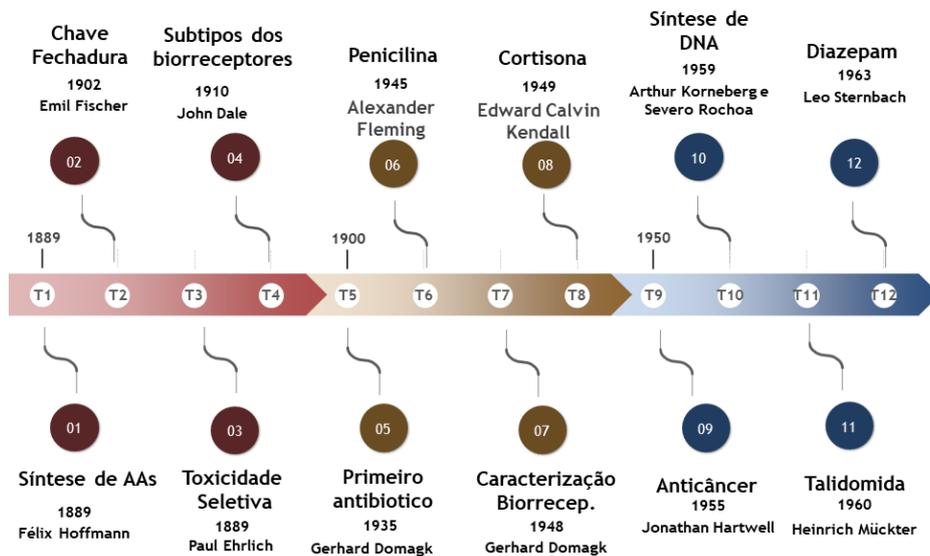
O tempo estimado no computador Ferranti Pegasus para a análise básica da asa delta é de 140 horas, isso inclui a leitura dos dados iniciais no computador e os dados para imprimir os resultados. Eles também incluem os tempos necessários para calcular as verificações gerais. **O uso de fita magnética** aceleraria consideravelmente o processo, neste exemplo, estima-se que levaria cerca de 40 horas para rodar no computador. Se, é claro, um computador mais rápido fosse usado com memória consideravelmente maior, como o computador Ferranti Mercury, eles seriam ainda mais rápidos.

**Como desenvolvido por Argyris na sua série de artigos sobre o método de Energia de Deformação, as matrizes podem ser obtidas de maneira muito simples a partir da geometria e das propriedades elásticas da estrutura.** Embora os próprios cálculos sejam elementares, o volume de trabalho envolvido em uma estrutura grande é considerável, e é obviamente desejável estender a aplicação do computador digital ao seu cálculo.

## Breve Histórico da Revolução da Bioinformática na Indústria Farmacêutica

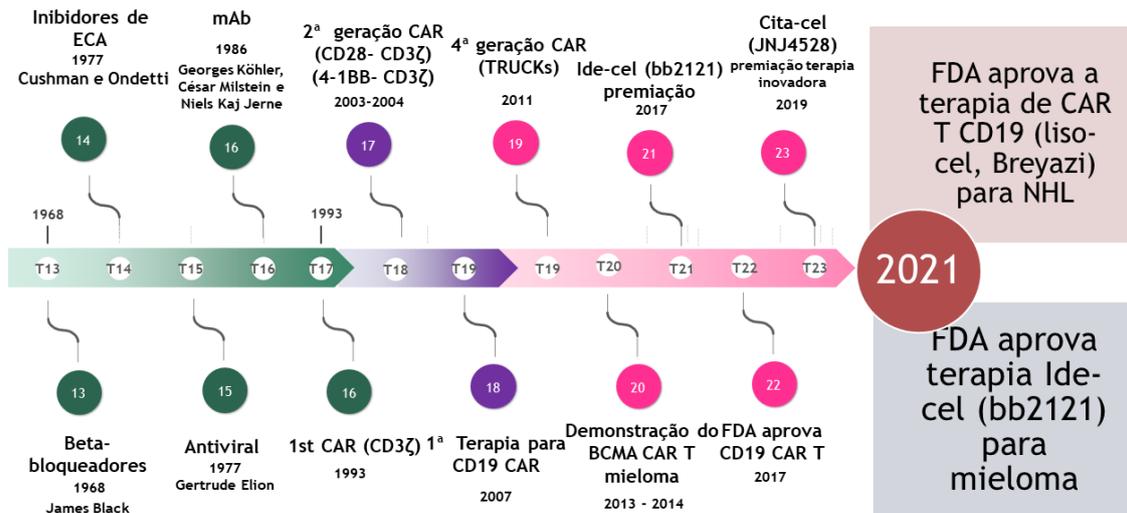
A Química Medicinal ou Química Farmacêutica é a área, destinada a descoberta de novos agentes medicinais, tendo assim como principal objetivo tratá-los e compreendê-los em nível molecular, quanto as suas capacidades terapêuticas e tóxicas. Nesse sentido ao traçarmos uma linha histórica representada nas figuras 6 e 7, relacionada a evolução da descoberta de novos agentes medicinais, podemos notar que há um paralelo entre o modelo do paradigma da ciência e a evolução e descoberta de novos agentes medicinais.

Figura 6 – Linha histórica da descoberta de agentes medicinais, Parte 1



Fonte: original dos autores.

Figura 7 – Linha histórica da descoberta de agentes medicinais, Parte 2



Fonte: original dos autores.

Ao observarmos a linha do tempo proposta, podemos constatar que durante muito tempo a descoberta de fármacos ocorreu ao acaso, passando por observações e triagens empíricas, extrações de fontes naturais, até chegar a era das grandes sínteses. Entretanto, esse movimento vem mudando, o trabalho individual tem sido substituído pelo trabalho em equipes transdisciplinares com olhares holísticos. Prova disso é que há descrição de diversas estratégias para o design molecular de novos agentes medicinais, como abordagens fisiológicas, estudo de alvos terapêuticos, etc., no entanto, mais atualmente, a abordagem de planejamento molecular de novos agentes medicinais candidatos a novos fármacos, tem ganhado destaque, por utilizar-se modelos computacionais para realizar predições e triagens antes de realizar testes in vitro, ou mesmo in vivo reduzindo gastos, tempo de desenvolvimento, experimentação animal e aumentando a probabilidade de compostos funcionarem de maneira mais efetiva e com menores efeitos colaterais. Em 2021 foram aprovados pela FDA 48 agentes medicinais que atuarão em múltiplas doenças não cobertas. Alguns deles foram chamados de fármacos inovadores pois atuam em alvos moleculares ou rotas fisiológicas que nenhum outro fármaco no mercado atua, como por exemplo o Avacopan, Asciminib, Ropeginterferon, alfa-2b, Vosoritide, Maribavir, Pafolacianina, Tezepelumab e Efgartigimod. Todos esses medicamentos tiveram uma etapa de modelagem in silíco a fim de prever sua atividade ou toxicidade.

A modelagem computacional pode caminhar para várias vertentes aliadas a bioinformática, uma das possibilidades que estão sendo inicialmente exploradas é o aumento de velocidade de desenvolvimento de novos agentes medicinais com o uso de softwares de inteligência artificial (AI) que tem a capacidade de prever com precisão as propriedades moleculares e, em particular, se uma molécula e/ou um agente medicinal proposto terá atividade e aprender com o processo.

A inteligência artificial é muito efetiva no reconhecimento de padrões de imagens e textos, o que a torna uma ferramenta interessante e promissora para essa aplicação a qual é dada o nome de meta-aprendizagem. Exemplo disso são as colaborações que vem surgindo entre as empresas farmoquímicas e as empresas de informática, aqui podemos citar a colaboração entre a Novartis, a equipe de Machine Intelligence da Microsoft Research Cambridge que trabalhou em um projeto a fim de melhorar a previsão da ligação entre moléculas e proteínas, o que resultou em um artigo publicado trigésima quinta Conferência sobre Sistemas de Processamento de Informação Neural (NeurIPS)

2021, FS-Mol: A Few-Shot Learning Dataset of Molecules. Um dos entraves da ampliação do uso de modelos computacionais na predição de novos agentes medicinais é a qualidade e a velocidade do processamento que a informática atual possibilita, nesse sentido, o desenvolvimento da computação quântica vem auxiliar na solução desse entrave.

O modelo computacional que possuímos hoje em dia é um modelo binário, que se baseia em 1 – presença de eletricidade – ou 0 – ausência de eletricidade –, esse mesmo modelo pode se aplicar a luz ou magnetismo, sendo sempre um modelo de base matemática binária, porém, se observarmos as regras quânticas, onde uma partícula pode possuir um comportamento ambíguo, como por exemplo o fóton, que tem características de energia e ao mesmo tempo possui massa, lhe conferindo características de partícula, podemos utilizar um modelo quântico a fim de processar informações. No modelo de processamento quântico, podemos ter ausência e presença da luz, eletricidade ou magnetismo ao mesmo tempo, ou seja, teríamos 0 e 1 simultaneamente, obviamente considerando as leis da probabilidade estatística, nesse sentido, um aumento drástico de velocidade de processamento, bem como um aumento de capacidade de armazenamento, cerca de 8 vezes maior do que temos atualmente.

Assim sendo, com a finalidade de ampliação de portfólio científico outras apostas são realizadas pelas grandes farmoquímicas, estas estão apostando no uso da computação quântica, uma vez que os métodos computacionais atuais são limitados e não suportam o desenvolvimento de medicamentos inovadores. Já, os processadores quânticos são capazes de resolver muitos dos problemas do desenvolvimento farmacêutico, em especial a análise e modelagem de moléculas associadas aos mecanismos das doenças, lacuna essa não solucionada pela computação tradicional.

Graças a sua potência a computação quântica consegue simular e comparar com certa precisão estruturas maiores e mais complexas do que a computação clássica é capaz de fazer, exemplo disso nasceu a parceria entre a farmacêutica Boehringer Ingelheim com o Google Quantum AI. Outro exemplo disso é a startup Polaris Quantum Biotech está aplicando a computação quântica na descoberta de novos agentes medicinais, com isso a empresa reduziu para cerca de quatro meses o tempo que se leva para encontrar novas moléculas candidatas no desenvolvimento de novos agentes medicinais, sendo assim a startup está redesenhando os processos, e vislumbra sua aplicação na escalabilidade e automação. A empresa Biogen está seguindo no mesmo

sentindo que o mercado farmoquímico com a criação do aplicativo 1QBit em parceria com a Canadense Accenture Labs, este tem por objetivo reduzir custos e o tempo de lançamento potenciais novas moléculas. A empresa está caminhando no sentido do tratamento para doenças neurodegenerativas como esclerose múltipla, doença de Alzheimer, Parkinson e doença de Lou Gehrig.

## CONCLUSÃO

O progresso da computação clássica gerou forte impacto social e tecnológico da época. O aumento considerável na quantidade diária de voos pelo mundo inteiro. Como exemplo cita-se o histórico do número de voos Reais “*History of Royal Flying*” que eram em 1953 de 60 voos/ano e passaram a ser em 1985 de 1.200 voos/ano. Além disso, a introdução dos computadores nos métodos numéricos aplicados à engenharia, trouxe para a engenharia o desenvolvimento do sistema chamado ASKA (Automatic System for Kinematic Analysis) e que foi um dos primeiros programas de computador universalmente aplicáveis para cálculos de acordo com o método dos elementos finitos. O desenvolvimento do ASKA começou no início da década de 1960 no Instituto de Estabilidade e Dinâmica das Construções Aeroespaciais (ISD) da Universidade de Stuttgart, sob a direção de John Argyris. Em 1968, uma versão do ASKA foi desenvolvida na linguagem de programação Fortran. Neste período, uma das primeiras aplicações com ASKA foi no campo da engenharia aeroespacial, **um cálculo dinâmico da estrutura completa do caça Lockheed F-104G (Starfighter) foi realizado com ASKA**. Além de uma aplicação não linear no cálculo da estrutura do telhado do Estádio Olímpico de Munique por Frei Otto. Embora muito à frente de seu tempo em muitos aspectos, o ASKA nunca foi seriamente comercializado, mas permaneceu em grande parte no ambiente de pesquisa. Até que em 1984 um grupo de cientistas da ISD adquiriu os direitos do ASKA da Universidade de Stuttgart e começou a desenvolver o programa sob o nome PERMAS em um ambiente industrial.

As abordagens de bioinformática estão se tornando cada vez mais essenciais na descoberta de medicamentos tanto na academia quanto na indústria farmacêutica. A exploração computacional dos volumes crescentes de dados gerados durante todas as fases da descoberta de medicamentos está permitindo que os principais desafios do processo sejam abordados, como a criação de grandes repositórios de dados, algoritmos

de bioinformática para analisar *big data* que identificam novos alvos de medicamentos e/ou biomarcadores, programas para avaliar a tratabilidade de alvos e previsão de oportunidades de reposicionamento que usam medicamentos licenciados para tratar indicações adicionais. Além disso, a ampla aplicação das ferramentas computacionais tecnologias de computação de alta performance e conjunto com as ferramentas analíticas associadas aceleraram muito o progresso dos estudos para as plantas medicinais. O emprego de ferramentas de bioinformática nos campos crescentes de farmacovigilância e sequenciamento genômico traz grandes benefícios futuros, como auxiliar no melhor entendimento da resistência a drogas e virulência microbiana, o que pode facilitar o manejo eficaz de infecções virais (Wooller et al., 2017; Ma et al., 2020; Behl et al., 2021).

Aparentemente o caminho que tem sido trilhado pelas grandes corporações farmoquímicas tem apontado que a computação quântica está avançando de forma significativa em relação à computação clássica no que concerne velocidade de descoberta de novos agentes medicinais e evolução nos tratamentos. A evolução e o acesso da computação quântica serão cruciais para as empresas farmacêuticas identificarem e desenvolverem novos agentes medicinais, diagnósticos, aplicações para diagnósticos moleculares e melhoria da precisão dos tratamentos médicos para uma ampla gama de doenças, sendo assim um provável futuro para a reinvenção das gigantes farmoquímicas.

## REFERÊNCIAS

Anderson Jr, John D. *Fundamentos de engenharia aeronáutica*. Francisco Araujo da Costa (trad.). 7. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

Argyris, John Hadji. "Energy Theorems and Structural Analysis." *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 26, no. 10 (10 1954): 347-56. doi:10.1108/eb032482.

Argyris, John. Hadji. *Diffusion of Antisymmetrical Loads Into, and Bending Under, Transverse Loads of Parallel Stiffened Panels*. Aeronautical Research Council Reports and Memoranda, 1946.

Argyris, J. H., and P. C. Dunne. "Structures Data Sheets." *Journal of the Royal Aeronautical Society* 56, no. 502 (10 1952): 801-03.

Behl T, Kaur I, Sehgal A, Singh S, Bhatia S, Al-Harrasi A, et al. "Bioinformatics Accelerates the Major Tetrad:" A Real Boost for the Pharmaceutical Industry. *International*

*journal of molecular sciences* [Internet]. 2021 Jun 8 [citado 2022 Jan 27];22(12).  
Disponível em: EBSCO HOST.

Castigliano, Alberto. *Intorno all'Equilibrio dei Sistemi Elastici*. Stamperia Reale di Torino di G. B. Paravia E C., 1875.

Courant, Richard. "Variational Methods for the Solution of Problems of Equilibrium and Vibrations." *Bulletin of the American Mathematical Society* 49, no. 1 (01, 1943): 1-24.  
doi:10.1090/s0002-9904-1943-07818-4.

Einstein, Albert; Infeld LTML. *A evolução da física* [impresso]. Rio de Janeiro (RJ): Zahar; 1990. 260 p.

Felippa, C.A. "A Historical Outline of Matrix Structural Analysis: A Play in Three Acts." *Computers & Structures* 79, no. 14 (06 2001): 1313-324.

Georgiadou, Maria. *Constantin Carathéodory: Mathematics and Politics in Turbulent times*. Springer, 2004.

HADJI-ARGYRIS, J. and DUNNE, P. C. *Structural Analysis*, Part 2 of Structural Principles and Data. Pitman, London, 1952.

Hooke, Robert. *Lectures De Potentia Restitutiva or of Spring Explaining the Power of Springing Bodies*. London: John Marty, 1678. <http://data.onb.ac.at/ABO/%2BZ156750409>

Hunt, P. M. 1959. "The Ferranti Perseus Data-Processing System." *The Computer Journal* 2 (2): 68–75. doi:10.1093/comjnl/2.2.68.

Kuhn TS. *A estrutura das revoluções científicas* [impresso]. 5th ed. São Paulo: Perspectiva; 2000. 257 p.

Ma X, Meng Y, Wang P, Tang Z, Wang H, Xie T. "Bioinformatics-assisted, integrated omics studies on medicinal plants." *Briefings in Bioinformatics* [Internet]. 2020 Nov [citado 2022 Jan 27];21(6):1857–74. Disponível em: EBSCO HOST.

Menabrea, Luigi Federigo. *Étude De Statique Physique Principe Général Pour Déterminer Des Pressions Et Les Tensions Dans Un Système Élastique*. 1871. <https://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/16226993>

National Academy of Engineering. "Memorial Tributes: Volume 15," 24–31. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. <https://doi.org/10.17226/13160>.

Patton, Lydia, "Hermann von Helmholtz", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.).  
<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/hermann-helmholtz>.

Serway, Raymond A, Jewett Jr, John W. *Física para cientistas e engenheiros - v.1 mecânica*. Solange Aparecida Visconte (trad.). São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Spalding, D. Brian. 2014. "John Hadji Argyris. 19 August 1913 — 2 April 2004." *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 60: 23–37. doi:10.1098/rsbm.2013.0003.

Timoshenko, Stephen. *History of Strength of Materials: With a Brief Account of the History of Theory of Elasticity and Theory of Structures*. New York: Dover Publications, 1983.

Timoshenko, Stephen, & Goodier, J. N. *Theory of Elasticity*. McGraw-Hill, 1951.

Wooller SK, Benstead-Hume G, Chen X, Ali Y, Pearl FMG. "Bioinformatics in translational drug discovery." *Bioscience reports* [Internet]. 2017 Jul 7 [citado 2022 Jan 27];37(4). Disponível em: EBSCO HOST.

Zill, Dennis G., and Michael R. Cullen. *Matemática Avançada Para Engenharia*. 3. Ed. Bookman, 2011.

# **FOTOS DO SIMPÓSIO DE PROJETOS 2021.2**



Apresentação de alunos no Simpósio de Projetos



Apresentação de alunos no Simpósio de Projetos



Apresentação de alunos no Simpósio de Projetos



Premiação de alunos pela avaliação dos Professores Avaliadores no Simpósio de Projetos – Brinde cedido pela **Kion South America** (Linde, Still, Baoli)



Premiação de alunos no Simpósio de Projetos junto aos Professores da Comissão Organizadora do Simpósio de Projetos

# **SEMANA DE ENGENHARIA E EXATAS: OFICINAS E PALESTRAS**



**Oficina: Química na FAM**



**Oficina: Química na FAM**



**Oficina: Desenho Arquitetônico**



**Oficina: Física na FAM**



**Oficina: PROJETO PLANETÁRIO DE CARMO NO MINECRAFT- GAMIFICAÇÃO A SERVIÇO DA EDUCAÇÃO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**