

Sergio Luiz Prolo Júnior

(Organizador)

Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil: Interdisciplinaridade

Rio Branco, Acre

Stricto Sensu Editora

CNPJ: 32.249.055/001-26

Prefixos Editorial: ISBN: 80261 – 86283 / DOI: 10.35170

Editora Geral: Profa. Dra. Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti

Editor Científico: Prof. Dr. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti

Bibliotecária: Tábata Nunes Tavares Bonin – CRB 11/935

Capa: Elaborada por Led Camargo dos Santos (ledcamargo.s@gmail.com)

Avaliação: Foi realizada avaliação por pares, por pareceristas *ad hoc*

Revisão: Realizada pelos autores e organizador

Conselho Editorial

Prof^a. Dr^a. Ageane Mota da Silva (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Acre)

Prof. Dr. Amilton José Freire de Queiroz (Universidade Federal do Acre)

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

Prof. Dr. Edson da Silva (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Prof^a. Dr^a. Denise Jovê Cesar (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina)

Prof. Dr. Francisco Carlos da Silva (Centro Universitário São Lucas)

Prof. Dr. Humberto Hissashi Takeda (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Msc. Herley da Luz Brasil (Juiz Federal – Acre)

Prof. Dr. Jader de Oliveira (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Araraquara)

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos (Universidade Federal do Piauí – UFPI)

Prof. Dr. Leandro José Ramos (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Msc. Marco Aurélio de Jesus (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof^a. Dr^a. Mariluce Paes de Souza (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bernarde (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva (Universidade Federal de Goiás)

Prof. Dr. Renato Abreu Lima (Universidade Federal do Amazonas)

Prof. Dr. Renato André Zan (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof. Dr. Rodrigo de Jesus Silva (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451

Desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil:
interdisciplinaridade / Sergio Luiz Prolo Júnior (org.). – Rio
Branco : Stricto Sensu, 2021.

208 p. : il.

ISBN: 978-65-86283-54-9

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Desenvolvimento. I. Prolo
Júnior, Sergio Luiz. II. Título.

CDD 22. ed. 607.0918

Bibliotecária Responsável: Tábata Nunes Tavares Bonin / CRB 11-935

O conteúdo dos capítulos do presente livro, correções e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

É permitido o download deste livro e o compartilhamento do mesmo, desde que sejam atribuídos créditos aos autores e a editora, não sendo permitido à alteração em nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.sseditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Desenvolver e promover a Ciência é algo que nos faz evoluir dia após dia, pois a curiosidade é inerente ao ser humano. Ao longo da história evolutiva, nossa espécie desenvolveu ferramentas, aprimorou culturas e hábitos, graças ao esforço e dedicação de cientistas.

Fazer Ciência, principalmente nos dias de hoje, não é uma tarefa fácil, temos que nos adaptarmos, estabelecermos parcerias, e por muitas vezes permearmos por diversas áreas. A interseção de diferentes conteúdos e visões, nos possibilitam desenvolver algo indispensável à Ciência, a Interdisciplinaridade.

Esta obra abrange áreas da Química, Saúde, Meio Ambiente e Administração, sendo que cada capítulo desenvolve brilhantemente os frutos de muito esforço e empenho de pesquisadores de cada parte do Brasil, demonstrando assim a dedicação de cada pesquisador, que incansavelmente, acredita que é a Ciência que nos possibilita a evolução e nos levará ao progresso.

Boa leitura a todos!

Prof. Sergio Luiz Prolo Júnior

SUMÁRIO

CAPÍTULO. 1.....09

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE DERIVADOS DE DIIMIDAS PIROMELÍTICAS (PMDI's)

Antonio A. A. Chepluki (Universidade Federal de Santa Catarina)

Cassiano Tomasi (Universidade Federal de Santa Catarina)

Tiago E. A. Frizon (Universidade Federal de Santa Catarina)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.01

CAPÍTULO. 2.....18

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ÍNDICE DE ACIDEZ E DE IODO NO ÓLEO VEGETAL OBTIDO A PARTIR DAS SEMENTES DA CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)

Luiz Felipe Dias Melo (Instituto Federal de Mato Grosso do Sul)

Piter Hernanny Michalski Santos (Instituto Federal de Mato Grosso do Sul)

Rafael Cardoso Rial (Instituto Federal de Mato Grosso do Sul)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.02

CAPÍTULO. 3.....31

INTERCORRÊNCIAS COM ÁCIDO HIALURÔNICO: REVISÃO DE LITERATURA

Miryan Cristina Salomão Ferreira (Centro Universitário do Norte-Uninorte)

Tyburcyo Brenno Lopes Carrilho Alves (Centro Universitário do Norte-Uninorte)

Cydia de Menezes Furtado (Universidade Federal do Acre)

Rosana Feio Silva Faria (Centro Universitário do Norte-Uninorte)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.03

CAPÍTULO. 4.....44

OTIMIZAÇÃO MULTIVARIADA DA SÍNTESE DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR Mg/Al COMO MATERIAIS AD(AB)SORTIVOS PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS, BIOLÓGICAS E CATALÍTICAS

Caio Gentil do Nascimento Silva (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Vinicius Alevato Neves (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Joice Florenço Bomfim (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

Jaqueline Dias Senra (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

Luiz Fernando Brum Malta (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.04

CAPÍTULO. 5.....61

DESENVOLVIMENTO DE UMA LIGA DE ALTO DESEMPENHO A PARTIR DO ALUMÍNIO RECICLADO

Carlos Narducci Junior (Universidade Federal de São Paulo)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.05

CAPÍTULO. 6.....91

ECOTOXICIDADE DE METAIS PESADOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS: INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Vinícius Valle Vianna Pinto (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Sarah Dario Alves Daflon (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Alyne Moraes Costa (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Juacyara Carbonelli Campos (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.06

CAPÍTULO. 7.....111

METALOGRAFIA DE AÇOS CARBONO TRATADOS TERMICAMENTE

Genilton Jose Nunes (Instituto Federal de Minas Gerais)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.07

CAPÍTULO. 8.....124

DESENVOLVIMENTO DE UMA TECNOLOGIA ASSISTENCIAL DOS CARROS DE EMERGÊNCIA DAS UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA: RELATO DE EXPERIÊNCIA

Rosane do Nascimento Rodrigues (Centro Universitário Metropolitano da Amazônia)

Delanne Alves Souza (Hospital Porto Dias)

Dayane Dias Menezes Lima (Hospital Porto Dias)

Milena Farah Damous Castanho Ferreira (Centro Universitário Metropolitano da Amazônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.08

CAPÍTULO. 9.....132

ANÁLISE DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM AMOSTRAS DE ÁGUA UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS LOCALIZADAS NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA-RO

Laudicéia Ribeiro Pereira (Secretaria Municipal de Rolim de Moura)

Gleibismeni Ferreira de Melo Ramos (Laboratório CMD-Centro de Medicina Diagnóstica)

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Sergio Luiz Prolo Júnior (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.09

CAPÍTULO. 10.....140

FECUNDIDADE: UMA ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DAS MULHERES DO BRASIL, REGIÃO NORTE, AMAZONAS E BOCA DO ACRE NO ANO DE 2010

Sara Vale Dutra Lima (Universidade do Estado do Amazonas)

Raimunda Nonata da Silva Ferreira (Universidade do Estado do Amazonas)

Elizangela Leão Santana (Universidade do Estado do Amazonas)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.10

CAPÍTULO. 11.....159

GESTÃO DE INSUMOS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: ESTUDO DE CASO APLICADO À UM PROJETO DE REINserÇÃO SOCIAL DE APENADOS

Natália Talita Araújo Nascimento (Universidade Federal de Rondônia)

Fabrcio Moraes de Almeida (Universidade Federal de Rondônia)

Flávio de São Pedro Filho (Universidade Federal de Rondônia)

Charlston Alves de Amorim (Departamento de Polícia Rodoviária Federal)

Kamila Diniz Correia de Araújo (Universidade Federal de Rondônia)

Gustavo Domingos Sakr Bisinoto (Universidade Estadual do Mato Grosso)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.11

CAPÍTULO. 12.....180

OS AVANÇOS DA MEDICINA INTEGRATIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Orly Coelho Salomão (Centro Universitário Uninorte)

Ludmila Maia Militão (Centro Universitário Uninorte)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.12

CAPÍTULO. 13.....194

COVID-19: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Alania Frank Mendonça (Universidade Estadual do Maranhão)

Ana Carla Silva Jansen (Universidade Estadual do Maranhão)

Francisca de Brito Souza Araújo (Universidade Estadual do Maranhão)

Larissa Rodrigues de Sousa (Universidade Estadual do Maranhão)

Thais da Conceição Silva (Universidade Estadual do Maranhão)

Eldevan da Silva Barbosa (Universidade Estadual do Maranhão)

Ana Gabrielly de Melo Matos (Universidade Estadual do Maranhão)

Eleilde Almeida Araújo (Universidade Federal do Maranhão)

Sâmia Amélia Mendes Silva (Faculdade Supremo Redentor)

Wemerson Matheus Matos Silva (Faculdade Supremo Redentor)

Jaqueline Diniz Pinho (Universidade Estadual do Maranhão)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549.13

ORGANIZADOR.....204

ÍNDICE REMISSIVO205

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE DERIVADOS DE DIIMIDAS PIROMELÍTICAS (PMDI's)

Antonio A. A. Chepluki¹, Cassiano Tomasi¹ e Tiago E. A. Frizon¹

1. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde (CTS), Laboratório de Materiais Avançados (LMA), Araranguá, Santa Catarina, Brasil.

RESUMO

O aproveitamento da energia solar para a geração de energia elétrica tem se tornado cada vez mais relevante no cenário mundial, principalmente devido ao aumento da demanda energética e da necessidade de fontes renováveis. Desde o descobrimento do efeito fotoelétrico, pesquisadores ficaram entusiasmados com a possibilidade de conversão da energia luminosa em energia química ou elétrica. Assim, a tecnologia empregada nos dispositivos de conversão fotovoltaica tem evoluído, principalmente em termos de eficiência. Tal evolução é fruto do desenvolvimento de adaptações estruturais e de novos materiais para a construção dos dispositivos. Em busca de alternativas para as já consagradas células baseadas em silício, pesquisadores estão visando materiais orgânicos funcionais, que sejam de fácil obtenção e com menor pegada de carbono. De modo geral, alguns materiais orgânicos apresentam características ideais para aplicação em células fotovoltaicas, ao passo em que possuem boas propriedades fotoquímicas e podem atuar como receptores de elétrons. Além disso, são abundantes e possuem alta flexibilidade de aplicação. Diimidas piromelíticas (PMDI's) são moléculas que pertencem a essa classe de materiais, sendo utilizadas como estrutura base para o acoplamento de outras moléculas, permitindo a obtenção de uma série de derivados. Com base nisso, este trabalho propõe e relata a síntese de um novo composto derivado de PMDI, sua purificação e caracterização estrutural. A metodologia empregada na reação de síntese demonstrou-se muito satisfatória e o produto obtido teve alto rendimento. A obtenção da molécula foi comprovada empregando ressonância magnética nuclear e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier.

Palavras-chave: Síntese Orgânica, Célula solar e PMDI.

ABSTRACT

The use of solar energy for electricity generation has become increasingly relevant in the world scenario, mainly due to the increase in energy demand and the need for renewable sources. Since the discovery of the photoelectric effect, researchers have been enthusiastic about the possibility of converting light into chemical or electrical energy. So, the technology used in photovoltaic conversion devices has evolved, mainly in terms of efficiency. This evolution is the result of the development of structural adaptations and new materials for the construction of the devices. In search of alternatives to the already established silicon-based

cells, researchers are looking for functional organic materials that are easy to obtain and have a lower carbon footprint. In general, some organic materials have the ideal characteristics for application in photovoltaic cells, as they have good photochemical properties and can act as electron receptors. Furthermore, they are abundant and have high application flexibility. Pyromellitic diimides (PMDI's) are molecules that belong in this class of materials, being used as a base structure for the coupling of other molecules, allowing a series of derivatives to be obtained. Based on that, this work proposes and reports the synthesis of a new compound derived from PMDI, its purification and structural characterization. The methodology used in the synthesis reaction proved to be very satisfactory, and the product obtained had a high yield. Obtaining the molecule was proven using nuclear magnetic resonance and Fourier transform infrared spectroscopy.

Keywords: Synthesis, Solar cell and PMDI.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de energias renováveis estão tornando-se cada vez mais relevantes na sociedade moderna devido à crescente procura de energia. Ao contrário das fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis, as fontes energias renováveis ajudam a diminuir a poluição ambiental e gases com efeito de estufa (BOBE et al., 2016). Além disso, as renováveis, tais como solar fotovoltaica (PV), eólica, térmica, hidroelétrica e biomassa, são fontes confiáveis e sustentáveis para atender o aumento da demanda energética (SU'AIT; RAHMAN; AHMAD, 2017). Neste contexto, a PV é uma tecnologia atrativa para a conversão direta da luz solar em eletricidade e pode atingir até 25% de eficiência. No entanto, a sua utilização é restrita devido ao seu elevado custo de produção e a possíveis danos ambientais, uma vez que algumas células solares se baseiam em silício (GONG et al., 2017). O desenvolvimento de novas tecnologias, tais como células solares sensibilizadas a corantes (DSSC's) (KHAN et al., 2017), PV orgânico (WOOD et al., 2017), PV perovskita (HUANG et al., 2017), e as células solares inorgânicas de ponto quântico (RAUFA; REZAI, 2017) têm o potencial de aumentar eficiência da conversão energética a custos mais baixos (ZHAO; WANG; GREEN, 1999). Células solares sensibilizadas a corantes (DSSC's) também chamadas células Grätzel (GRATZEL, 2001), são dispositivos fotovoltaicos que utilizam menos materiais caros do que os utilizados em células solares de silício convencionais. Além disso, o processo de fabricação de DSSC's é mais simples (GONG et al., 2017), gerando dispositivos fotovoltaicos rentáveis (BOBE et al., 2016) que mostram aproximadamente 13% eficiência (MATHEW et al., 2014). Os DSSC's são dispositivos PV promissores devido ao relativamente baixo custo dos materiais, a sua fácil fabricação e as vantagens relacionadas com transparência, cor e flexibilidade mecânica (GRATZEL, 2003). A respeito disso, os

fotossensibilizadores, um componente chave dos DSSC's, desempenham um papel crucial na luz capturada. Até o momento, uma grande variedade de corantes diferentes, por exemplo, corantes orgânicos sem metais, corantes de porfirina de zinco e corantes à base de rutênio, têm sido desenvolvidos e amplamente investigados com possibilidade de aplicação em DSSC's (LU et al., 2017; CHEN et al., 2017). No entanto, tendo em conta o custo e problemas ambientais associados a corantes à base de metal, os corantes metal-free são fortemente preferidos. Nos últimos anos, houve um aumento do interesse na investigação e desenvolvimento de novos sensibilizadores orgânicos, buscando eficiências razoáveis de conversão de energia por eles realizada (MIKROYANNIDIS et al., 2009; YAO et al., 2010). Neste contexto, os derivados de diimidaz piromelíticas (PMDI) têm chamado a atenção devido à sua excelente atividade fotoquímica, estabilidade térmica e química e produção de baixo custo, o que os tornam candidatos promissores para aplicação em DSSC's.

As estruturas de diimidaz piromelíticas (PMDI's), que têm o menor núcleo de perileno, têm energias LUMO de baixo nível; no entanto, eles também têm área molecular limitada para sobreposição π intermolecular (KOLA et al., 2013). Este fator as torna aplicáveis como blocos de construção na obtenção de poliimidaz aromáticas para aplicações avançadas que vão das comunicações às tecnologias aeroespaciais (GHOSH; MITTAL, 1996; KRICHELDORF, 1999; HERGENROTHER, 2003; GUA; WATSON, 2011; KOLA et al., 2012).

O presente trabalho relata a síntese e caracterização estrutural de um derivado de PMDI, o qual é formado a partir da reação de dianidrido piromelítico (PMDA) com uma amina aromática, utilizando uma metodologia simples e eficiente.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Os reagentes utilizados nas reações de síntese estão disponíveis comercialmente e foram adquiridos através da Sigma Aldrich. Os solventes são de marcas variadas, sendo utilizados de acordo com a disponibilidade, porém todos seguem o mesmo padrão de pureza. A estrutura química dos compostos sintetizados foi caracterizada por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Ressonância Magnética Nuclear (RMN), ambas realizadas pela Central de Análises da Universidade Federal de Santa Catarina. A análise por FTIR foi realizada em pastilhas de KBr e a análise via RMN ^1H foi

conduzida a uma frequência de 400 MHz utilizando Dimetilsulfóxido Deuterado (DMSO-d₆) como solvente.

A obtenção de PMDI's é realizada por meio de uma rota sintética simples e eficiente que possui como reagentes de partida o dianidrido piromelítico (PMDA) e uma amina primária. Na Figura 1 é apresentado o esquema reacional, onde é possível observar uma proporção estequiométrica de 1:2, ou seja, uma molécula de dianidrido para duas moléculas de amina. O mecanismo da reação envolve a substituição dos átomos de oxigênio (-C-O-C-) centrais do dianidrido (Figura 1a) pelo nitrogênio presente na estrutura da amina (Figura 1b). Então, os átomos de oxigênio substituídos, associam-se com os hidrogênios que compunham a amina de partida, liberando moléculas de água em meio reacional.

A rota sintética da Figura 1 foi adaptada do trabalho desenvolvido por Dal-Bó e colaboradores (2018) e pode ser utilizada para a obtenção de diferentes PMDI's, bastando apenas a modificação do radical ligado ao grupo amina (R-NH₂). Para o trabalho em questão, 100 mg do PMDA (Figura 1a) e 50 mL de ácido acético foram adicionados em um balão de três bocas associado a um condensador para formar um sistema de refluxo de solvente, o qual foi submetido a agitação e aquecimento. Após a total dissolução do dianidrido, foi adicionado 145 mg do composto 2-aminobenzotiazol (Figura 1b). Para essa reação utilizou-se uma estequiometria de 1:2.1, sendo 1 equivalente de dianidrido para 2.1 equivalentes de amina, com o objetivo de favorecer o deslocamento da reação no sentido de formação dos produtos. Feito isso, a reação foi mantida sob agitação por 24 horas a uma temperatura de aproximadamente 110 °C.

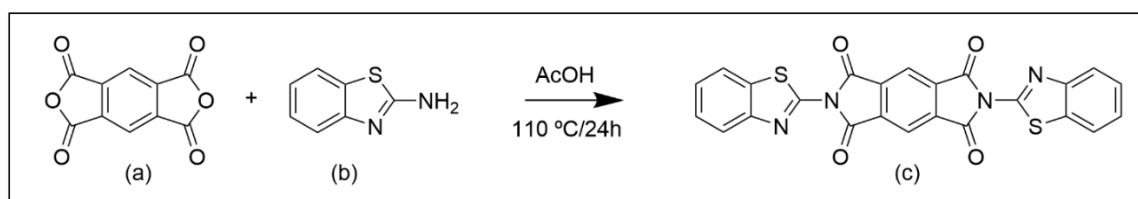


Figura 1. Rota sintética empregada para a síntese de PMDI's, (a) dianidrido piromelítico, (b) 2-aminobenzotiazol, (c) PMDI.

O andamento da reação foi acompanhado por meio da coleta de pequenas alíquotas que foram avaliadas em cromatografia de camada delgada (FISCHER, 2006). Após o término da reação, a mistura foi resfriada e o produto (Figura 1c) precipitou no fundo do balão. Seu isolamento foi realizado por meio de filtração a vácuo seguida de lavagem a quente com ácido acético para remoção dos reagentes não consumidos na reação. O

processo foi repetido várias vezes e o sólido remanescente foi submetido a secagem em estufa e inserido em um dessecador a vácuo. Posteriormente, para comprovar que o composto obtido realmente está de acordo com a estrutura molecular esperada, amostras foram preparadas e submetidas a análise estrutural por meio FTIR e RMN ^1H .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As placas cromatográficas obtidas por meio da coleta de amostras do meio reacional permitiram a visualização da formação de um terceiro composto com perfil de interação no meio estacionário diferente do apresentado pelos reagentes, indicando a formação do produto. Após as etapas de isolamento e purificação foi realizado a pesagem do sólido resultante e calculado o rendimento da reação, o qual foi de 81%.

A análise via FTIR é apresentada na Figura 2, através do espectro é possível notar algumas bandas características da estrutura molecular do composto (c) (Figura 1c), onde pode-se destacar bandas em: 745 cm^{-1} , relacionada aos anéis aromáticos das extremidades da molécula; em 1245 cm^{-1} , referente as ligações carbono nitrogênio (C-N); em 1255 cm^{-1} , indicando ligações do tipo carbono oxigênio (C-O); em 1661 cm^{-1} , banda intensa que está relacionada às ligações do grupamento carboxamida (RCONR_2), e uma banda em 3050 cm^{-1} relacionada às ligações carbono hidrogênio (C-H) dos anéis aromáticos.

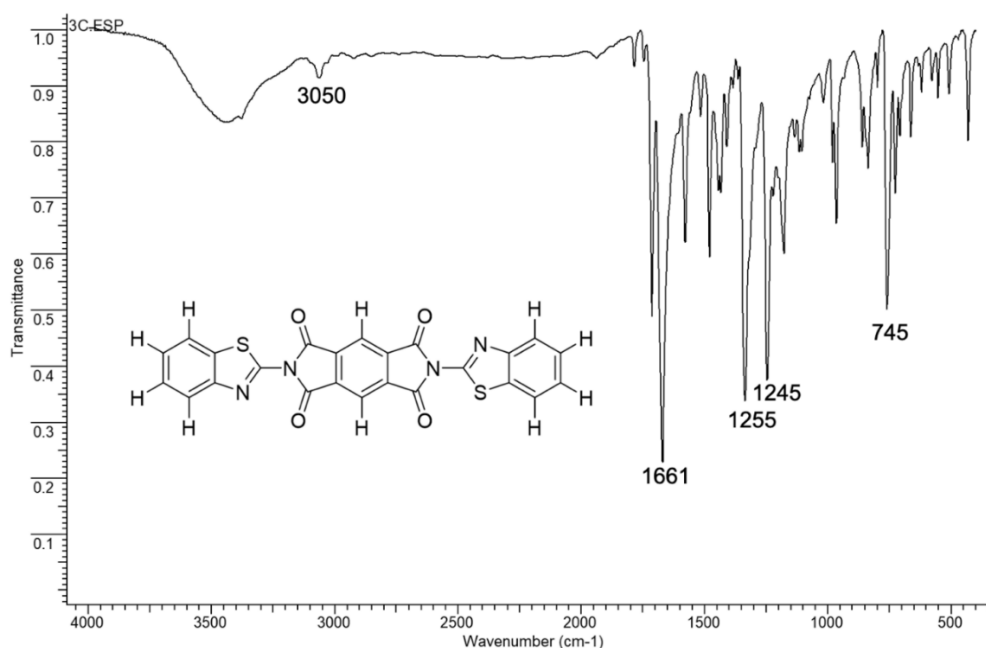


Figura 2. Espectro de FTIR do composto (c).

A caracterização estrutural via ressonância magnética nuclear de hidrogênio apresentou oito sinais, conforme pode ser observado na Figura 3. O pico em 0,00 ppm é relativo ao Tetrametilsilano (TMS), composto de referência empregado na análise. O sinal em 2.51 ppm é referente ao solvente utilizado (DMSO-d₆) e o sinal em 3.65 ppm indica a presença de água residual (GOTTLIEB; KOTLYAR; NUDELMAN, 1997). Os sinais do composto final (Figura 1c) se concentram na região de campo baixo no espectro de RMN ¹H. Nessa região, entre 6.99 e 7.65 ppm existem dois tripletos e dois dubletos, os quais estão relacionados aos oito átomos de hidrogênio (H_b, H_c, H_d, H_e) pertencentes aos anéis aromáticos laterais da molécula (Figura 3b-e), e em 8.12 ppm é possível identificar um singlete referente aos dois hidrogênios (H_a) ligados ao anel aromático central (Figura 3a).

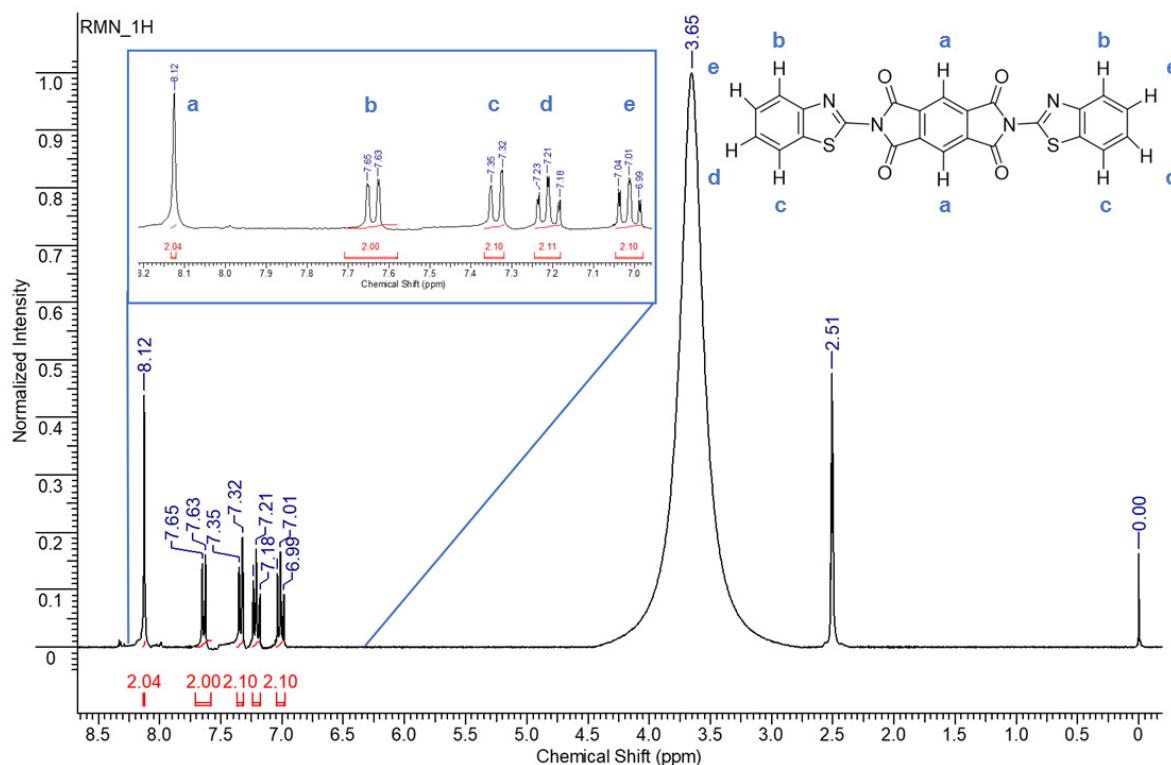


Figura 3. Espectro de RMN ¹H do composto (c) em DMSO-d₆.

Com base nas caracterizações estruturais apresentadas, pode-se afirmar que a obtenção de um novo derivado de PMDI foi realizada com sucesso, pois o resultado das análises é compatível com os resultados teóricos esperados. De modo geral, para avaliar o potencial do material para aplicação em uma célula solar, é necessária a realização de caracterizações fotoquímicas, fotofísicas e principalmente, eletroquímicas. A caracterização eletroquímica pode ser utilizada para definir algumas propriedades importantes, como os

orbitais HOMO e o LUMO do material. Entretanto, tais caracterizações não são apresentadas nesse trabalho, onde o objetivo foi demonstrar a síntese e caracterização de um derivado de PMDI, cujo potencial de aplicação encontra-se em análise.

4. CONCLUSÃO

Neste capítulo foi proposto e realizado a síntese de um novo derivado de PMDI com possível aplicação em dispositivos de conversão fotovoltaica. O mecanismo de reação apresentado pode ser aplicado para obtenção de novas moléculas com diferentes propriedades tecnológicas, as quais estarão relacionadas a estrutura do radical molecular da amina de interesse. Para o derivado sintetizado neste trabalho, a metodologia se demonstrou simples e eficiente, possibilitando um alto rendimento e facilidade no isolamento do produto, devido a sua insolubilidade no meio reacional. Entretanto, a variação dos radicais moleculares pode acarretar mudanças na solubilidade do produto, fazendo necessário o emprego de outras técnicas de isolamento, como a purificação em coluna.

5. REFERÊNCIAS

BOBE, S.R.; GUPTA, A.; RANANAWARE, A.; BILIC, A.; XIANG, W.; LI, J.; BHOSALE, S.V.; et al. Insertion of a naphthalenediimide unit in a metal-free donor-acceptor organic sensitizer for efficiency enhancement of a dye-sensitized solar cell. **Dyes Pigments**, v. 134, p. 83–90, 2016.

CHEN, W.; KONG, F.; GHADARI, R.; LI, Z.; GUO, F.; LIU, X.; HUANG, Y.; YU, T.; HAYAT, T.; DAI, S. Unravelling the structural-electronic impact of arylamine electron-donating antennas on the performances of efficient ruthenium sensitizers for dye-sensitized solar cells. **Journal of Power Sources**, v. 346, p. 71–79, 2017.

DAL-BÓ, A. G. et al. New long-chain donor-acceptor-donor pyromellitic diimide (PMDI) derivatives. A combined theoretical and experimental study. **Dyes and Pigments**, v. 157, p. 143–150, 2018.

FISCHER, D. C. H. Fundamentos de cromatografia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, p. 308–308, 2006.

FISCHER, D. C. H. Fundamentos de cromatografia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, p. 308–308, 2006.

GHOSH, M. K.; MITTAL, K. L. **Polyimides: fundamentals and applications**. Plastics engineering (Marcel Dekker, Inc.), 36 New York: Marcel Dekker, 1996.

GONG, J.; SUMATHY, K.; QIAO, Q.; ZHOU, Z. Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): advanced techniques and research trends. **Renew and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 234–246, 2017.

GONG, J.; SUMATHY, K.; QIAO, Q.; ZHOU, Z. Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): advanced techniques and research trends. **Renew and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 234–246, 2017.

GOTTLIEB, H. E.; KOTLYAR, V.; NUDELMAN, A. NMR chemical shifts of common laboratory solvents as trace impurities. **Journal of Organic Chemistry**, v. 62, n. 21, p. 7512–7515, 1997.

GOTTLIEB, H. E.; KOTLYAR, V.; NUDELMAN, A. NMR chemical shifts of common laboratory solvents as trace impurities. **Journal of Organic Chemistry**, v. 62, n. 21, p. 7512–7515, 1997.

GRÄTZEL, M. Dye-sensitized solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 4, p. 145–153, 2003.

GRÄTZEL, M. Photoelectrochemical cells. **Nature**, v. 414, p. 338–344, 2001.

GUO, X.; WATSON, M.D. Pyromellitic diimide-based donor–acceptor poly(phenylene ethynylene)s. **Macromolecules**, v. 44, p. 6711–6716, 2011.

HERGENROTHER, P.M. The use, design, synthesis, and properties of high performance/high temperature polymers: an overview. **High Performance Polymers**, v. 15, p. 3–45, 2003.

HUANG, A.; ZHU, J.; ZHENG, J.; YU, Y.; LIU, Y.; YANG, S.; BAO, S.; LEI, L.; JIN, P. Room-temperature processible TiO₂ electron selective layers with controllable crystallinity for high efficiency perovskite photovoltaics. **Solar Energy Materials Solar Cells**, v. 163, p. 15–22, 2017.

KHAN, M.Z.H.; AL-MAMUN, M.R.; HALDER, P.K.; AZIZ, M.A. Performance improvement of modified dye-sensitized solar cells. **Renew and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 602–617, 2017.

KOLA, S.; KIM, J.H.; IRELAND, R.; YEH, M.L.; SMITH, K.; GUO, W.; KATZ, H.E. Pyromellitic diimide–ethynylene-based homopolymer film as an n-channel organic field-effect transistor semiconductor. **ACS Macro Letters**, v. 2, p. 664–669, 2013.

KOLA, S.; TREMBLAY, N.J.; YEH, M.L.; KATZ, H.E.; KIRSCHNER, S.B.; REICH, D.H. Synthesis and characterization of a pyromellitic diimide-based polymer with c- and n-main chain links: matrix for solution-processable n-channel field-effect transistors. **ACS Macro Letters**, v. 1, p. 136–140, 2012.

KRICHELDORF, H. R. **Progress in polyimide chemistry I. Advances in polymer science** 140. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1999.

LU, F.; QI, S.; ZHANG, J.; YANG, G.; ZHANG, B.; FENG, Y. New benzoselenadiazole-based D-A- π -A type triarylamine sensitizers for highly efficient dye-sensitized solar cells. **Dyes Pigments**, v. 141, p. 161–168, 2017.

MATHEW, S.; YELLA, A.; GAO, P.; HUMPHRY-BAKER, R.; CURCHOD, B.F.E.; ASHARI-ASTANI, N.; et al. Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers. **Nature Chemistry**, v. 6, p. 242–247, 2014.

MIKROYANNIDIS, J. A.; STYLIANAKIS, M. M.; ROY, M. S.; SURESH, P.; SHARMA, G. D. Synthesis, photophysics of two new perylenebisimides and their photovoltaic performances in quasi solid-state dye sensitized solar cells. **Journal of Power Sources**, v. 194, p. 1171–1179, 2009.

RAUFA, I.A.; REZAI, P. A review of materials selection for optimized efficiency in quantum dot sensitized solar cells: a simplified approach to reviewing literature data. **Renew and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 408–422, 2017.

SU'AIT, M.S.; RAHMAN, M.Y.A.; AHMAD, A. Review on polymer electrolyte in dye-sensitized solar cells (DSSCs). **Sol Energy**, v. 115, p. 452–470, 2015.

WOOD, S.; O'CONNOR, D.; JONES, C.W.; CLAVERLEY, J.D.; BLAKESLEY, J.C.; GIUSCA, C.; CASTRO, F.A. Transient photocurrent and photovoltage mapping for characterisation of defects in organic photovoltaics. **Solar Energy Materials Solar Cells**, v. 161, p. 89–95, 2017.

YAO, H.; ZHANG, H.; HAN, M.; DING, Z.; ZHANG, Z.; LIU, Y. Synthesis of perylene-bridged bis (dibenzo-24-crown-8) and its assembly behavior with a fullerene-based secondary dibenzylammonium salt. **Science China Chemistry**, v. 53, p. 1982–1986, 2010.

ZHAO, J.; WANG, A.; GREEN, M.A. 24.5% Efficiency silicon PERT cells on MCZ substrates and 24.7% efficiency PERL cells on FZ substrates. **Prog Photovoltaics Res Appl**, v. 7, p. 471–474, 1999.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ÍNDICE DE ACIDEZ E DE IODO NO ÓLEO VEGETAL OBTIDO A PARTIR DAS SEMENTES DA CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)

Luiz Felipe Dias Melo¹, Piter Hernanny Michalski Santos¹ e Rafael Cardoso Rial¹

1. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Nova Andradina – MS, Brasil.

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar os constituintes químicos, o índice de acidez e o índice de iodo do óleo obtido a partir das sementes da cagaita (*Eugenia dysenterica*) coletados no município de Nova Andradina e no distrito de Nova Casa Verde, ambos no estado de Mato Grosso do Sul. Para fins de comparação, utilizou-se o óleo de soja, pois é o óleo vegetal mais produzido no Brasil. Após realizada as análises de duas amostra de óleo produzida a partir das sementes da cagaita, o óleo obtido a partir das sementes coletadas no distrito de Nova Casa Verde apresentou 0,38 % de índice de acidez e 122,13 g I₂/100g de índice de iodo, e 0,41% de índice de acidez e 126,48 g I₂/100g de índice de iodo para o óleo obtido a partir das sementes coletadas em Nova Andradina. Os resultados também foram comparados com o óleo de soja comercial, que possui em torno de 0,087% de índice de acidez e 124 g I₂/100g de índice de iodo. Dessa forma, o óleo obtido a partir das sementes da cagaita mostrou ser mais ácido que o óleo de soja, necessitando de processos que reduza essa acidez para que o óleo atenda ao padrão estabelecido pela ANVISA.

Palavra-chave: Cagaita, Óleo, Extração, Índice de acidez e Índice de iodo.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the chemical constituents, the acidity index and the iodine index of the oil obtained from the seeds of the cagaita (*Eugenia dysenterica*) collected in the municipality of Nova Andradina and in the district of Nova Casa Verde, both in the state of Mato Grosso do Sul. For comparison purposes, soybean oil was used, as it is the most produced vegetable oil in Brazil. After the analysis of two samples of oil produced from the seeds of the cagaita, the oil obtained from the seeds collected in the district of Nova Casa Verde showed 0.38% acidity index and 122.13 g I₂/100g index of iodine, and 0.41% of acidity index and 126.48 g I₂/100g of iodine index for the oil obtained from the seeds collected in Nova Andradina. The results were also compared with commercial soybean oil, which has around 0.087% acidity index and 124 g I₂/100g iodine index. Thus, the oil obtained from the seeds of the cagaita proved to be more acidic than the soybean oil, requiring processes that reduce this acidity so that the oil meets the standard established by ANVISA.

Keywords: Cagaite, Oil, Extraction, Acidity index and Iodine index.

1. INTRODUÇÃO

O reino vegetal possui uma grande variedade de plantas com propriedades específicas (Glicerol e triglicerídeos), que quando extraídas podem ser utilizadas como óleo vegetal (CASSEL et al., 2009). Os óleos vegetais estão presentes no nosso dia a dia de maneira pura ou processada, podendo ser utilizada até para fins terapêuticos (exemplo: óleo de arnica com propriedades anti-inflamatórias), xampus (exemplo: óleo de abacate por ser um ótimo hidratante), produtos de limpeza (exemplo: óleo de peroba, por hidratar e dar brilho a todas as superfícies nas quais é aplicado) e entre outros. Eles são lipídios extraídos de diversas partes da planta como folhas, caule, poupa, raízes e sementes. Apesar de o óleo vegetal estar distribuído por quase toda a estrutura vegetal da planta, a sua extração é feita principalmente das sementes, pois é a parte da planta onde existe a maior concentração de óleo e é mais fácil a sua absorção.

Existem diversos métodos de extração do óleo vegetal, tanto utilizando solventes ou prensagem a frio. Segundo Souza et al. (2019) a prensagem a frio é uma forma simples de se conseguir o óleo de sementes e nozes e é o melhor método de extração, pois tem como vantagem manter 100% da pureza natural, já que é, basicamente, a matéria-prima prensada, mas também se trata de um método moroso e lento, já que são necessários, em média, cinco quilos de matéria-prima para produzir apenas um litro de óleo. Outro método de extração é utilizando solventes, e segundo Brazaca, et al. (2016) a extração por Soxhlet em inserida uma amostra vegetal seca em um cartucho e quando o solvente começa evaporar, ele entra em um condensador e condensa, tornando-se líquido novamente, passando por um cartucho com a amostra, extraindo assim o óleo vegetal presente na amostra.

A qualidade é um dos fatores mais importantes quando se trata dos óleos vegetais. Para a produção de um óleo de boa qualidade é necessário uma boa fonte de matéria prima e um ótimo processamento de extração. Para analisar e monitorar a qualidade dos óleos vegetais, são realizadas algumas análises de caráter físico e químico, como medição de índice de iodo, índice de acidez e a determinação dos ácidos graxos presentes no mesmo (TIRITAN; BEUX, 2006). A hidrólise enzimática nada mais é do que um processo de reação que ocorre em um óleo quando está em contato com muita umidade, a consequência na reação é o surgimento de acidez do mesmo. Já no processo de refinamento dos óleos (processo no qual é feita a extração de substâncias, presentes nos óleos, que afetam de maneira negativa a integridade do óleo, como substâncias coloidais, proteínas,

entre outros), diminui-se o teor de acidez, gerando assim um método de controle de acidez (COSTA et al., 2006). O índice de iodo é determinado a partir da insaturação do óleo e é representado em quantidade de centigramas de iodo absorvido por 1 g de amostra de óleo. Os ácidos graxos com dupla ligação presente no óleo reagem com o iodo, fazendo a quebra de uma ligação Carbono-Carbono e formando duas novas ligações carbono-Iodo, processo denominado de halogenação. Quanto maior a quantidade de duplas ligações, maior o índice de iodo (PASCUET et al., 2020).

A cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) popularmente conhecida como cagaiteira, é uma árvore frutífera nativa dos cerrados de até 10 m de altura, de tronco e ramos tortuosos, casca grossa e fissurada. Os frutos têm formato globoso, bacáceo, cor amarelo-clara, levemente ácido, epicarpo membranoso, com peso entre 14 a 20 g, comprimento de 3 a 4 cm e diâmetro de 3 a 5 cm (SILVA et al., 2001). Além dos frutos, a cagaita pode fornecer outras matérias primas úteis para o uso humano. Toda sua estrutura pode ser utilizada e aproveitado, o tronco possui grande valor quando comercializado para construções civis, as folhas das árvores podem ser utilizadas como um medicamento natural, pois ao contrário dos frutos, tem ação antidiarreica, a planta também pode ser utilizada como ornamental, por ser muito admirada a olhos humanos quando se encontra em época de floração (MORAES, 2020). Parte de sua estrutura como galhos e folhas podem ser utilizados no fornecimento de antioxidantes naturais para uso industrial, no entanto existem muito poucas pesquisas sobre essa utilidade da planta, sendo quase ou não utilizada.

A importância da utilização das sementes no processo de extração de óleos, está relacionada à sua baixa umidade, a semente é a parte da planta que possui o menor teor de umidade, o que possibilita um maior rendimento de óleo no processo de extração (ANTONIASSI, FREITAS, 2020).

Esse trabalho foi realizado buscando avaliar a qualidade do óleo vegetal obtido a partir das sementes da cagaita, planta nativa do bioma Cerrado. Atualmente, existem poucos estudos sobre o óleo vegetal derivado dessas plantas disponíveis na literatura. Dessa forma, buscou avaliar os ácidos graxos, medir o índice de acidez e o índice de iodo nos óleos vegetais obtidos a partir das sementes da cagaita, coletados no município de Nova Andradina e no distrito de Nova Casa Verde, estado de Mato Grosso do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O experimento foi realizado no município de Nova Andradina, no campus do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) – MS no ano de 2019 e 2020.

2.1. COLETA DO MATERIAL VEGETAL E SEPARAÇÃO EM AMOSTRAS

Para identificar as amostras, foi feita a codificação de acordo com o local de coleta. A coleta do material vegetal (frutos da cagaita) foi efetuada em dois locais distintos (Nova Casa Verde e em Nova Andradina). Os frutos coletados nesses diferentes locais não foram misturados, tornando possível observar se há diferença dos resultados obtidos de uma amostra para a outra. Os frutos foram lavados e secos, e em seguida, abertos separando a polpa da semente. Em seguida, as sementes foram secas à temperatura ambiente na bancada do laboratório de Química do IFMS-NA durante o período de 7 dias, conforme mostrado na figura 1:



Figura 1. Sementes da cagaita durante após coleta (A), lavagem (B) e secagem (C).

Para identificar as amostras, foi seguida a seguinte codificação de acordo com o local de coleta:

A1 - Nova Casa Verde (22°45'30"S 53°16'05"W);

A2 - Nova Andradina (22°14'38"S 53°21'09"W);

As amostras foram pesadas em frascos limpos e foram separadas em massas de aproximadamente 30g. Após a pesagem, as amostras foram armazenadas no freezer de uma geladeira sob temperatura de aproximadamente 7 °C até a extração.

2.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO UTILIZANDO O EXTRATOR SOXHLET

A extração do óleo das sementes da cagaita foi realizada utilizando o equipamento Soxhlet, utilizando 60 gramas do farelo das sementes e 250 mL de hexano. O tempo de extração foi de 6 horas. Após esse período, a mistura óleo + hexano foi transferida para um balão de fundo redondo e o solvente foi retirado utilizando o rotaevaporador rotativo. Em seguida, para eliminar os possíveis traços de água no óleo, sulfato de magnésio anidro foi utilizado e em seguida, a mistura foi filtrada, obtendo assim o óleo vegetal.

2.3 ANÁLISE DO ÍNDICE DE ACIDEZ E DE IODO

Após a extração do óleo das sementes, foi feita a análise do índice de iodo e do índice de acidez das amostras utilizando a análise volumétrica. Para medir o índice de iodo, 0,25 gramas de cada amostra foram pesadas em um erlenmeyer de 500 mL e adicionados o volume de 10 mL de tetracloreto de carbono para diluição do óleo. Em seguida, 25 mL da solução de Wijs (solução contendo iodo e cloro) foi adicionado ao erlenmeyer e deixou o frasco ao abrigo de luz pelo tempo de 30 minutos. Após o período, 10 mL de um solução de KI a 15 % e 100 mL de água destilada foram acrescentados. A titulação foi realizada com tiosulfato de sódio 0,1N até o surgimento de uma coloração levemente amarelada. Após, 2 mL de solução de amido foi acrescentada e a coloração tornou-se azul, e a titulação com tiosulfato de sódio foi retomada até o desaparecimento do azul. O cálculo do índice de iodo foi realizado utilizando a seguinte equação:

$$\text{Índice de Iodo } \left(\frac{\text{g I}_2}{100\text{g}} \right) = \frac{[(V_b - V_a) \cdot 0.1 \cdot f \cdot \text{MM}_{\text{KI}}]}{m_a}$$

Onde:

V_b = Volume, em mL, utilizado na titulação de um branco (só os reagentes, sem amostra do óleo);

V_a = Volume, em mL, utilizado na titulação da amostra de óleo;

f = fator de correção do tiosulfato de sódio;

MM_{KI} = Massa molecular do iodeto de potássio;

m_a = massa do óleo utilizada para titulação.

Para analisar o índice de acidez foram adicionados 2 g da amostra em um erlenmeyer, misturou-se hexano neutralizado para solubilizar o óleo e após adicionar 3 gotas de fenolftaleína, a mistura foi titulada com hidróxido de sódio 0,1M até o aparecimento de uma coloração levemente rosa. O volume gasto de NaOH foi anotado e utilizado para calcular o índice de acidez, com a seguinte equação:

$$\text{Índice de acidez (mg de } \frac{\text{NaOH}}{\text{grama de amostra}}) = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot 0.1 \cdot f \cdot \text{MM NaOH}}{m_a}$$

Onde:

V_{NaOH} = Volume, em mL, de NaOH utilizado para titular a amostra do óleo;

f = fator de correção da solução de NaOH;

MM NaOH = Massa Molecular do NaOH;

m_a = massa do óleo utilizada para titulação.

2.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS DAS SEMENTES DA CAGAITA

Para identificar e quantificar os ácidos graxos presentes nos óleos vegetais obtidos, os ésteres metílicos foram preparados segundo a norma EN ISO 5509: 2000 utilizando a técnica da cromatografia gasosa acoplada com o detector por ionização em chama (GC-FID). Uma alíquota de 250 mg de cada amostra esterificada foi 17 misturada a 5 mL de solução de heptadecanoato de metila 10 mg /mL, utilizado como padrão interno, e em seguida injetado em um cromatógrafo gasoso Varian CP - 3800 com injetor automático e detector por ionização em chama (FID). A coluna utilizada foi uma BPX 70 (SGE) com as dimensões 30 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme. Os parâmetros cromatográficos são mostrados na tabela 1 e na tabela 2:

Tabela 1. Parâmetros do injetor e detector das amostras do óleo vegetal da cagaita.

<i>Parâmetros do injetor e detector</i>	
<i>Volume de injeção</i>	1µL
<i>Temp. do injetor (°C)</i>	200
<i>Detector</i>	FID
<i>Modo de injeção</i>	Split
<i>Razão de Split</i>	1:100
<i>Temp. do detector (°C)</i>	250

Tabela 2. Parâmetros do forno do cromatografo gasoso utilizado.

<i>Parâmetros do forno</i>	
<i>Taxa de aquecimento (°C/min)</i>	4
<i>Isoterma (min.)</i>	10
<i>Tempo de corrida total (min.)</i>	52
<i>Temperatura (°C)</i>	80
<i>Gás de arraste</i>	Hélio
<i>Fluxo</i>	1 mL/min.

Uma injeção prévia com padrões cromatográficos foi realizada para identificar os picos para definir o intervalo de quantificação e identificar o tempo de retenção do padrão interno (C17).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ÍNDICE DE ACIDEZ E IODO DO ÓLEO DAS SEMENTES DA CAGAITA

A análise de acidez foi feita utilizando o método de análise volumétrica, esse método consiste em colocar para reagir uma solução com concentração conhecida (titulante) com outra solução na qual não se sabe a concentração (titulado). A acidez do óleo está diretamente relacionada ao período de vida útil dos óleos, pois quanto maior a sua acidez mais rápido ocorre o processo de oxidação. O índice de iodo também é de essencial importância, pois através dele podemos calcular a susceptibilidade à rancidez oxidativa do óleo (processo onde o oxigênio presente na atmosfera reage com as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, produzindo alguns compostos que exalam um forte odor de ranço).

O índice de iodo é importante pois determina a quantidade de ácidos graxos insaturados tem presente no óleo vegetal. O índice de iodo mede o quanto de insaturação um óleo possui, ou seja, quanto maior o índice de insaturação, maior será o índice de iodo. O índice de iodo é determinado pela capacidade de uma dupla ligação de carbono em reagir com o iodo.

Os resultados da análise de índice de acidez e iodo do óleo de cagaita extraído do das sementes coletadas da região de Nova Andradina e na região de Nova Casa Verde estão apresentados na tabela 3:

Tabela 3. Índice de acidez e de iodo da amostras analisadas.

Óleo	I. ACIDEZ (%)	I. IODO(I ₂ /100g)
Frasco 01 Nova Casa Verde	0,38	122,13
Frasco 01 Nova Andradina	0,41	126,48
Limite permitido (ANVISA)	0,3	120

3.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS OBTIDOS DAS SEMENTES DA CAGAITA

A composição química dos óleos é de fundamental importância, pois é necessário saber a quantidade de ácidos graxos que estão presentes em um óleo. O resultado da composição química da amostra do óleo de cagaita extraído das sementes coletadas na região de Nova Andradina e na região de Nova Casa Verde está representado na tabela 4:

Tabela 4. Ácidos graxos presente nas amostras de Nova Casa Verde e Nova Andradina

	Ácidos Graxos	
	Casa Verde (1 e 2)	Nova Andradina (1 e 2)
C10:0	2,54 ± 0,02	2,82 ± 0,02
C16:0	14,14 ± 0,03	15,58 ± 0,02
C16:1	0,89 ± 0,02	0,96 ± 0,02
C18:0	1,25 ± 0,01	1,36 ± 0,04
C18:1	16,89 ± 0,04	17,88 ± 0,04
C18:2	34,76 ± 0,01	35,34 ± 0,02
C18:3	7,43 ± 0,02	7,65 ± 0,01
C20:0	1,13 ± 0,04	1,26 ± 0,03
C24:0	1,98 ± 0,05	2,22 ± 0,035
C22:0	2,03 ± 0,02	2,28 ± 0,02

Quanto maior a quantidade de ácidos graxos com ligações duplas presente no óleo, menor é sua qualidade de uso e armazenamento, pois se deteriora mais rapidamente. O ácido graxo encontrado em maior quantidade nas amostras de óleo de cagaita analisadas é o ácido graxo linoleico (Figura 2), que possui duas ligações duplas em sua estrutura molecular.

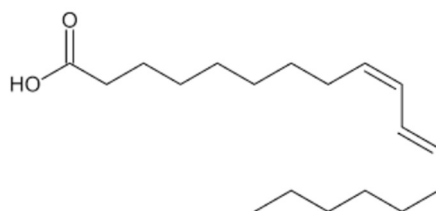


Figura 2. Estrutura do ácido linoleico.
Fonte: IUPAC

O ácido linoleico também é o principal ácido presente na estrutura do óleo de soja, representando aproximadamente 54% de toda a concentração de ácidos graxos presente no óleo de soja (SILVA et al., 2010).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) exige no Brasil que para que possa ser comercializado um óleo, ele deve estar de acordo com os parâmetros de segurança para consumo humano, sendo necessário que possua no máximo 0,3% de índice de acidez e no máximo 120 e índice de iodo. Os resultados obtidos a partir do óleo da cagaita foram comparados com o óleo de soja e estão apresentados o índice de acidez na figura 3 e índice de iodo, na figura 4:

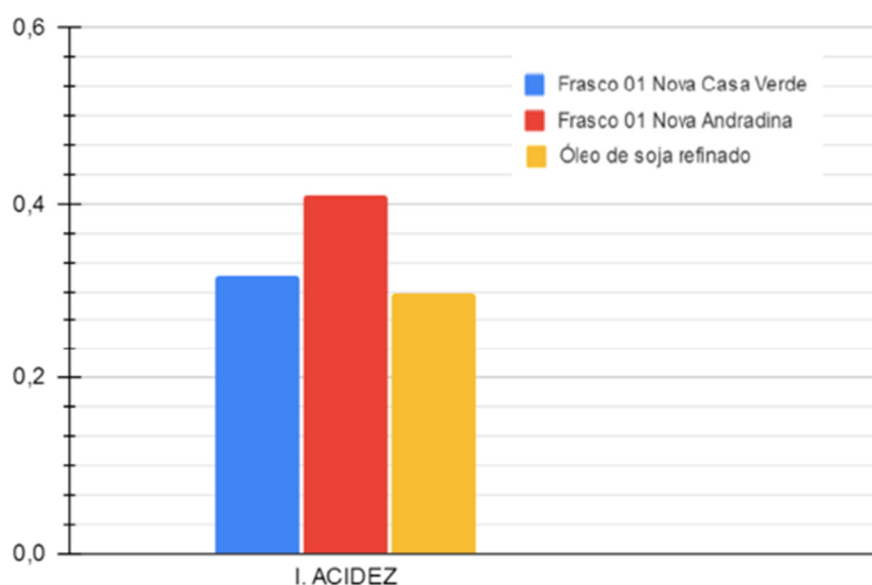


Figura 3. Índice de acidez dos óleos das sementes da cagaita e do óleo de soja.

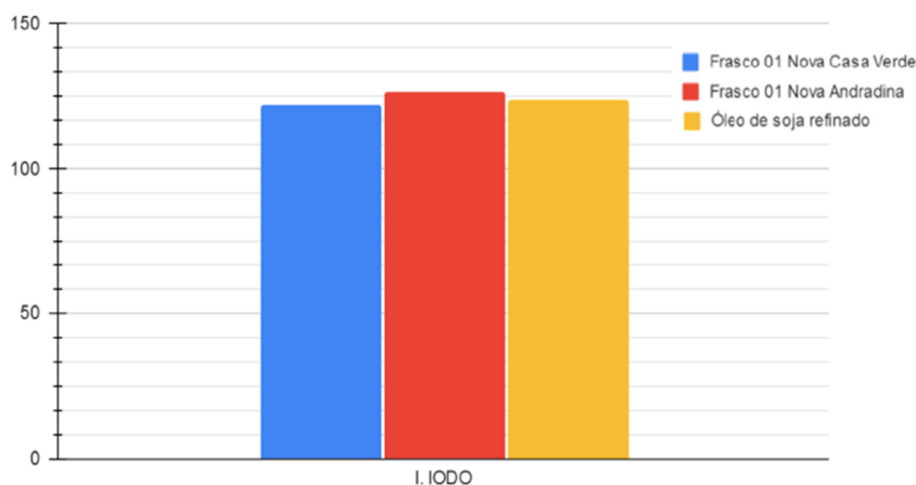


Figura 4. Índice de iodo dos óleos das sementes da cagaita e do óleo de soja.

Com os resultados obtidos após as análises de índice de acidez e iodo do óleo da cagaita foi possível observar que a qualidade dos óleos das diferentes localidades apresentam índice de acidez e índice de iodo com valores acima do estipulado pela ANVISA, com a amostra coletada no município de Nova Andradina apresentando o maior valor de índice de acidez e de iodo. Dessa forma, o óleo das sementes da cagaita necessita de um tratamento químico que corrija a acidez e melhore o índice de iodo para que seja comercializado e atenda aos padrões estipulados pela ANVISA.

Quanto a composição química, podemos dizer que os óleos obtidos da semente da cagaita apresenta ácidos graxos em quantidades próximas ao óleo de soja, uma vez que os três ácidos graxos presentes em maior quantidade são Ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1) e ácido linoleico (C18:2). Como os 2 ácidos graxos presentes em maior quantidade contem 1 ligação dupla (C18:1) e 2 ligações duplas (C18:2), isso justifica o índice de iodo apresentar valor acima do estabelecido pela ANVISA. Entretanto, com as devidas correções de acidez e melhoramento no processo de obtenção do óleo, as sementes da cagaita podem ser uma ótima matéria prima para obtenção de óleos vegetais.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o óleo produzido a partir das sementes da cagaita, apesar de possuir estrutura físico-química similar que o óleo de soja, ainda não cumpre com as normas padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para que o mesmo possa ser comercializado e consumido. Outras análises para avaliar a qualidade do óleo das sementes de cagaita também são necessárias. Entretanto, para corrigir o índice de acidez e de iodo no óleo das sementes da cagaita, é necessário estabelecer um controle de qualidade, assim como é feito no óleo de soja comercial.

5. REFERÊNCIAS

AGNOL, A. D.; OLIVEIRA, A. B.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Árvore do conhecimento-soja**. Agência Embrapa de informação tecnológica. Brasília, DF - Brasil [s.d]. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/>>. Acesso em: 26/11/2020.

ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. D. **Árvore do conhecimento, tecnologia de alimentos.** Agência Embrapa de informação tecnológica. Brasília [s.d]. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq302wx5ok01dx9lcx1g7v3u.html>. Acesso em: 09/12/2020.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Coordenadoria de Informações Tecnológicas. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais.** Brasília, DF, 1985.

BRAZACA, S. **Determinação de lipídios.** Departamento de agroindústria, alimentos e nutrição – Esalq/USP laboratório de análise de alimentos e nutrição. Aula prática nº - 05. São Paulo: USP-EsalQ, 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1061690/mod_resource/content/1/Aula_6_Determinacao_Lipideos_Solange.pdf>. Acesso em: 28/02/2020.

CASSEL, E.; VARGAS, R. M. F.; MARTINEZ, N.; LORENZO, D.; DELLACASSA, E. Steam distillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products, Holanda**, v. 29, p. 171-176, 2009.

COSTA, A. G. Desenvolvimento vegetativo, rendimento e composição do óleo essencial de Patchouli após adubação nitrogenada. **Biosci J**, v. 30, n. 2, p. 387-392, 2014

ECYCLE. **Óleos Vegetais: Extração, Benefícios e Como Adquirir**, 2020. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/oleo-vegetal-que-e-para-serve-tipos-onde-comprar-puro-uso-hidratacao-corpo-cabelo-massagem-saude-bem-estar-propriedades-terapeuticas-cosmetico-fazer-sabao-riscos-contaminacao-quimica-nociva-parabenos/>>. Acesso em: 09/12/2020.

FREITAS, M. S; FERREIRA, C. R. R. P. T.; TSUNECHIRO, A. O mercado de óleos vegetais e o potencial da cultura do girassol no brasil. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 2, p. 7-20, 1998.

FUENTES, P. H. A. **Avaliação da Qualidade de Óleos de Soja, Canola, Milho e Girassol Durante o Armazenamento.** (Dissertação) Mestrado em Ciências dos 67 Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006

MORAES, P. L. **Cagaita.** Mundo da educação, 2020. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/cagaita.htm>>. Acesso em: 04/12/2020.

MORETTO, E.; ALVES, R. F. **Óleos e Gorduras Vegetais (processamento e análises).** Florianópolis: Editora UFSC, 1986.

OLIVEIRA, L. C. P.; WANDERLEY, M. D.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S.; SILVA, F. T. C.; NEVES, E. Estudo da extração e avaliação do rendimento de óleo de baru. **Revista Citino**, v. 1, n. 1, p. 28-32, 2011.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.

PASCUET, N.S.; TIGLEA, P.; ZANEBON, O. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4ª edição. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

- REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, n. 27, p. 60-67, 2007.
- SARTORI, M. A.; PEREZ, R.; JUNIOR, A. G. S.; MACHADO, S. R. S.; SANTOS, M. M. S.; MIRANDA, C. A. C. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 2, p. 419-434, 2009.
- SERAFINI, L. A.; BARROS, N.M.; AZEVEDO, J. L. **Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria**. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.
- SILVA, C.E.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, M. A.; LEITE, R. S.; OLIVEIRA, G. B. A. Avaliação de ácidos graxos da soja: grão inteiro, casca, cotilédones e hipocótilo. **Embrapa Soja. Documentos**, v. 323, p. 31-34, 2010.
- SILVA, M. S R.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Caracterização de frutos e árvores de Cagaita (*eugenia dysenterica* dc.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. **Rev Bras Frutic**, v. 23, n. 2, 2001.
- SOUSA, J. P. S.; PELUZIO, J. M.; MARTINS, G. A. S.; NAOE, A. M. L.; COSTA, D. P. A. Propriedades químicas de óleos vegetais para aplicação na indústria de biocombustíveis. **Revista Integralização Universitária**, v. 11, p. 80-95, 2016.
- SOUZA, C. R. M.; BIANCHI, A. C.; MIGLIORINI, G. F.; PEREIRA, C. I.; POSSEBON, J. P.; ORTENBLAD, R. **O que é prensagem a frio?** Disponível em: <<https://vitalatman.com.br/blog/o-que-e-prensagem-a-frio/>>. Acesso em: 11/11/2019.
- TIRITAN, M. G.; BEUX, S. Controle da qualidade do óleo de soja degomado artigo de revisão. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 1, n. 1, p. 306-316, 2006.
- TORDIN, C. **Conclusões do Simpósio sobre o Programa Nacional de Produção de Biodiesel apontam principais perspectivas para o setor**. Embrapa meio ambiente, Jaguariúna - SP, 2010. Disponível em: <<https://cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=720>>. Acesso em: 26/11/2020.

INTERCORRÊNCIAS COM ÁCIDO HIALURÔNICO: REVISÃO DE LITERATURA

Miryan Cristina Salomão Ferreira¹, Tyburcyo Brenno Lopes Carrilho Alves¹, Cydia de Menezes Furtado² e Rosana Feio Silva Faria¹

1. Centro Universitário do Norte-Uninorte, Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre – UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Nos últimos anos, o uso de preenchedores para tratamentos faciais estéticos cresceu consideravelmente no Brasil e no mundo. Com os avanços nas áreas das ciências, biotecnologias e cosméticos diferentes tipos de preenchedores surgiram no mercado, sendo classificados conforme sua estabilidade e permanência nos tecidos, assim foram divididos em temporários, semipermanentes e permanentes, também classificados quanto a composição do material, que pode ser com: colágeno, ácido hialurônico, ácido polilático, polimetilmetacrilato e hidroxiapatita. Foi utilizado como método de pesquisa, revisão de literatura sistemática, utilizando referências descritiva e analítica, que se deteve em reconhecer os efeitos colaterais e indesejáveis do uso de preenchedor à base de ácido hialurônico (AH), permitindo ao profissional o diagnóstico e tratamento precoces, resultando em diminuição da morbidade e sequelas dos pacientes. Apresentando-se na forma sintética ou orgânica, o AH classificado como preenchedor reabsorvível e temporário, tem sido um dos mais utilizados. Mesmo com toda a evolução na área de cosméticos, os preenchedores faciais, assim como, toda droga, não são livres de efeitos colaterais e/ou intercorrências, que neste caso destacamos a necrose tecidual e infecções como as principais intercorrências, dessa forma esse trabalho objetiva demonstrar os principais acometimentos na aplicação do AH.

Palavras-chave: Ácido Hialurônico; Preenchedores; Envelhecimento; Intercorrências.

ABSTRACT

In recent years, the use of fillers for aesthetic facial treatments has grown considerably in Brazil and worldwide. With advances in the areas of science, biotechnology and cosmetics, different types of fillers emerged on the market, being classified according to their stability and permanence in the tissues, thus they were divided into temporary, semi-permanent and permanent, also classified according to the composition of the material, which can be with: collagen, hyaluronic acid, polylactic acid, polymethylmethacrylate and hydroxyapatite. It was used as a research method, a systematic literature review, using descriptive and analytical references, which focused on recognizing the side and undesirable effects of the use of hyaluronic acid (HA)-based filler, allowing the professional to have an early diagnosis and

treatment, resulting in decreased morbidity and sequelae of patients. Presenting itself in synthetic or organic form, HA, classified as a resorbable and temporary filler, has been one of the most used. Even with all the evolution in the cosmetics area, facial fillers, as well as all drugs, are not free from side effects and/or complications, in which case we highlight tissue necrosis and infections as the main complications, thus this work aims demonstrate the main impairments in the application of HA.

Keywords: Hyaluronic Acid; Fillers; Aging; Complications.

1. INTRODUÇÃO

Quando falamos de estética estamos falando de como nos vemos, o que se leva em consideração hoje, é sem dúvida a questão do modismo, aquilo que está na moda chama a atenção e desperta a vaidade de muitas pessoas. O padrão da beleza imposto pelo mercado requer pele bonita, lisa, com angulação própria e corpos com curvas e volumes definidos para atingirem a inalcançável perfeição, buscado pelos mais vaidosos, muitas vezes sem respeitar a anatomia específica de cada indivíduo. Na mídia esse modelo no qual resulta em contornos e até mesmo o molde da boca e dos lábios são capazes de definir a personalidade do indivíduo, seja ele homem ou mulher.

Certamente a perda de ácido hialurônico (AH) na pele é um processo fisiológico, o qual resulta em uma pele ressecada, com perda de volume e formação de finas linhas de expressões. Contudo a reposição de AH é possível através das inúmeras técnicas de preenchimento, onde o mesmo atua preenchendo os espaços entre as células, devolvendo a elasticidade e pele hidratada por mais tempo.

Com o passar dos anos as indústrias de cosméticos vem evoluindo em relação aos materiais que surgem no mercado, são diversas as variedades, as marcas e também a composição dos preenchedores. Sobretudo, é inevitável ocorrer complicações causadas pelo excesso e principalmente por técnicas erradas, ou a escolha errada do produto. As intercorrências primárias ocasionam em eritema, edema, equimose, hematomas, necrose, infecção, nódulos, granulomas, reações alérgicas e cicatrizes hipertróficas.

Este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre as propriedades e emprego do AH, apresentando as complicações e intercorrências que podem surgir em decorrência da utilização do mesmo, bem como seus benefícios e os efeitos colaterais causados pelos profissionais devido aos erros de técnicas, a escolha e indicação errada do produto a ser utilizado.

2. MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado com pesquisa de revisão de literatura sistemática, utilizando referências descritiva e analítica, com o objetivo de estudar o uso de Ácido Hialurônico, acerca de suas principais intercorrências na prática da medicina estética.

A busca pelos artigos se deu em duas plataformas científicas: PubMed e Google Acadêmico, os quais foram identificados pelos seguintes descritores: ácido hialurônico; preenchedores; envelhecimento; efeitos colaterais. Foram selecionados artigos publicados em inglês e português no período de 2000 a 2021 nesta revisão.

Os critérios de inclusão dos artigos foram estudos sobre o ácido hialurônico e que se utilizou somente para fins de tratamento humano, clínicos ou estéticos. Quanto aos critérios de exclusão, os artigos considerados inadequados foram aqueles que a enzima sem correlação com fins estéticos ou clínicos, e estudos que não apresentassem correlação com efeitos adversos e intercorrências.

Os artigos foram sistematizados no programa *Google Sheets*, para agrupamento das informações quanto aos autores, ano, abordagem de uso da enzima: clínico ou estético, benefícios, limitações e plataforma de publicação. Posteriormente essas informações foram apresentadas no corpo do texto contendo as informações referentes ao tema.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ÁCIDO HIALURÔNICO

O ácido hialurônico é um polissacárido de elevado peso molecular composto por uma cadeia linear de unidades repetidas de dissacarídeos, o glicosaminoglicano, existente no organismo humano e um dos principais componentes da substância fundamental amorfa da matriz extracelular do nosso corpo. No processo humano de envelhecimento, ocorre a perda natural das estruturas de suporte faciais, reabsorção óssea, atrofia de gordura superficial e profunda do tecido conjuntivo (colágeno, elastina e ácido hialurônico) e dos músculos mímicos faciais (PUTINATTI, 2017).

O processo de envelhecimento provoca a perda da gordura subcutânea e do colágeno dérmico resultando em depressões e sulcos na face (VARGAS; AMORIM; PINTANGUY,

2014). O estudo da inervação motora da face, se faz imprescindível na utilização dos preenchedores e da toxina botulínica para evitar possíveis complicações e efeitos indesejáveis, especialmente ruptura ou trauma local (TAMURA, 2010).

A técnica de injeção de preenchedores cutâneos, como o AH, deve ser implementada com base em sólido conhecimento anatômico da região corporal a ser aplicada (HABRE; NASR; HABRE, 2016). A substância ideal para preenchimento de partes moles ainda não foi reações adversas associadas ao tipo de substância empregada ou ao erro de técnica de aplicação (ROSA; MACEDO, 2005).

Os enchimentos podem ser divididos em materiais naturais e sintéticos Materiais (REQUENA et al., 2011).

Atualmente, o AH tem sua maior utilização na volumização facial, para corrigir a perda dos coxins gordurosos decorrentes do envelhecimento, sobretudo nas áreas malar e mandibular (NERI et al., 2013).

Nessas indicações, o AH de escolha tem algumas particularidades que o diferenciam do utilizado para simples preenchimento, tais como o tamanho da partícula, mais viscoelasticidade, diferente comprimento de cadeia dos polímeros, e tipo e densidade de crosslinker, com o objetivo de obter o melhor resultado na acomodação do produto na pele, sem risco de migração do local da injeção. A aplicação deve ser feita nos planos supraperiosteal ou subcutâneo profundo, podendo ser utilizadas cânulas, que reduzem o risco de sangramento (NERI et al., 2013).

3.2. FATORES A SEREM OBSERVADOS

O número de opções de preenchedores cosméticos disponíveis no mercado brasileiro aumentou nos últimos anos (BOWMAN; NARINS, 2005). Embora preenchimentos faciais sejam em sua grande maioria considerados seguros, entre 2003 e 2008, nos Estados Unidos, a Food and Drug Administration recebeu 930 notificações de efeitos adversos pós-comercialização, 823 classificados como graves (PARADA et al., 2016).

Avaliação do paciente previamente à injeção é fundamental não apenas para julgar suas expectativas, realizar a escolha do produto ideal e determinar o plano e a escolha dos pontos de injeção, mas também para avaliar o risco envolvido no procedimento (MONTEDONICO et al., 2010).

No contexto, os procedimentos estéticos devem passar por um rigoroso método avaliativo que deverá observar: O tipo de procedimentos estéticos prévios, tipo de

preenchedores e reação alérgica prévia a preenchedores ou anestésicos (PARADA et al., 2016).

Em geral, preenchedores devem ser evitados em caso de infecção ativa em área próxima (intraoral, envolvendo mucosas, dental ou mesmo sinusite), processo inflamatório adjacente, imunossupressão, alergia aos componentes do preenchedor ou lidocaína, gravidez e amamentação (SÁNCHEZ-CARPINTERO et al., 2010).

Vale salientar a importância da documentação fotográfica, com o objetivo de registrar a aparência dos pacientes antes do procedimento, assim como permitir uma melhor análise das áreas críticas específicas do paciente e eventuais assimetrias (MATARASSO; SADICK, 2008). Os objetivos do paciente, tipos de preenchedores mais adequados para as suas necessidades e os custos do procedimento devem ser discutidos antes do tratamento, objetivando a definição de expectativas realistas (PARADA et al., 2016).

3.3. COMPLICAÇÕES E EFEITOS COLATERAIS

Adicionalmente, as injeções de preenchedores cutâneos são algumas vezes realizadas por clínicos gerais, geralmente desprovidos de qualquer conhecimento sobre anatomia – O número crescente de relatos de complicações serias na literatura e um fato alarmante (ALMEIDA; SALIBA, 2015). A injeção de preenchedores cutâneos em tecidos moles é prática frequente, quando em 2014 foram realizadas 2,3 milhões de injeções nos Estados Unidos, correspondendo a um aumento de 253% em relação ao ano de 2000 (ALMEIDA; SALIBA, 2015).

A abordagem das complicações deve ser bem conhecida do especialista, pois, embora também possam ser decorrência de má técnica, acidentes na aplicação e variações anatômicas podem contribuir para seu aparecimento (NERI et al., 2013).

3.3.1. Sobre as reações locais

São relacionadas apenas com a injeção e incluem inflamação local, hiperemia, sensibilidade e hematomas. Essas reações são influenciadas principalmente pelo calibre da agulha, pelas propriedades físico-químicas do próprio material e pela velocidade de injeção (BOWMAN; NARINS, 2005).

Técnicas de injeção que aumentam a dissecação do plano subepidérmico (por exemplo técnica em leque, injeção rápida, alta velocidade de fluxo, maiores volumes) têm sido

associadas com maior número de eventos adversos locais devido à distensão dos tecidos e ao trauma, no que tange a utilização de cânulas de ponta romba pode diminuir o sangramento, hematomas e dor ao reduzir o trauma intratecidual e o número de perfurações (JUNKINS-HOPKINS, 2010).

3.3.2. Eritema

Eritema transitório pode ocorrer, especialmente se a massagem for realizada após o procedimento. Anti-histamínicos e esteroides tópicos podem ajudar a minimizar a vermelhidão transitória. No caso de eritema persistente, após a exclusão da reação de hipersensibilidade e infecção, a utilização de tratamentos com luz, tais como LED e LIP, tem sido descrita (TAMURA, 2010).

3.3.3. Edema

O edema é uma das complicações mais comuns em preenchimentos, e geralmente é localizado e autolimitado, com as áreas principais mais propensas são os lábios e a região periórbita com a escolha correta do produto para a área de tratamento, bem como o plano correto de tratamento, ajuda a preveni-lo (SALLES et al., 2011).

A aplicação de gelo, a elevação da cabeça, anti-histamínicos e prednisona orais, por curto espaço de tempo foram descritos, o que também foi relatada uma forma rara de inchaço recorrente e intermitente que ocorre após ingestão de álcool, exposição à luz solar ou exercício vigoroso (VARGAS; AMORIM; PINTANGUY, 2014).

3.3.4. Injeção superficial do material de preenchimento

A injeção superficial do material de preenchimento pode levar ao branqueamento ou, no caso de ácido hialurônico (AH), à coloração azulada no local da injeção (Efeito Tyndall), que pode resultar de vestígios de hemossiderina após lesão vascular e/ou distorção visual de refração de luz através da pele causada pelo material de preenchimento, que deve ser injetado apenas após a agulha ter atingido a profundidade apropriada, devendo-se parar a injeção antes da retirada da agulha (DADZIE et al., 2008).

3.3.5. Ativação do Herpes

O risco de ativação do herpes simples após a injeção dérmica de preenchedores, devido ao dano direto causado pela agulha aos axônios, com a subsequente manipulação do tecido e é estimado como sendo inferior a 1,45%, a profilaxia antiviral sistêmica pode ser realizada em pacientes com história pessoal de herpes facial recorrente (> 3 episódios/ano), quando empregados 400mg de aciclovir 3x/dia durante 10 dias ou 500mg de *valaciclovir* duas vezes ao dia durante sete dias, começando dois dias antes do procedimento (VAN DYKE et al., 2010).

3.3.6. Infecção

As infecções de início precoce apresentam endurecimento, eritema, sensibilidade e prurido, e podem ser indistinguíveis da resposta transitória pós-procedimento que podem ocorrer nódulos flutuantes e sintomas sistêmicos (febre, calafrios), e estas infecções cutâneas são normalmente relacionadas com a flora residente (*Streptococcus* spp.), introduzida pela injeção (OKADA et al., 2008).

Deve ser realizada cultura microbiológica, com introdução de tratamento antibiótico adequado à cultura de abscessos devem ser drenados que em infecções mais duradouras ou com má resposta aos antibióticos, deve ser considerada a presença de infecções atípicas (por exemplo por *Mycobacterium* spp.) e biofilmes, como casos pode ser necessário antibiótico alternativo (OKADA et al, 2008).

3.3.7. Hipersensibilidade aguda

As injeções de preenchedores podem desencadear resposta imune, que nas reações de hipersensibilidade podem variar de leve vermelhidão até a anafilaxia, e a incidência de reação de hipersensibilidade relacionada ao AH é de cerca de 0,6%. Cerca de 50% desses casos são transitórios e estarão resolvidos em até três semanas, com um estudo prospectivo randomizado, 433 pacientes injetados com AH Nasha foram avaliados por meio de testes cutâneos, sorologia de anticorpos IgE e IgG e estudos histopatológicos (GHISLANZONI et al., 2006).

Não foram detectadas reações de hipersensibilidade (Tipo 1) ou tardia (Tipo IV), que foi descrito o uso de anti-histamínicos, anti-inflamatórios não esteroides (Aines), esteroides

intralesionais ou sistêmicos, minociclina e hidroxicloroquina – A hialuronidase pode ajudar a remover o núcleo da inflamação (KANG et al., 2011).

3.3.8. Protuberâncias

Protuberâncias são causadas por excesso de AH, injeção superficial de produto, áreas de pele fina (por exemplo, pálpebras) ou migração devido a um movimento muscular (por exemplo, nos lábios), e as opções de tratamento compreendem a aspiração, incisão e drenagem ou, no caso de AH, a remoção por injeção de hialuronidase, cuja importância nota que essa capacidade de reversão do AH é única, e hialuronidase anteriormente diluída e lidocaína podem ser utilizadas para dissolver a protuberância (PARADA et al, 2016).

3.3.9. Complicações Vasculares

A complicação mais temida entre aquelas relacionadas ao uso de preenchimento cutâneo é a necrose causada por oclusão ou trauma vascular, com necrose iminente foi descrita com relação a diferentes materiais de preenchimento, apresentando frequência estimada de 0,001% do total dos procedimentos realizados (VARGAS; AMORIN; PINTANGUY, 2009).

Em recente artigo de revisão da literatura, foram encontrados 10 casos de cegueira após injeções de preenchedores na face, 02 pacientes desenvolveram cegueira transitória e 08 cegueiras permanente no olho afetado, tais substâncias injetadas foram: colágeno bovino, polimetil-metacrilato, ácido hialurônico e hidroxiapatita de cálcio, sendo o nariz foi a área mais frequentemente injetada: raiz (1 paciente), dorso (2 pacientes), ponta (2 pacientes). Os 5 casos restantes incluem as seguintes áreas: frontal (1 paciente), glabella (2 pacientes) e glabella e região malar (2 pacientes) (ALMEIDA; SALIBA, 2015).

Após a injeção, a pressão sistólica impulsiona a coluna do material preenchedor para dentro da artéria oftálmica e seus ramos. Os mesmos êmbolos podem se deslocar mais distalmente, atingindo a artéria carótida interna, causando embolia cerebrovascular e acidente vascular cerebral (JUNKINS-HOPKINS, 2010).

Complicações imediatas raras, como necrose da pele e cegueira, exigem diagnóstico rápido e intervenção imediata e complicações tardias incluem inflamação crônica, reações alérgicas tardias, nódulos, granulomas, descoloração, deslocamento cicatrizes hipertróficas e embora muitas destas reações adversas não possam ser previstas, a detecção precoce e

o início imediato da terapêutica a minimizar o desconforto do paciente, a gravidade de efeitos colaterais, prevenindo as sequelas (TAMURA, 2010).

3.4. EFEITOS COLATERAIS TARDIOS

Granulomas: são muito pouco relatados. Surgem entre seis e 24 meses depois do procedimento, como nódulos palpáveis e não dolorosos, no trajeto de aplicação do ácido. Pesquisadores acreditam que essa reação aconteça pela presença de impurezas no processo de produção do ácido hialurônico, e não porque a paciente seja hipersensível à substância (SALLES et al., 2011).

Reações alérgicas: também pouco relatadas, manifestam-se entre três e sete dias depois da aplicação da substância (prazo que pode ser de até seis meses). Há inchaço, vermelhidão e congestão sanguínea no trajeto de aplicação do preenchedor (SALLES et al., 2011).

Cicatriz hipertrófica: apresenta-se nos locais onde a pele foi picada. Foi identificada em pacientes com histórico de quelóide. Efeitos colaterais do ácido hialurônico (SALLES et al., 2011).

3.5. RECOMENDAÇÕES GERAIS

A prevenção das complicações imediatas é importante para o sucesso do tratamento inicial e também a longo prazo. O biofilme pode ter condições de desenvolver-se com diversos materiais utilizados nos preenchimentos injetáveis, facilitado por condições inadequadas de antissepsia e por falhas na limpeza dos materiais utilizados pelo médico executante do procedimento (HABRE, NARS, HABRE, 2016).

Ou mesmo já estar presente no paciente que está sob avaliação do médico, mas em condição subclínica, que não seja detectável no momento da consulta inicial, mas que esteja presente em equilíbrio com a imunidade local (implantado em tratamentos anteriores, por uma "brecha na técnica", pois se refere a redução suficiente no biológico-carga antes do tratamento), por isso, as medidas preventivas das complicações imediatas auxiliarão na redução de riscos futuros (HABRE; NARS; HABRE, 2016).

Uma boa anamnese é sempre reveladora que cargas anteriores foram injetadas no paciente, possíveis distúrbios hemorrágicos, estado imunológico e infecções anteriores, e a adesão a técnicas assépticas deve ser seguida, ainda mais para implantes permanentes, e

álcool é geralmente usados para a limpeza, mas o clorexidina pode ter o benefício de um efeito antibacteriano residual, e estirar a pele durante a limpeza para poder higienizar a pele que pode estar no fundo de uma linha, ruga ou de um sulco (ROSA; MACEDO, 2005).

Tais incidentes podem ser evitados com técnica adequada para a injeção do preenchedor cutâneo, e aspirar antes de injetar vagarosamente com um mínimo de pressão, utilizar micro cânulas de ponta romba são algumas das técnicas que auxiliam a evitar injeções intravasculares nestes casos de sintomas oculares recomenda-se: encaminhar com urgência ao oftalmologista, injetar de 300 a 600UI (2 a 4ml) de hialuronidase na região retrobulbar na área de aplicação do preenchedor (ALMEIDA; SALIBA, 2015).

Como os preenchimentos para volumização são aplicados mais profundamente, em tese haveria redução do risco de nódulos superficiais, mas em áreas de derme muito fina, como as regiões periórbita e malar superior, o risco de formação de nódulos pode aumentar e uso de cânulas mais finas, como as de 21 ou 22G também podem auxiliar no aspecto homogêneo do preenchedor, ou o uso de preenchedores menos denso, com menos viscoelasticidade ou menor tamanho de partículas (NERI et al., 2013).

A tindalização é descrita em alusão ao efeito Tyndall, que ocorre quando o preenchedor foi aplicado muito superficialmente e, pela transparência da pele fina, verifica-se tom azulado na pele suprajacente e o resultado é inestético, podendo ser evidente mesmo sem palpação (NERI et al., 2013).

Nos Estados Unidos há várias marcas de hialuronidase disponíveis, mas com concentrações diferentes (Liporase®, Inno TDS®, Hydase®), que no Brasil há apenas uma (Hyalozima®), e seu uso aqui exposto é *off label* e a hialuronidase é proteína solúvel responsável pela degradação enzimática das glicosaminoglicanas (MONTEDONICO et al., 2010).

A recente recomendação de consenso para o tratamento da necrose iminente incluiu: O uso de quantidade significativa de Hialuronidase (Hial) na área de necrose que é importante inundar a área o mais rapidamente possível, e recomenda-se o mínimo de 200UI, e nenhum exame é necessário para a necrose iminente, mas a injeção precoce de Hial reduziu o tamanho da necrose em experiências com animais, quando comparado com a injeção tardia (24 horas) (PARADA et al., 2016).

Massagem vigorosa e compressa morna (com a duração de cinco a dez minutos, a intervalos de 30 a 60 minutos), massagear pasta de nitroglicerina tópica (NGT) a 2% na área imediatamente – e até duas ou três vezes ao dia se houver suspeita de necrose, e o paciente

deve estar deitado durante a aplicação para evitar desmaio por queda de pressão arterial, devido à vasodilatação sistêmica (PARADA et al., 2016).

É importante ressaltar que o uso tópico de NTG é controverso, pois, conforme dados preliminares de modelos animais, e a nitroglicerina não é comercialmente disponível no Brasil, com de regime de aspirina por via oral: dois comprimidos de 325mg/dia, geralmente durante uma semana, para evitar formação de mais coágulos, desde que no Brasil as dosagens de aspirina disponíveis são 100mg e 500mg, os pacientes podem tomar 500-600mg diariamente, durante uma semana (BOWMAN; NARINS, 2005).

O AH se destaca no mercado pelas características apresentadas, oferecendo um bom resultado cosmético, por ser mais seguro do que as demais matérias que existem, além de ter mínimas complicações, que o mesmo apresenta alguns efeitos colaterais que devem ser estudados e reconhecidos pelo profissional, como o envelhecimento, ocorre a perda natural das estruturas de suporte faciais, reabsorção óssea, atrofia de gordura superficial e profunda do tecido conjuntivo (colágeno, elastina e ácido hialurônico) e dos músculos mímicos faciais (VARGAS; AMORIM; PINTANGUY, 2009).

O processo de envelhecimento provoca a perda da gordura subcutânea e do colágeno dérmico resultando em depressões e sulcos na face, o AH também é encontrado na pele, no entanto sua concentração diminui de acordo com a idade, o que resulta em diminuição de volume, formação de ríides e pele desidratada (MATARASSO; SADICK, 2008).

É imprescindível o conhecimento das estruturas anatômicas da face, além de um estudo aprofundado sobre o uso de uma técnica segura para a realização de todos os procedimentos aplicados. A técnica de injeção de preenchedores cutâneos deve ser implementada com base em sólido conhecimento anatômico da região corporal em questão (ALMEIDA; SALIBA, 2015).

A abordagem das complicações deve ser bem conhecida do especialista, pois, embora também possam ser decorrência de má técnica, acidentes na aplicação e variações anatômicas podem contribuir para seu aparecimento (JUNKINS-HOPKINS, 2010). Esteja correlacionada aos eventos de reações alérgicas em alguns pacientes (Bowman e Narins, 2005).

A busca pelo rejuvenescimento fez com que o número de opções de preenchedores cosméticos disponíveis no mercado brasileiro aumentasse consideravelmente nos últimos anos e o AH se destaca no mercado pelas características apresentadas, oferecendo um bom resultado cosmético, ação de longa duração, estável, seguro e com mínimas complicações,

mas o mesmo apresenta alguns efeitos colaterais que devem ser estudados pelo profissional que realiza o procedimento (REQUENA et al., 2011).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É indiscutível os benefícios oferecidos pelo ácido hialurônico, além de seu efeito majestoso na pele. Outro fator relevante é o conhecimento anatômico e de um profissional capacitado que tenha domínio de técnica torna sem dúvida o procedimento mais seguro e eficaz para o paciente.

A abordagem das complicações deve ser bem conhecida do especialista, pois, embora também possam ser decorrência de má técnica, acidentes na aplicação e variações anatômicas podem contribuir para seu aparecimento. Embora muitas destas reações adversas não possam ser previstas, a detecção precoce e o início imediato da terapêutica apropriada ajudarão a minimizar o desconforto do paciente, a gravidade de efeitos colaterais, prevenindo as sequelas.

4. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.; SALIBA, A. Hialuronidase na Cosmiatria: O que Devemos Saber?. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 3, p.197-204, 2015.
- BOWMAN, P.; NARINS, R. **Hialinos e Técnicas de Preenchimento**. In: CARRUTHERS, J.; CARRUTHERS, A. Técnicas de Preenchimento. New York: Elsevier, 2005.
- HABRE, S.; NASR, M.; HABRE, M. Preenchimento de Tecidos Moles: Nem tão Minimamente Invasivo. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 8, n. 2, p.182-183. 2016.
- JUNKINS-HOPKINS, J. M. Filler complications. **J Am Acad Dermatol**, v. 63, n. 4, p. 703-705, 2010;
- MATARASSO, S.; SADICK, N. **Soft tissue augmentation**. In: BOLOGNIA, J.; JORIZZO, J.; RAPINI, R. Editors. Dermatology. Philadelphia: Mosby, 2008.
- MONTEDONICO, J.; QUEIROS, F.; POUSA, C.; PAIXÃO, M.; ALMEIDA, A. Fundamentos da Ritidoplastia. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 2, n. 4, p. 305-14, 2010.
- NERI, S.; ADDOR, F.; PARADA, M.; SCHALKA, S. Uso de Hialuronidase em Complicações Causadas por Ácido Hialurônico para Volumização da Face: Relato de Caso. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 5, n. 4, p. 364-6, 2013.

PARADA, M.; et al. Manejo de Complicações de Preenchedores Dérmicos. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 8, n. 4, p.342-51, 2016.

ROSA, S.; MACEDO, J. Reações adversas a substancias de preenchimento Subcutâneo. **Ver Soc Bras Cir Plást**, v. 20, n. 4, p.248-252, 2005.

SALLES, A.; et al. Avaliação Clínica e da Espessura Cutânea um ano após preenchimento de Ácido Hialurônico. **Ver Bras Cir Plást**, v. 26, n. 1, p. 66-69, 2011.

SÁNCHEZ-CARPINTERO, I.; CANDELAS, D.; RUIZ-RODRIGUES, R.; Materiales de relleno: tipos, indicaciones y complicaciones. **Actas Dermosifiliogr**, v. 101, n. 5, p. 381-393. 2010.

TAMURA, B. Anatomia da Face Aplicada aos Preenchedores e à Toxina Botulínica – Parte II. **Surg Cosmet Dermatol**, v. 2, n. 4, p. 291-303, 2010.

VARGAS, A.; AMORIM, N.; PINTANGUY, I. Complicações Tardias dos preenchimentos Permanentes. **Ver Bras Cir Plást**, v. 24, n. 1, p. 71-81, 2009.

OTIMIZAÇÃO MULTIVARIADA DA SÍNTESE DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR Mg/Al COMO MATERIAIS AD(AB)SORTIVOS PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS, BIOLÓGICAS E CATALÍTICAS

Caio Gentil do Nascimento Silva¹, Vinicius Alevato Neves¹, Joice Florenço Bomfim²,
Jaqueline Dias Senra² e Luiz Fernando Brum Malta¹

1. Laboratório de Química Supramolecular e de Sólidos, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil;
2. Grupo de Estudos em Síntese e Catálise, Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

Os hidróxidos duplos lamelares (HDLs) são baseados em uma rede de hidróxidos metálicos $M^{2+}:M^{3+}$ podendo ser 4:1, 3:1 e 2:1. Assim são produzidas cargas positivas dentro da lamela balanceadas por ânions no espaço interlamelar, sendo assim um trocador aniônico. Tal propriedade permite a inserção de espécies aniônicas para promover, por exemplo, catálise heterogênea, remoção de metais pesados e liberação controlada de princípios ativos. Para realizar tais aplicações efetivamente, o material deve apresentar alta área superficial e cristalinidade e baixo teor de carbonato (para facilitar a troca iônica). O HDL de Mg/Al foi sintetizado aplicando a abordagem do pH variável. Para otimização das condições de síntese do material utilizou-se um planejamento fatorial 2^3 . Os parâmetros variados foram o isolamento do precipitado (centrifugação [+] ou filtração [-]); lavagem com água Milli-Q (sim [+] ou não [-]); e razão molar Mg:Al (3:1 [+] ou 2:1 [-]). A partir dos resultados de difratometria de raios X de pó (DRX) e espectroscopia no infravermelho (FTIR) concluiu-se utilizando-se o tamanho médio de cristalito e a proporção relativa entre os sinais de íons CO_3^{2-} e NO_3^- no IV que a menor quantidade de carbonato associada a uma maior cristalinidade ocorre quando o material coprecipitado de HDL Mg:Al 2:1 é isolado utilizando-se o procedimento de filtração. O incremento adicional da área específica pode ser conseguido com o tratamento hidrotérmico adicional, o que foi conseguido em 6 horas de tratamento sob atmosfera de N_2 para diminuição no conteúdo de carbonato intercalado.

Palavra-chave: Hidróxido duplo lamelar, Otimização multivariada, Difratometria de raios-X e Espectroscopia no infravermelho.

ABSTRACT

Layered double hydroxides are based on a network of metallic hydroxides $M^{2+}:M^{3+}$ which can be 4:1, 3:1 and 2:1. Thus, positive charges are produced inside the hydroxide layer balanced by anions in the interlayer space, making it an anion exchanger. This property allows the insertion of anionic species to promote, for example, heterogeneous catalysis, removal of heavy metals and controlled release of active principles. To carry out such applications effectively, the material must have high surface area and crystallinity and low carbonate content (to facilitate ion exchange). Mg/Al LDH was synthesized by applying the varying pH approach. To optimize the conditions for the synthesis of the material, a 2^3 factorial design was used. The varied parameters were the isolation of the precipitate (centrifugation [+] or filtration [-]); Milli-Q water washing (yes [+] or no [-]); and Mg:Al (3:1 [+] or 2:1 [-]) molar ratio. From the results of powder X-ray diffraction (DRX) and infrared spectroscopy (FTIR), it was concluded from the average crystallite size and the relative proportion between the CO_3^{2-} and NO_3^- obtained from IR signals that the less carbonate associated with greater crystallinity occurs when the co-precipitated material as Mg:Al 2:1 is isolated using the filtration procedure. Further increment of the specific area can be achieved with additional hydrothermal treatment, which was achieved in 6 hours of treatment under N_2 atmosphere to decrease the intercalated carbonate content.

Keywords: Layered double hydroxide, Multivariate optimization, X-rays diffraction and Infrared spectroscopy.

1. INTRODUÇÃO

Hidróxidos duplos lamelares (HDLs) são compostos sólidos de fórmula $M^{II}_{1-x}M^{III}_x(OH)_2A^{n-}x/n \cdot \delta H_2O$, com uma estrutura característica (Figura 1) composta por lamelas de hidróxidos de cátions metálicos bi (M^{II}) e trivalentes (M^{III}) – $[M^{II}_{1-x}M^{III}_x(OH)_2]^{x+}$ – e espaços interlamelares povoados por ânions (A^{n-}) e moléculas neutras – $[A^{n-}x/n]^{x-} \cdot \delta H_2O$. Sua estrutura é descrita partindo-se da brucita ($Mg(OH)_2$), um mineral constituído de lamelas bidimensionais de octaedros de Mg^{2+} e OH^- que compartilham arestas e vértices, na qual a inserção de cátions trivalentes na estrutura provoca um excesso de carga positiva que é compensado pela presença de ânions no espaço interlamelar. Assim HDLs são argilas aniônicas (capazes de trocar ânions). Seu primeiro mineral descoberto foi a hidrotalcita ($Mg_6Al_2(OH)_{16}CO_3 \cdot 4H_2O$) em 1842, portanto quando são encontrados na natureza são chamadas de hidrotalcitas, e por muitas vezes seus equivalentes sintéticos são chamados de “compostos tipo hidrotalcita” (CAVANI; TRIFIRÒ; VACCARI, 2012).

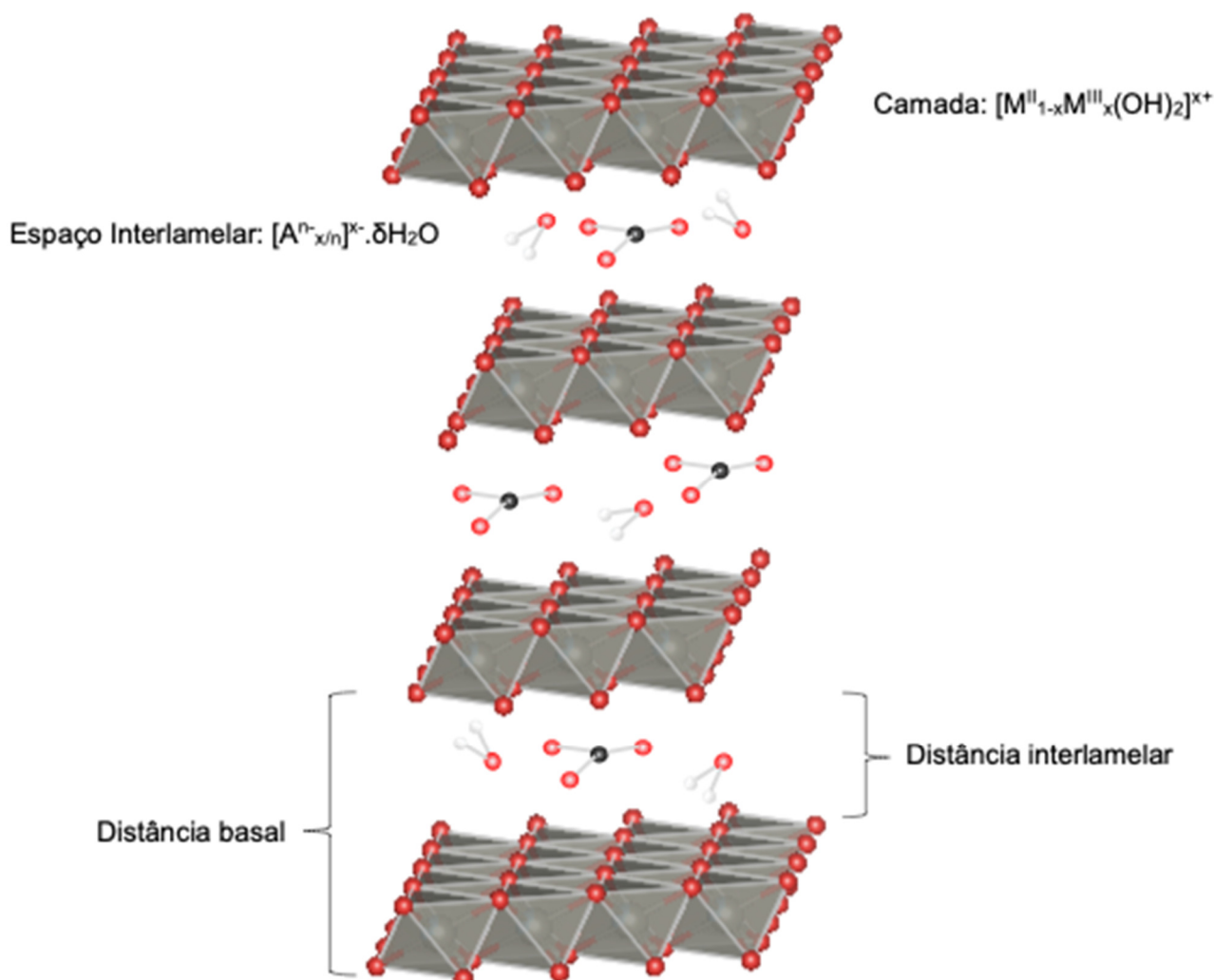
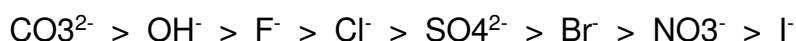


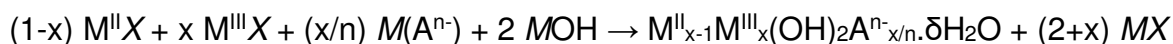
Figura 1. Representação da estrutura de um Hidróxido Duplo Lamelar. Oxigênio → vermelho, hidrogênio → branco, carbono → preto.

HDLs podem possuir diversas composições diferentes para M^{II} , M^{III} e A^{n-} , além de diferentes razões para M^{II}/M^{III} e polimorfismo. São encontrados mais comumente $M^{II} = Mg^{2+}$, Ca^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} ; e $M^{III} = Al^{3+}$, Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+} , Ni^{3+} , Co^{3+} , Sc^{3+} , Ga^{3+} . A razão M^{II}/M^{III} deve se proceder em um excesso de M^{II} de pelo menos 2:1 para manutenção da estrutura cristalina, indo até 3:1 em HDLs encontrados na natureza, porém essa razão pode ser aumentada sinteticamente (MILLS et al., 2012). Os ânions encontrados também são vários, porém foi descoberto por Miyata (MIYATA, 1983) que alguns ânions provocam maior estabilização estrutural que outros, favorecendo termodinamicamente o composto aumentando sua energia de retículo. Estes ânions se diferem, principalmente,

quanto a sua carga, tamanho e forma, e sua ordem de estabilização, semelhante à ordem de dureza considerando o modelo de ácidos e bases duros e macios de Pearson, está disposta a seguir:



A nomenclatura recomendada para esses compostos é recente e foi definida por Mills e outros integrantes da Associação Internacional de Mineralogia (IMA) em 2012 (MILLS et al., 2012). Para HDLs de origem natural foram definidos subgrupos baseados nas diferenças de composição e razão $M^{\text{II}}:M^{\text{III}}$, por exemplo: hidrotalcita (razão $M^{\text{II}}:M^{\text{III}}=3:1$, $A^{n-} = \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- , OH^-), quintinita ($M^{\text{II}}:M^{\text{III}}=2:1$, $A^{n-} = \text{CO}_3^{2-}$, Cl^-), woodwardita ($M^{\text{II}} = \text{Ni}^{2+}$, Cu^{2+} , Zn^{2+} , $A^{n-} = \text{SO}_4^{2-}$). Para HDLs de origem sintética foi definida seguinte fórmula: HDL $xM^{\text{II}}yM^{\text{III}}.A[B]-Pt$ onde M^{II} e M^{III} são, respectivamente, os cátions metálicos bi e trivalente, x e y são suas devidas proporções, A é o ânion, B é um complexo que esteja presente no espaço interlamelar e Pt é o politipo do material. Por exemplo uma hidrotalcita sintética $\text{Mg}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{16}\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, seria HDL $6\text{Mg}2\text{Al}.\text{NO}_3$ ou também HDL $3\text{MgAl}.\text{NO}_3$; e uma cualstibita sintética $\text{Cu}_2\text{Al}(\text{OH})_6[\text{Sb}(\text{OH})_6]$, seria HDL $2\text{CuAl}.[\text{Sb}(\text{OH})_6]$. Estes compostos podem ser sintetizados por alguns métodos diferentes, mas o método da coprecipitação é o mais simples e utilizado. Nele são adicionadas soluções aquosas de M^{II} e M^{III} a uma solução com A^{n-} em meio básico, representado no Esquema 1, onde M é um cátion alcalino monovalente e X é um ânion. Nota-se que A^{n-} deve possuir maior capacidade de estabilização que X , do contrário será X quem constituirá o espaço interlamelar (CREPALDI; VALIM, 1998).



Esquema 1. Reação de síntese de HDLs por coprecipitação.

Como consequência das suas propriedades estruturais, permite-se assim diversas aplicações como, por exemplo, catálise heterogênea (SILVA et al., 2013), remoção de metais traços (RAHMANIAN et al., 2018) e liberação controlada de princípios ativos (SHIRIN et al., 2011). Para uma maior efetividade de suas aplicações, o HDL precisa apresentar grande área superficial, o que está relacionado a alta cristalinidade; e baixo teor de carbonato (para

facilitar a inserção das espécies). Desse modo, torna-se importante aperfeiçoar a síntese do HDL.

Este trabalho foi dedicado a desenvolver um estudo sobre a otimização dos parâmetros reacionais da síntese de hidróxido duplo lamelar de Mg/Al, por meio de um planejamento fatorial, para promoção do material como ad(ab)sorvedor de espécies químicas, sejam estas catalisadores nanoparticulados (SILVA et al., 2013; SENRA et al., 2017) metais traços (SOLTANI et al., 2021; WANI et al., 2021) ou substratos orgânicos (MOHANAMBE et al., 2005; GUO, YIN AND YANG, 2018). Neste sentido, foi realizado um planejamento de experimentos multivariado como forma de avaliar os efeitos dos parâmetros em conjunto a partir das respostas obtidas pelas técnicas de caracterização.

Para análise das amostras foram utilizadas as técnicas de Difractometria de Raios-X e Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier. Os resultados a serem avaliados foram o tamanho de cristalito a partir do cálculo pela Fórmula de Scherrer (WELLER, 1994) e proporção de carbonato para nitrato (deconvolução do espectro de FTIR de 1500 a 1200 cm^{-1}).

2. MATERIAIS E MÉTODO

As sínteses dos HDLs, de maneira geral, foram realizadas com uma solubilização dos sais $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ($9 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ na proporção molar 3:1 ou $6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ na proporção 2:1) e $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ($3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$) com 100 mL de água Milli-Q em um béquer (250 mL). Em seguida, para coprecipitação do material, gotejou-se solução de NaOH 1 mol.L^{-1} até pH=10 do meio. Ao fim, o material passava pela lavagem (ou não) e pelo método de separação ao qual foi designado aquele experimento, de acordo com o planejamento fatorial.

O planejamento fatorial foi descrito por 2^n , onde $n=3$ é número de parâmetros avaliados e 2 é o número de níveis (+ ou -). Dessa forma, foram realizados oito experimentos (2^3).

Para os estudos das condições ambientes de reação, utilizaram-se banhos com óleo vegetais, placas de aquecimento e uma bala de nitrogênio. O aumento da temperatura iniciava-se depois da adição dos reagentes, solvente e ajuste de pH e, após alcance dos 80 °C (temperatura determinada para o estudo), iniciava-se a contagem do tempo de duração de cada experimento. O nitrogênio foi purgado através de um dispositivo que envolve uma agulha acoplada na abertura de uma bexiga de encher.

Os perfis de DRX foram feitos em um Difratoograma de Raios X de pó e obtidos com um difratômetro Rigaku, modelo Ultima IV, com gerador de raios X de frequência (3kW), tubo de raios X de Cu ($\lambda=1,5418 \text{ \AA}$), foco normal (2kW), goniômetro Universal Therma-2Theta com raio de 185 mm, fendas fixas e Filtro $k\beta$ de Ni, com tensão de 40 kV e corrente de 20 mA. Foram utilizadas as faixas de $5^\circ < 2\theta < 80^\circ$.

Os espectros de infravermelho foram obtidos por espectrofotômetro com transformada de Fourier Nicolet Magna-IR 760 com 16 acumulações e 4 cm^{-1} de resolução na região de $4000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$. As amostras foram preparadas em pastilhas de KBr 1%. Além disso, foi realizado a deconvolução das bandas dos espectros de infravermelho através do programa Origin 8[®] para tratamento dos dados. A proporção relativa carbonato/nitrato era então calculada a partir das determinações das áreas dos correspondentes sinais deconvoluídos utilizando a mesma ferramenta computacional.

Tabela 1. Parâmetros a serem otimizados e níveis.

Nível/ Parâmetro	Isolamento	Lavagem	Proporção Molar (Mg:Al)
+	Centrifugação	Sim	3:1
-	Filtração	Não	2:1

Tabela 2. Planejamento fatorial 2^3 .

Experimento/Parâmetro	Isolamento	Lavagem	Proporção Molar (Mg:Al)
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente um parâmetro além dos citados acima foi avaliado: o pH com valores 8 ou 10. Entretanto, os primeiros perfis de Difração de Raios X dos experimentos realizados com esses valores de pH revelaram que a matriz do HDL havia sido formada com baixa cristalinidade e presença de segunda fase em pH=8 (Figura 2, esquerda). Esse resultado se repetia mesmo variando-se os demais parâmetros. Portanto, o estudo prosseguiu somente com estes demais parâmetros por compreender o pH=10 como uma condição crítica para a formação do HDL Mg/Al.

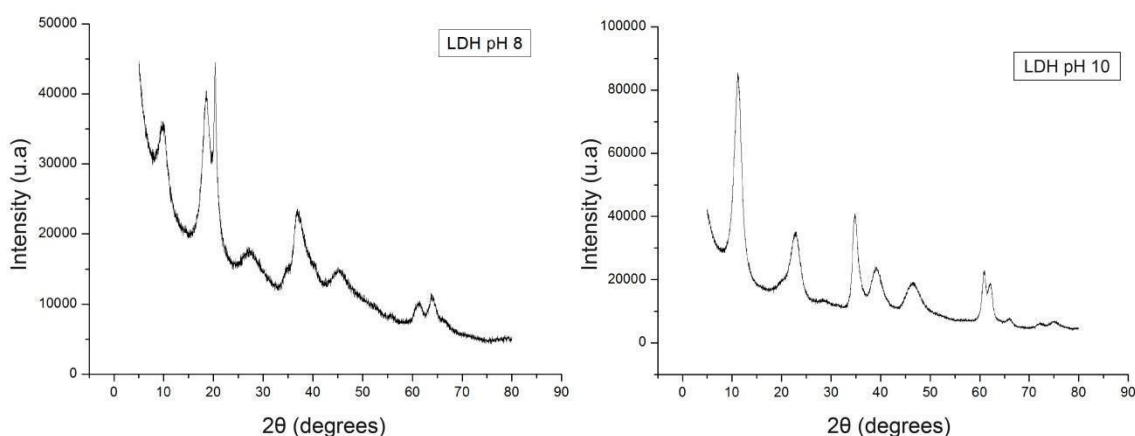


Figura 2. Perfis de DRX de hidróxidos duplos lamelares Mg/Al sintetizados em diferentes valores de pH.

Além do valor de 2θ para caracterização do material, os perfis de DRX fornecem valores para a Fórmula de Scherrer, como a largura a meia altura do pico referente ao material sintetizado. Dessa forma, os cálculos revelaram valores entre 4,26 nm e 6,09 nm de tamanho de cristalito.

Os espectros de infravermelho forneceram os dados acerca da proporção de carbonato para nitrato pelo método da deconvolução das bandas através do programa Origin 8. Para uma melhor análise dos dados, os espectros foram alterados de transmitância para absorbância, a fim de analisar a relação sinal-intensidade diretamente. A partir do alisamento e alinhamento das bases das curvas é possível calcular, por meio de integrais, as suas áreas. Por conseguinte, a área de cada curva refere-se a proporção de uma determinada espécie

química presente. Desse modo calculou-se a proporção percentual de carbonato para nitrato por meio da deconvolução das bandas entre 1200 cm^{-1} a 1500 cm^{-1} no espectro de infravermelho.

Após os cálculos, averiguou-se que o teor de carbonato presente nos experimentos variava entre 19 a 35%. Tais valores foram satisfatórios, uma vez que fases anteriores desse mesmo estudo com o HDL sintetizado com água destilada mostraram um percentual de carbonato de 79 a 90%. Torna-se relevante tentar diminuir o teor de carbonato impregnado no material pois esse ânion possui uma carga a mais que o ânion nitrato. Por conseguinte, esse fator contribui para uma atração mais intensa entre as cargas positivas intralamelares e as negativas dos íons carbonato, em comparação com os íons nitratos. Desse modo, a intercalação de espécies no espaço interlamelar é dificultada à medida que os íons carbonatos estão presentes em grande quantidade. Portanto, o uso de água Milli-Q é fundamental no meio reacional para facilitar as trocas de espécies no espaço interlamelar e promover uma intercalação com maior efetividade.

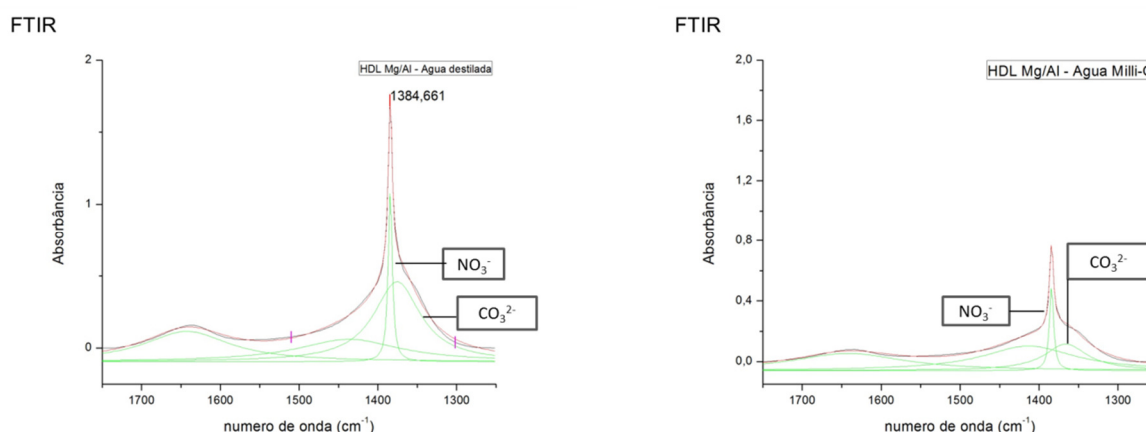


Figura 3. Espectros no infravermelho deconvoluídos dos experimentos realizados sob as mesmas condições em água destilada (à esquerda) e em água Milli-Q (à direita).

Por meio de um estudo estatístico considerando as respostas obtidas pelas análises, foi possível analisar os parâmetros que resultam em um material otimizado, revelando os efeitos combinados dos parâmetros.

Para tanto é necessário compreender como foi realizado esse estudo: os experimentos foram enumerados de 1 a 8 correspondendo o planejamento fatorial; as letras “X” seguidas de um algarismo referem-se aos níveis de cada parâmetro daquele

experimento; as letras maiúsculas “A”, “B” e “C” relacionadas a um parâmetro; e, essas mesmas letras (minúsculas), os efeitos dos parâmetros quando isolados (a, b e c) ou suas interações (ab, bc, ca e abc).

Tabela 3: Matriz de experimentos para o planejamento 2³.

EXP	X1	X2	X3	A (isolamento)	B (lavagem)	C (Mg/Al)	
1	-	-	-	filtração	n	2	1
2	+	-	-	centrifugação	n	2	a
3	-	+	-	filtração	s	2	b
4	+	+	-	centrifugação	s	2	c
5	-	-	+	filtração	n	3	ab
6	+	-	+	centrifugação	n	3	ac
7	-	+	+	filtração	s	3	bc
8	+	+	+	centrifugação	s	3	abc

Na matriz seguinte, os valores gerados pelo tratamento de dados são colocados na coluna referente ao objetivo analisado. Além disso, nas colunas de combinação de parâmetros (AB, BC, CA e ABC), é necessário fazer o produto dos níveis referentes a cada parâmetro individual. Por exemplo, a combinação AB do experimento 1 possui nível “positivo” (+) porque o produto entre os níveis A e B, ou seja, “negativo” e “negativo”, gera um nível “positivo” (vide Tabela 4). O mesmo deve ser feito para as outras combinações de parâmetros.

Tabela 4. Sinalização para combinação de parâmetros.

Exp	I	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Área% CO ₃ ²⁻
1	+	-	-	-	+	+	+	-	24

Por conseguinte, para o cálculo dos efeitos dos parâmetros isolados ou combinados segue uma fórmula geral:

$$\text{Efeito} = \frac{(\text{somatório valores de nível positivo}) - (\text{somatório valores de nível negativo})}{\text{número total de experimentos}}$$

Por exemplo, para encontrar o valor do efeito do parâmetro A, calculou-se a diferença entre as somas dos valores de níveis “positivos” e níveis “negativos” (Tabela 5). Ao aplicar tais valores à fórmula, encontra-se que o efeito do parâmetro A, isolamento, possui valor - 1,75. Assim é realizado o cálculo dos valores dos efeitos.

$$\text{Efeito} = \frac{(19+14+16+35)-(24+20+24+30)}{8}$$

$$\text{Efeito} = -1,75$$

Ainda, deve-se compreender que o valor do efeito dos três parâmetros combinados, ABC, apresenta-se como uma estimativa da incerteza, uma vez que é desprovido de significado físico. Dessa forma, somente os efeitos com valores acima deste possuem significância. Sendo assim, quanto maior o valor do efeito (acima da média), maior a importância do parâmetro (ou interação) na síntese. Além disso, o sinal que acompanha o valor do efeito possui correlação com os níveis dos parâmetros: se o valor do efeito for positivo, os níveis “+” em uma coluna serão mais relevantes; e, em caso negativo, os níveis “-” em uma coluna serão o de maior importância. Após calculado os valores dos efeitos torna-se possível, então, avaliar o comportamento dos parâmetros.

Com base na Tabela 6, relativa a resposta quanto ao grau relativo de carbonato para nitrato, percebe-se uma maior relevância para BC (interação dos parâmetros lavagem-Mg:Al) e C (parâmetro Mg:Al). Portanto quanto maior for a relação Mg:Al (3:1) maior a quantidade de carbonato relativo a nitrato, o que leva ao fato que manter a relação Mg:Al 2:1 é melhor

para manter o teor de carbonato mais baixo. Da mesma forma a lavagem diminui o teor relativo de carbonato para a razão Mg:Al 2:1 mas não para Mg:Al 3:1.

Tabela 5. Matriz de efeitos calculados a partir das respostas %área $\text{CO}_3^{2-}/\text{NO}_3^-$ obtidas no planejamento 2^3 .

Exp	I	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Área% CO_3^{2-}
1	+	-	-	-	+	+	+	-	24
2	+	+	-	-	-	-	+	+	19
3	+	-	+	-	-	+	-	+	20
4	+	+	+	-	+	-	-	-	14
5	+	-	-	+	+	-	-	+	24
6	+	+	-	+	-	+	-	-	16
7	+	-	+	+	-	-	+	-	30
8	+	+	+	+	+	+	+	+	35
efeito	22,75	-1,75	2,00	3,50	1,50	1,00	4,25	1,75	
coeficiente	b0	bA	bB	bC	bAB	bAC	bBC	bABC	

Por sua vez, na Tabela 6, relativa aos tamanhos de cristalito, a interação com maior relevância é AC (isolamento-Mg:Al) como também os parâmetros isolados A e C (isolamento e razão Mg:Al). Assim um material mais cristalino é obtido para a razão Mg:Al 3:1; e utilizando a filtração como método de isolamento do sólido. Entretanto a cristalinidade é aumentada quando conjuntamente se tem Mg:Al 2:1 e o isolamento do material por filtração.

Tabela 6. Matriz de efeitos calculados a partir das respostas de tamanho de cristalito D obtidas no planejamento 2^3 .

Exp	I	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	D(nm)
1	+	-	-	-	+	+	+	-	5,43
2	+	+	-	-	-	-	+	+	4,26
3	+	-	+	-	-	+	-	+	5,78
4	+	+	+	-	+	-	-	-	4,45
5	+	-	-	+	+	-	-	+	5,7
6	+	+	-	+	-	+	-	-	5,39
7	+	-	+	+	-	-	+	-	5,74
8	+	+	+	+	+	+	+	+	6,09
efeito	5,36	-0,31	0,16	0,38	0,06	0,32	0,02	0,10	
coeficiente	b0	bA	bB	bC	bAB	bAC	bBC	bABC	

A partir da avaliação dos efeitos dos parâmetros em conjunto, o estudo de otimização prosseguiu quanto às condições da síntese do HDL Mg/Al. Sendo assim, realizou-se um estudo do material sintetizado sob tratamento hidrotérmico de 80 °C e atmosfera de N₂, por 6 horas e 24 horas, a fim de avaliar os efeitos de tais condições reacionais na matriz do HDL (Figuras 3 e 4).

Os difratogramas de Raios X apresentaram perfis com maior relação sinal/ruído com o aumento do número de horas do tratamento hidrotérmico e sob atmosfera de N₂. Essa resposta é resultado do aumento de cristalinidade. O valor do tamanho de cristalito aumentou para 8,00 nm (somente tratamento hidrotérmico) e 7,32 nm (tratamento hidrotérmico e atmosfera N₂), a partir de valores entre 4 e 5 nm para o material coprecipitado, ambos os experimentos com duração de 24 horas.

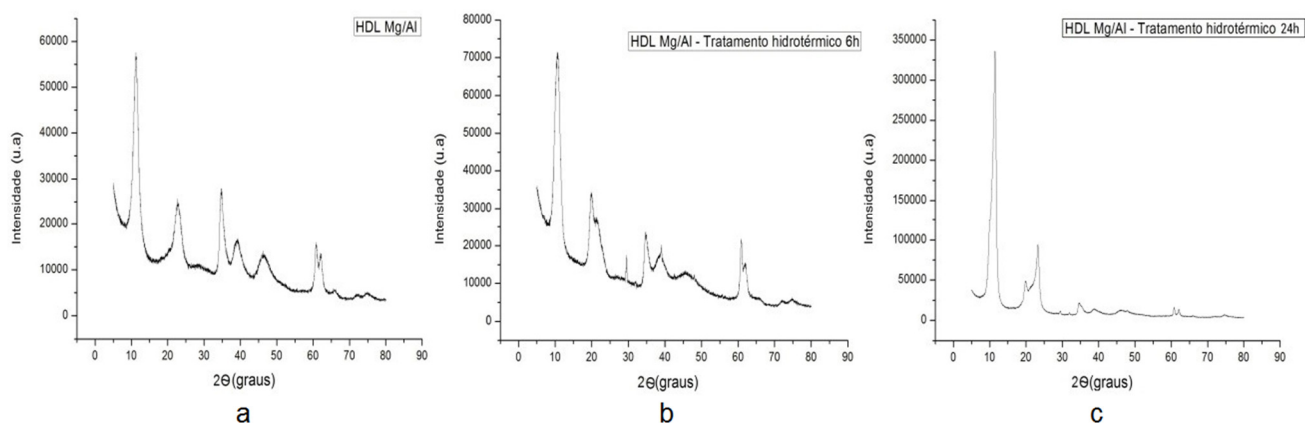


Figura 4. Perfis de DRX do HDL Mg/Al coprecipitado a temperatura ambiente (a); e em tratamento hidrotérmico por 6 horas (b) e por 24 horas (c), respectivamente.

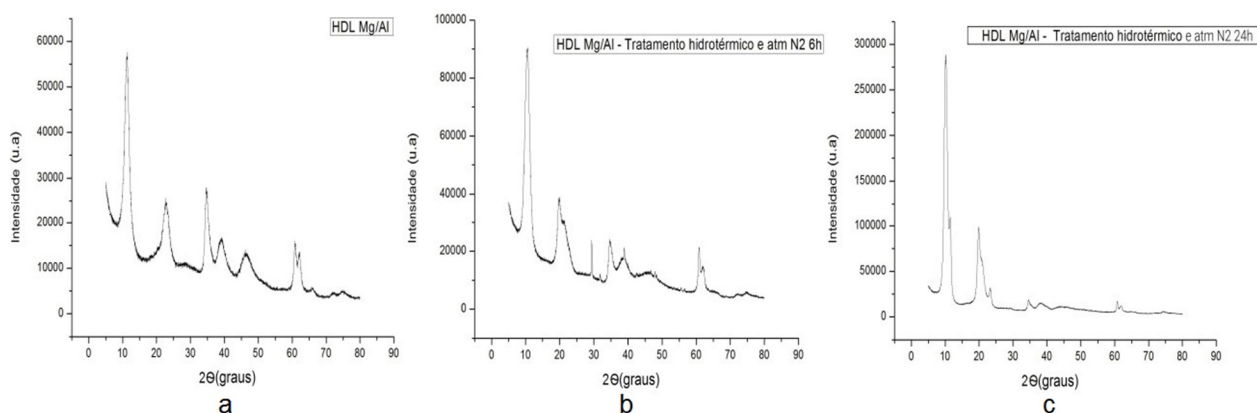


Figura 5. Perfis de DRX do HDL Mg/Al coprecipitado (a); e em tratamento hidrotérmico e sob atmosfera de N₂ por 6 horas (b) e 24 horas (c), respectivamente.

Por conseguinte, a partir da sobreposição dos difratogramas de Raios X utilizando-se a intensidade normalizada, tornou-se perceptível um deslocamento dos picos que caracterizam o HDL (Figura 6). Comparando os experimentos com tratamento hidrotérmico ao longo das horas, é possível notar um deslocamento à esquerda do pico (003) para o aumento do número de horas até 6 horas de tratamento hidrotérmico. Esse deslocamento indica um aumento do espaço interlamelar, favorecendo uma possível intercalação de espécies. Entretanto o aumento adicional até 24 horas levou a diminuição de intensidade deste pico e aparecimento de um pico mais deslocado para maiores 2θ , o que mostra uma estrutura lamelar mais “fechada”.

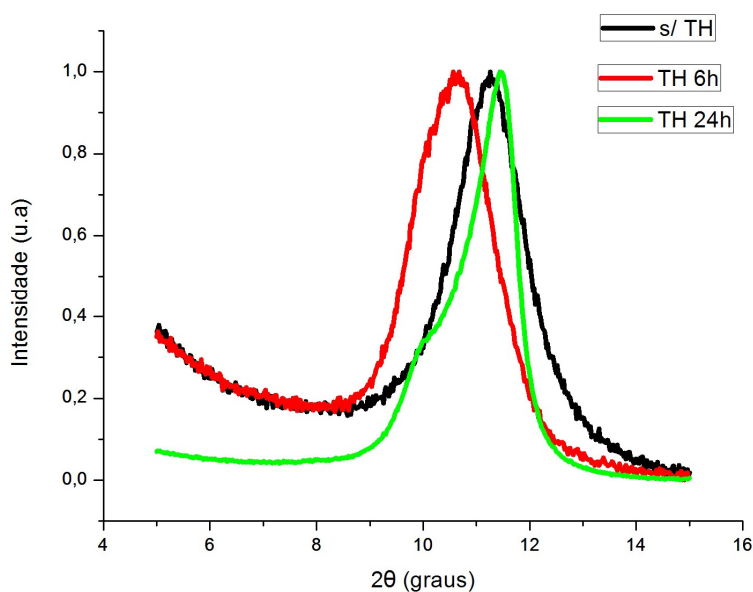


Figura 6. Sobreposição dos picos de DRX (003) dos HDLs sintetizados em temperatura ambiente e tratamento hidrotérmico por 6 horas e 24 horas.

A sobreposição dos picos de DRX referentes aos experimentos de tratamento hidrotérmico e atmosfera de N_2 também indicou deslocamentos à esquerda em comparação com o HDL sem tratamento (Figura 7). Assim como para o difratograma da Figura 6, a síntese realizada durante 24 horas gerou no DRX correspondente a um duplete de picos em baixo ângulo. É possível que o HDL inicial corresponda ao de menor intensidade e o outro uma fase do material lamelar com maior afastamento interlamelar formado após o tratamento. Ainda assim, o experimento realizado durante 6 horas também apresentou um deslocamento à esquerda, sugerindo um afastamento das lamelas.

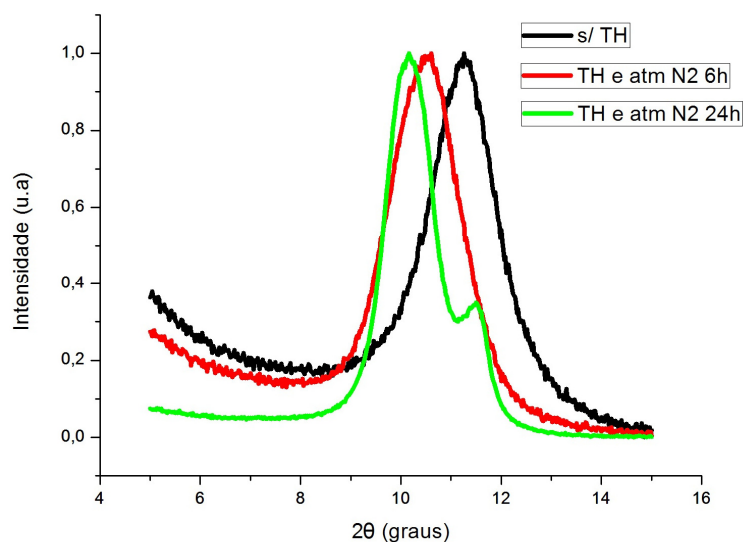


Figura 7. Sobreposição dos picos de DRX (003) dos HDLs coprecipitados e submetidos a tratamento hidrotérmico e atmosfera de N₂ por 6 horas e 24 horas.

A partir da deconvolução dos espectros de infravermelho (Figuras 8 e 9) foi possível avaliar a proporção relativa de íons carbonato em relação à de íons nitrato. Os experimentos realizados durante 24 horas indicaram pelas áreas dos sinais quantidades de carbonato superiores ou similares ao de nitrato. Por outro lado, os experimentos realizados durante 6 horas revelaram uma diminuição na proporção relativa carbonato/nitrato. A síntese com tratamento hidrotérmico por 6 horas apresentou um percentual de 43,4% de carbonato em relação à de nitrato, e a síntese com tratamento hidrotérmico por 6 horas e atmosfera N₂, 27,3%. Tal efeito é bastante positivo para intercalação de espécies, uma vez que a realização da síntese em atmosfera de N₂ busca reduzir a quantidade de CO₂ do meio e, conseqüentemente, a redução de carbonato na matriz do HDL.

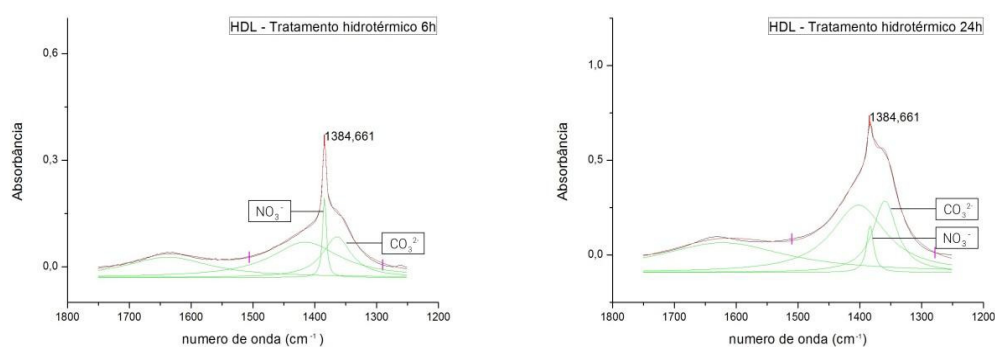


Figura 8. Espectros no infravermelho deconvoluídos relativos aos experimentos realizados sob tratamento hidrotérmico por 6 horas (à esquerda) e 24 horas (à direita).

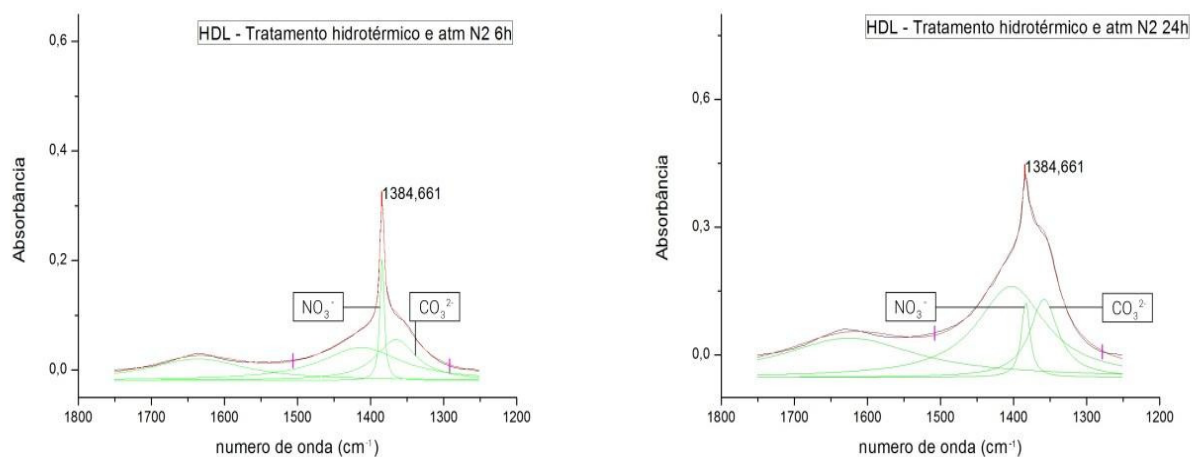


Figura 9. Espectros no infravermelho deconvoluídos relativos aos experimentos realizados sob tratamento hidrotérmico e atmosfera N₂ por 6 horas (à esquerda) e 24 horas (à direita).

4. CONCLUSÃO

A partir dos experimentos preliminares realizados anteriormente a este trabalho, verificou-se que o uso de água Milli-Q é mandatório no que diz respeito à presença de carbonato: a água deionizada como meio de síntese do HDL diminui o conteúdo do íon carbonato intercalado. Segundo Miyata (MIYATA, 1983), o íon carbonato é o que oferece a maior estabilização ao HDL, sendo, portanto, mais difícil de ser submetido a troca iônica. O conteúdo mais baixo deste íon no espaço interlamelar implica em uma maior disponibilização do material para troca iônica, por exemplo, com ânions orgânicos quelantes, como tartarato e o ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA). A intercalação de tais espécies aniônicas abre a possibilidade de uso do HDL como absorvedor de metais traço, o que tem importantes implicações ambientais (KAMEDA; TAKEUCHI; YOSHIOKA, 2008; CHEN et al., 2020). No que diz respeito a aplicação em catálise, Schmal (SCHMAL, 2011) afirma que as propriedades catalíticas de um catalisador heterogêneo dependem tanto da sua textura quanto estrutura. No que diz respeito a primeira, é necessária a determinação das áreas específica, volumes e distribuição de poros. Por exemplo, um estudo do nosso grupo de pesquisa (SILVA, 2013) mostrou que o aumento da cristalinidade do HDL de Mg/Al elevou em 10 vezes a área específica do material. Por sua vez, o material com área mais elevada demonstrou uma performance superior como componente do catalisador de paládio nanoestruturado na reação entre o enol fosfato e o ácido fenilborônico (SENRA, 2017).

Portanto, a cristalinidade é um parâmetro chave no que diz respeito a performance de catalisadores baseados em HDL. Com isso em mente, podemos concluir a importância de se otimizar a síntese do hidróxido duplo lamelar de forma a ser um baixo conteúdo em íon carbonato -para aplicações ambientais e biológicas, sendo para esta última o destaque para intercalação de princípios ativos por troca iônica (SHIRINA et al., 2021) e a cristalinidade mais alta quanto possível, principalmente para aplicações catalíticas. Pela otimização multivariada realizada, há menor quantidade de carbonato associada a uma maior cristalinidade quando o material coprecipitado de HDL Mg:Al 1:2 é isolado utilizando-se o procedimento de filtração. O aumento da área específica (importante não só para a aplicação catalítica, mas também para as aplicações ambientais e biológicas) pode ser conseguido com o tratamento hidrotérmico adicional, o que foi otimizado resultando em 6 horas de tratamento sob atmosfera de N₂ para diminuição no conteúdo de carbonato intercalado.

5. REFERÊNCIAS

- BARROS, S. D. T.; SENRA, J. D.; LACHTER, E. R.; MALTA, L. F. B. Metal-catalyzed cross-coupling reactions with supported nanoparticles: Recent developments and future directions. **Catalysis Reviews**, v. 58, p. 439-496, 2016.
- CAVANI, F.; TRIFIRÒ, F.; VACCARI, A. Hydrotalcite-like anionic clays: preparation, properties and applications. **Catalysis Today**, v. 11, p. 173-301, 1991.
- CHEN, L.; TU, Q.; YANG, X.; HU, X.; SUN, X.; LI, H. MgAl Layered Double Hydroxides Intercalated with EDTA: Cu(II) Recovery and Mechanism. **ChemistrySelect**, v. 5, p. 11299 – 11304, 2020.
- CREPALDI, E. L.; VALIM, J. B. Hidróxidos duplos lamelares: síntese, estrutura, propriedades e aplicações. **Química Nova**, v. 21, n. 3, p. 300-311, 1998.
- GUO, X.; YIN, P.; YANG, H. Superb adsorption of organic dyes from aqueous solution on hierarchically porous composites constructed by ZnAl-LDH/Al(OH)₃ nanosheets. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 259, p. 123-133, 2018.
- KAMEDA, T.; TAKEUCHI, H.; YOSHIOKA, T. Uptake of heavy metal ions from aqueous solution using Mg–Al layered double hydroxides intercalated with citrate, malate, and tartrate. **Separation and Purification Technology**, v. 62, p. 330–336, 2008.
- MILLS, S. J.; CHRISTY, A. G.; GÉNIN, J. –M. R.; KAMEDA, T.; COLOMBO, F. Nomenclature of the hydrotalcite supergroup: natural layered double hydroxides. **Mineralogical Magazine**, v. 75, n. 5, p. 1289-1336, 2012.

MIYATA, S. Anion-exchange properties of hydrotalcite-like compounds. **Clays and Clay minerals**, v. 31, n. 4, p. 305-311, 1983.

MOHANAMBE, L.; VASUDEVAN, S. Inclusion of Ferrocene in a Cyclodextrin-Functionalized Layered Metal Hydroxide: A New Organometallic– Organic– LDH Nanohybrid. **Inorganic chemistry**, v. 44, n. 7, p. 2128-2130, 2005.

RAHMANIAN, O.; AMINIB, S.; DINARIB, M. Preparation of zinc/iron layered double hydroxide intercalated by citrate anion for capturing Lead (II) from aqueous solution. **Journal of Molecular Liquids**, v. 256, p. 9-15, 2018.

SCHMAL, M. **Catálise Heterogênea**. 1ª ed, Synergia Editora, 2011.

SENRA, J. D.; SILVA, A. C.; SANTOS, R. V.; MALTA, L. F. B.; SIMAS, A. B. C. Palladium on Layered Double Hydroxide: A Heterogeneous System for the Enol Phosphate Carbon-Oxygen Bond Activation in Aqueous Media. **Journal of Chemistry**, v. 2017, p. e8418939, 2017.

SHIRINA, V.K. A.; SANKAR, R.; JOHNSONB, A. P.; GANGADHARAPPAB, H. V.; PRAMOD, K. Advanced drug delivery applications of layered double hydroxide. **Journal of Controlled Release**, v. 330, p. 398 – 426, 2021.

SILVA, A. C. **Desenvolvimento de catalisadores metálicos contendo hidróxido duplo lamelar para a viabilização da reação de Suzuki em condições brandas**. (Tese) Doutorado em Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

SILVA, A. C.; SENRA, J. D.; SOUZA, A. L. F.; MALTA, L. F. B. A Ternary Catalytic System for the Room Temperature Suzuki-Miyaura Reaction in Water. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 456789, 2013.

SILVA, A.C.; SOULZA, A.L.F.; ANTOUN, R.A.; MALTA, L.F.B. A simple approach for the synthesis of gold nanoparticles mediated by layered double hydroxide. **Journal of Nanomaterials**, v. 2013, p. 357069, 2013.

SOLTANI, R.; PELALAK, R.; PISHNAMAZI, M.; MARJANI, A.; ALBADARIN, A. B.; SARKAR, S. M.; et al. A novel and facile green synthesis method to prepare LDH/MOF nanocomposite for removal of Cd(II) and Pb(II). **Scientific Reports**, v. 11, p. e1609, 2021.

WANI, A. A.; KHAN, A. M.; MANEA, Y. K.; SALEM, M. A. S.; SHAHADAT, M. Selective adsorption and ultrafast fluorescent detection of Cr(VI) in wastewater using neodymium doped polyaniline supported layered double hydroxide nanocomposite. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. e 125754, 2021.

WELLER, M. T. **Inorganic Materials Chemistry**. Oxford University Press, 1994.

DESENVOLVIMENTO DE UMA LIGA DE ALTO DESEMPENHO A PARTIR DO ALUMÍNIO RECICLADO

Carlos Narducci Junior ^{1,2}

1. Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Campus Itaquaquecetuba, SP, Brasil;
2. Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais, São José do Campus, SP, Brasil.

RESUMO

A pesquisa estudou ligas fundidas de Al-Si com teor de Fe de 1%, simulando ligas de Al provenientes da reciclagem. As ligas de Al recicladas possuem alto teor de Fe, levando à precipitação de partículas intermetálicas de β -Fe em sua microestrutura. As partículas frágeis de β -Fe são compostas de morfologia grosseira com plaquetas altamente facetadas, o que é extremamente prejudicial para o desempenho mecânico das ligas de Al-Si. Nióbio e boro (Nb+B) foram adicionados à liga para investigar o comportamento morfológico das partículas de β -Fe e as propriedades mecânicas do material. As amostras foram moldadas no processo de fundição por gravidade. O estudo foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, as amostras foram fundidas em moldes conforme norma TP1-2012, variando o teor de 0,02 a 1% em peso de Nb. Os teores de 0,05% Nb e 0,0063% B mostraram-se indicados para reduzir o tamanho do grão e modificar a morfologia dos precipitados de β -Fe, refinando-os e tornando-os globulares. Na segunda etapa foram fundidos CDPs em molde metálico conforme norma ASTM B108, com a liga Al10Si1Fe. Além do inoculante Nb+B, foi adicionado o elemento Mg para produzir envelhecimento por precipitação. O efeito combinado da introdução do inoculante (Nb-0,05% e B-0,0063%) do elemento Mg (0,35%), associado ao tratamento de envelhecimento por precipitação na liga fundida, atingiu valores de 4,66% no alongamento, 208 MPa na resistência ao escoamento e 300 MPa na resistência final.

Palavras-chave: Al reciclado, fundição, refinamento do grão e propriedades mecânicas.

ABSTRACT

The research studied Al-Si casting alloys with Fe content of 1%, simulating Al alloys coming from recycling. The recycled Al alloys have high Fe content, leading to the precipitation of β -Fe intermetallic particles in their microstructure. The brittle β -Fe particles are composed of coarse morphology with highly faceted platelets, which is extremely detrimental to Al-Si alloys' mechanical performance. Niobium and boron (Nb+B) were added to the alloy to investigate the morphological behavior of β -Fe particles and the material's mechanical properties. The samples were cast in the gravity die casting process. The study was carried out in two stages. In the first stage, the samples were cast in molds according to TP1-2012 standard, varying the content from 0.02 to 1 Wt.% of Nb. The content of 0.05% Nb and 0.0063% B proved to be indicated to reduce the grain size and modify the β -Fe precipitates' morphology, refining

and making them globular. CDPs were cast in a metal mold according to ASTM B108 standard, with Al10Si1Fe alloy in the second step. In addition to the Nb+B inoculant, the element Mg was added to produce precipitation aging. The combined effect of introducing the inoculant (Nb-0.05% and B-0.063%) of the Mg element (0.35%), associated with the precipitation aging treatment in the cast alloy, reached values of 4.66% in elongation, 208 MPa in yield strength, and 300 MPa in ultimate strength.

Keywords: Recycled Al, casting, grain refinement and mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

Peças mecânicas em alumínio produzidas em diversos tipos de ligas e processos de fundição passam por diferentes níveis de qualidade e produtividade. O custo final das peças depende de uma definição correta desses parâmetros. Por consequente, o desenvolvimento do material e do processo de fundição se faz necessário para buscar a melhor relação entre propriedades mecânicas como a elasticidade e resistência do material conseguido em um só produto com um menor custo possível. Na engenharia as propriedades mecânicas dos materiais são condições obrigatórias a serem alcançadas para o bom desempenho dos produtos, em especial quando as peças são usadas em ambiente de extremo stress. A crescente pressão por competitividade que o mercado tem exercido nas empresas, como resultado da globalização mundial e do surgimento de novos concorrentes, fez com que a área de produção na indústria seja a mais pressionada por mudança nos últimos anos. Os aspectos externos induzem outros, que acabam sinalizando às empresas necessidades de busca de novas tecnologias de material e processo (COSTA, 2007). O estudo de caso descrito abaixo traz um exemplo real dessa necessidade.

2. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso refere-se a uma empresa de origem nacional, fundada em 1964 pelo Sr. Aduino Pontes (em memória), a Metal2. Uma empresa que funde e usina peças em alumínio para o mercado automobilístico. A Metal2 é uma empresa conhecida por ser especializada em processo de fundição por gravidade, que dentro de sua carteira de peças fundidas estava às carcaças do cilindro mestre, a figura 1 mostra a aplicação do cilindro mestre no sistema de freio automobilístico.

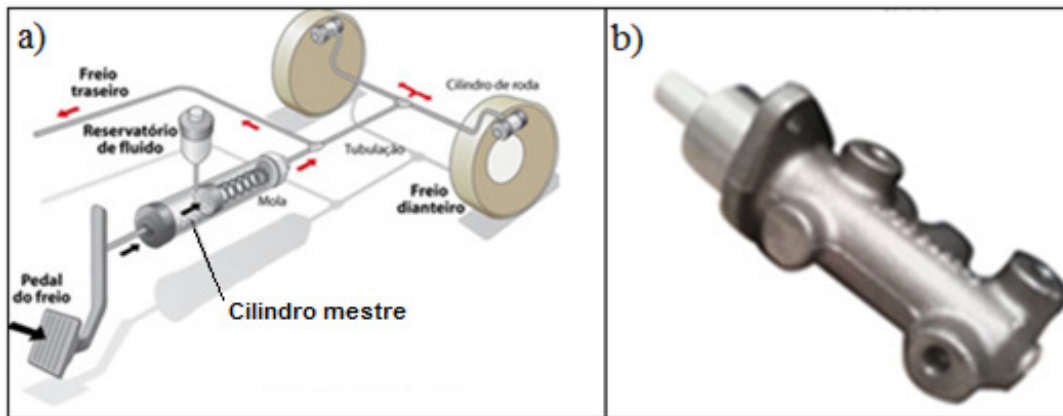


Figura 1. Sistema de freio. a) Posicionamento do cilindro mestre no sistema de freio. b) Carcaça do cilindro mestre.

O produto carcaças do cilindro mestre, durante um período de tempo na produção da Metal2, representou um volume expressivo, por volta de 40% de sua carteira, o que correspondia a um faturamento significativo do total de peças produzidas na época.

Por volta de 2010 as empresas nacionais se viram ameaçadas com o aumento da importação de peças automotivas. As montadoras de veículos provocaram uma verdadeira "guerra" por preços menores. Na Metal2, não foi diferente, nos três anos subsequentes foram feitos inúmeros trabalhos para a redução de custos no processo de produção das carcaças do cilindro mestre, do tipo KAISEN (JURAN, 1992; NARDUCCI, 1999). Porém, todas as reduções alcançadas não foram suficientes para atingir a meta imposta pelo cliente. Com isso o cliente a TRW, um dos sistemistas que fornece o conjunto de freio para as montadoras do mercado automobilístico, decidiu interromper a compra das carcaças fundidas da Metal2, passando a comprar estas peças importadas.

Conseqüentemente, com a perda do fornecimento das carcaças do cilindro mestre, houve uma queda significativa no faturamento da Metal2, que comprometeu sua existência no mercado. Isso, na época provocou uma investigação profunda no material e processo de fabricação dessas peças, essa investigação contou com a colaboração dos clientes: TRW, Bosch, Mando e Continental. Foi investigado o custo das carcaças do cilindro mestre no mercado global, onde o estudo mostrou as diferenças de preços entre as carcaças produzidas no Brasil (Metal2) e as produzidas nos concorrentes fora do Brasil (a fundição "di Billie", da França). O preço da peça nacional era em média 23,5% maior do que o da peça importada (FOB). O estudo também revelou que quando comparado os processos de fabricação usados na produção das peças, verificou-se ser a mesmo, fundição por gravidade, contudo com diferenças significativas em fatores relevantes. Entre as diferenças o volume

de produção, dez vezes maior das peças produzidas no concorrente do que o volume de produção das peças produzidas na Metal2, e ainda uma grande diferença no nível de automação e robotização da produção das peças fundidas do concorrente. Demonstrando a falta de atualização tecnológica das fundições brasileiras em termos de produtividade. A figura 2 mostra o Lay Out da produção da carcaça do cilindro mestre produzido na Metal2, uma célula de produção com capacidade instalada para produzir de até 400.000 peças/ ano, para esse volume de produção são necessários vinte e oito (28) operadores de máquinas, em dois turnos de trabalho e mais sete (7) operadores no terceiro turno, perfazendo um total de trinta e cinco (35) operadores; A figura 3 mostra o Lay Out da produção das carcaças de cilindros mestres produzidos na di Billie (França), fundição com tecnologia de manufatura mais desenvolvida/ robotizada, uma célula de produção com capacidade instalada para produção de até 1.000.000 peças/ ano. Para esse volume de produção será necessário à quantidade de apenas seis (6) operadores em três turnos de trabalho.

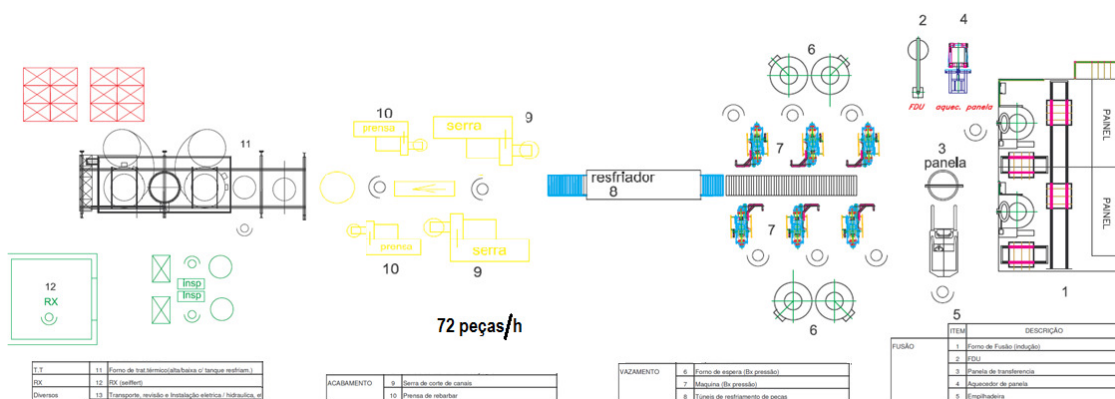


Figura 2. Layout da célula de produção de carcaça do cilindro mestre no Brasil.

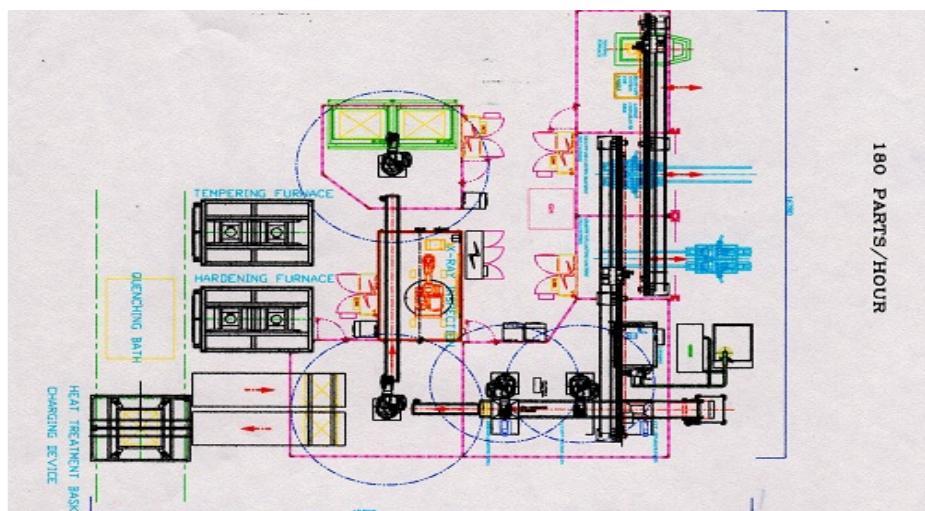


Figura 3. Layout da célula de produção de carcaça do cilindro mestre na Europa
Fonte (CINEMATIC 2011).

O volume de produção mais o nível de Automação/ Robotização das empresas fora do Brasil refletem diretamente no custo de produção das peças e por isso a diferença no preço de venda a favor das peças importadas, que nem com todas as tarifas e taxas e importação acabam por viabilizar a produção local.

Na tentativa de continuidade do fornecimento a Metal2 fez estudos para modernização da produção das Carcaças do Cilindro Mestre no Brasil, mas o volume baixo de produção local e o montante de investimento necessário na época (estimado em US\$ 12 milhões) estava muito aquém das condições da empresa local, inviabilizando assim a continuidade de produção das Carcaças do Cilindro Mestre na Metal2.

A evidente necessidade da busca de uma solução sem grandes investimentos para o setor levou a estudos de alternativas para se baixar o custo de produção, algumas dessas alternativas foram: usar a matéria prima vinda da sucata com menor custo de aquisição, porém na época tecnicamente inviável; a possibilidade de mudança de processo de fundição por gravidade (Gravity Die Cast - GDC) para fundição por alta pressão (High Pressure Die Cast - HPDC), isso, devido em média o custo das peças produzidas no processo HPDC serem 48,4% menor do que o custo das peças produzidas no processo GDC (dados divulgados pela ABIFA, média de 2015).

- Fundidos Sob Pressão: US \$ 5,295/ Kg,
- Fundidos por Gravidade: US \$ 10,930/ Kg,

Essa notável diferença de preço dos fundidos injetados acontece devido ao menor custo da matéria prima que sai do material reciclado (GREEN, 2007), somado a produtividade dos processos HPDC (CONCER, 2016).

A partir daí abriu-se o caminho para a linha de pesquisa apresentada. Desafios esses que motivou este estudo.

2.1. FUNDIÇÃO

Na metalurgia, a fundição é o processo de vaziar metal líquido em um molde, que contém cavidades com a forma desejada, e depois permitir que esfrie e solidifique. A parte solidificada é conhecida como peça fundida, que é tirada do molde ou tem o molde quebrado para completar o processo.

2.2. PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

As técnicas mais tradicionais de fundição incluem a fundição por cera perdida, fundição em molde permanente e fundição em areia. A figura 4 mostra os processos de fundição divididos pelo material do molde, tais como cera, areia ou metal, e ainda o método de vazamento, tais como por gravidade, alta pressão ou a baixa pressão.

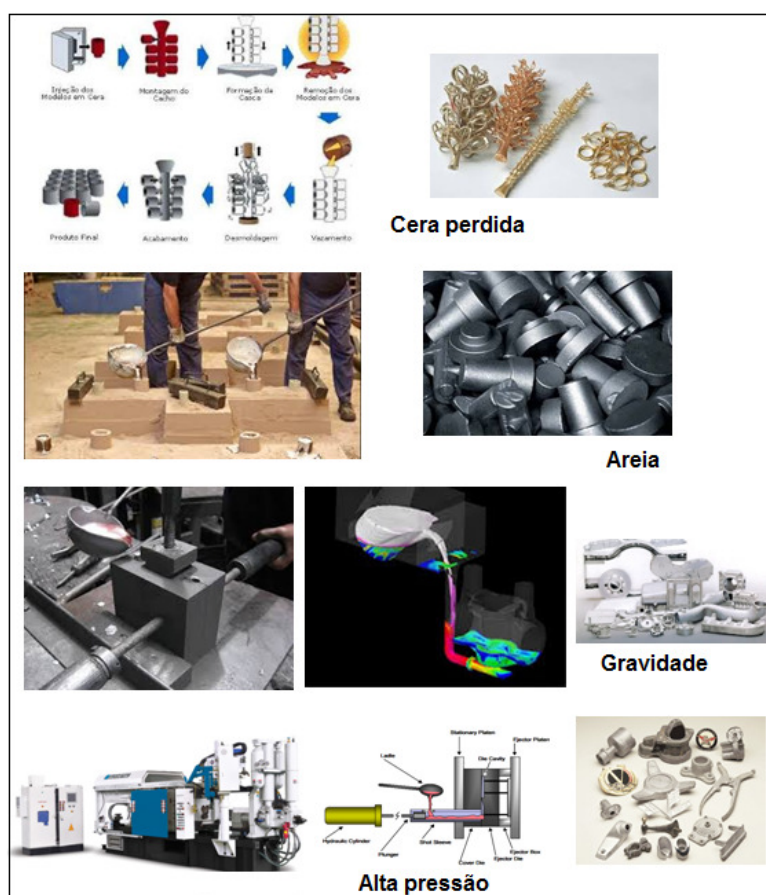


Figura 4. processo de fundição.

A figura 5 mostra a participação dos processos de fundição Sob Pressão, sendo o processo por alta pressão, também conhecido comercialmente como “high-pressure die casting” (HPDC), atualmente responsável por mais de 56% de todas as peças produzidas no mercado (FUOCO R, 5º ENFOCAL/ABIFA 2008).

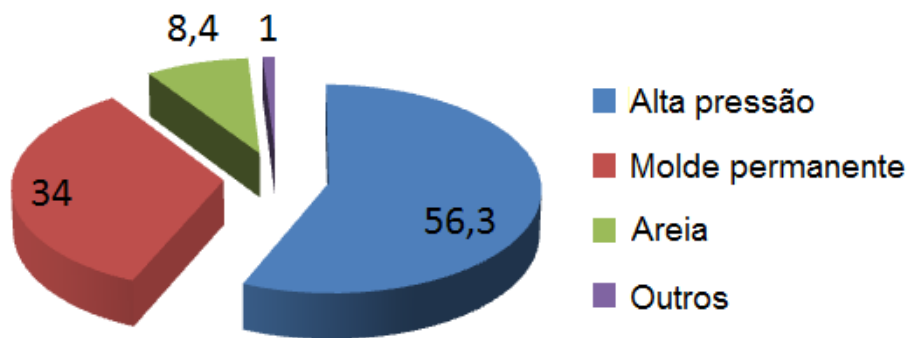


Figura 5. Processo de fundição.

2.3. PROCESSOS DE FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE

O material descrito a seguir traz exemplos do processo de fundição e fabricação do cilindro mestre (estudo de caso) e se aprofunda na pesquisa e desenvolvimento de um material que possa atender tecnicamente e economicamente as necessidades de engenharia, exigências de segurança em peças como a do exemplo.

Na indústria de fundição, tudo começa com o recebimento da matéria prima básica e insumos em geral, no caso os lingotes de liga de Alumínio-Silício, conforme especificação técnica do material, estes lingotes normalmente são fornecidos em fardos de 500 Kg. Depois de recebidos, o material é analisado quimicamente por um equipamento denominado “Spectrometro”. Uma vez aprovado, os lingotes seguem para o setor de fusão onde o material é fundido “derretido”, em forno a chama “gás” ou a resistência elétrica, a uma temperatura por volta de 780°C. A liga de alumínio no estado líquida é então vazada em panelas transportadoras e levado à estação de tratamento para as operações de limpeza e desgaseificação “desgaseificação por rotor - FDU” (BONOLLO et al., 2005; FILLETI, 2015). Após a limpeza e a desgaseificação, o metal é transferido para forno de espera, para conservação da sua temperatura até o seu vazamento nos moldes. Nesta etapa a temperatura está em torno de 740°C. A figura 6 mostra a máquina de fundir, também chamada de coquilhadeira, onde recebe um molde que contém cavidades. O vazamento do metal nos moldes pode ser feito de forma manual ou automática. O vazamento se dá pelo processo de gravidade, isso é, o metal líquido vai penetrando no molde por ação da gravidade, sem nenhuma força externa (pressão de enchimento), até o metal líquido tomar todas as cavidades internas, modelando a peça que se deseja produzir.

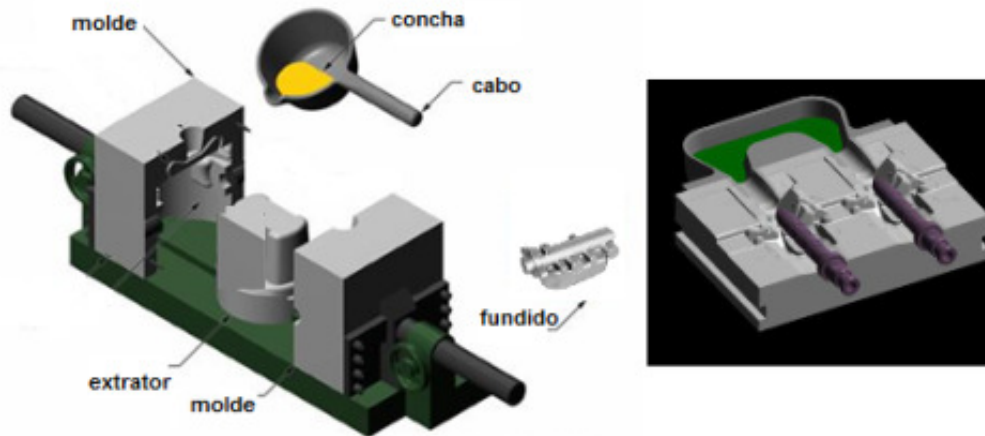


Figura 6. Máquina de coquilhar e molde usada no processo de fundição por gravidade.

Em seguida ao processo de preenchimento, é acionado o sistema de refrigeração do ferramental, com a função de promover um resfriamento direcionado à peça durante a solidificação do metal líquido. Após alguns minutos o molde é aberto e a peça sólida, mais ainda em alta temperatura, é retirada para dar sequência ao processo. O processo apresenta um ciclo típico de produção de cerca de 4 a 5 minutos (o que é considerado elevado quando comparado ao processo de fundição por alta pressão), limitando a produtividade do processo e impactando no custo final do produto. Após o resfriamento da peça, inicia-se o processo de limpeza com o corte dos canais de enchimento e dos alimentadores (massalotes), seguindo-se a limpeza das rebarbas (rebarbação) da linha de fechamento das peças que envolve todo o contorno da peça. As peças são inspecionadas visualmente, antes de seguirem para o processo de Tratamento Térmico “T6”, (KAUFMAN; ROOY, 2004) . O tratamento térmico é constituído essencialmente de duas etapas: tratamento de solubilização e tratamento de precipitação (envelhecimento artificial), os parâmetros utilizados no tratamento térmico são: temperatura de $525 \pm 10^\circ\text{C}$, tempo de $3\text{h} \pm 15'$ (solubilização), transferidos imediatamente para um tanque d'água com temperatura ambiente (25°C) por 30 minutos (têmpera), na sequência as peças são aquecidas à temperatura de $170 \pm 10^\circ\text{C}$, tempo de $4\text{ a }6\text{h} \pm 15'$ (precipitação ou envelhecimento artificial), com posterior resfriamento ao ar livre. Após tratamento térmico, 100% das peças seguem para um processo de controle por fluoroscopia e finalmente são controladas dimensionalmente. As peças aprovadas são liberadas para expedição da fábrica, onde são acondicionadas em caixas tipo KTL e transportadas para os clientes. A figura 7 mostra o fluxo do processo da produção dos cilindros mestres. A escolha do processo de fundição por gravidade para a fabricação das

carcaças do cilindro mestre ocorre essencialmente devido as necessidades de correlação entre propriedades mecânicas como a elasticidade, resistência total e dureza do material conseguidas em um só produto. Porém trata-se de um processo de baixa produtividade quando comparado ao processo de fundição por alta pressão.

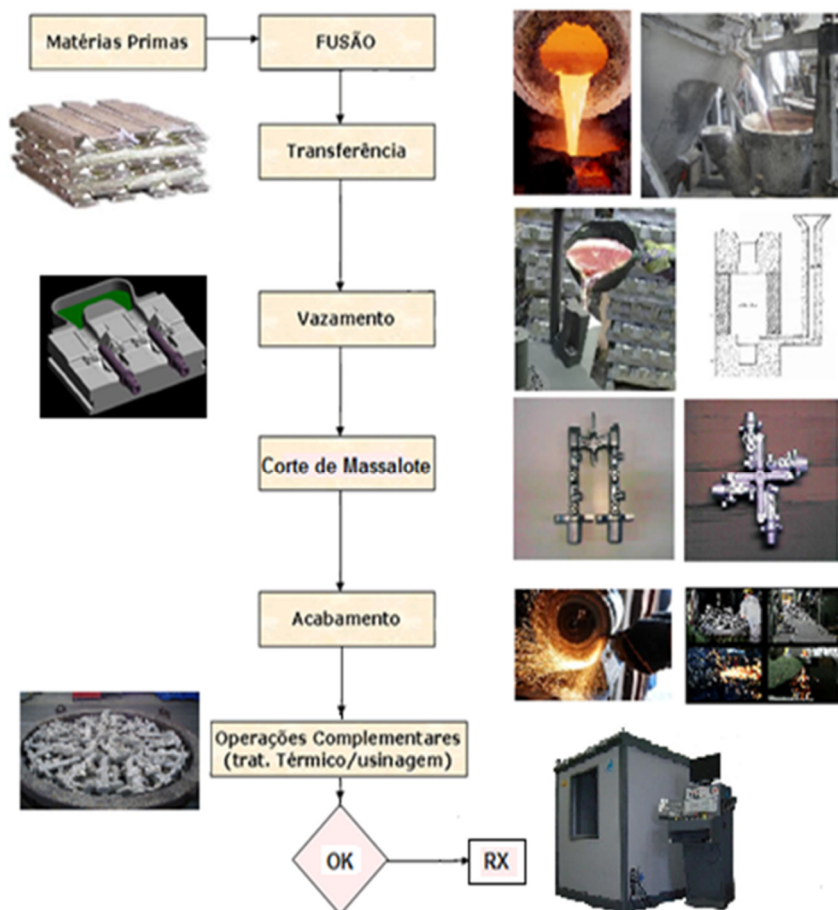


Figura 7. Fluxo do processo de Fundição para carcaças do cilindro mestre.

2.4. PROCESSO DE FUNDIÇÃO POR ALTA PRESSÃO

Ao apresentarmos o conceito do processo de fundição por alta pressão, conhecido comercialmente como “high-pressure die casting” (HPDC), seria uma ótima alternativa para o processo de fundição por gravidade, com diferenças significativas para a produtividade das peças. Porém, com causas técnicas que limitam sua utilização para produção de peças estruturais e de segurança, que são tratadas mais a diante.

As etapas iniciais de controle das matérias primas, fusão dos lingotes, tratamento do metal líquido e transferência para fornos de espera são semelhantes ao já descrito no

processo de fundição por gravidade. A partir daí no processo HPDC o metal líquido é vazado no tubo de alimentação de uma máquina injetora, de onde é empurrado com alta velocidade e pressão através de um pistão para um molde metálico, conforme demonstrado na figura 09, logo após injeção o molde é resfriado com água ou com óleo. O equipamento é uma máquina injetora complexa e equipada com sensores capaz de controlar a velocidade de avanço do cilindro injetor bem como a pressão de trabalho, conforme a necessidade da peça e etapas da operação (SOARES, 2000; ZHU et al., 2004; CALVO, 2014). As etapas da operação são :

- Vazar o metal líquido na câmara de alimentação da máquina (Figura 8a).
- Um cilindro hidráulico é responsável por alimentar suavemente o material até fechar totalmente a boca de entrada da câmara de alimentação do canal da ferramenta - primeira fase da injeção (Figura 8b).
- Após fechamento da entrada de alimentação, o cilindro é disparado com elevada velocidade para proporcionar o preenchimento das cavidades do molde no menor tempo possível - segunda fase da injeção (Figura 8c).
- É aplicada uma pressão de recalque no material a fim de diminuir o tamanho das bolhas de ar preso acumuladas durante a segunda fase de injeção e para alimentar as contrações do metal líquido - terceira fase de injeção (Figura 8d).

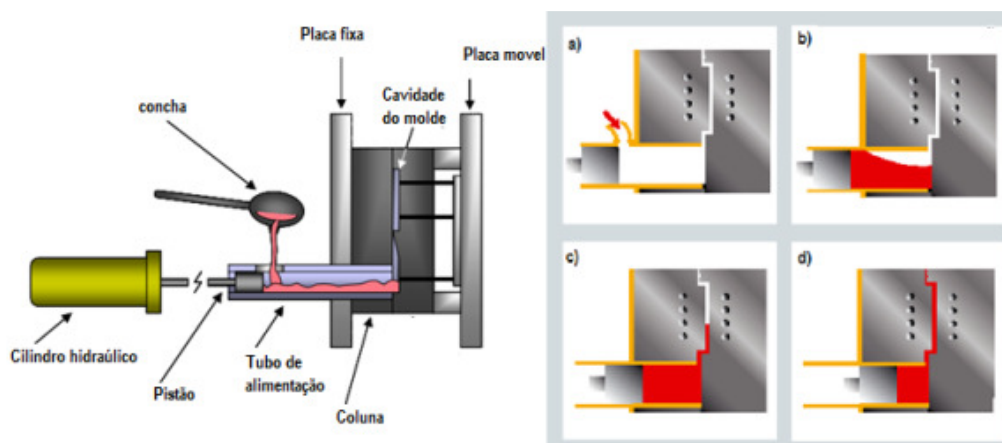


Figura 8. Processo de Fundição Sob Pressão e as fases do processo; a) vazamento do metal líquido; b) fechamento da câmara de injeção; c) preenchimento do molde com metal líquido; d) recalque do material.

Quando a fase de injeção é finalizada, a ferramenta é resfriada e a solidificação da peça se completa. Segue-se então a abertura da ferramenta para a extração da peça ejetada

mecanicamente por meio de pinos extratores. O processo é rápido, com um ciclo total de cerca de menos que 1 minuto, o que traz benefícios de produtividade, baixo custo de produção, excelente acabamento, alta precisão dimensional e proporciona elevada resistência mecânica à peça fundida. Já as limitações são baixa sanidade interna, baixa elasticidade e limitações dependendo do formato da peça a ser fundida. Contudo, a fundição Sob Pressão traz vantagens quando comparado a outros processos de fundição, tanto econômicas como técnicas. (WANG et al., 2015; CONGER, 2016; NEFF, 2017).

2.5. CONTROLE DE QUALIDADE EM PEÇAS FUNDIDAS

As peças fundidas uma vez produzidas passam por um rigoroso controle de Qualidade [02], a fim de verificar o atingimento das propriedades exigidas na norma e desenho, esse controle consiste dos seguintes ensaios:

- Análise química da composição do material, através do equipamento de Espectrômetro de emissão óptica (Figura 9a).
- Análise de defeitos, porosidades e vazios internos, através do equipamento de Fluoroscopia – “RX” (Figura 9b).
- Análise da estrutura cristalina do material, através do equipamento de Ensaios Metalográficos, Microscopia (Figura 9c).
- Ensaios de Resistência à tração, limite de escoamento e alongamento, através do equipamento Máquina Universal para tração (Figura 9d).
- A dureza do material, através do equipamento Durometro (Figura 9e).

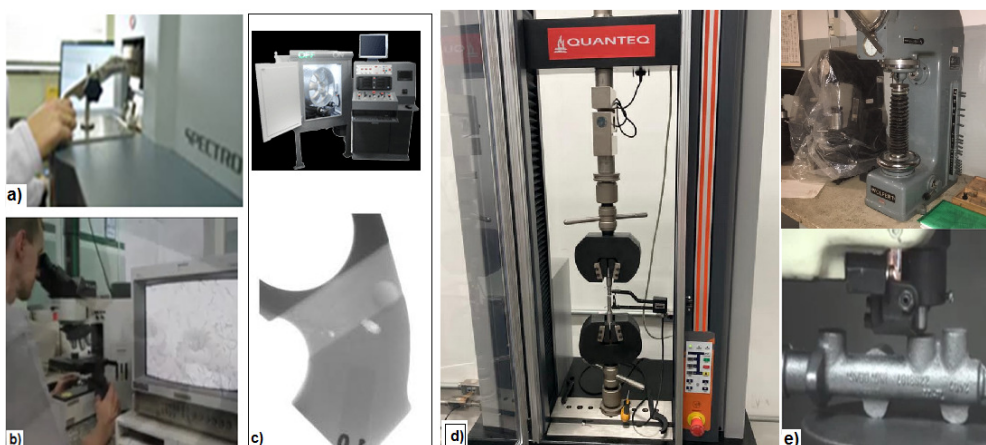


Figura 9. Equipamentos para controle da carcaça do Cilindro Mestre durante o processo de fabricação. a) Espectrometria; b) Microscopia; c) Fluoroscopia d) Tração; e) Dureza.

2.6. FERRAMENTAS DE FUNDIÇÃO

A ferramenta usado na fundição por alta pressão tem um custo de cerca de 20% do custo total da produção de suas peças, por isso a vida da ferramenta exige muita preocupação dentro do processo de fundição por alta pressão. Assim, quanto maior o número de peças a ser produzida com o mesmo ferramental, mais econômico se torna o processo (ZHU et al., 2004). Um bom número para vida útil do ferramental é em torno de 100.000 ciclos, esse é o referencial usado no mercado hoje (BARANEK, 2014). Apesar do elevado custo do ferramental no processo de HPDC, seu baixo tempo de fabricação e elevada produtividade acabam por reduzir o custo final de produção em 48,4% em média em relação ao processo de fundição por gravidade. Além disto, as peças produzidas por fundição por alta pressão apresentam vantagens na continuidade do processo, como nas operações de usinagem, onde restara muito pouco ou nenhum material a ser retirado, dependendo do grau de acabamento exigido para cada produto. A questão a ser respondida então é: Por que não se usa o material especificado pela engenharia, baixo teor de Fe ($< 0,2\%$), para produção dos cilindros mestres no processo HPDC? A problemática nesse material esta na quantidade do elemento de ferro (Fe) contido na liga. Devido a sua dualidade de função, para os processos HPDC o Fe na liga de Al é considerado baixo quando ($Fe < 1\%$), por que diminui muito a vida útil da ferramenta de fundição, porem, para a produção de peças de segurança o Fe é considerado alto ($Fe > 0,2\%$), por que afeta diretamente a elasticidade do material. Porem, nos dois casos prejudiciais aos requisitos técnicos ou econômicos, a seguir a explicação técnica da dualidade.

2.7. CONSEQUÊNCIAS DO TEOR DE Fe BAIXO NA LIGA DE Al

A consequência do baixo teor de Fe nas ligas de Al usadas nos processos HPDC é devido a forte ligação atômica entre os átomos do alumínio da peça nos átomos de ferro da superfície da ferramenta que acaba por fundir na parede da ferramenta o que é conhecido como solda ou adesão. Um melhor entendimento de como acontece essa ligação metálica foi desenvolvido pelo estudo da termodinâmica (JOSHIA et al., 2001; ZHUA et al., 2002; ZHU et al., 2004; JOSHIA et al., 2004; TENTARDINI et al., 2008; DOMKINA et al., 2009). A figura 10 mostra a reação do alumínio líquido com o ferro da superfície da ferramenta, causando uma formação intermetálica e a dissolução da superfície do aço dentro do alumínio, à peça

injetada ao ser extraída da ferramenta trazer consigo o material soldado da face da ferramenta.

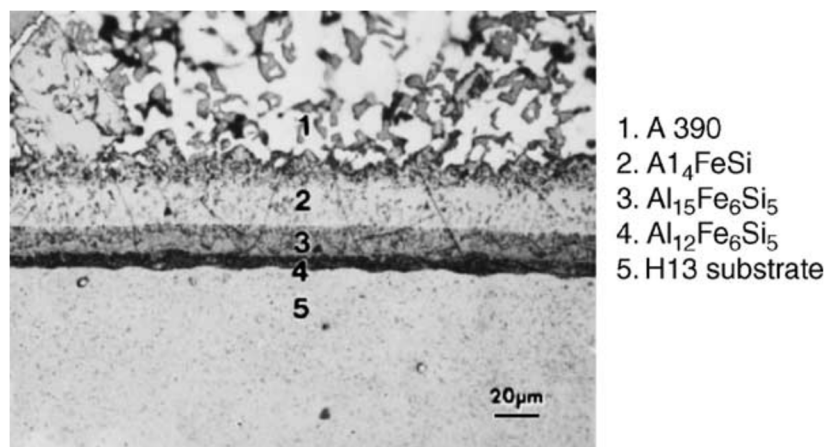


Figura 10. Foto das fases intermetálicas na solda.

A figura 11 mostra um molde com fissuras ou trincas que diminui significativamente a vida útil da ferramenta.

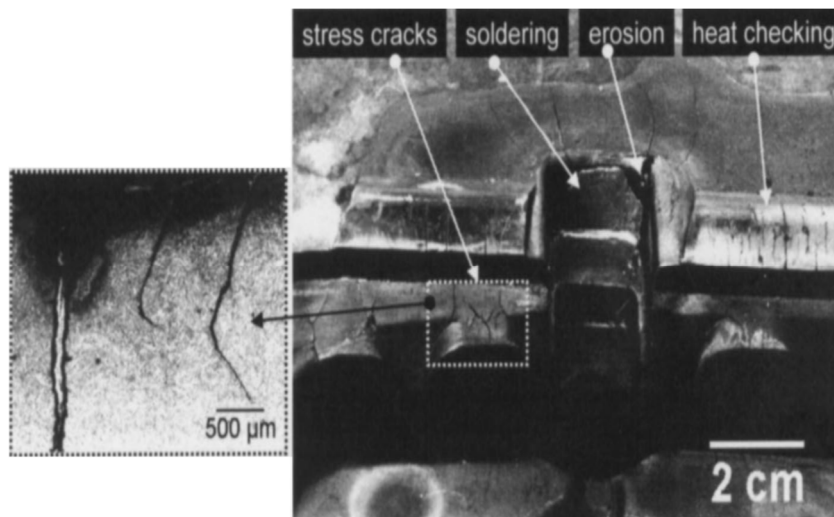


Figura 11. Fissuras, solda, erosão, oxidação e corrosão na superfície da ferramenta.

Como a ferramenta é um dos fatores mais relevante no custo da peça, vários estudos tem sido feitos no sentido de minimizar essa ocorrência. Sendo o mais utilizado usar ligas de Al com alto teor de Fe. Porém, esse é um fator que reduz a elasticidade do material, prejudicando muito as propriedades mecânicas do produto.

2.8. CONSEQUÊNCIAS DO TEOR DE Fe ALTO NA LIGA DE Al

Por outro lado, a presença de Fe, mesmo em pequenas quantidades, degrada as propriedades mecânicas das ligas de alumínio, como resistência à tração, à fadiga, tenacidade à fratura e especialmente a elasticidade do material. A figura 12 mostra a formação da fase intermetálica β -Al₅FeSi (β -Fe), com uma morfologia em forma de placa ou agulha grosseira, que se tornam pontos rígidos na estrutura macia do material e acabam por iniciarem pequenas fissuras quando submetidos a esforços externos. Por isso, o uso do Al reciclado, que é contaminado com o Fe nas usinas de reciclagem durante seu processo de produção, não é recomendado para aplicações onde se exige maior resistência e elasticidade em um mesmo produto (MAHTA et al., 2007; TAYLOR, 2012; MALAVAZI, 2013).

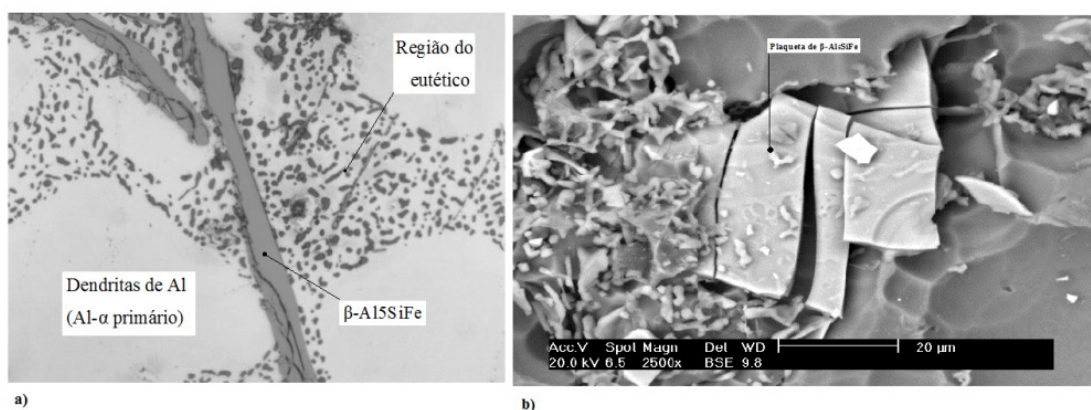


Figura 12. Microestrutura de uma liga de Al-7%Si -0,2% de Fe modificada com Sr evidenciando a fase intermetálica β -Al₅SiFe. (Aumento de 1000x). b) Plaqueta de fase β -Al₅SiFe observada em MEV em uma amostra com 1,0% de Fe e 7,0% de Si.

Para minimizar os efeitos dos precipitados intermetálicos oriundos do Fe nas ligas de Al, foram sugeridos alguns mecanismos de modificações, como o de se adicionar elementos químicos na liga, sendo o Mn o mais usado atualmente (TAYLOR, 2012). Porém, com esse mecanismo pode surgir um novo problema, devido à formação de lodo, que acabam por deteriorar as propriedades mecânicas do material (EBHOTA; JEN, 2018). Outra abordagem para combater o nível de impureza de ferro no Al é a de diluir o alumínio reciclado no alumínio primário, porém isso acaba por encarecer o material. Basak et al. (2016), propuseram a teoria da fragmentação como o principal mecanismo para o refinamento da fase β , com base em provas experimentais. Onde a mudança morfológica da fase β pode ser possível por tratamento térmico adequado. Contudo, recomendado apenas em liga fundida de Al-Si

reciclável com baixo teor de Si e alto teor de Fe, que não é o caso para as peças fundidas por processo de fundição por gravidade, pelo fato do Si ser um elemento essencial para a fluidez do material no molde. Basak et al. (2016), propuseram também a abordagem da segregação gravitacional, mas isto não é um processo economicamente produtivo.

Com isso, há uma necessidade real da busca por uma alternativa viável para lidar com o elevado teor de ferro nas ligas de alumínio recicladas. Neste sentido, este trabalho estudou o uso simultâneo de duas técnicas como mecanismo de fortalecimento da resistência do material, que são:

- O fenômeno do refinamento do grão pela nucleação heterogênea e
- O endurecimento por precipitação.

2.9. REFINAMENTO DO GRÃO

A nucleação de uma partícula pode ser dada de maneira homogênea ou heterogênea, havendo a formação de núcleos que podem formar um embrião e eventualmente ser capazes de crescer, dependendo da temperatura ou variação da energia livre do sistema (SHEWMON, 1969; PORTER et al., 1981; REED-HILL, 1982). Um entendimento da nucleação homogênea irá nos ajudar a compreender melhor a nucleação heterogênea. Na nucleação homogênea não existe interface no sistema e ocorre quando há agrupamento dos átomos de soluto na matriz de forma que o raio do embrião de partícula exceda determinado valor de raio, conhecido como raio crítico (r^*), para a formação do núcleo estável, dada certa flutuação de temperatura. Surgindo núcleos sólidos a partir do líquido. O embrião se torna um núcleo estável a partir do processo de nucleação o qual é ativado energeticamente quando a partícula ultrapassa o raio crítico que representa o pico de energia livre (ΔG). Para nucleação heterogênea é necessário que haja uma interface (partículas de elementos, impurezas e etc.), que diminui a variação da energia livre para formação de um embrião. Portanto a nucleação será considerada heterogênea quando ela tem lugar na superfície do molde ou das partículas presentes no sistema. A teoria foi desenvolvida por (TURNBULL; FISHER, 1948). Com isso, entre os elementos disponíveis na tabela periódica o Nb foi escolhido como inoculador do grão. Bolzoni et al. (2015 e 2016), relataram que os compostos a base de nióbio são altamente eficazes no refino dos grãos dendríticos α -Al das ligas fundidas de Al-Si com teor de silício maior que 6% em peso de Si, demonstrando através do mecanismo subjacente da nucleação heterogênea os aglomerados de substratos de AlB_2

e Al_3Nb encontrados no núcleo dos grãos α -Al, iniciando vários pontos de nucleação ao mesmo tempo, limitando o tamanho das dendritas do grão α -Al (NOWAK et al., 2014; XU et al., 2019; XU et al., 2020; XU et al. 2021). Esse fenômeno, além de causar o refinamento do grão, também cria um mecanismo que acaba por modificar a morfologia dos precipitados intermetálicos (KAUFMAN, 2004; WARMUZEK, 2004). Teoricamente, os valores de resistência ao escoamento são correlacionados ao tamanho do grão α -Al. Conforme a equação de Hall-Petch, quanto menor o tamanho médio do grão, maior a densidade de limites de grãos e com isso maior obstrução no movimento das discordâncias. Será então necessário uma carga maior para estimular o movimento das discordância aumentando, por conseguinte, a resistência ao escoamento (SHEWMON, 1969; SHAKELFORD, 2008).

2.10. ENDURECIMENTO POR PRECIPITAÇÃO

O endurecimento por precipitação é uma técnica usada em ligas fundidas de Al-Si, geralmente com um teor de Fe dentro dos limites recomendados (ex.: liga ASTM A357), para fortalecimento das propriedades mecânicas do material. O processo consiste em adicionar um elemento de liga (Mg ou Cu) no material, com posterior tratamento térmico de solubilização e precipitação (T6). Neste tratamento térmico o material é aquecido dentro da região monofásica por um tempo suficiente para solubilização dos átomos de soluto, seguido de uma refrigeração rápida para obter uma solução sólida supersaturada, posteriormente, a liga é reaquecida a uma temperatura abaixo da região monofásica para permitir a precipitação de partículas finamente dispersas, a partir da solução sólida supersaturada. A formação de uma dispersão de precipitados finos dificulta o movimento das discordâncias (APELIAN, 2009; MCQUEEN et al., 2011; VERRAN et al., 2015).

3. MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi dividido em duas etapas. Os materiais utilizados foram: Al primário (fornecido pela HYDRO), Si (Fornecido pela LIASA), Fe (fornecido pela MEXTRAMETAL) e liga máster $Al_4Nb_{0,05}B$ (fornecido pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração - CBMM).

3.1. FUNDIÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a primeira etapa foram fundidas amostras das ligas Al (7, 9, 12)% em peso de Si e 1% em peso de Fe, simulando as ligas vindas da reciclagem do Al. com o objetivo de analisar a morfologia dos precipitados de β -Fe, antes e após a adição do inoculante Nb+B. A tabela 1 mostra o conteúdo de Nb+B adicionado a cada uma das ligas estudadas.

Tabela 1. Faixa de conteúdo de Nb+B adicionada às ligas Al-Si-Fe.

Combinação	I	II	III	IV	V	VI	VIII
Nb (wt.%)	0	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
B (wt.%)	0	0.0025	0,00625	0,0125	0,025	0,0625	0,125

As ligas foram fundidas em um forno resistivo aberto com cadinho de cerâmica basculante com capacidade de fusão de 3 kg Al. O Al primário, foi aquecido e estabilizado a 800 ° C (a temperatura foi controlada por um pirômetro de imersão). Em seguida, os elementos de liga Si e Fe, foram adicionados ao metal fundido. Após a adição de cada elemento, uma retenção de 1 hora foi aplicada para garantir a dissolução completa. Em seguida, o banho foi homogeneizado por agitação mecânica (manual) por 30 s. A figura 13 mostra a desgaseificação do metal líquido pela adição de comprimidos de hexafluoreto de alumínio (fornecido pela ALFA TREND) ao banho na proporção de 0,1% em peso, seguida pela remoção manual de escória.



Figura 13. Tratamento do material com pastilha. (a) Pastilha de Hexafluoreto de alumínio. (b) Mergulhada com um sino no banho. (c) Agitação do banho. (d) Remoção das escórias.

Após as ligas bases com Al-Si-Fe, serem preparadas, quantidades progressivas de Nb foi adicionado ao banho, na forma da liga mestre Al-4Nb-0,5B. Para cada teor de Nb adicionado, a homogeneização foi obtida por 30 s de agitação manual e uma nova estabilização a 720 °C, seguida de uma segunda homogeneização e coleta de amostra.

Sete amostras foram obtidas de cada lote. A figura 14 mostra a extração das amostras realizada de acordo com o padrão de teste TP1-2012 (Aluminium Association).

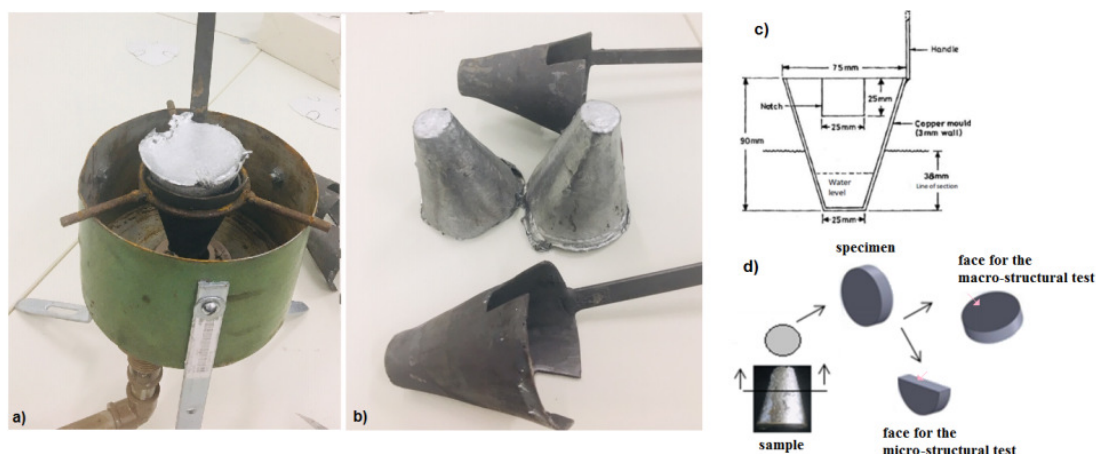


Figura 14. Teste TP1-2012. a) Conjunto montado para resfriamento. b) Painel do molde e amostras. c) Dimensões do molde. d) Corte da amostra.

Estes foram cortados na seção transversal a 38 mm acima da base do lingote, a fim de evitar transições microestruturais de efeitos colaterais devido à transferência de calor heterogênea (perto da base do lingote, o calor é transferido não apenas no sentido radial, mas também no sentido longitudinal). A taxa de resfriamento nesta posição corresponde a 3,5 °C/s com base em experimentos. Para a análise do tamanho de grão, as superfícies da seção transversal das amostras foram preparadas com lixas de 2400 mesh, sem polimento, conforme figura 15, na sequência as amostras foram atacadas por 15 segundos, com solução ácida de Poulton (60% HCL a 37%; 30% HNO₃ a 65%; 5% HF a 50% e 5% de H₂O), em seguida lavadas em água por 20 segundos. Foram clareadas com (67% HNO₃ a 65%; 5% HF a 50% e 13% de H₂O) e tempo de 15 segundos. Para a análise dos constituintes microestruturais as superfícies da seção transversal após preparadas com lixas de 2400 mesh, foram polidas com suspensão de alumina de 1 μm e depois atacadas quimicamente com o reagente Keller (95,0 ml de água destilada, 2,5 ml de HNO₃, 1,5 ml de HCl e 1,0 ml de HF).



Figura 15. Embutimento, lixamento e polimento.

As macroestruturas e microestruturas foram examinadas em um microscópio óptico com luz polarizada, placa com filtro e contraste diferencial de interferência (DIC), para revelar grãos primários de α -Al com a finalidade de revelar limites de grãos. A medida do tamanho médio do grão (G) foi conduzida através de método do intercepto linear segundo a norma ASTM E112-10, 1996. O precipitado intermetálico β -Fe foi analisado por Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura Tescan da Oxford Instruments, para obter os espectros espaciais Al, Si e Fe.

3.2. FUNDIÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

Na segunda etapa do desenvolvimento foram produzidos quatro tipos de corpos de provas (CDPs), a partir da liga Al10Si1Fe: sem e com a adição do inoculante NbB, para permitir a avaliação da influência do refinamento do grão na morfologia dos precipitados β -Fe; e, sem e com a adição do elemento Mg, para possibilitar a avaliação do potencial de envelhecimento por precipitação da liga com a introdução deste elemento.

A tabela 2 apresenta a composição química de cada lote produzido na segunda etapa.

Tabela 2. Composição química dos CDP's.

Batch	Elements (Wt. %)					
	Al	Si	Fe	Nb	B	Mg
1º	balance	10	1	0	0	0
2º	balance	10	1	0,05	0,00625	0
3º	balance	10	1	0,05	0,00625	0,35
4º	balance	10	1	0	0	0,35

Os CDPs foram produzidos na Fundição (Sunny em Itaquaquecetuba). A fusão do metal foi em um forno elétrico de cadinho, com capacidade para 60 kg de material. Após a adição de cada elemento, a temperatura foi estabilizada a $850 \pm 10^\circ\text{C}$, uma retenção de 1 hora foi aplicada para garantir a dissolução completa. A desgaseificação foi então realizada pela adição de pastilhas de hexafluoroetano (fornecido pela ALFA TREND). A cada coleta de amostra a homogeneização foi alcançada por 30 s de agitação manual e uma nova estabilização na temperatura a $720 \pm 10^\circ\text{C}$, seguida por uma segunda homogeneização a mesma temperatura, com 30 s de agitação e coleta de amostras. A tabela 3 apresenta a verificação da liga base através de espectrometria por absorção atômica.

Tabela 3. Relatório de espectrometria (analisado pela LATASA).

No Amostra: AMOSTRA 02 Cod Identifica:		Liga: Operator: EW										
Nr.	Si %	Fe %	Mg %	Cu %	Mn %	Cr %	Ni %	Zn %	Ti %	Be %	Bi %	Ca %
1	10.1334	1.0464	0.3625	0.0176	<0.0010	<0.0001	0.0279	0.0199	0.0156	<0.00005	0.0009	0.0005
2	10.6270	1.0833	0.3910	0.0204	<0.0010	<0.0001	0.0329	0.0227	0.0151	<0.00005	0.0012	0.0005
Nr.	Cd %	Ce %	Co %	Ga %	In %	Li %	Na %	P %	Pb %	Sb %	Sn %	Sr %
1	<0.0001	<0.0015	<0.0005	0.0095	<0.0003	0.000323	<0.0001	0.00206	0.0022	0.0037	0.0015	<0.0003
2	<0.0001	<0.0015	<0.0005	0.0099	<0.0003	0.000322	<0.0001	0.00132	0.0031	0.0059	0.0024	<0.0003
Nr.	V %	Zr %	Al %	Bg %	Fe %	Fe/Mn %	Mn/Fe %	Cu+Co %	Al+Mg %	Fe/Si %	Ca+Na+Sr %	
1	0.0114	0.0053	89.1	89.1	0.282	10.46	0.009	0.019	89.4	0.024	0.0005	
2	0.0111	0.0055	88.6	88.6	0.324	10.63	0.006	0.026	90.1	0.027	0.0005	

Método: Al-20-M
Comentário: Ligas de Al/Si Original 125F .J08
Média (n=2) Elementos: Concentrações

A figura 16 mostra o vazamento, através do processo de fundição por gravidade, usando um molde metálico de aço 1020, fabricado conforme norma ASTM B108 (fornecidas pela Alpha Trend). A construção do molde seguiu o padrão internacional possibilitando assim a comparações com outros estudos e resultados de pesquisas. O molde foi construído em duas metades e com duas cavidades, produzindo dois CDPs por vazamento. O sistema de alimentação do molde foi feito com um canal central de enchimento que distribui o metal em dois canais laterais auxiliares de alimentação, fazendo com que o metal líquido alimente o produto de baixo para cima e por meio de dois canais de entrada em cada peça, esse sistema minimiza a turbulência do material durante o enchimento da peça. Antes do vazamento do metal líquido o molde foi pintado com tinta de Grafite à base de água e aquecido com maçarico à temperatura de 250°C .



Figura 16. Vazamento dos CDP's. a) Transporte manual com concha. b) Molde fechado aguardando o resfriamento do material. c) Molde aberto com os CPD's. d) CPD sem canais e massalotes.

O tratamento térmico (T6) foi realizado em um forno tipo Mufla, marca OTTO WOLPERT – WERKE, localizado no laboratório de metalurgia do ITA. Os parâmetros do tratamento térmico utilizados foram: temperatura de $535 \pm 5^\circ\text{C}$, tempo de $4\text{h} \pm 15'$ (solubilização), transferidos imediatamente para um tanque d'água com temperatura ambiente (25°C) por 15 minutos (têmpera). Na sequência, os CDPs foram aquecidos à temperatura de $175 \pm 5^\circ\text{C}$, tempo de $7\text{h} \pm 15'$ (precipitação ou envelhecimento artificial), com posterior resfriamento ao ar livre.

O ensaio de tração foi em na máquina universal Quanteq, modelo Emic Trd28. Equipada com software TestScript304 para métodos de ensaio, localizada no laboratório de metalurgia do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Itaquaquecetuba. Nos ensaios foram obtidos dados de tensão de escoamento, tensão máxima e deformação específica do material. Foram ensaiados cinco CDPs para cada lote de material conforme tabela II, sem e com T6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. O REFINAMENTO DO GRÃO E MORFOLOGIA DOS PRECIPITADOS β -Fe

As análises microestruturais e macroestruturais do material revelaram o tamanho dos grãos α -Al. A figura 17 mostra um exemplo do refinamento do grão na estrutura da liga Al9Si1Fe, com adição crescente de Nb+B.

A medida do tamanho médio do grão (G) foi conduzida através de método do intercepto reto, mediante a contagem do numero de grãos que interceptam uma linha de tamanho conhecido.

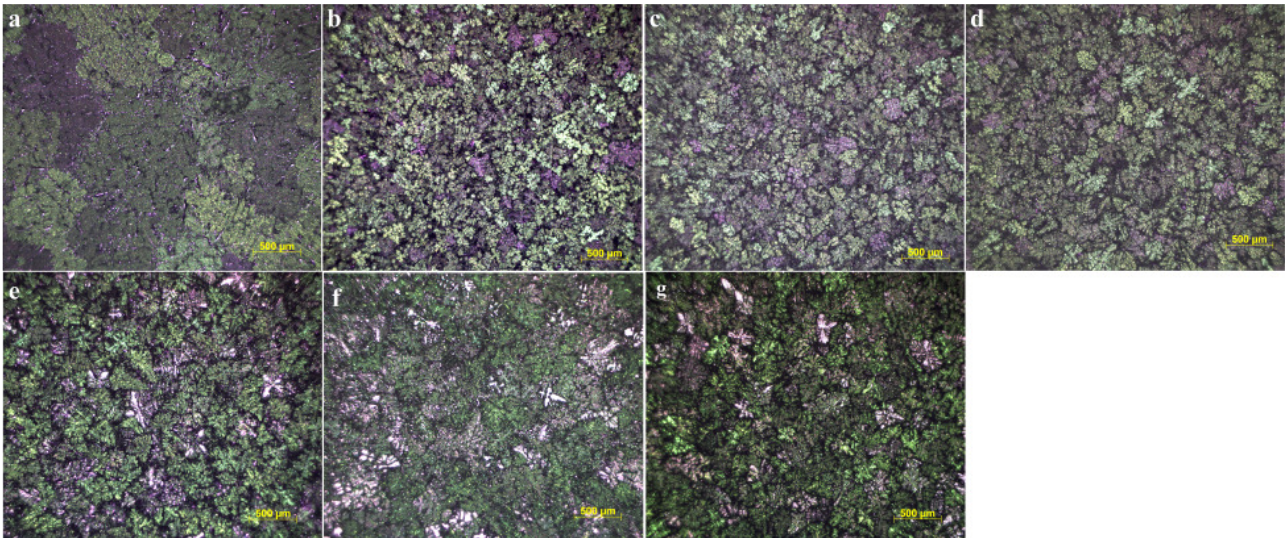


Figura 17. Liga $\text{Al}_9\text{Si}_1\text{Fe}^x\text{NbB}$, onde: a) $x = 0\%$. b) $x = 0,02\%$. c) $x = 0,05\%$. d) $x = 0,1\%$. e) $x = 0,2\%$. f) $x = 0,5\%$. g) $x = 1\%$.

Os grãos foram numerados em ordem crescente da esquerda para direita. A figura 18 mostra as linhas traçadas e a contagem da quantidade grão que intercepta cada linha (mostrado no final de mesma).

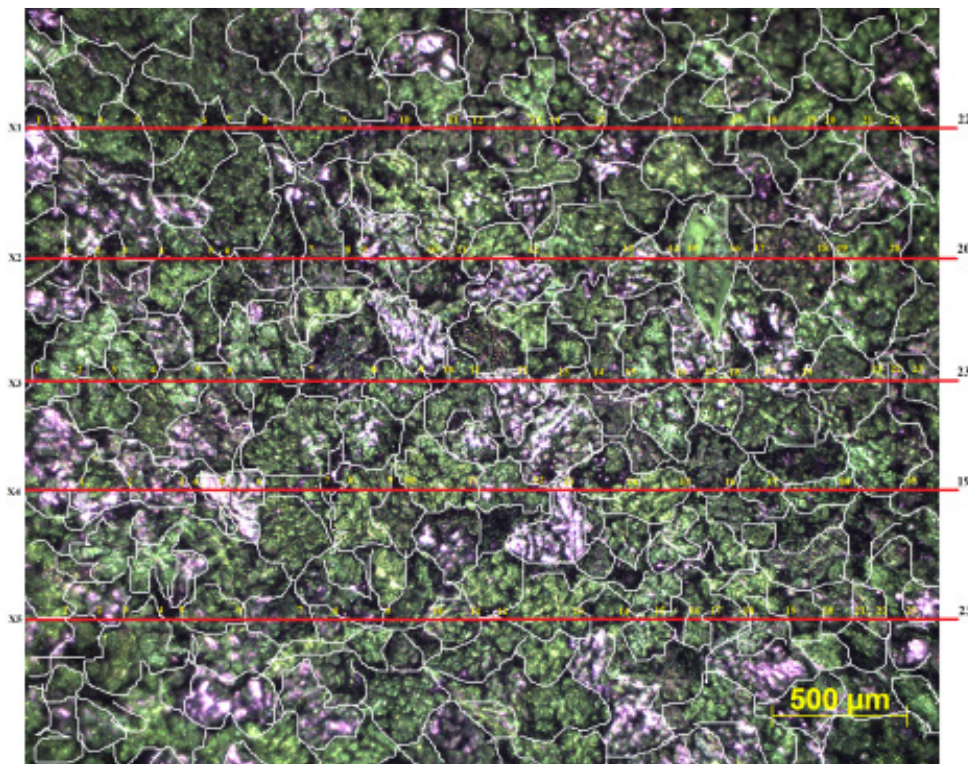


Figura 18. Exemplo de contagem dos interceptos para determinação do tamanho do Grão na liga $\text{Al}_7\text{Si}_1\text{NbB}$.

Os valores do tamanho médio do grão obtidos pelo método manual normatizado aplicado foram calculados e os dados estatísticos apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Valores estáticos calculados para o tamanho médio do grão.

Parâmetros estáticos calculados para o tamanho médio do grão Metodologia ASTM E112						
LIGA	% Nb	%B	N. de campos avaliados	Média amostral (µm)	Desvio padrão	Limite de confiança 95% (+/-)
Al7Si1Fe	0	0	80	1221	157,3	0,39
	0,02	0,0025	20	268	18,4	0,26
	0,05	0,00625	20	104	2,5	0,04
	0,1	0,0125	20	170	11,5	0,16
	0,2	0,025	20	160	8,6	0,12
	0,5	0,0625	30	218	25,3	0,29
Al9Si1Fe	0	0	80	787	68,4	0,34
	0,02	0,0025	20	151	10,0	0,14
	0,05	0,00625	20	120	6,4	0,09
	0,1	0,0125	20	167	17,3	0,24
	0,2	0,025	20	227	12,2	0,17
	0,5	0,0625	60	357	35,2	0,35
Al12Si1Fe	0	0	80	897	112,3	0,39
	0,02	0,0025	20	286	10,5	0,15
	0,05	0,00625	20	222	5,8	0,08
	0,1	0,0125	20	232	19,5	0,27
	0,2	0,025	40	345	26,2	0,26
	0,5	0,0625	60	254	43,7	0,31
	1	0,125	60	321	19,5	0,32

A figura 19 mostra o valor médio de cada amostra, comparando entre as ligas de Al-Si produzidas para cada variação do elemento Nb+B.

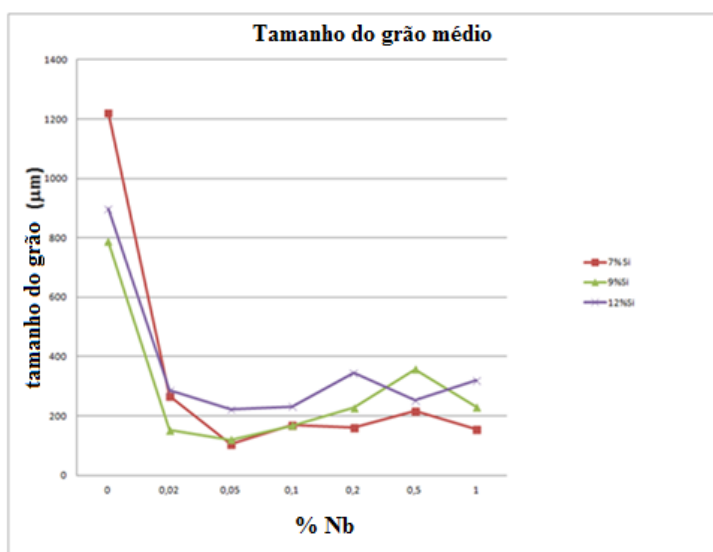


Figura 19. Tamanho médio do Grão em função da % Nb em peso.

De um modo geral a redução do tamanho médio do grão foi de 438% quando comparado com as ligas base, sem adição do inoculante (de 968 μm para 221 μm). A melhor redução do tamanho médio do grão foi com a adição de 0,05% de Nb em peso, na liga com 7% de Si, chegando a um grão médio de 104 μm . No gráfico da figura 42 pode ser visto que o ponto de mínimo no tamanho de grão corresponde ao percentual de 0,05 % Nb (0,00625 %B). Essa transformação foi devido ao mecanismo subjacente da nucleação heterogênea dos aglomerados de substratos de AlB_2 e Al_3Nb no núcleo dos grãos $\alpha\text{-Al}$. A inoculação por meio de Nb+B, além de refinar significativamente o tamanho dos grãos $\alpha\text{-Al}$, também obteve uma distribuição muito mais fina e homogênea da fase eutética na liga fundida de Al-Si e precipitados intermetálicos. Para destacar esse fenômeno, a figura 20 mostra por imagens SEM dos espectros de $\beta\text{-Fe}$ destacados pela cor cinza claro, sendo nas amostras sem adição do inoculante de forma alongada, figura 20 (a, b) e com adição do inoculante Nb+B de tamanho reduzido e forma esferoidizadas, figura 20 (c, d).

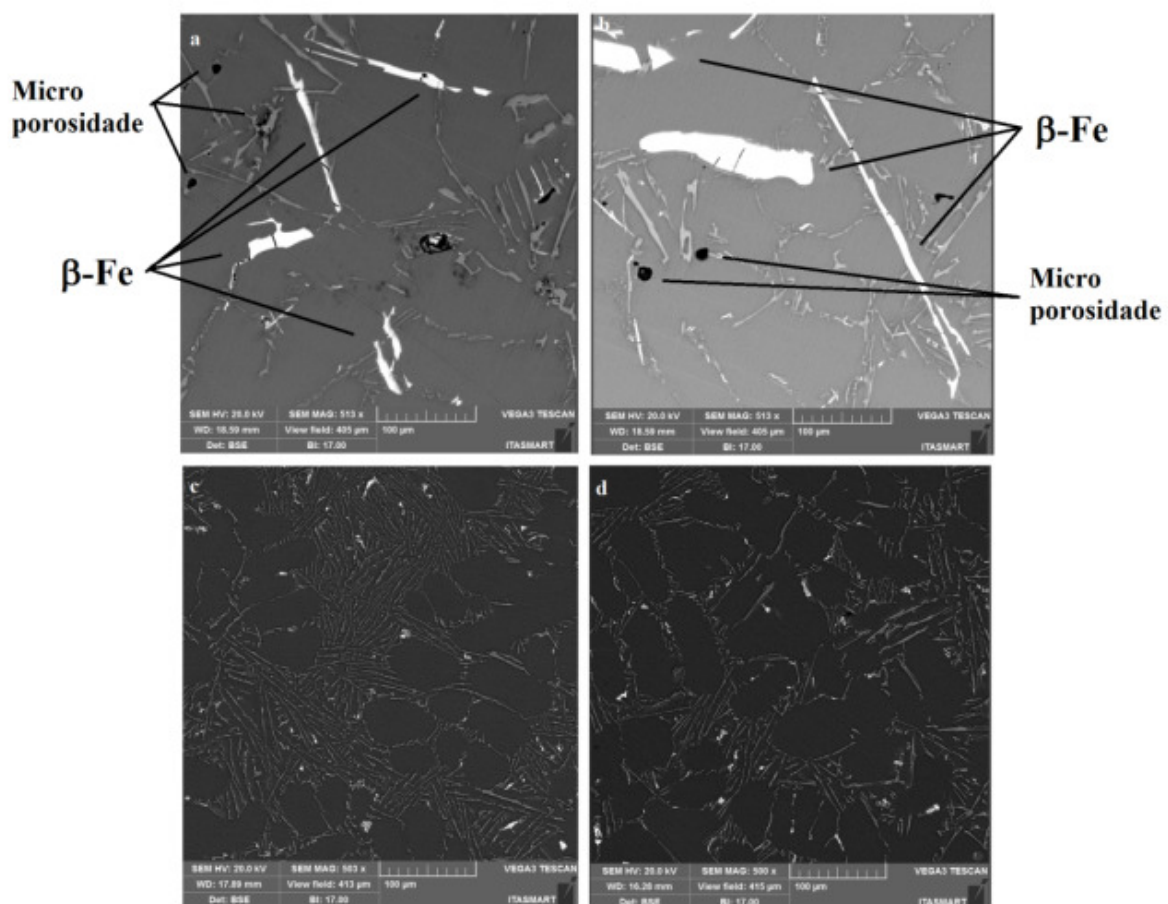


Figura 20. Imagem mostrando a morfologia dos espectros -Fe (cinza claro) antes da adição de Nb+B (a, b) e depois da adição de Nb+B (c, d).

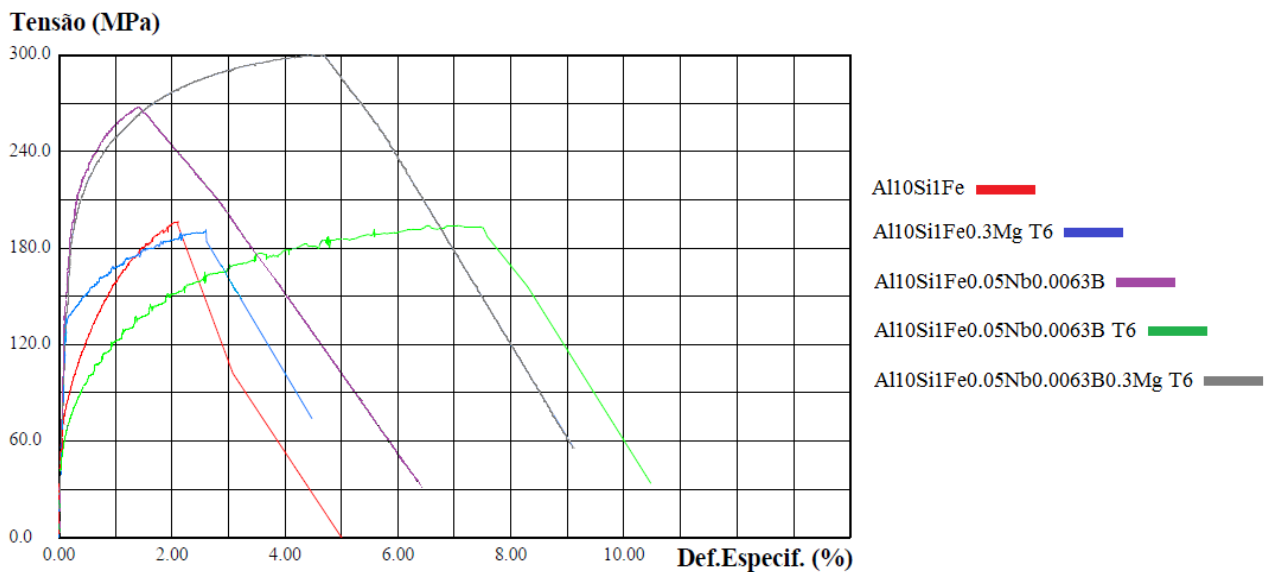


Figura 21. A resistência à tração em função do alongamento para os lotes fundidos. Material base (curva vermelha); Com adição do elemento Mg e T6 (curva azul); Com adição de Nb+B (curva lilás); Com adição de Nb+B e T6 (curva verde); Com adição de Nb+B, o elemento Mg e T6 (curva cinza).

Os resultados dos testes de tração permitem identificar os efeitos da introdução do inoculante Nb+B e do elemento Mg com o posterior tratamento de envelhecimento (T6). A tabela 6 sintetiza as alterações ocorridas nas propriedades mecânicas de tração, devido às modificações químicas na liga Al10Si1Fe. É interessante observar que apenas a introdução do elemento Mg e a aplicação do tratamento de envelhecimento por precipitação (T6) aumentam o limite de escoamento, mas não é eficiente para elevar o limite de resistência ou a ductilidade da liga. A introdução apenas do Nb+B como inoculante aumenta significativamente o limite de escoamento, eleva o limite de resistência, mas há uma perda de 14% no alongamento. Ao aplicar nesta liga, que recebeu apenas o inoculante Nb+B, o tratamento de envelhecimento aumenta significativamente o alongamento (357%), porém com perda no limite de escoamento. A melhor combinação das propriedades foi observada quando, além do inoculante Nb+B, foi incorporado à liga o elemento Mg e realizado o tratamento de envelhecimento (T6), neste caso, houve aumento no limite de escoamento (217,5%) no limite de resistência (53%) e na ductilidade, medida pelo alongamento (90%).

Tabela 6. Alteração nas propriedades mecânicas de tração devido às alterações químicas (inoculante Nb+B ou Mg) e o tratamento de envelhecimento T6.

Lotes	Alteração na composição química e tratamento térmico			Variações produzidas nas Propriedades de Tração		
	0,05%Nb + 0,0063%B	0,3% Mg	Envelhecimento (T6)	Limite de Escoamento	Limite de Resistência	Alongamento
Material base (MB)	-	-	-	Referência (95,5 MPa)	Referência (196,6 MPa)	Refer. (2,1%)
MB + NbB	Sim	-	-	+ 224%	+ 36%	- 14%
MB + NbB + T6	Sim	-	Sim	- 18,9%	- 1%	+ 357%
MB + Mg + T6	-	Sim	Sim	+ 50%	- 2,6 %	- 14%
MB + NbB + Mg + T6	Sim	Sim	Sim	217,5%	+ 53%	+ 90%

Os expressivos resultados de ganho nos limites de escoamento e de resistência do material e no alongamento, sem perda da ductibilidade e as respostas obtidas nos ensaios anteriores, permitem afirmar que: O refinamento promovido pela a adição do inoculante Nb+B não alterou o mecanismo de endurecimento por precipitação do Mg_2Al_3 . Da mesma forma, a reconstituição do tamanho do grão α -Al promovida durante a solubilização do material, não alterou a morfologia dos precipitados β -Fe reduzidos e esferoidizados, mostrados nas figuras 03 (c, d) e 04 (com adição do Nb+B). Com isso, as ações benéficas das duas técnicas usadas para o fortalecimento das propriedades mecânicas do material se somaram, proporcionando resistência e ductilidade ao material, conforme mostrado na figura 21 (curva cinza), propriedades estas buscadas nas aplicações de engenharia.

A comparação dos valores de resistência e alongamento entre a liga estudada e a liga A357 (liga comercial usada em aplicações de engenharia, com baixo teor de Fe, inferior a 0,2% em peso), esta mostrada na tabela 7.

Tabela 7 – Comparação entre a liga estudada e a liga A 357 (liga comercial).

MATERIAL	STRENGTH (MPa)		Elongation (%)
	ultimate	yield	
Al10Si1Fe0.3Mg - with NbB e T6	300.35	207.71	4.66
Alloy A 357 *	285	215	3.0

* Standard Specification for Aluminum-Alloy, ASTM B108 /B108M – Table 1 (no location designated) e Table 3

A comparação da liga estudada Al10Si1Fe0,35Mg com inoculador via Nb+B apresentou resultados ligeiramente melhores que a liga comercial A357, que possui baixo teor de Fe e também é tratada termicamente.

5. CONCLUSÃO

A adição do inoculante Nb+B é uma poderosa ferramenta para o refinamento do grão primário α -Al nas ligas de Al com (7, 9 e 12) % em peso de Si.

O refinamento do grão primário α -Al provocou alteração significativa na morfologia e no tamanho dos precipitados de β -Fe, tornando-os reduzidos e esferoidizados.

O desenvolvimento da liga Al-Si com Fe-crítico (1%) com adição do inoculante via liga máster Al4Nb0.05B, mostrou-se eficiente para eliminar os efeitos deterioradores dos precipitados β -Fe. Que somado a precipitação Mg_2Si , reforçou a estrutura do material adquirindo excelentes propriedades mecânicas, a ponto de se comparar com as ligas comerciais usadas em aplicações que exigem alto desempenho.

6. REFERÊNCIAS

PORTER, D. A.; EASTERLING, K. E. **Phase transformations metals and alloys**, New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1981.

APELIAN, D. **Aluminum Cast Alloys: Enabling Tools for Improved Performance**. USA: North American Die Casting Association, 2009.

BARANEK, S. **The Realities of Aluminum Tooling**, 2008. Disponível em: < <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/the-realities-of-aluminum-tooling> >. Acesso em 25/05/2021.

BASAK, C. B.; BABU, N. H. Morphological changes and segregation of β -Al₉Fe₂Si₂ phase: A perspective from better recyclability of cast Al-Si alloys. **ELSEVIER Materials and Design**, v. 108, p. 277-288, 2016.

BOLZONI, L.; NOWAK, M.; HARI BABU, N. Grain refinement of Al-Si alloys by Nb-B inoculation. Part II: Application to commercial alloys. **ELSEVIER Materials and Design**, v. 66, p. 376-383, 2015.

BOLZONIA, L.; BABU, N. H. Engineering the heterogeneous nuclei in Al-Si alloys for solidification control. Applied. **ELSEVIER Materials Today**, v. 5, p. 255-259, 2016.

- BONOLLO, F. et al; Gravity and low pressure die casting of aluminium alloys: a technical and economical benchmark. **La Metallurgia Italiana**, v. 6, p. 23-32, 2005.
- CALVO, A. F. Manufacturing of structural parts by HPDC Technology. **7º World Foundry Congress**. Bilbao, 2014.
- CONCER, D. **Estudo do comportamento da porosidade via simulação numérica para produtos injetados em alumínio sob pressão**. (Tese) Engenharia de Produção - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- COSTA, E. A. **Gestão estratégica: da empresa que temos para a empresa que queremos**. 2ª ed. São José dos Campos: Editora Saraiva, 2007.
- DOMKINA, K.; HATTEL J. H.; THORBORG, J;. Modeling of high temperature- and diffusion-controlled die soldering in aluminum high pressure die casting. **ELSEVIER, Journal of Materials Processing Technology**, v. 209, p. 4051–4061, 2009.
- EBHOTA W. S.; JEN T-C. **Intermetallic Formation and Their Effect on Mechanical Properties of Al-Si-X Alloys**. In ALIOFKHAZRAEI, M. Intermetallic Compounds: Formation and Applications, London: IntechOpen Limited, 2018.
- FILLETI, A. Tratamento de Metal Líquido. **Palestra ABAL – Associação Brasileira do Alumínio**. São Paulo, 2015.
- GREEN, J. A. S. Aluminum Recycling and Processing for Energy Conservation and Sustainability. **ASM International Materials Park**, Ohio 44073-0002; US, 2007.
- JOSHIA, V.; SRIVASTAVA, A.; SHIVPURI, R. Intermetallic formation and its relation to interface mass loss and tribology in die casting dies. **ELSEVIER, SIENCE DIRECT**, v. 256, p. 1232–1235, 2004.
- JOSHIA, V. et al. Dissolution and soldering behavior of nitrided hot working steel with multilayer LAFAD PVD coatings. **ELSEVIER, Surface and Coatings Technology**, v. 146 – 147, p. 338–343, 2001.
- JURAN, J. M. **Juran’s Quality Handbook**. São Paulo: Mackron Books, 1992.
- KAUFMAN, J. G.; ROOY, E. L. **Aluminum Alloy Castings, Properties, Processes, and Applications**. USA: ASM International, 2004.
- MAHTA, M.; EMAMY, M. CAO, X.; CAMPBELL, J. **Overview of β -Al₅FeSi Phase in Al-Si Alloys; Materials Science Research Trends**. In: OLIVANTE, L. V. Materials Science Research Trends. Canada: Nova Science Publishers, Inc, 2007.
- MALAVAZI, J. **Caracterização microestrutural dos compostos intermetálicos e seu efeito no comportamento mecânico nas ligas de Al-9%Si com adições de Fe e Mn**. (Dissertação) Área de Tecnologia Nuclear – Materiais, IPEN, São Paulo, 2013.
- MCQUEEN, J. H.; SPIGARELLI, S.; KASSNER, M. E.; EVANGELISTA E. **Hot Deformation and Processing of Aluminum Alloys**. USA – NW: CRC Press, 2011.
- NARDUCI, C. J. **Estruturação e Implantação do Sistema de Qualidade em uma Fundição**. (Dissertação) Mestrado em Qualidade - UNICAMP, Campinas, 1999.
- NEFF, D. **Aluminum Casting Technology**. 3º ed. USA: American Foundrymens Society inc. ASM, 2017.

- NOWAK, M.; BOLZONI, L.; BABU, N. H.; Grain refinement of Al-Si alloys by Nb-B inoculation. Part I. **ELSEVIER Materials & Design**, v. 66, p. 366-375, 2014.
- REED-HILL, R. E. **Princípios de Metalurgia Física**; 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1982.
- SHAKELFORD, J. F. **Introdução a ciências dos materiais para engenheiros**. 6ª ed., USA: Pearson, 2008.
- SHEWMON, P.G.; **Transformations in metals**, New York: McGrawHill, 1969.
- SOARES, G. A. **Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia**. Parana: SCRIBD–UEM, 2000.
- TAYLOR, J. A. Iron-containing intermetallic phases in Al-Si based casting Alloys. **ELSEVIER, Procedia Materials Science**, v. 1, p. 19-33, 2012.
- TENTARDINI, E. K.; et al. Soldering mechanisms in materials and coatings for aluminum die casting. **ELSEVIER, Surface & Coatings Technology**, v. 202, p. 3764–3771, 2008.
- TURNBULL D.; FISHER J. C. Rate of Nucleation in Condensed Systems. **Journal of Chemical Physic**, v. 17, p. 71-73, 1949.
- VERRAN, E. H.; BATISTA, G. M. Análise dos efeitos dos tratamentos térmicos de solubilização e envelhecimento artificial sobre a microestrutura da liga de alumínio; **Journal SciELO Analytics**, v. 20, n. 4, p. 936-945, 2015.
- WANG, L.; TURNLEY, P.; SAVAGE, G. Gas content in high pressure die castings. **ELSERVIE, Journal of Materials Processing Technology**, v. 211, p. 1510-1515, 2015.
- WARMUZEK, M. **Aluminum-Silicon Casting Alloys** - Atlas of Microfractographs. USA: ASM International, 2004.
- XU, J.; LI, R.; LI, Q. Effect of Agglomeration on Nucleation Potency of Inoculant Particles in the Al-Nb-B Master Alloy: Modeling and Experiments[J]. **Journal Metallurgical and Materials Transactions A**, v. 52, p. 1077–1094, 2021.
- XU, J.; LI, Y.; HU, B.; et al. Development of Al–Nb–B master alloy with high Nb/B ratio for grain refinement of hypoeutectic Al–Si cast alloys[J]. **Journal of Materials Science**, v. 54, n. 23, p. 14561-14576, 2019.
- XU, J.; LI, Y.; MA, K.; et al. In-situ observation of grain refinement dynamics of hypoeutectic Al-Si alloy inoculated by Al-Ti-Nb-B alloy[J]. **Journal Scripta Materialia**, v. 187, p. 142-147, 2020.
- ZHU, Y.; SCHWAM, D.; WALLACE, J. F.; BIRCEANU, B. Evaluation of soldering, washout and thermal fatigue resistance of advanced metal materials for aluminum die-casting dies. **ELSERVIE, Materials Science and Engineering A**, v. 379, p. 420–431, 2004.
- ZHUA, H.; GUOB, J.; JIAB, J. Experimental study and theoretical analysis on die soldering in aluminum die casting. **ELSEVIER, Journal of Materials Processing Technology**, v. 123, p. 229–235, 2002.

ECOTOXICIDADE DE METAIS PESADOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS: INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

Vinícius Valle Vianna Pinto¹, Sarah Dario Alves Daflon², Alyne Moraes Costa² e
Juacyara Carbonelli Campos²

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Departamento de Físico-Química –Laboratório de Fótons e Elétrons (LIFE);
2. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Departamento de Processos Inorgânicos. Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes (LABTARE), Rio de Janeiro, RJ. Brasil.

RESUMO

Os efluentes industriais são uma das principais fontes de poluição do ecossistema aquático e em muitos destes efluentes, os principais agentes tóxicos presentes são os metais pesados. A legislação ambiental, nacional e internacional, estabelece limites máximos da concentração de metais para o descarte de efluentes e para a manutenção da vida nos corpos hídricos. No entanto, a ecotoxicidade dos metais é muito influenciada pelos aspectos físico-químicos do meio no qual encontram-se inseridos. O presente capítulo analisa como estes parâmetros físico-químicos afetam a ecotoxicidade dos metais pesados dos efluentes industriais. Para tanto, é apresentado um levantamento de ensaios ecotoxicológicos de águas contendo alguns desses metais para organismos de diferentes níveis tróficos como forma de verificar a ação deles nos organismos-teste. Em seguida, é analisado como os parâmetros físico-químicos pH, dureza, alcalinidade, salinidade e matéria orgânica dissolvida afetavam a ecotoxicidade destes metais em solução aquosa. Os parâmetros físico-químicos afetam a ecotoxicidade dos metais de forma bastante variada, dependendo da espécie do metal, do organismo e de efeitos sinérgicos ou antagônicos. Esta influência deve ser levada em consideração, pois a ecotoxicidade de um efluente contendo metais pesados pode ser subestimada, gerando impacto ambiental não previsto, ou mesmo superestimada, gerando custo para as indústrias.

Palavras-chave: Ecotoxicidade, Efluentes e Metais.

ABSTRACT

Industrial wastewaters are one of the main sources of pollution of the aquatic ecosystem, and in many of these effluents, the main toxic agents present are heavy metals. The environmental legislation, national and international, establishes maximum limits of the concentration of metals for the effluent discharge and the maintenance of life in water bodies. However, metal ecotoxicity is greatly influenced by the physical-chemical aspects of the

environment in which they are inserted. This chapter analyzes how these physical-chemical parameters affect the ecotoxicity of heavy metals from industrial effluents. To this do so, a survey of ecotoxicological tests of waters containing some of these metals for organisms of different trophic levels is presented as a way to verify their action in test organisms. Then it was analyzed how the physical-chemical parameters such as pH, hardness, alkalinity, salinity, and dissolved organic matter affected the ecotoxicity of these metals in an aqueous solution. The physical-chemical parameters affect the ecotoxicity of metals in a varied way, depending on the metal species, organism and synergistic or antagonistic effects. This influence should be taken into account because the ecotoxicity of an effluent containing heavy metals can be underestimated, generating unforeseen or even overestimated environmental impact, generating costs to industries

Keywords: Ecotoxicity, Wastewaters and Metals.

1. INTRODUÇÃO

A presença de alguns metais, em determinadas quantidades, é importante para a maioria dos organismos. Alguns participam de processos biológicos de oxirredução, como cobre e ferro, enquanto outros são úteis por serem bons ácidos de Lewis, como o zinco. No entanto, estas mesmas características podem torná-los tóxicos quando em excesso. Seu potencial redox pode gerar radicais hidroxilas nas células enquanto fortes ligações com grupamentos contendo enxofre, nitrogênio e oxigênio em moléculas biológicas podem causar inativação das mesmas e danos ao metabolismo (CLEMENS, 2006).

Segundo Schubauer-Beringan et al. (1993b), a toxicidade dos metais é, em geral, resultante da combinação de fatores como sua solubilidade, biodisponibilidade e ação tóxica em nível celular. Esses mesmos autores ainda destacam que, dentre estes três fatores, a biodisponibilidade é o mais variável, afetada por diferentes aspectos da água em questão e que uma maneira de determinar a biodisponibilidade de metais em amostras aquosas é a determinação de sua especiação, baseando-se na teoria de que apenas íons livres de metais são biodisponíveis. Esta estratégia pode gerar equações determinadas empiricamente que correlacionam fatores físico-químicos, como dureza e alcalinidade, com a toxicidade dos metais (SCHUBAUER-BERINGAN et al., 1993b).

A interface entre a biologia e a química dos metais é uma das mais importantes e desafiadoras áreas de estudo da ciência ambiental atualmente. Nos últimos anos, as pesquisas e o entendimento da ecotoxicidade de metais levaram a três conclusões muito importantes Wang (2013):

- A especiação dos metais pode afetar significativamente sua toxicidade e modelos físico-químicos que descrevem esta interação vem sendo desenvolvidos, desde alguns mais simples de contribuição majoritariamente teórica, até alguns atuais mais robustos que apresentam grande potencial prático;
- Os metais podem interagir com diferentes sítios nos organismos, sendo metabolizados de diferentes maneiras. Esta interação complexa entre metal e organismo torna difícil ligar diretamente a concentração do metal nos tecidos e sua efetiva toxicidade, além de prejudicar a generalização dos mecanismos de ação dos metais para organismos distintos;
- Critérios de qualidade das águas atuais podem não ser suficientes para proteger muitos organismos do ecossistema aquático, por não levarem em consideração estes aspectos na determinação da toxicidade dos metais.

Apesar dos metais pesados ocorrerem naturalmente, em pequenas concentrações, no ambiente aquático de uma forma geral, a maior parte do problema ecotoxicológico gerado por eles é decorrente de atividades humanas como a mineração, siderurgia e diversos outros setores industriais, com destaque para a indústria de eletrônicos, processamento de metais em refinarias, queima de combustíveis em termoelétricas, produção de plástico e a indústria de papel e celulose (TCHOUNWOU et al., 2012).

A literatura mostra que o entendimento da toxicidade dos metais influenciada por fatores físico-químicos e as diferentes interações que podem ser observadas, por exemplo, em efluentes industriais, é um tópico que vem recebendo bastante atenção. Os resultados destes estudos podem ser importantes para a evolução do controle da qualidade das águas, do descarte de efluentes e para a elaboração de leis ambientais que sejam mais protetivas ao ecossistema aquático.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRINCIPAIS FATORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE INFLUENCIAM NA ECOTOXICIDADE DE METAIS

Conhecer as diferentes formas físico-químicas que os metais assumem é um ponto crucial para entender e prever o impacto que eventualmente poderão causar ao ecossistema.

Quando em solução, incluindo nas águas naturais e efluentes, os metais podem se apresentar totalmente dissolvidos (lábeis), complexados ou associados a fases coloidais e adsorvidos em partículas (HYNE et al., 2005).

Assume-se que apenas estão biodisponíveis os metais em suas espécies lábeis, isto é, apenas estas espécies contribuem para a toxicidade do metal, pois só elas serão absorvidas pelos seres vivos. As outras espécies são não-biodisponíveis, formadas pela complexação do metal com ligantes orgânicos ou inorgânicos (DI TORO et al., 2001).

A ecotoxicidade (daqui por diante também chamada de “toxicidade”) dos metais, portanto, não depende diretamente da concentração total do metal em solução. A complexação de metais e possíveis interações e competições entre os íons metálicos e outros íons presentes tanto em solução quanto no sítio específico onde o metal é absorvido gerando a toxicidade também devem ser consideradas (HEIJERICK et al., 2003).

Uma série de fatores do meio é capaz de alterar estes aspectos e, conseqüentemente, a toxicidade dos metais, incluindo: pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, salinidade, agentes quelantes, presença e tipo de matéria orgânica dissolvida (WANG, 1987; HYNE et al., 2005; COOPER et al., 2014).

No presente capítulo serão abordados os principais fatores físico-químicos que afetam a toxicidade de metais, elucidando os prováveis mecanismos pelos quais esta influência atua e seus aspectos quantitativos.

2.1.1. pH

A toxicidade de metais em sistemas aquosos depende não só da sua especiação, como também da sua absorção na membrana celular do organismo sujeito a ela. O pH da solução é uma variável importante tanto para a especiação do metal quanto para a absorção na membrana (SCHUBAUER-BERINGAN et al., 1993a). No, entanto os efeitos do pH na toxicidade de metais pesados podem ser bastante variados e complexos (ERICKSON et al., 1996).

Para o cobre, por exemplo, o modelo BLM (Modelo do Ligante Biótico) prevê que um aumento do pH provocará uma diminuição na toxicidade do metal (DI TORO et al., 2001). Isto pode ser explicado por um aumento na quantidade de íons livres do metal em pH mais baixo (CAMPBELL; STOKES, 1985). Em pH igual a 5,7 e à temperatura ambiente, é previsto que 98% do cobre total dissolvido esteja na sua forma livre (Cu^{+2}) com apenas uma pequena contribuição (1,6%) da forma $\text{Cu}(\text{OH})_2$, que é não-lábil (FRANKLIN et al., 2000). Já em pH

elevado, há um aumento da formação de complexos inorgânicos (como hidróxidos) e uma redução na concentração dos íons livres do metal e em sua biodisponibilidade, devido à menor solubilidade destas espécies (WANG et al., 2016).

Schubauer-Beringan et al. (1993a) concluíram que o cobre apresentava maior toxicidade em valores de pH baixo do que elevado para os organismos *Ceriodaphnia dubia*, *Hyalella azteca*, *Pimephales promelas* e *Lumbriculus variegatus*. Ensaios de toxicidade conduzidos com *C. dubia* e estudos de bioacumulação com algas, invertebrados e peixes também indicaram um aumento da biodisponibilidade do cobre em valores mais baixos de pH. Esta tendência de diminuição da toxicidade do cobre com um aumento do pH sugere que estes organismos são mais sensíveis ao íon livre de cobre (Cu^{+2}), estando de acordo com o modelo de ligante biótico (BLM) (HYNE et al., 2005).

Contudo, há alguns resultados contraditórios na literatura para a toxicidade do cobre em relação ao pH. Erickson et al. (1996) encontraram um declínio nos valores de CL50 (concentração letal para 50% dos organismos testados) para o íon de cobre em pH maior que 7 em relação ao peixe *Pimephales promelas*. Nasu et al. (1983) demonstraram que tanto Cd quanto Cu causaram maior efeito deletério para a alga *Lemna paucicostata* em pH 5,1 do que em pH 4,1.

Les; Walker (1984) descobriram que a capacidade de ligação dos metais Cu, Cd e Zn na alga *Chroococcus parisi* aumentava quando o pH passava de 4 para 7, indicando maior toxicidade desses metais com o aumento do pH (WANG, 1987). Cusimano et al. (1986) mostraram que a toxicidade do cobre para o peixe *Oncorhynchus mykiss* em pH 7,0 era maior que em pH 4,7 (com CL50;96h igual a $2,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $66 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente).

Diversas explicações foram propostas para estes resultados opostos. Erickson et al. (1996) apontaram que valores mais baixos de CL50 em pH alto para o íon de cobre são consistentes com alguma toxicidade ser exercida por complexos de cobre que a princípio eram considerados não-biodisponíveis, como sugerido por Borgmann (1983). Andrew et al. (1977) já haviam proposto que alguns hidróxidos (como CuOH^+ e $\text{Cu}(\text{OH})_2$) e alguns carbonatos (como CuCO_3 e $\text{Cu}(\text{CO}_3)_2^{-2}$) poderiam contribuir para a toxicidade do cobre em pH elevado. Condizentemente, Bui et al. (2016) encontraram melhores correlações ao considerar a biodisponibilidade de hidróxidos e carbonatos de cobre para os crustáceos *Daphnia humholtzi* e *Ceriodaphnia cornuta* e para o peixe *Dano rerio*. Cusimano et al. (1986) também propuseram que estes efeitos podiam ser causados por mecanismos fisiológicos. Em pH ácido, a secreção de muco pelo organismo pode mudar o ambiente em volta do

ligante biológico, na superfície das células das brânquias de peixes, por exemplo, levando a uma precipitação dos metais e não absorção dos mesmos (PLAYLE; WOOD, 1989).

Outros metais como zinco também se comportam desta maneira, aumentando sua toxicidade com o aumento do pH. Este efeito também pode ser explicado por uma diminuição na competição do Zn^{+2} com íons H^+ no ligante biótico (HYNE et al., 2005). A competição entre o H^+ e o metal pelo ligante biótico também acontece com o cobre e este efeito é contrabalanceado com a complexação crescente do íon livre conforme o pH aumenta (DI TORO et al, 2001). Os íons H^+ e o íon metálico competem pela superfície da célula, diminuindo a probabilidade de ligação do metal com a superfície celular e diminuindo sua permeabilidade, resultando em uma menor toxicidade em pH mais baixo, quando a acidez será maior (PETERSON et al., 1984; NEWMAN; JAGOE, 1996).

A elevada estabilidade dos complexos de cobre, pode ser um motivo para, na maior parte das vezes, o efeito de complexação do aumento do pH superar o efeito da competição com o H^+ .

Bradley; Sprague (1985) já haviam afirmado que, tanto em água mole quanto dura, o zinco se tornava mais tóxico conforme o pH aumentava (de 5,5 para 7,0) e que, nesta faixa de pH, este efeito não podia ser resultado de alterações na especiação do zinco, visto que quase todo o zinco presente estaria na forma de $[Zn(H_2O)_6]^{+2}$, portanto, lábil.

A capacidade de sorção de zinco, cobre e cádmio para a alga *Chroococcus parisi* aumentou quando o pH passou de 4 para 7 (LES; WALKER, 1984). Este efeito pode ser observado para as algas hepáticas aquáticas *Scapania* (WHITTON et al. 1982). Stary et al. (1983) chegaram à conclusão de que, para a alga *Scenedesmus obliquus*, a absorção de zinco e cádmio era uma função linear do pH na faixa de 5 a 9.

Contudo, há também alguns resultados aparentemente contraditórios na literatura com relação ao zinco.

Belanger; Cherry (1990) encontraram uma toxicidade superior do zinco para *C. dubia* em pH igual a 6 do que em pH igual a 9. Heijerick et al. (2003) encontraram resultados semelhantes, com aumento da toxicidade do zinco para *D. magna* em pH 6 em comparação com pH 9, porém com relação à toxicidade crônica do metal. No entanto, Bradley; Sprague (1985) já haviam comentado que, em pH 9, a maior parte do zinco estará precipitada, o que significaria naturalmente uma toxicidade inferior, considerando-se que o precipitado de $Zn(OH)_2$ não é tóxico.

Schubauer-Beringan et al. (1993a) realizaram ensaios em água muito dura (300 mg.L^{-1} de $CaCO_3$) em três valores de pH distintos (6,3; 7,3 e 8,3) e determinou sua influência na

toxicidade de diversos metais para quatro organismos diferentes (*C. dubia*, *H. azteca*, *P. promelas* e *L. variegatus*). Os autores concluíram que, quando observada variação da toxicidade pelo pH, cobre e chumbo aparentavam ser mais tóxicos em pH baixo, enquanto zinco, níquel e cádmio se comportavam de forma oposta.

Para Wang (1987), as evidências, em geral, indicam que Cd, Cu e Zn aumentam sua toxicidade com o aumento do pH, enquanto Hg, Ni, Mn, Cu e Pb diminuem sua toxicidade com o aumento do pH.

Erickson et al. (1996) sugeriram que, certas vezes, uma função não-linear pode se adequar melhor à influência do pH na toxicidade de um metal para determinada espécie. Wang et al. (2016) propuseram, então, um terceiro modelo, de V invertido, onde existiria um mínimo de toxicidade em um pH ótimo intermediário.

Em um estudo da literatura, considerando 10 espécies de metais e diferentes espécies de organismos, os autores chegaram à conclusão de que 42% dos casos seguem o modelo 1 (diminuição da toxicidade com aumento do pH), 18% dos casos seguem o modelo 2 (aumento da toxicidade com aumento do pH) e 24% dos casos seguem o modelo 3 (com um pH ótimo de menor toxicidade). Além disso, 3,5% não mostraram relação do pH com a toxicidade e 12,5% se encaixaram em outros modelos.

Algumas espécies de metais apresentaram tendência apenas a um dos modelos (como o alumínio), enquanto outros se encaixam em vários modelos dependendo da espécie do organismo. Os três modelos propostos por Wang et al. (2016) podem ser observados na figura 1.

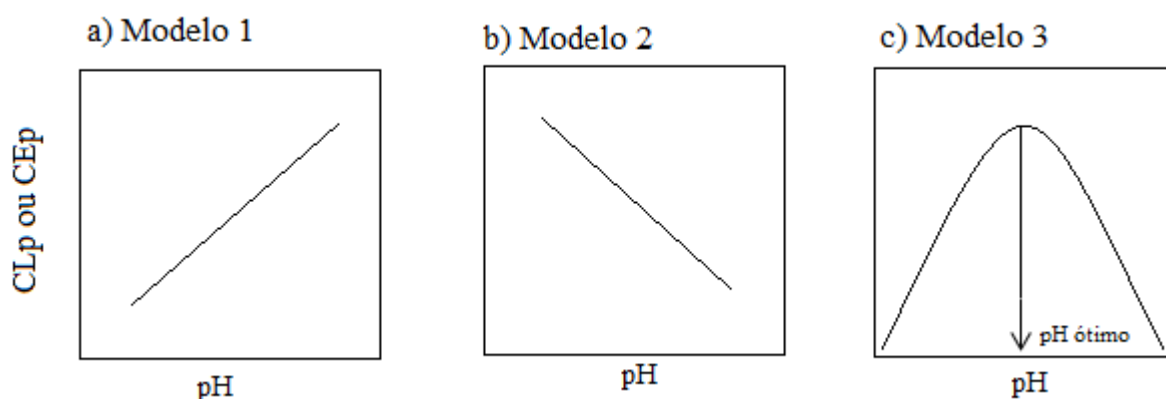


Figura 1. Principais modelos de variação da toxicidade com o pH.

Fonte: Adaptado de Wang et al. (2016)

2.1.2. Salinidade

A biodisponibilidade e, conseqüentemente, a toxicidade de metais em ambientes marinhos pode variar consideravelmente quando comparada com a de águas doces. A espécie predominante do cobre, por exemplo, em água salgada é a do carbonato (CuCO_3), com uma fração menor de complexos hidroxilados (Cu(OH)^- e Cu(OH)_2), que são consideradas normalmente espécies não-biodisponíveis. Além disso, o cobre pode competir com outros cátions na água salgada, diminuindo a acumulação no ligante biótico e sua toxicidade. Assim, um aumento na salinidade pode ter um efeito protetivo contra a toxicidade do cobre (COOPER et al., 2014).

O aumento na salinidade da solução pode resultar em uma diminuição na concentração de íons livres de metais por conta da complexação por cloretos, além de uma diminuição de sua toxicidade por conta da competição com íons Na^+ , Mg^{+2} e Ca^{+2} . Muitos estudos investigaram a ação da salinidade na toxicidade de metais (BARBIERI; DOI, 2011; PARK et al., 2014; DERUYTTER et al, 2015; BLEWETT et al., 2016).

Além disso, o aumento da concentração de cátions na solução pode diminuir o potencial elétrico negativo da superfície da membrana e, conseqüentemente, reduzir a atração eletrostática da membrana por íons metálicos, diminuindo sua toxicidade (KINRAIDE, 2006; WANG et al., 2011).

Martins et al. (2011) mostraram que a toxicidade do cobre ao decápode *Callinectes sapidus* foi maior em água com 2 de salinidade do que com 30. Kwok; Leung (2005) também demonstraram que a toxicidade do cobre foi reduzida significativamente para o copépodo *Tigriopus japonicus* com um aumento de salinidade de 15 para 45. Ardiansyah et al. (2012) registraram CL50 do cádmio igual a 450, 690 e 1020 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o crustáceo *Litopenaeus vannamei* em salinidade 5, 15 e 27, respectivamente, enquanto para o zinco os valores ficaram em 3780, 5520 e 8910 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Park et al. (2014) realizaram estudos sobre a toxicidade do cobre e do zinco em função da salinidade e reportaram que: não só houve uma diminuição da toxicidade de ambas as espécies para *T. japonicus* com aumento da salinidade, como também houve diminuição da concentração de íons livres dos metais, sendo mais acentuado para o zinco. Este resultado reforça a hipótese do mecanismo de precipitação dos metais por cloretos, sulfatos e carbonatos presentes na solução. O cobre pode combinar com íons sulfato para precipitar na forma de CuSO_4 (DU LAING et al., 2008), enquanto o zinco pode formar espécies sólidas carbonatadas (FROST; HALES, 2007).

Barbieri et al. (2011) estudaram a variação da toxicidade do zinco em função da salinidade e da temperatura para *Farfantepenaeus paulensis*, um ecologicamente e economicamente importante crustáceo da costa brasileira. Os valores de CL50 obtidos para 24 h de exposição foram 9390, 8780 e 4460 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para salinidade 36, 20 e 5, respectivamente. Estes resultados corroboram com o restante da literatura, mostrando que a toxicidade do zinco diminui com o aumento da salinidade.

Estudos com o peixe *Cyprinodan variegatus* em três salinidades diferentes (15, 20 e 25) mostraram que, quanto maior a salinidade, menores os efeitos do cádmio para os organismos (NEWMAN; JAGOE, 1996). Sunda et al. (1978) já haviam sugerido que os efeitos protetivos do aumento de salinidade podem ser atribuídos à complexação do cádmio por íons cloreto. Em água salgada, é possível observar uma suavização da acumulação de níquel nas brânquias do peixe *C. variegatus* para concentrações elevadas de níquel na água (BLEWETT et al., 2016). Em água doce este efeito não é observado.

No entanto, para o cobre, há alguns estudos controversos. Nadella et al (2009) realizaram estudos sobre a influência de matéria orgânica dissolvida e da salinidade sobre a toxicidade do cobre para larvas de mexilhão da espécie *Mytillus trossulus* e constataram que não havia efeito significativo da salinidade na toxicidade do cobre. Deruytter et al. (2015) propuseram um modelo baseado no BLM para analisar a toxicidade do cobre em salinidades e concentrações de matéria orgânica variadas mutualmente. No entanto, o resultado encontrado para a salinidade foi oposto ao previsto pelo BLM, mostrando uma diminuição de 60% na CE50 (concentração que causa efeito para 50% dos organismos testados) do Cu^{+2} para a salinidade mais alta quando comparada com a mais baixa. Deruytter et al. (2015) sugeriram que este aumento de toxicidade em salinidades mais altas seja devido a uma mudança fisiológica das larvas (*Mytillus galloprovincialis*) e não referente à competição ou especiação do metal. Resultados semelhantes foram observados para outros organismos como o peixe *Fundulus heteroclitus* e o anelídeo *Hediste diversicolor* (GROSSEL et al., 2007).

O cobre é normalmente mais tóxico em água doce por conta de sua capacidade de competir com outros cátions na interação com os sítios sensíveis do organismo. Organismos que são osmoreguladores absorvem sais em água doce e excretam sais em água salgada para manter seu equilíbrio osmótico, aumentando a absorção de cobre em água doce e, assim, sua toxicidade (COOPER et al., 2014).

2.1.3. Alcalinidade e Dureza

A dureza é a única variável de qualidade da água que era explicitamente levada em consideração na regulação de águas ambientais para metais divalentes, mediante a incorporação de algoritmos em função da dureza nas leis de regulação, nos Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Canadá e outros lugares. Isto porque o aumento da dureza está fortemente relacionado a uma diminuição da toxicidade de muitos metais, incluindo: cobre, cádmio, zinco, níquel e chumbo (GENSEMER et al., 2002; HYNE et al., 2005; MARKICH et al., 2006).

A alcalinidade e o pH da água controlam o equilíbrio entre espécies tóxicas e não-tóxicas, o que leva seus efeitos a serem entendidos de um ponto de vista puramente físico-químicos. No entanto, a dureza (íons Ca^{+2} e Mg^{+2}) não afeta a especiação do metal, mas seus efeitos podem ser entendidos em termos fisiológicos (LAUREN; MCDONALD, 1986). Pagenkopf (1983) sugeriu que íons como o Ca^{+2} podem competir com o metal pelos sítios de absorção no organismo, diminuindo assim a toxicidade do metal. A ocupação dos sítios pelo cálcio resulta em um funcionamento normal da membrana, enquanto a ocupação pelo metal causa uma disfunção da célula, sendo a toxicidade observada quando uma porção crítica de células é ocupada por este (ERICKSON et al., 1996).

É importante separar os efeitos da dureza e da alcalinidade, frequentemente confundidos, pois cada uma dessas variáveis atua em um mecanismo diferente na redução da toxicidade do metal. O efeito de competição do cálcio e do magnésio (semelhante ao de prótons em pH ácido) inibindo a absorção do metal é amplamente aceito para a dureza, enquanto a alcalinidade afeta diretamente a especiação deste em solução via formação de complexos com carbonato, o que diminui a biodisponibilidade do mesmo (HYNE et al., 2005; MARKICH et al., 2006).

A composição relativa dos íons relacionados à dureza (Ca^{+2} e Mg^{+2}) também pode influenciar a toxicidade dos metais à parte da dureza em si. Isto é, a razão Ca:Mg na água pode influenciar na suavização da toxicidade causada pelo aumento da dureza para algumas espécies aquáticas (NADDY et al., 2002). Isto pode ser explicado por conta da força diferente do cálcio e do magnésio para competir com o metal no ligante biótico (GENSEMER et al., 2002).

Esta relação Ca:Mg é importante ser levada em consideração, pois geralmente ensaios de ecotoxicidade conduzidos em laboratório usam águas com quantidades equivalentes de sulfato de cálcio e sulfato de magnésio, levando a uma proporção 1:1 de

Ca:Mg, enquanto águas naturais apresentam proporções que variam de 1.6:1 a 8:1 (NADDY et al., 2002). Contudo, Naddy et al. (2002) mostraram que o efeito que essa proporção tem na toxicidade do cobre varia de fatores como: a espécie do organismo teste, a dureza total da água e, em alguns casos, até mesmo o tempo de exposição.

Para *O. mykiss*, maiores proporções Ca:Mg provocaram uma inibição da toxicidade do cobre, assim como para períodos menores de 24h de exposição *P. promelas*. Já para ensaios crônicos com *P. promelas* (28 dias) a proporção Ca:Mg não teve diferença significativa, assim como para *C. dubia* e *Gammarus sp.* Indo no sentido oposto, ensaios com *Daphnia magna* mostraram que menores proporções Ca:Mg em água dura tiveram maiores valores de CL50, enquanto em durezas menores o efeito foi desprezível.

Gensemer et al. (2002) concluíram que um aumento na concentração de magnésio na solução era relacionado a um aumento na CE50 de *C. dubia*. De Schemphelaere; Janssen (2002) também observaram forte conexão entre o aumento de Ca^{+2} e Mg^{+2} e a CE50 de *D. magna*. Assim, ao menos para estas duas espécies, pode-se pensar que o magnésio é tão ou mais importante que o cálcio na regulação da toxicidade do cobre (GENSEMER et al., 2002).

Van Genderen et al. (2007) observaram que para *C. dubia* e *P. promelas*, aumentando a dureza acima do limite de uso das equações regulatórias (400-1200 mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$), o cálcio teve um efeito protetivo claro, aumentando o CL50 em 1,3 e 2,8 vezes, respectivamente para cada espécie. No entanto, o magnésio apresentou efeito protetivo apenas para *C. dubia*, tendo o CL50 de *P. promelas* permanecido relativamente constante.

Linbo et al. (2009) mostraram que, medindo o efeito tóxico do cobre na linha lateral de *D. rerio*, um aumento da dureza de 45 para 320 mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ provocou um aumento de 50% nos valores de CE50, independentemente do tipo de cátion (Ca^{+2} e Mg^{+2}) utilizado, ou mesmo de uma proporção entre eles.

Erickson et al. (1996) calcularam o efeito do aumento da dureza na toxicidade do cobre e observou que, para altos valores de dureza, o efeito da mesma sobre a toxicidade do metal se tornava desprezível, sugerindo um comportamento assintótico. Fica aparente então que o mecanismo de competição não é simples, de primeira ordem, ainda que descreva o processo.

Para o níquel, Kozlova et al. (2009) observaram que o efeito protetivo do cálcio era visivelmente maior que o do magnésio para *Daphnia pulex*, ainda que ambos tenham atuado na CE50 do organismo. Quando a concentração de Ca subia de 0,02 para 1,25 mmol.L⁻¹, o

valor de CE50;48-h aumentava 18 vezes. Já quando a concentração de Mg subia de 0,01 para 1,44 mmol.L⁻¹, o valor de CE50;48h aumentava em 2,3 vezes.

Yim et al. (2006) realizaram estudos para determinar a influência da dureza em soluções de metais isolados e em misturas de vários metais, de modo a concluir se os valores de CE50 e CL50 previstos para misturas eram corretamente calculados considerando dureza variável. Nos ensaios individuais com *D. magna*, os valores de CL50 encontrados para Cd, Cu, Pb e Zn foram, respectivamente: 3, 4, 95 e 300 µg.L⁻¹ em água mole e 4, 12, 894 e 1290 µg.L⁻¹ em água dura. A sensibilidade à dureza se mostrou na ordem Cd < Cu < Zn < Pb com 25, 65, 77 e 88% de decréscimo no CL50 quando água dura era substituída por água mole. No entanto, o cálculo da toxicidade da mistura se mostrou muito próximo da sua toxicidade real em toda a faixa de dureza, mostrando que para *D. magna* não existia efeito sinérgico ou antagônico na toxicidade dos metais e que a toxicidade de uma mistura pode ser bem prevista pela soma das toxicidades dos metais isolados, desde que se considere o efeito da dureza.

A alcalinidade, por outro lado, afeta diretamente a biodisponibilidade dos metais, alterando sua especiação. Um aumento na alcalinidade provoca uma maior complexação do cobre por íons carbonato e bicarbonato, diminuindo sua biodisponibilidade (DI TORO et al., 2001; GENSEMER et al., 2002; HYNE et al., 2005). Em altas alcalinidades, o precipitado de zinco é composto principalmente de ZnCO₃, ao invés do hidróxido (HEIJERICK et al., 2003).

Bradley; Sprague (1985), no entanto, concluíram que para o zinco, aparentemente, a alcalinidade era um fator que influenciava pouco na diminuição de sua toxicidade. Em comparação com trabalhos anteriores, em que houve variação simultânea de alcalinidade e dureza, apenas a variação da dureza (com alcalinidade constante) alcançou efeito protetivo muito próximo, sugerindo que a dureza era o principal fator de diminuição da toxicidade. Eles sugerem que o carbonato de zinco pode ainda ser tóxico para o organismo, ainda que em pequena quantidade.

Bui et al. (2016) também concluíram que obtinham melhores resultados quando levava em conta a contribuição de carbonatos e hidróxidos para a biodisponibilidade do cobre para *Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia lumholtzi* e *Danio rerio*. Os autores afirmam que outros resultados na literatura também sugeriram que espécies carbonatadas de Cu e Zn poderiam contribuir para a biodisponibilidade e toxicidade destes metais para o gastrópodo *Pomacea paludosa*.

Ao contrário, Gensemer et al. (2002) observaram uma variação de 85% na toxicidade do cobre para *C. dubia* quando houve variação da alcalinidade em águas muito duras. Os

resultados sugerem que, em águas muito duras, a toxicidade do cobre pode ser subestimada caso leve-se em consideração apenas o parâmetro da dureza. Alcalinidades baixas ou moderadas em águas muito duras podem resultar em uma maior toxicidade para o cobre e um simples limite de 400 mg.L^{-1} na regulamentação das águas pode não ser adequado caso não se leve em conta também a alcalinidade.

2.1.4. Matéria Orgânica Dissolvida (MOD)

Possivelmente, o efeito mais forte na biodisponibilidade de certos metais, tanto em águas doces quanto salgadas, seja a presença de matéria orgânica dissolvida (MOD) (COOPER et al., 2014). Vários estudos indicam que uma grande parte dos metais encontrados em águas naturais está na forma de complexos metal-MOD. O mecanismo de complexação para a maioria dos metais com a matéria orgânica é a remoção de um próton, seja de um ácido carboxílico ou de um grupo hidroxila, e a posterior ligação desta com o átomo metálico (KOUKAL et al., 2003).

Contudo, a complexação não é o único mecanismo de atuação de MOD sobre a toxicidade de metais. A matéria orgânica também pode ser adsorvida na superfície da célula do organismo, bloqueando a interação desta com os metais (CAMPBELL et al., 1997).

É errôneo, no entanto, afirmar que os complexos orgânicos de cobre, por exemplo, não apresentam toxicidade. Alguns estudos mostraram um aumento na toxicidade relativa ao íon Cu^{+2} quando da adição de alguns complexantes orgânicos e caso esses complexantes sejam mais hidrofóbicos, há a possibilidade de serem biodisponíveis e, conseqüentemente, tóxicos (ERICKSON et al., 1996).

A matéria orgânica natural pode ser classificada em dois grandes grupos: alóctone (terrestre) e autóctone (aquática). O primeiro grupo é composto basicamente de ácidos húmicos, derivados da quebra de ligninas e tendem a apresentar moléculas maiores com mais anéis aromáticos. Precipitam em valores de pH baixos e apresentam coloração que varia do amarelo ao preto. Já o segundo grupo é composto de ácidos fúlvicos, produzidos por atividade microbiana ou de algas ou então pela degradação de matéria alóctone. Tendem a apresentar moléculas menores com menos aromáticos e são solúveis em toda a faixa de pH. Em geral, MOD alóctones tendem a ser mais protetivas contra a toxicidade de metais (SCHWARTZ et al., 2004; COOPER et al., 2014).

Os cátions metálicos também podem ser classificados em dois tipos. O tipo A (como Ca e Mg), que complexam preferencialmente com ligantes que tem o oxigênio como átomo

doador de elétrons (ácidos húmicos, por exemplo) e o tipo B (como o Zn) que complexam preferencialmente com ligantes contendo I, S ou N como átomos doadores (HEIJERICK et al., 2003).

Kim et al. (1999) observaram que a CL50;24h do cobre para *C. dubia* aumentou em 5 vezes quando 2,5 mg.L⁻¹ de MOD foram adicionados à solução (partindo de zero matéria orgânica). Já Markich et al. (2003) mostraram que a CE50;48h do cobre para *H. depressa* aumentou 7 vezes quando 6,5 mg.L⁻¹ de MOD foram adicionados. Hyne et al. (2005) encontraram um aumento no CE50;48h do cobre para *C. dubia* de 45 vezes com a adição de 10 mg.L⁻¹ de MOD em comparação com a água livre de matéria orgânica. Já para o zinco, os autores encontraram uma variação bem menor da toxicidade com o acréscimo de MOD.

Erickson et al. (1996) reportaram que o acréscimo de 5 mg.L⁻¹ de MOD (a partir de 1 mg.L⁻¹ original) resultou em uma complexação de 90% do cobre e um consequente aumento de 4 vezes na CL50 do cobre total. No entanto, tomando como base o íon Cu⁺², a toxicidade na prática aumentou. Isto sugere uma aparente toxicidade do complexo cobre-MOD, porém os autores chamam atenção para o fato de que isto não significa que o complexo é inteiramente absorvido pelo organismo. Podem acontecer mudanças de equilíbrio entre o complexo e a membrana, liberando parte do cobre para ser absorvido, além de efeitos indiretos de complexação de outros íons pela MOD, diminuindo a competição com o cobre.

A diferença entre os tipos de MOD foi observada por Koukal et al. (2003) que compararam os efeitos na toxicidade do cádmio e do zinco para a alga *Pseudokirchneriella subcapitata* mediante a presença de ácidos húmicos de solo (SHA), de turfa (PHA) e ácidos fúlvicos (SRFA para Ácidos Fúlvicos do Rio Suwannee, em inglês). Os resultados mostraram que a adição de 5 mg.L⁻¹ de PHA e SHA diminuíram a toxicidade do Cd em fatores de 5 e 2 e do Zn em fatores de 2 e 10. Já o SRFA não apresentou efeito significativo na toxicidade de ambos os metais. Este comportamento pode ser explicado pela maior labilidade dos complexos fúlvicos e pela menor habilidade dos ácidos fúlvicos de blindarem as células da membrana por adsorção, devido a suas cadeias menores.

Esta diferença é significativa, pois em águas superficiais naturais os ácidos húmicos, geralmente, representam uma fração menor da matéria orgânica (4 a 30%), enquanto ácidos fúlvicos são mais expressivos (50 a 90%) (HYNE et al., 2015).

O mesmo acontece com o cádmio, que é outro metal que apresenta um comportamento discrepante em comparação com outros metais. Em ensaios com variadas quantidades de MOD para o Cu e o Cd com *D. magna*, os autores observaram que a CL50;

48h do cobre aumentou linearmente com o aumento da matéria orgânica de 0,75 a 30 mg.L⁻¹, enquanto o do cádmio se manteve sem grandes alterações de 0,75 a 44 mg.L⁻¹ de matéria orgânica. Como a água de diluição destes experimentos tinha dureza alta (em torno de 230 mg CaCO₃. L⁻¹) uma explicação razoável é que houve competição do Ca dissolvido com o Cd pelos sítios da MOD (TSUI et al., 2006)

Outros fatores, como salinidade, dureza e pH, afetam a capacidade da MOD de inibição da toxicidade. A força iônica muito maior de águas salgadas, por exemplo, pode afetar a reatividade da matéria orgânica de três maneiras: mudança na atividade tanto de íon metálicos quanto dos grupos funcionais envolvidos na complexação; competição de outros cátions dissolvidos pelos sítios do ligante; mudanças estruturais como dobramentos, desdobramentos ou formação de coloides (COOPER et al., 2014).

Alterações no pH também afetam a complexação de metais por MOD. Conforme o pH aumenta, ocorre desprotonação dos sítios ligantes da MOD, o que aumenta a possibilidade de complexação com o metal e reduz sua biodisponibilidade (DI TORO et al., 2001).

Cooper et al. (2014) concluíram que o acréscimo de MOD varia linearmente com a diminuição da toxicidade do cobre para o rotífero *Brachionus plicatilis* até 5 mg.L⁻¹ para todas as salinidades. Contudo, em elevado valor de salinidade (30) parece haver um ponto de saturação, em que o acréscimo de MOD não afeta significativamente a toxicidade do metal, em contrapartida com baixas salinidades (3) em que o comportamento continua linear para quantidades maiores de MOD.

Cooper et al. (2014) supuseram que essa diminuição do efeito protetivo de MOD em altas salinidades se dava devido à formação de coloides de matéria orgânica induzida pelo sal. A força entre duas superfícies em um líquido é um balanço entre as forças atrativas de Van der Waals e as forças repulsivas eletrostáticas. Estas diminuem em soluções com alta força iônica devido ao colapso da dupla camada elétrica (CHRISTENSON, 1984). Outras possibilidades são a diminuição da formação de complexos Cu-MOD devido à competição com outros cátions (HEIJERICK et al., 2003) e a dependência das constantes termodinâmicas de formação dos complexos com a força iônica (COOPER et al., 2014).

O quadro 1 traz um resumo do que foi apresentado neste capítulo, elucidando de forma geral como cada aspecto físico-químico tratado influencia a toxicidade dos metais selecionados para este trabalho.

Quadro 1. Aspectos físico-químicos e sua influência geral na ecotoxicidade dos metais.

Aspecto Físico-químico	Principal mecanismo	Influência na ecotoxicidade dos metais
pH	Competição de íons H ⁺ com o metal pelos sítios ligantes (no pH baixo).	Diminui a ecotoxicidade de alguns metais como zinco, níquel e cádmio
	Mudança na especiação dos metais com a formação de hidróxidos não-lábeis (no pH elevado)	Diminui a ecotoxicidade de alguns metais como cobre e chumbo.
Dureza	Competição dos íons Ca ²⁺ e Mg ²⁺ com o metal pelos sítios ligantes.	Diminui a ecotoxicidade da maioria dos metais em dureza elevada, porém a proporção Ca ²⁺ :Mg ²⁺ pode tornar este efeito mais ou menos significativo
Alcalinidade	Mudança na especiação de metais na formação de carbonatos.	Diminui a ecotoxicidade dos metais em alcalinidade elevada, no entanto, a biodisponibilidade de alguns carbonatos deve ser considerada.
Salinidade	Precipitação de metais com a formação de cloretos, sulfatos e carbonatos; competição de cátions com o metal pelos canais de cálcio ou sódio na membrana.	Diminui a ecotoxicidade dos metais em salinidade elevada, em especial para concentrações elevadas do metal.
MOD	Complexação do metal; adsorção na membrana impedindo o acesso do metal ao sítio ligante.	Diminui a ecotoxicidade dos metais em concentrações de MOD elevadas, porém o efeito depende do tipo de MOD e de interações com os outros aspectos como pH e salinidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aspectos físico-químicos se mostraram muito importantes para a avaliação da toxicidade de metais. Limites fixos de concentração máxima podem não ser suficientes para proteger os corpos hídricos da ação tóxica destas substâncias, devido a esta ser influenciada por algumas características das águas como pH, dureza, alcalinidade, salinidade e concentração de matéria orgânica. Os ensaios de ecotoxicidade devem levar em consideração os aspectos físico-químicos da amostra em questão, de modo a obter resultados representativos da real toxicidade dos metais nestas condições.

4. REFERÊNCIAS

ANDREW, R. W.; BIESINGER, K. E.; GLASS, G. E. Effects of inorganic complexing on the toxicity of copper to *Daphnia magna*. **Water Research**, v. 11, p. 309-315, 1977.

ARDIANSYAH, S.; et al. Effect of cadmium and zinc in different salinity levels on survival and osmoregulation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, v. 45, p. 291-302, 2012.

BARBIERI, E.; DOI, S. A. The effects of different temperature and salinity levels on the acute toxicity of zinc in the pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*). **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, v. 44, n. 4, p. 251-263, 2011.

BELANGER, S. E.; CHERRY, D. S. Interacting effects of pH acclimation, pH, and heavy metals on acute and chronic toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera). **Journal of Crustacean Biology**, v. 10, n. 2, p. 225 – 235, 1990.

BLEWETT, T. A.; et al. Investigating the mechanisms of Ni uptake and sub-lethal toxicity in the atlantic killifish *Fundulus heteroclitus* in relation to salinity. **Environmental Pollution**, v. 211, p. 370- 381, 2016.

BORGMANN, U. Metal speciation and toxicity of free metal ions to aquatic biota. In: NRIAGU, J. O. (Editor) **Aquatic Toxicology**. New York: Wiley Interscience, 1983.

BRADLEY, R. W.; SPRAGUE, J. B. The influence of pH, water hardness, and alkalinity on the acute lethality of zinc to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 42, p. 731-736, 1985.

BUI, T. L.; et al. Copper toxicity and the influence of water quality of Dongnai River and Mekong River waters on copper bioavailability and toxicity to three tropical species. **Chemosphere**, v. 144, p. 872-878, 2016.

CAMPBELL, P. G. C.; STOKES, P. M. Acidification and toxicity of metals to aquatic biota. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 42, p. 2034-2049, 1985.

CAMPBELL, P. G. C.; TWISS, M. R.; WILKINSON, K. J. Accumulation of natural organic matter on the surfaces of living cells and its implication for the interaction of biota with toxic solutes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 54, p. 2543-2554, 1997

CHRISTENSON, H. K. DLVO (Derjaguin-Landau-Verwey-Over-beek) theory and solvation forces between mica surfaces in polar hydrogen-bonding liquids. **Journal of The Chemic Society, Faraday Transactions**, v. 80, n. 1, p. 1933-1946, 1984.

CLEMENS, S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. **Biochimie**, v. 88, p. 1707-1719, 2006.

COOPER, C. A.; et al. Influence of salinity and dissolved organic carbon on acute Cu toxicity to the rotifer *Brachionus plicatilis*. **Environmental Science and Technology**, v. 48, p. 1213-1221, 2014.

CUSIMANO, R. F.; BRAKKE, D. F.; CHAPMAN, G. A. Effects of pH on the toxicities of cadmium, copper, and zinc to steelhead trout (*Salmo gairdneri*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 43, p. 1497-1503, 1986.

DE SCHAMPHELAERE, K. A. C; JANSSEN, C. R. Refinement and field validation of a biotic ligand model predicting acute copper toxicity to *Daphnia magna*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 133, p. 243-258, 2002.

DERUYTTER, D.; et al. Salinity and dissolved organic carbon both affect copper toxicity in mussel larvae: Copper speciation or competition cannot explain everything. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 34, n. 6, p. 1330-1336, 2015.

DI TORO, D. M. et al. Biotic ligand model of the acute toxicity of metals. 1. Technical basis. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n. 10, p. 2383-2396, 2001.

DU LAING, G. et al. Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments on the Scheldt estuary. **Estuarine and Coastal Shelf Science**, v. 77, p. 589-602, 2008.

ERICKSON, R. J. et al. The effects of water chemistry on the toxicity of copper to fathead minnows. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, n. 2, p. 181-193, 1996.

FRANKLIN, N. M.; et al. pH-Dependent toxicity of copper and uranium to a tropical freshwater alga (*Chlorella sp.*). **Aquatic Toxicology**, v. 48, p. 275-289, 2000.

FROST, R; HALES, M. Synthesis and vibrational spectroscopy characterisation of synthetic hydrozincite and smithsonite. **Polyhedron**, v. 26, p. 4955-4962, 2007.

GENSEMER, R. W. et al. Evaluating the role of ion composition on the toxicity of copper to *Ceriodaphnia dubia* in very hard waters. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 133, p. 87-97, 2002.

GROSSEL, M.; et al. Physiology is pivotal for interactions between salinity and acute copper toxicity to fish and invertebrates. **Aquatic Toxicology**, v. 84, p. 162-172, 2007.

HEIJERICK, D. G.; JANSSEN, C. R.; DE COEN, W. M. The combined effects of hardness, pH and dissolved organic carbon on the chronic toxicity of Zn to *D. magna*: development of a surface response model. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 44, p. 210-217, 2003.

HYNE, R. V. et al. Influence of water chemistry on the acute toxicity of copper and zinc to the cladoceran *Ceriodaphnia cf dubia*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 24, n. 7, p. 1667-1675, 2005.

KIM, S. D.; et al. Influence of dissolved organic matter on the toxicity of copper to *Ceriodaphnia dubia*: Effect of complexation kinetics. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, n. 11, p. 2433-2437, 1999.

KINRAIDE, T. B. Plasma membrane surface potential (Ψ_{PM}) as a determinant of ion bioavailability: A critical analysis of new and published toxicological studies and a simplified method for the computation of plant Ψ_{PM} . **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 12, p. 3188-3198, 2006.

KOUKAL, B.; et al. Influence of humic substances on the toxic effects of cadmium and zinc to the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. **Chemosphere**, v. 53, p. 953-961, 2003.

KOZLOVA, T.; WOOD, C. M.; MCGEER, J. C. The effect of water chemistry on the acute toxicity of nickel to the cladoceran *Daphnia pulex* and the development of a biotic ligand model. **Aquatic Toxicology**, v. 91, p. 221-228, 2009.

- KWOK, K. W. H.; LEUNG, K. M. Y. Toxicity of antifouling biocides to the intertidal harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* (Crustacea, Copepoda): effects of temperature and salinity. **Marine Pollution Bulletin**, v. 51, p. 632-636, 2005.
- LAUREN, D. J.; MCDONALD, D. G. Effects of copper on branchial ionoregulation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 155, n. 5, p. 635-644, 1985.
- LES, A.; WALKER, R. W. Toxicity and binding of copper, zinc, and cadmium by the blue-green alga, *Chroococcus parisi*. **Water, Air, Soil Pollution**, v. 23, p. 129-139, 1984.
- LINBO, T. L.; et al. Effects of water hardness, alkalinity, and dissolved organic carbon on the toxicity of copper to the lateral line of developing fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 28, p. 1455-1461, 2009.
- MARKICH, S. J.; JEFFREE, A. R. Absorption of divalent trace metals as analogues of calcium by Australian freshwater bivalves: an explanation on how water hardness reduces metal toxicity. **Aquatic Toxicology**, v. 29, p. 257-290, 1994.
- MARTINS, C. D. M. G.; BARCAROLLI I. F.; MENEZES, E. J. et al. Acute toxicity, accumulation and tissue distribution of copper in the blue crab *Callinectes sapidus* acclimated to different salinities: *In vivo* and *in vitro* studies. **Aquatic Toxicology**, v. 101, p. 88-99, 2011.
- NADDY, R. B.; et al. The effect of calcium and magnesium ratios on the toxicity of copper to five aquatic species in freshwater. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 21, n. 2, p. 347-352, 2002.
- NADELLA, S. R.; et al. Toxicity of dissolved Cu, Zn, Ni, and Cd to developing embryos of the blue mussel (*Mytilus trossolus*) and the protective effect of dissolved organic carbon. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 149, p. 340-348, 2009.
- NEWMAN, M. C.; JAGOE, C. H. **Ecotoxicology: a hierarchical treatment**. Boca Raton: CRC Press, p. 67-83. 1996.
- PAGENKOPF, G. K. Gill Surface Interaction Model for trace-metal to fishes: role of complexation, pH, and water hardness. **Environmental Science and Technology**, v. 17, n. 6, p. 342-347, 1983.
- PARK, J.; et al. Effect of salinity on acute copper and zinc toxicity to *Trigriopus japonicus*: The difference between metal ions and nanoparticles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 85, n. 2, p. 526-531 2014.
- PETERSON, H. G.; HEALEY, F. P.; WAGEMANN, R. Metal toxicity to algae: a highly pH dependent phenomenon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, p. 974-979, 1984
- PLAYLE, R. C.; WOOD, C. M. Water chemistry changes in the gill micro-environment of rainbow trout: experimental observations and theory. **Journal of Comparative Physiology Series B**, v. 159, p. 527-537, 1989.
- SCHUBAUER-BERINGAN, M. K.; et al. pH-Dependent toxicity of Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn to *Ceriodaphnia dubia*, *Pimephales promelas*, *Hyalella azteca* and *Lumbriculus variegatus*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 12, p. 1261-1266, 1993a.

SCHUBAUER-BERINGAN, M. K.; et al. The Behavior and Identification of Toxic Metals in Complex Mixtures: Examples from Effluent and Sediment Pore Water Toxicity Identification Evaluations. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 24, p. 298-306, 1993b.

SCHWARTZ, M. L.; CURTIS, J. P.; PLAYLE, R. C. Influence of natural organic matter source on acute copper, lead, and cadmium toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 23, n. 12, p. 2889-2899, 2004.

STARY, J. et al. Cumulation of zinc, cadmium and mercury on the alga *Scenedesmus obliquus*. **Acta Hydrochimica et Hydrobiologica**, v. 11, p. 401-409, 1983.

SUNDA, W.; GUILLARD, R. R. L. The relationship between cupric ion activity and the toxicity of copper to phytoplankton. **Journal of Marine Research**, v. 34, p. 511-529, 1976.

TCHOUNWOU, P. B. et al. Heavy Metals Toxicity and the Environment. In: LUCH, A. **Molecular, Clinical and Environmental Toxicology: Volume 3: Environmental Toxicology**, v. 101, p. 133-164, 2012.

TSUI, M. T. K.; WANG, W.; WONG, M. H. Influences of macroalga-derived dissolved organic carbon on the aquatic toxicity of copper and cadmium. **Chemosphere**, v. 65, p. 1831-1835, 2006.

VAN GENDEREN, E. J.; GENSEMER, R.; SMITH C. et al. Evaluation of the Biotic Ligand Model relative to other site-specific criteria derivation methods for copper in surface waters with elevated hardness. **Aquatic Toxicology**, v. 84, p. 279-291, 2007.

WANG, P. et al. Plasma membrane surface potential: Dual effects upon ion uptake and toxicity. **Plant Physiology**, v. 155, n. 2, p. 808-820, 2011.

WANG, W. Factors affecting metal toxicity to (and accumulation by) aquatic organisms – Overview. **Environment International**, v. 13, p. 437-457, 1987.

WANG, W. Prediction of metal toxicity in aquatic organisms. **Chinese Science Bulletin**, v. 58, p. 194-202, 2013.

WANG, Z.; MEADOR, J. P.; LEUNG, K. M. Y. Metal toxicity to freshwater organisms as a function of pH: a meta-analysis. **Chemosphere**, v. 144, p. 1544-1552, 2016.

WHITTON, B. A.; SAY, P. J.; JUPP, B. P. Accumulation of zinc, cadmium, and lead by the aquatic liverwort *Scapania*. **Environmental Pollution**, v. 3, p. 299-316, 1982.

YIM, J. H.; KIM, K. W.; KIM, S. D. Effect of hardness on acute toxicity of metal mixtures using *Daphnia magna*: Prediction of acid mine drainage toxicity. **Journal of Hazardous Materials B**, v. 138, p. 16-21, 2006.

METALOGRAFIA DE AÇOS CARBONO TRATADOS TERMICAMENTE

Genilton Jose Nunes¹

1. Instituto Federal de Minas Gerais, Curso Técnico de Metalurgia, Campus Ouro Preto, MG, Brasil.

RESUMO

Os aços, dentre as ligas ferrosas, são os materiais mais comumente submetidos a tratamentos térmicos. Os tratamentos térmicos modificam, em maior ou menor escala a estrutura dos aços, resultando em consequência na alteração mais ou menos pronunciada de suas propriedades. Pretende-se estudar com a realização deste trabalho o efeito do tempo e temperatura de tratamentos térmicos convencionais: estado de entrega, recozimento, normalização, têmpera e revenido, nas propriedades mecânicas finais dos aços-carbono comuns SAE 1044, SAE 1067, SAE 1076 e SAE 1084. As têmperas serão realizadas em água e os revenimentos nas temperaturas de 200°C, 450°C e 650°C. As etapas de trabalho serão: preparo de amostras, análise metalográfica, digitalização das microestruturas e elaboração do álbum metalográfico.

Palavras-chave: Metalografia, Tratamento térmico e Aços Carbono.

ABSTRACT

Steels, among ferrous alloys, are the materials most commonly subjected to heat treatments. Heat treatments modify, to a greater or lesser extent, the structure of steels, resulting in a more or less pronounced change in their properties. The aim of this work is to study the effect of time and temperature of conventional heat treatments: delivery state, annealing, normalization, tempering and tempering, on the final mechanical properties of common carbon steels SAE 1044, SAE 1067, SAE 1076 and SAE 1084. Tempering will be carried out in water and tempering at temperatures of 200°C, 450°C and 650°C. The work steps will be: sample preparation, metallographic analysis, digitization of microstructures and preparation of the metallographic album.

Keywords: Metallography, Heat Treatment and Carbon Steels.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos através da pesquisa realizada pelos alunos do Curso Técnico em Metalurgia do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ouro Preto - Turma N2MET1 do segundo ano do ano letivo de 2018.

Através de longas metragens e pesquisas ao decorrer do curso conseguimos entender o objetivo dos tratamentos térmicos e dos ensaios metalográficos e o papel fundamental que ele possui nas indústrias metalúrgicas e a sua importância para a obtenção do produto final de qualidade.

O objetivo da pesquisa de tratamentos térmicos é para entendermos o processo de aquecimento e resfriamento utilizados para mudar as propriedades ou características dos metais. Estas alterações são necessárias para que as peças produzidas de ligas metálicas se tornem adequadas ao uso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. METALOGRAFIA

É o ramo da metalurgia física que estuda as estruturas e as propriedades dos aços e outros materiais relacionando a composição química, estrutura metalúrgica e as propriedades físicas e mecânicas.

2.2. PREPARO DE AMOSTRAS METALOGRÁFICAS

Foram separadas para avaliações amostras de diferentes tipos de metais sendo eles aços ou até mesmo ferros fundidos. Essas amostras foram submetidas e passaram por diversas numerações de lixas tanto a seco como a úmido, com o intuito de alcançar uma superfície lisa e uniforme sem maiores ranhuras grosseiras nas peças. Com tudo isso para alcançarmos o objetivo através da microscopia e visão óptica sabermos quais são os componentes e quais os tipos de matérias estamos trabalhando.

2.3. TRATAMENTOS TÉRMICOS DOS AÇOS

Tratamento térmico é o conjunto de operações de aquecimento e resfriamento a que são submetidos os aços, sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento, com o objetivo de alterar as suas propriedades ou conferir-lhes características determinados. As propriedades dos aços dependem, em princípio, da sua

estrutura. Os tratamentos térmicos modificam, em maior ou menor escala, a estrutura dos aços, resultando, em consequência na alteração mais ou menos pronunciada, de suas propriedades.

Os principais objetivos dos tratamentos térmicos são os seguintes:

- Remoção de tensões internas (oriundas de esfriamento desigual, trabalho mecânico ou outra causa);
- Aumento ou diminuição da dureza;
- Aumento da resistência mecânica;
- Melhora da ductilidade;
- Melhora da usinabilidade;
- Melhora da resistência ao desgaste;
- Melhora das propriedades de corte;
- Melhora da resistência à corrosão;
- Melhora da resistência ao calor;
- Modificação das propriedades elétricas e magnéticas.

2.4. FATORES DE INFLUÊNCIA NOS TRATAMENTOS TÉRMICOS

2.4.1. Aquecimento

O caso mais frequente de tratamento térmico do aço é alterar uma ou diversas de suas propriedades mecânicas, mediante uma determinada modificação que se processa na sua estrutura. Assim sendo, o aquecimento é geralmente realizado a uma temperatura acima da crítica, porque então tem-se a completa austenização do aço, ou seja total dissolução do carboneto de ferro gama, essa austenização é o ponto de partida para as transformações posteriores desejadas, as quais se processarão em função da velocidade de esfriamento adotada. Na fase de aquecimento, dentro do processo de tratamento térmico, devem ser apropriadamente consideradas a velocidade de aquecimento e a temperatura máxima de aquecimento.

2.4.2. Resfriamento

Este é o fator mais importante, pois é ele que determinará efetivamente a estrutura e, em consequência, as propriedades finais dos aços. Como pela variação da velocidade de resfriamento pode-se obter desde a perlita grosseira de baixa resistência mecânica e baixa dureza até a martensita que é o constituinte mais duro resultante dos tratamentos térmicos. Por outro lado, a obtenção desses constituintes não é só função da velocidade de resfriamento, dependendo também como se sabe, da composição do aço (teor em elemento de liga, deslocando a posição das curvas em C), das dimensões (seção) das peças, etc. Os meios de esfriamento usuais são: ambiente do forno, ar e meios líquidos. O resfriamento mais brando é, evidentemente, o realizado no próprio interior do forno e ele se torna mais severo à medida que se passa para o ar ou para um meio líquido, onde a extrema agitação dá origem aos meios de esfriamento mais drásticos ou violentos.

2.4.3. Atmosfera do forno

Nos tratamentos térmicos dos aços, deve-se evitar dois fenômenos muito comuns e que podem causar sérios aborrecimentos: a oxidação que resulta na formação indesejadas da “casca de óxido” e a descarbonetação que pode provocar a formação de uma camada mais mole na superfície do metal.

Tais fenômenos de oxidação e de descarbonetação, são evitados pelo uso de uma atmosfera protetora ou controlada no interior do forno, a qual, ao prevenir a formação da “casca de óxido”, torna desnecessário o emprego de métodos de limpeza e, ao eliminar a descarbonetação, garante uma superfície uniformemente dura e resistente ao desgaste.

2.4.3. Reozimento

É o tratamento térmico realizado com o fim de alcançar um ou vários seguintes objetivos: remover tensões devidas ao tratamentos mecânicos a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço, alterar as propriedades mecânicas como resistência, ductilidade etc., modificar os característicos elétricos e magnéticos, ajustar o tamanho de grão, regularizar a textura bruta, remover gases, produzir uma microestrutura definida, eliminar enfim os efeitos de quaisquer tratamento térmicos ou mecânicos a que o

aço tiver sido anteriormente submetido. O tratamento térmico genérico recozimento abrange os seguintes tratamentos específicos:

2.4.4. Recozimento total ou pleno

Que constitui no aquecimento do aço acima da zona crítica, durante o tempo necessário e suficiente para se ter solução do carbono ou dos elementos de liga no ferro gama, seguindo de um resfriamento lento, realizado ou mediante o controle da velocidade de resfriamento do forno ou desligado-se o mesmo e deixando que o aço esfrie ao mesmo tempo que ele. A temperatura para recozimento pleno é de mais ou menos 50°C acima do limite superior da zona crítica - linha A3 - para aços hipoeutetóides e acima do limite inferior - linha A1 - para os hipereutetóides. Para estes aços, não se deve ultrapassar a linha superior Acm porque, no resfriamento lento posterior, ao ser atravessada novamente essa linha, forma-se nos contornos dos grãos de ausência um invólucro contínuo e frágil de carboneto. Os microconstituintes que resultam do recozimento pleno são: perlita e ferrita para aços hipoeutetóides, cementita e perlita para aços hipereutetóides e perlita para os aços eutetóides. O recozimento total requer um tempo muito longo de modo que às vezes, é conveniente substituí-lo.

2.4.5. Recozimento isotérmico ou cíclico

Que consiste no aquecimento do aço nas mesmas condições que para o recozimento total, seguido de um esfriamento rápido do aço nas mesmas condições que para o recozimento total, seguindo de um resfriamento rápido até uma temperatura situada dentro da porção superior do diagrama de transformação isotérmico, onde o material é mantido durante o tempo necessário a se produzir a transformação completa. Em seguida, o resfriamento até a temperatura ambiente pode ser apressado. Os produtos resultantes desse tratamento térmico são também perlita e ferrita, perlita e cementita ou só perlita. A estrutura final, contudo, é mais uniforme que no caso do recozimento pleno.

2.4.6. Recozimento para alívio de tensões

Que consiste no aquecimento do aço a temperaturas abaixo do limite inferior da zona crítica. O objetivo é aliviar as tensões originadas durante a solidificação ou produzidas em

operações de endireitamento, corte por chama, soldagem ou usinagem. Essas tensões começam a ser aliviadas a temperaturas logo acima da ambiente; entretanto, é aconselhável aquecimento lento até pelo menos 500° C para garantir os melhores resultados. De qualquer modo, a temperatura de aquecimento deve ser a mínima compatível com o tipo e as condições da peça, para que não se modifique sua estrutura interna, assim como não se produzam alterações sensíveis de suas propriedades mecânicas.

2.4.7. Recozimento em caixa

Que é o tratamento utilizado para a proteção de grandes massas ou grande número de peças de aço, de modo a impedir que a superfície acabada das mesmas seja afetada por oxidação ou outro efeito típico de tratamento térmico. As peças - tais como tiras e chapas laminadas a frio, portanto no estado encruado - são colocadas no interior do forno, em recipientes vedados. Geralmente faz-se aquecimento lento a temperaturas abaixo da zona crítica, variando de 600°C.

2.4.8. Esferoidização

Que consiste num aquecimento e resfriamento subsequente, em condições tais a produzir uma forma globular ou esferoidal de carboneto no aço. Há várias maneiras de produzir tal estrutura, a saber:

- a) aquecimento a uma temperatura logo acima da linha inferior de transformação, seguindo de esfriamento lento;
- b) aquecimento por tempo prolongado a uma temperatura logo abaixo da linha inferior de zona crítica. Este tratamento é também chamado de “recozimento subcrítico”;
- c) aquecimento e resfriamento alternados entre temperaturas que estão logo acima e logo abaixo da linha de transformação inferior.
- d) A esferoidização objetiva melhorar a usinabilidade de aços de alto carbono.

2.4.9. Normalização

Consiste no aquecimento do aço a uma temperatura acima da zona crítica, seguindo de resfriamento no ar. Para os aços hipoeutetóides, pode-se admitir que a temperatura de

aquecimento ultrapasse a linha A3 e para os hipereutetóides a linha Acm sem os inconvenientes, neste último caso, no esfriamento ao ar que se seguem da formação do invólucro frágil de carbonetos. A normalização visa refinar a granulação grosseira de peças de aço fundido principalmente; frequentemente, e com o mesmo objetivo, a normalização é aplicada em peças depois de laminadas ou forjadas. A normalização é ainda usada como tratamento preliminar à têmpera e ao revenido, justamente para produzir estrutura mais uniforme do que a obtida por laminação. Os constituintes que se obtêm na normalização são ferrita e perlita fina ou cementita e perlita fina. Eventualmente, dependendo do tipo de aço, pode-se obter a bainita.

2.4.10. Têmpera

Consiste no resfriamento rápido do aço de uma temperatura superior à sua temperatura crítica (mais ou 50°C acima da linha A1 os hipereutetóides) em um meio como óleo, água, salmoura ou mesmo ar). A velocidade de resfriamento, nessas condições, dependerá do tipo de aço, da forma e das dimensões das peças. Como na têmpera o constituinte final desejado é a martensita, o objetivo, o objetivo dessa operação, sob o ponto de vista de propriedades mecânicas, é o aumento da dureza deve verificar-se até uma determinada profundidade. Resultam também da têmpera redução da ductilidade (baixos valores de alongamento e estrição), da tenacidade e o aparecimento de apreciáveis tensões internas. Tais inconvenientes são atenuados ou eliminados pelo revenido. Para que a têmpera seja bem sucedida vários fatores devem ser levados em conta. Inicialmente, a velocidade de esfriamento deve ser tal que impeça a transformação da austenita nas temperaturas mais elevadas, em qualquer parte da peça que se deseja endurecer.

2.4.11. Revenido

O revenido é o tratamento térmico que normalmente sempre acompanha a têmpera, pois elimina a maioria dos inconvenientes produzidos por esta; além de aliviar o remover as tensões internas, corrige as excessivas dureza e fragilidade do material, aumentando sua ductibilidade e resistência ao choque. O aquecimento na martensita permite a reversão do reticulado instável ao reticulado estável cúbico centrado, produz reajustamento internos que aliviam as tensões e, além disso, uma precipitação de partículas de carbonetos que cresce

e se aglomeram de acordo com a temperatura e o tempo . Conforme a temperatura de revenido, verificam-se as seguintes transformações:

- Entre 25° e 100°C, ocorre segregação ao uma redistribuição do carbono em direção a discordância; essa pequena precipitação localizada do carbono pouco afeta a dureza. O fenômeno é predominante em aços de alto carbono;
- Entre 100° a 250°C, as vezes chamado primeiro estágios do revenido - ocorre precipitação de carboneto de ferro do tipo epsilon, de fórmula Fe_2-3C , e reticulado hexagonal; este carboneto pode estar ausente em aços de baixo carbono e de baixo teor em liga; a dureza Rockwell começa a cair, podendo chegar a 60;
- Entre 200° a 300°C, as vezes chamado de segundo estágio do revenido - ocorre transformação de austenita retida em bainita; a transformação ocorre somente em aços-carbono de médio e alto teor de carbono; a dureza Rockwell continua a cair;
- Entre 250° a 350°C, as vezes é chamado de terceiro estágio do revenido - forma-se um carboneto metaestável, de fórmula Fe_5C_2 ; quando ocorre esta transformação, verifica-se em aços de alto carbono; a estrutura visível ao microscópio é uma massa escura, que era chamada “troostita” , denominação não mais utilizada; a dureza Rockwell continua caindo, podendo atingir valores pouco acima a 50;
- Entre 400° a 600°C, ocorre uma recuperação da subestrutura de discordância; os aglomerados de Fe_3C passam a uma esferoidal, ficando mantida uma estrutura de ferrita fina acicular; a dureza Rockwell cai para valores de 45° a 25°;
- Entre 500° a 600°C, somente no aços contendo Ti, Cr, Mo, V, Nb ou W, há precipitação de carboneto de liga; a transformação é chamada “endurecimento secundário” ou quarto estágio do revenido;
- Finalmente, entre 600° a 700°C , ocorre recristalização de crescimento de grão; a cementita precipitada apresenta forma nitidamente esferoidal; a Ferrita apresenta forma equi-axial; a estrutura é frequentemente chamada “esferoidita” e caracteriza-se por ser por muito tenaz e de baixa dureza, variando de 5 a 20 Rockwell C. Pelo que acaba de ser exposto, percebe-se que a temperatura de revenido pode ser escolhido de acordo com a combinação de propriedades mecânicas que se deseja no aço temperado.

2.5. MICROSCOPIA ÓTICA

O microscópio ótico é um instrumento óptico, que faz uso da refração da luz oriunda de uma série de lentes, dotadas, ou não, de filtros multicoloridos e/ou ultravioleta, para ampliar e regular estruturas invisíveis (ou difíceis de serem visualizadas) à olho nu.

É constituído por uma parte ótica para ampliação das imagens e, uma parte mecânica para suportar o sistema ótico e realizar a focagem.

Alternativas à microscopia ótica que não usam a luz visível incluem a microscopia eletrônica de varredura e microscopia eletrônica de transmissão.

2.5.1. Microscópio simples

Um microscópio simples é um microscópio que usa uma lente ou conjunto de lentes para ampliar um objeto através de ampliação angular sozinho, dando ao espectador uma imagem virtual ampliada ereto. Foi Galileu quem trabalhou com o primeiro microscópio.

A utilização de uma única lente convexa ou grupos de lentes ainda se encontram em dispositivos de ampliação simples, tais como a lupa, e oculares como telescópios e microscópios

2.5.2. Microscópio composto

O microscópio composto, é constituído por três sistemas de lentes: o condensador, a objetiva e a ocular. O condensador tem como finalidade, projetar um cone de luz sobre as células que estão sendo examinadas no microscópio. Após atravessar as células, esse feixe luminoso, em formato de cone, penetra na objetiva, a qual projeta uma imagem aumentada, no plano focal da ocular, e, novamente a amplia. E enfim, a imagem fornecida pela ocular pode ser percebida pela retina como uma imagem situada a 25 cm da lente ocular, ou então pode ser projetada sobre uma tela ou uma chapa fotográfica. A ampliação total oferecida por um microscópio é correspondente ao aumento da objetiva multiplicado pelo aumento da ocular. Chama-se poder de resolução de um sistema óptico a sua capacidade de separar detalhes. Na prática, o poder de resolução é expresso pelo limite de resolução, que é a menor distância que deve existir entre dois pontos para que eles apareçam individualizados. O que determina a riqueza de detalhes da imagem fornecida por um sistema óptico é o seu limite de resolução, e não o seu poder de aumentar o tamanho dos objetos. A propriedade de

aumentar apenas tem valor prático se acompanhada de um aumento paralelo do poder resolutivo. O limite de resolução depende essencialmente da objetiva. A ocular não pode acrescentar detalhes à imagem; sua função é apenas aumentar de tamanho a imagem, que é projetada em seu plano de foco pela objetiva.

2.5.3. Análise Metalográfica

Os ensaios metalográficos, também conhecidos como testes de metal, que asseguram que as peças desse tipo de material sejam seguras, confiáveis e atendam os rígidos padrões regulatórios. O serviço é indicado para todas as empresas que utilizam peças de metal em produtos e projetos, pois certifica que os materiais tenham integridade e confiabilidade.

No procedimento de análises metalográficas certificam-se de que:

- Identificar as características, propriedades e defeitos dos materiais de metal usados em seus produtos ou projetos;
- Certificar-se de que as peças de metal podem operar de forma confiável e em conformidade com as credenciações necessárias.

Os laboratórios de testes de metal da SGS são os mais avançados do mundo e oferecem tecnologia altamente especializada. Uma ampla gama de serviços de testes qualificados de metais está disponível, o que inclui:

- Análise da composição química;
- Análise de resistência à corrosão;
- Medidas de dimensão;
- Testes de propriedades mecânicas;
- Exame metalúrgico;
- Macro gravura;
- Análise da microestrutura;
- Testes não destrutivos;
- Teste de resistência às intempéries;
- Testes de tensão;
- Teste de flexibilidade;
- Inspeção de radiação;
- Testes de resistência;

- Teste transversal;
- Análise de grafite esferoidal;
- Teste de impacto;
- Testes em massa de revestimento;
- Rugosidade de medição de superfície;
- Teste de nevoeiro salino;
- Testes de dureza de lápis;
- Teste de corte transversal;
- Teste de achatamento;
- Resistência à explosão;
- Teste de cabo de aço;
- Teste da barra deformada;
- Teste de fixação;
- Teste de fadiga;
- Análise de microscópio eletrônico de varredura (SEM), utilizando espectrômetro de dispersão de energia (EDS);
- Análise de produto de ferrovia.

3. MATERIAIS E MÉTODO

O presente estudo é de natureza quantitativa, o tipo de pesquisa utilizado é a prática laboratorial, que tem como objetivo reunir as informações e dados que servirão de base para a construção da investigação proposta a partir do tema determinado. O instrumento utilizado nessa pesquisa foi a análise de documentos presentes ne livros, sites e relatórios, foi também predeterminante as práticas e pesquisas laboratoriais. Os conceitos analisados foram tudo o que faz referência ao estudo das análises de Metalografia de Aços Carbono Submetidos a Tratamentos Térmicos, sua origem, composição, impactos no meio ambiente e na vida dos seres humanos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados e obtidos pelo grupo foi que todas as amostras em suas microestruturas era composta de perlita e ferrita e na maioria delas com uma quantidade superior na porcentagem de perlita (área escura) em relação a ferrita (área clara).

Todas as amostras passaram por processo de lixas e polimento, e através do ataque químico que foi utilizado o Nital 3% (É um agente químico composto por ácido nítrico (HNO₃) e álcool etílico muito utilizado em metalografia para a melhor visualização da microestrutura dos materiais). Com esse método conseguimos enxergar melhor as microestruturas internas de cada amostra de aço. Através dessas análises conseguimos distinguir suas propriedades físicas e estruturais, a quantidade ao teor de carbono, quanto a dureza, resistência mecânica, ductilidade (Capacidade de se deformar e ser maleável), e tenacidade (Associação de uma boa resistência mecânica com uma boa ductilidade).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desse trabalho foram feitos levantamentos de dados através de pesquisas e coletas no laboratório da instituição, adquirimos um certo tipo de conhecimento a mais, e agregamos valores em relação ao tratamento térmico dos metais. Sua função e utilidades básica em relação aos produtos e equipamentos fabricados através desse método, e o mais importante conseguimos compreender a ciência e quão magnifico é a metalurgia e repassamos todo esse conhecimento para os demais colegas de turma.

6. REFERÊNCIAS

ALIBABA. **Página Inicial Alibaba**. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/>>. Acesso em: 26/08/2021.

DIONÁRIO INFORMAL. **Significado de Nital**. Disponível em: <<https://www.dicionarioinformal.com.br/significado/nital/4139/>>. Acesso em: 26/08/2021.

ENILA EQUIPAMENTOS. **Página Inicial Enila Equipamentos**. Disponível em: <enilaequipamentos.com.br>. Acesso em: 26/08/2021.

EXPERIMENTOTECA. **Partes do Microscópio Óptico**. Disponível em: <<http://experimentoteca.com/biologia/partes-microscopio-optico>>. Acesso em: 26/08/2021.

IFMG. **Campus Ouro Preto**. Disponível em: <<https://www.ifmg.edu.br/ouropreto>>. Acesso em: 26/08/2021.

SLIDEPLAYER. **Slide Player**. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br>>. Acesso em: 26/08/2021.

URI SANTO ANGÊLO. **Página Inicial Uri Santo Ângelo**. Disponível em: <http://san.uri.br/sites/site_novo/>. Acesso em: 26/08/2021.

URISAN. **Metalografia**. Disponível em: <<http://www.urisan.tche.br/~lemm/metalografia.pdf>>. Acesso em: 26/08/2021.

VERDE ENGENHARIA. **Blog da Verde Engenharia**. Disponível em: <<http://verdengenharia.blogspot.com/>>. Acesso em: 26/08/2021.

DESENVOLVIMENTO DE UMA TECNOLOGIA ASSISTENCIAL DOS CARROS DE EMERGÊNCIA DAS UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA: RELATO DE EXPERIÊNCIA

**Rosane do Nascimento Rodrigues¹, Delanne Alves Souza², Dayane Dias Menezes
Lima³ e Milena Farah Damous Castanho Ferreira⁴**

1. Centro Universitário Metropolitano da Amazônia (UNIFAMAZ), Belém, Pará, Brasil;
2. Hospital Porto Dias (HPD), Coordenação da Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Belém, Pará, Brasil;
3. Hospital Porto Dias (HPD), Comitê de prevenção de lesão por pressão, Belém, Pará, Brasil;
4. Centro Universitário Metropolitano da Amazônia (UNIFAMAZ), Belém, Pará, Brasil.

RESUMO

Objetivo: desenvolver um modelo de organização de medicamentos dos carros de emergências nas unidades de terapia intensiva para que possa auxiliar os enfermeiros na assistência de enfermagem com segurança e com qualidade frente a uma situação de emergência em um hospital particular no município de Belém-PA. Trata-se um estudo descritivo do tipo relato de experiência, norteados pelos preceitos da ferramenta de processos da metodologia Lean através da abordagem dos 8 desperdícios. A construção da tecnologia foi realizada a partir de pesquisas feitas nas bases de dados, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Biblioteca Virtual da Saúde (BVS) e Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciência da Saúde (LILACS), para fomentação da base científica, após isso foi realizado um estudo transversal conduzido com profissionais de enfermagem por meio da criação do modelo de organização para os carros de emergência durante os atendimentos. Considerações finais: Vale ressaltar a relevância de ações e projetos que possam atuar na vertente de inovação e tecnologias em saúde, pois gera diferentes tipos de melhorias, desempenhando um papel significativo, proporcionando integração e comunicação com o time da unidade de terapia intensiva, além de estabelecer uma base sólida de redução de desperdícios.

Palavras-chave: Metodologia *Lean*, terapia intensiva e Simplificação do Trabalho.

ABSTRACT

Objective: to develop a model of medication organization of the emergency cars in intensive care units in order to help nurses to provide safe and quality nursing care in an emergency situation in a private hospital in Belém-PA. This is a descriptive study of the experience report type, guided by the precepts of the tool of Lean methodology processes through the approach of the 8 wastes. The construction of the technology was performed from searches made in

databases, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Virtual Health Library (VHL) and Latin American and Caribbean Literature on Health Science (LILACS), for fomentation of the scientific base, after that it was performed a transversal study conducted with nursing professionals through the creation of the organization model for the emergency cars during the care. Final Considerations: It is worth mentioning the relevance of actions and projects that can act on the innovation and technology in health, because it generates different types of improvements, playing a significant role, providing integration and communication with the intensive care unit team, besides establishing a solid base for waste reduction.

Keywords: Lean Methodology, Intensive care and Simplification of Work.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de serviços de saúde são complexos e tem cada vez mais ocorrido riscos adicionais na prestação da assistência ao paciente e através de medidas simples e efetivas podemos prevenir e reduzir riscos e danos nestes serviços (ANVISA, 2013).

A unidade de terapia intensiva (UTI) é uma unidade hospitalar complexa onde são atendidos pacientes com problemas de saúde agudos cuja intervenção deve ser imediata e especializada. O atendimento a esse perfil de pacientes deve ser realizado com rapidez e qualidade, visto que a agilidade e a qualidade dos procedimentos realizados pela equipe interdisciplinar podem significar a vida do paciente, como por exemplo, o comprometimento do atendimento durante uma Parada Cardiorrespiratória (PCR) devido à dificuldade de visualização de materiais e medicamentos no carro de emergência e o não funcionamento adequado dos equipamentos (LIMA et al., 2021).

Para prestarmos uma assistência segura diante de inúmeras intercorrências necessita-se dispor de uma equipe treinada para atender os pacientes de forma sistematizada e padronizada, estando os equipamentos, medicamentos e materiais necessários organizados e disponíveis de forma imediata sem desperdícios de tempo (GONZALEZ et al., 2013).

Neste contexto a ferramenta *Lean* foi desenvolvida com a intenção de simplificar tarefas, reduzir desperdícios, facilitar o fluxo de processos e maximizar o valor do produto ou do serviço com foco no cliente, indo ao encontro das suas expectativas e maximizando o que este realmente valoriza, eliminando tarefas, processos e desperdícios que não adicionam valor, aumentando a segurança, eficiência e eficácia, reduzindo custos, melhorando e aumentando a produtividade. Quando os desperdícios forem eliminados ou reduzidos, o esforço, defeitos, erros, custos e tempo despendido nas tarefas, serão automaticamente reduzidos (ESTEVES, 2015).

A padronização dos carros de emergência favorece uniformizar os procedimentos, bem como o conteúdo dos materiais necessários, onde as gavetas deverão estar organizadas para agilizar o atendimento, retirando itens desnecessários e acrescentando os indispensáveis (GONZALEZ et al., 2013).

O Conselho Nacional de Secretários de Saúde define alta complexidade, como o conjunto de procedimentos que abrange alta tecnologia de alto custo, e tem como objetivo propiciar a população o acesso aos serviços qualificados, integrando-os aos demais níveis de atenção à saúde (CONASS, 2011).

O desenvolvimento deste estudo foi motivado pela necessidade de organizar e padronizar medicações e materiais que compõem o carro de emergência das unidades de terapia intensiva. A conferência e organização do carro de emergência são necessárias, pois o tempo destinado à assistência aos pacientes deve ser dinâmico e que facilite o atendimento durante uma situação de emergência, como é o caso de uma parada cardiorrespiratória (PCR) (LIMA et al., 2021)

E para tanto, os autores traçam a seguinte questão de pesquisa: Desenvolver uma tecnologia assistencial para a organização do carro de emergência na unidade de terapia intensiva para redução de desperdícios, pra que possa auxiliar os enfermeiros na assistência de enfermagem com segurança e com qualidade frente a uma situação de emergência.

2. RELATO DE EXPERIÊNCIA

Trata-se de um estudo descritivo do tipo relato de experiência, que procurou agregar valor assistencial durante os atendimentos de (PCR), A elaboração deste projeto resultou na construção de um instrumento de modelo de placa de organização de medicamentos para os carros de emergência que visa a uniformização e organização de medicamentos da unidade de terapia intensiva, norteada pelos preceitos da ferramenta de processos da metodologia Lean, através da abordagem dos 8 desperdícios que são; superprodução; espera; movimentação; processo desnecessário; estoque; transporte, defeitos e potencial humano.

Lean é uma ferramenta para melhoria do desempenho, sendo uma estratégia das organizações de saúde no modo de realização das tarefas, planos e gestão de processos e

pessoas. É uma forma de especificar valor, alinhando, na melhor sequência das ações que criam valor, realizando as atividades de maneira cada vez mais eficiente (LIMA et al., 2021)

Em sua essência, é uma maneira de fazer mais com menos e ao mesmo tempo, de chegar sempre mais perto do objetivo de fornecer aos clientes o que eles realmente precisam, quando é necessário e na quantidade que precisam, as atividades que não agregam valor são desperdícios e devem ser eliminadas ou reduzidas no processo (JCI, 2013).

O grupo baseou a construção da tecnologia por meio de uma pesquisa qualitativa, no qual a interpretação dos fenômenos não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O período da elaboração deste trabalho foi realizado nos meses de dezembro de 2020 há maio de 2021, a elaboração da tecnologia foi planejada e executada em vários momentos, sendo estes: a) observação da realidade atual para Identificação das causas raízes; b) Pesquisa nas bases de dados acerca do tema gerador para formação do referencial bibliográfico que constitui o embasamento teórico identificando qual a situação problema que necessitava de atenção e intervenção; c) Identificação e delimitação do tipo de grupo assistencial que objetivávamos alcançar com a tecnologia; d) Escolha da tecnologia que foi utilizada, entendendo que o público-alvo demandava uma intervenção que contemplasse seu perfil assistencial, abordagem e a apresentação física da tecnologia; e) Criação da tecnologia; f) entrega do produto final.

Dentre os pontos discutidos entre a equipe, o modelo precisou ser ajustado para a nossa realidade como adequação na estrutura do instrumento para facilitar a visualização e quantidade total das medicações disponíveis e estabelecer redução de desperdícios de tempo durante os atendimentos de PCR na unidade de terapia intensiva.

A tecnologia foi elaborada fundamentada no que as diretrizes nacionais e internacionais recomendam e preconizam, atrelado à ideia de planejar a assistência durante os atendimentos, com foco na segurança do paciente e qualidade nos serviços prestados.

O modelo ficou organizado de modo que na gaveta de medicamentos ficassem as medicações classificadas como nível de prioridade e atenção, consideradas drogas psicotrópicas, identificadas como controlados em cores em amarelo e distribuídas por nível de prioridade como: Fentanil; diazepam; nupride; adenosina; haloperidol; midazolan; etomidato, cetamina; suxametônio; amiodarona e vecurônio.

Após todas estas considerações o modelo de tecnologia chegou a sua configuração final que apresentaremos a seguir.

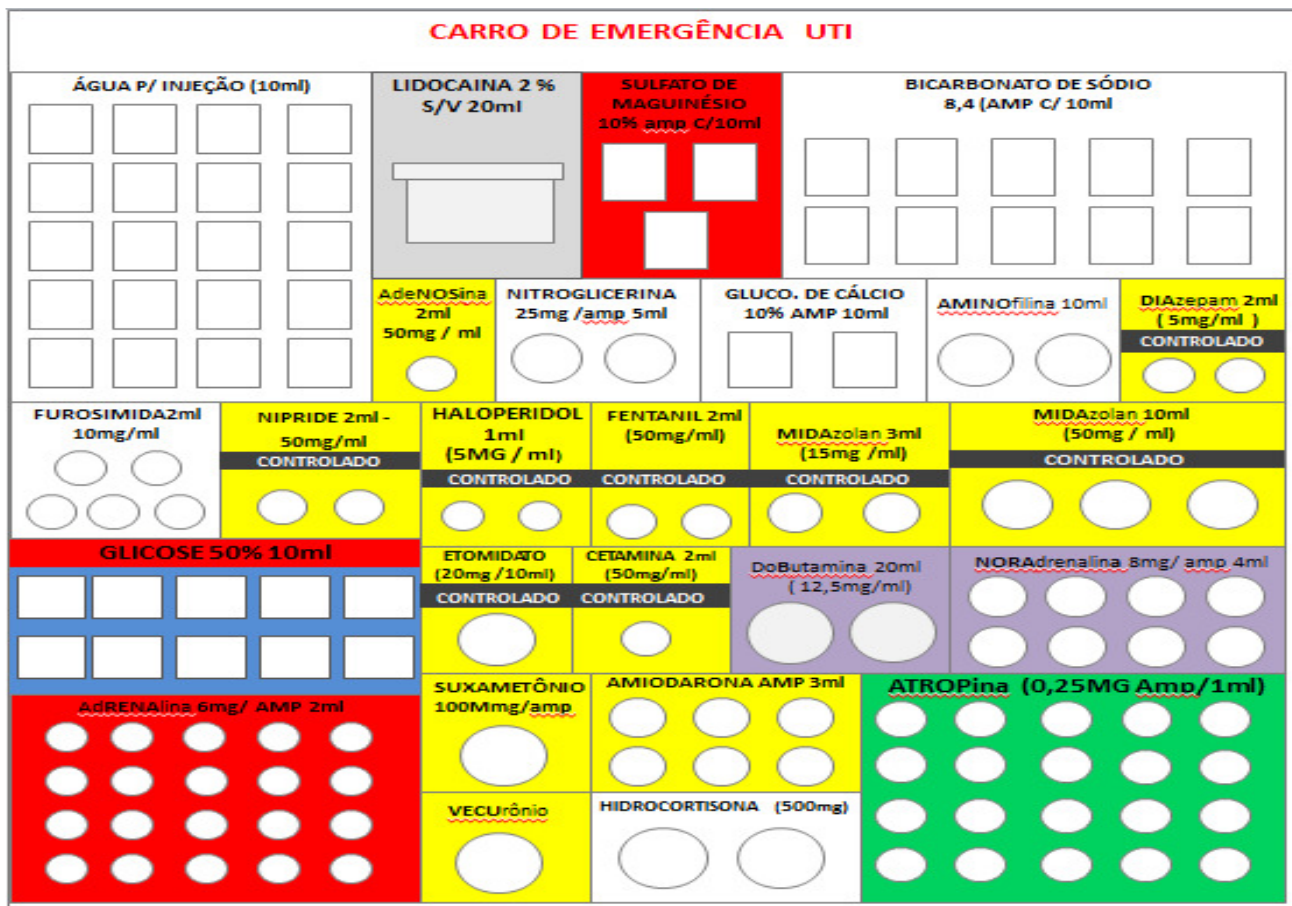


Figura 1. Modelo de tecnologia de organização de medicamentos.

3. DISCUSSÃO

O estudo revelou que a intervenção dos atendimentos nas unidades de terapia intensiva (UTI) deve ser de forma imediata e especializada. Os cuidados a esse perfil de pacientes deve ser realizado com rapidez e qualidade, visto que a agilidade e a qualidade dos procedimentos realizados pela equipe interdisciplinar podem significar a vida do paciente, como por exemplo, o comprometimento do atendimento durante uma parada cardiorrespiratória (PCR) devido à dificuldade de visualização de materiais e medicamentos no carro de parada e o não funcionamento adequado dos equipamentos (ARAUJO et al., 2017)

Nesse sentido, o atendimento necessita de rapidez, eficiência, conhecimento científico e habilidade técnica ao desempenho de sua atividade, requerendo também uma infraestrutura adequada para poder estabelecer um trabalho dinâmico em sincronia com os demais profissionais para assim, poder atingir a recuperação do paciente (SANTOS et al., 2017)

Silva e Padilha (2000) demonstraram em um de seus estudos algumas ocorrências durante a RCP, onde relatam uma porcentagem de falhas com 58,6% na realização das atividades técnicas, 31,2% de problemas referente aos recursos materiais e equipamentos e 8,6% na falta de organização das atividades durante o atendimento.

Com isso, observa-se que as falhas relacionadas à disponibilidade de materiais e equipamentos estão em segundo lugar, o fator humano encontra-se nas causas de erros ocorridos durante uma PCR uma vez que é dele a responsabilidade do abastecimento do carrinho de emergência, assim como a checagem dos materiais e equipamentos necessários (PLACENCIO, 2014).

Levando em consideração os aspectos mencionados, fazendo uma alusão aos dias atuais nos sistemas de saúde especificamente em uma unidade de terapia intensiva (UTI), onde qualquer momento o paciente pode evoluir com intercorrência e a intervenção da equipe interdisciplinar deve ser imediata, eficiente, harmônica e eficaz, através dos cuidados desempenhados com segurança e qualidade assistencial. O enfermeiro precisa fazer que o seu trabalho seja organizado para que consiga dinamizar os problemas de layout de organização dos medicamentos e materiais dos carros de emergência que acaba levando o desperdício de tempo, movimentos, transporte e potencial humano ao realizarem tarefas que não agregam valor (GAZALES et al., 2013)

Dessa forma nosso trabalho traz como proposta justamente a redução desses desperdícios durante os atendimentos e melhoria do desempenho do potencial humano, trazendo como consequência para os serviços de saúde o aumento da produtividade, melhor utilização, diminuição dos erros durante os atendimentos, podendo proporcionar eficiência, eficácia e segurança na assistência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho está no âmbito da linha de pesquisa de projetos e gestão de operações em saúde e tem como um de seus pilares conceituais a literatura de redução de desperdício, permitindo assim auxiliar na compreensão do objetivo do estudo, estabelecer potenciais de melhorias para propor uma melhor condição futura e projetar ganhos e benefícios que podem ser alcançados com a sua implementação.

Considerando a limitação dos recursos e o cenário de crise atual vivido pela população mundial é importante que se encontre estratégias que aumentem a eficiência e a eficácia dos recursos disponíveis, ampliando a capacidade do hospital de cumprir sua missão e visão que é ter excelência no cuidado à vida e como visão ser modelo de inovação em serviços de saúde com sustentabilidade e qualidade da assistência. Além disso, poder promover um ambiente de inovação e inteligência corporativa seguindo o planejamento estratégico atual, como perspectiva de inovação e aprendizagem, incentivando soluções inovadoras que agregam mais valor ao cliente.

Nesse sentido, este estudo pode contribuir para a visibilidade da contribuição do enfermeiro em inovações tecnológicas que facilitam o cuidado de enfermagem, proporcionando relevância de ações e projetos que possam atuar em diferentes tipos de melhorias, desempenhando um papel significativo, proporcionando integração e comunicação com o time da unidade de terapia intensiva, além da valorização das tecnologias pensadas e construídas pelos próprios enfermeiros no âmbito da saúde.

5. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, J. J.; PALHARES, S. B. A.; AMARAL, T. M.; et al. Aplicação do Lean Healthcare em um Hospital Público em Petrolina-Pe: Melhoria de Eficiência a Partir da Eliminação de Desperdícios. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep**, Joinville/Sc – Brasil, 2017.
- BRASIL. AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA. **Assistência segura: Uma reflexão teórica aplicada a pratica**. 1ª ed. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE SECRETARIOS DE SAUDE. **Assistência de Média e Alta Complexidade no SUS**. 1ª ed. Brasília, DF, 2011.
- ESTEVES, R. J. B. S. **Aplicação de metodologias lean num serviço de saúde para a melhoria da assistência ao doente crítico e da acessibilidade a equipamentos de suporte vital**. (Dissertação) Mestrado em Gestão de Unidades de Saúde - Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2015.
- GONZALEZ, M. M.; et al, I Diretriz de Ressuscitação Cardiopulmonar e Cuidados Cardiovasculares de Emergência da Sociedade Brasileira de Cardiologia, **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 101, n. 2, p. 1–221, 2013.
- JCI - JOINT COMMISSION INTERNACIONAL. **Padrões de acreditação da Joint Commission International para hospitais**. Rio de Janeiro: CBA, 2013.
- LIMA, S. B. O.; OLIVEIRA, J. L. C.; SILVA, R. B. Z.; et al. Ferramentas da qualidade aplicadas à conferência do carro de emergência: pesquisa de métodos mistos. **Escola Anna Nery**, v. 25, n. 2, p. e20200274, 2021.

PLACENCIO, M. **Carrinho de Emergência – Um atendimento rápido e eficiente.** (Monografia) Especialização em Linhas de Cuidado em Enfermagem. Opção: Urgência e Emergência - UFSC, Florianópolis, 2014.

SANTOS, N. C. G.; OLIVEIRA, O. J. N.; CARNEIRO, R. J. **Time de Resposta Rápida do Hospital Geral de Fortaleza: Relato de experiência.** (Monografia) Especialização em Medicina - Hospital Geral de Fortaleza, Fortaleza, 2017

SILVA, F. F. **Diretrizes para Implantação e Gestão da Metodologia Lean Seis Sigma em Instituições De Saúde.** Disponível em: < <https://orcid.org/0000-0002-5192-3644> >. Acesso em: 02/052021.

ANÁLISE DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM AMOSTRAS DE ÁGUA UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS LOCALIZADAS NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA-RO

Laudicéia Ribeiro Pereira¹, Gleibismeni Ferreira de Melo Ramos², Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti³ e Sergio Luiz Prolo Júnior⁴

1. Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Rolim de Moura, RO, Brasil;
2. Laboratório CMD-Centro de Medicina Diagnóstica, Cacoal, RO, Brasil;
3. Colégio de Aplicação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil.
4. Centro Multidisciplinar, Campus Floresta, Universidade Federal do Acre, Cruzeiro do Sul, AC, Brasil.

RESUMO

A água utilizada na irrigação de hortaliças pode ser considerada como veículo de transmissão de doenças, uma vez que muitas dessas águas são provenientes de fontes não tratadas como poços, rios, lagos, represas, entre outras, e, o fato de algumas hortaliças consumidas cruas, se não tiverem os cuidados adequados durante a preparação, facilita a ingestão de contaminantes causadores de doenças, tornando assim importante a avaliação microbiológica dessas águas. O estudo teve por objetivo verificar a presença de coliformes fecais, em águas utilizadas para irrigação de hortas, localizadas na zona rural do município de Rolim de Moura, Rondônia. Foram coletadas 15 amostras provenientes de poços, rios e represas, para análises laboratoriais de coliformes fecais e avaliação da turbidez. Foi aplicado um questionário aos produtores para analisar a procedência da água utilizada, a possível existência de contaminantes e a realização de tratamentos da água. Observou-se a presença de coliformes em 100% das amostras analisadas e que o padrão de turbidez estava com valores acima do limite aceitável. Os resultados obtidos indicam que as águas utilizadas para irrigação se encontram fora dos padrões microbiológicos e turbidimétricos estabelecidos pelas leis vigentes. A água contaminada pode se tornar um veículo de transmissão de doenças para a população, se as hortaliças não forem submetidas a processos adequados de higienização antes de serem consumidas.

Palavras-chave: Irrigação, Coliformes e Hortaliças.

ABSTRACT

The water used for irrigation of vegetables can be considered as a vehicle for disease transmission, since many of these waters are not treated from sources such as wells, rivers, lakes, dams, among others, and the fact that some vegetables consumed raw if you do not

have adequate care during preparation, it makes easier the intake of disease-causing contaminants, thus making it important to evaluate water microbiological pattern. The study aimed to verify the presence of fecal coliform bacteria in water used for irrigation of gardens, located in the rural municipality of Rolim de Moura, Rondônia. 15 samples were collected from wells, rivers and dams, for laboratory testing of fecal coliform and turbidity assessment. A questionnaire was given to producers to examine the source of the water used, the possible presence of contaminants and performance of water treatment. It was observed presence of coliforms in 100% of the samples and the turbidity pattern was above the acceptable limit values. The results indicate that the water used for irrigation are outside the turbidimetric microbiological pattern acceptable by the laws. Contaminated water can become a vehicle of disease transmission to people, if the vegetables are not submitted to adequate procedures for cleaning before being consumed.

Keywords: Irrigation, Coliforms and Vegetables.

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento primordial à vida, porém muitas vezes pode atuar como veículo de doenças ao homem, tornando com isso importante a avaliação de sua qualidade microbiológica antes de ser utilizada (CUNHA et al., 2012; WHO, 2021). Santana et al. (2006, p.1), consideram que as hortaliças, em especial as consumidas cruas necessitam ser puras e saudáveis, sendo estas exigências crescentes da sociedade, devido a possibilidades da ocorrência de enfermidades intestinais, pois helmintos, protozoários e outros patógenos podem estar presentes nestas verduras irrigadas com água contaminadas com dejetos fecais.

Guimarães e Nour (2001) afirmam que o exame bacteriológico mais comum para avaliação da qualidade microbiológica de águas, consiste na determinação de bactérias do grupo coliforme, contudo outros patógenos podem vir a causar doenças de veiculação hídrica, tais como a hepatite, o cólera, a disenteria e a febre tifoide, sendo reportadas como um problema de saúde pública. O grupo Coliformes Totais compreende o grupo de bactérias, que possuem a capacidade de fermentar a lactose e produzir ácidos, gases, aldeídos a 35°C, dentro desse grupo, destaca-se um subgrupo denominado de coliformes fecais ou termotolerantes, que possuem a capacidade de fermentar a lactose a 44-45°C, o principal microrganismo deste grupo é a *Escherichia coli*, e sua presença é um indicador de contaminação fecal (ALVES; ATAIDE; SILVA, 2018). Quando é identificada em uma amostra a presença de *E. coli*, existe a possibilidade de se encontrar outros patógenos que podem causar infecções e intoxicações ao homem, uma vez que esse microrganismo é encontrado

no intestino de animais homeotérmicos, não sendo tolerável sua presença em alimentos ou água para consumo humano (MAGALHÃES et al., 2015).

Amaral et al. (2003) salientam que a água utilizada nas propriedades rurais é considerada um importante fator de risco à saúde dos seres humanos que a utilizam, e que a adoção de medidas preventivas, visando à preservação das fontes de água e o tratamento das águas, são as ferramentas necessárias para diminuir consideravelmente o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica.

Em Rondônia, o excesso de chuvas no verão e as altas temperaturas anuais configuram-se como grande barreira à produção de hortaliças, sendo que no período da seca, a irrigação é utilizada com maior intensidade, devido aos menores índices pluviométricos no estado, aumentando assim a possibilidade de encontrar patógenos nestas águas (ZANELLA et al., 2008). Portanto, devido essa questão este estudo teve por objetivo a avaliação da qualidade da água utilizada na irrigação de hortaliças localizadas na zona rural do município de Rolim de Moura, Rondônia.

2. MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa foi realizada no primeiro semestre de 2011, e naquele período, segundo dados do IBGE (2021) o município de Rolim de Moura constava com uma população estimada em 2010 de 50.648 habitantes, distribuídos entre a zona urbana e rural em 71,0% e 29,0% respectivamente. O estudo foi realizado em hortas localizadas na zona rural do município de Rolim de Moura, Rondônia.

As amostras foram estabelecidas por conveniência e tipicidade, onde fizeram parte destas, as hortas localizadas na zona rural, de propriedade dos feirantes que comercializam as hortaliças em feiras livres do município, totalizando a quantidade de 15 hortas. Não foram incluídos na pesquisa, amostras de hortas em propriedades da zona urbana.

A abordagem do problema se deu de forma qualitativa, com característica transversal. O procedimento técnico foi pesquisa de campo, sendo o ponto de vista dos objetivos descritiva.

Foi aplicado um questionário aos proprietários, para analisar a procedência da água utilizada, a existência de contaminantes e a realização de tratamentos. As amostras para teste microbiológico foram coletadas em frascos estéril, contendo tiosulfato de sódio, sendo

a coleta realizada diretamente do fluxo por onde sai a água para irrigação das hortaliças, deixando fluir por aproximadamente 30 segundos, para eliminação de resíduos; enquanto que as amostras para teste físico-químico foram coletadas em garrafas devidamente esterilizadas.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica refrigerada e encaminhadas à Vigilância Sanitária Municipal para serem enviadas ao LACEN- Laboratório Central de Saúde pública de Porto Velho, Rondônia, onde as amostras foram submetidas a um ensaio presuntivo utilizando-se o teste presença-ausência (PA), sendo este teste qualitativo que se baseia na capacidade das bactérias do grupo coliforme em fermentar a lactose, produzindo, assim, ácidos e gases que irão ser evidenciados nesse procedimento. As análises de turbidez foram realizadas pelo método turbidimétrico.

Para a análise e discussão dos níveis de coliformes termotolerantes e de turbidez, foram utilizadas as seguintes legislações vigentes: Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 395 de 2005 (BRASIL, 2005), Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 396 de 2008 (BRASIL, 2008) e Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011 (BRASIL, 2011).

A análise estatística dos valores de turbidez foi executada uma Análise de Variância com post-test Bonferroni utilizando o programa GraphPad Prism® 5.0.

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Cacoal (FACIMED) sob no número 770-11.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que das 15 amostras analisadas todas apresentaram a presença de coliformes termotolerantes, estando em desacordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que estabelece os procedimentos relativos ao controle da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, preconizando a ausência de coliformes em 100 ml de amostra. É importante ressaltar que de acordo com a Portaria, as águas analisadas estão fora dos padrões aceitáveis, não sendo consideradas potável para o consumo humano, já para irrigação de hortaliças, a resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) estabelece que estas devem obedecer os padrões de limites aceitáveis de coliformes termotolerantes de até 200 unidades por 100ml, todavia as análises

realizadas foram apenas de “presença e ausência” destes microrganismos, logo sabe-se que estão contaminadas mas não pode-se afirmar que estas se encontram fora dos padrões para irrigação.

A tabela 1 indica o local da fonte de irrigação das hortaliças e os níveis obtidos de turbidez, que conforme a Resolução n° 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), o padrão aceitável para irrigação vai até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) e para consumo humano de até 5 UNT. Em relação aos valores de turbidez das amostras analisadas, todas se encontram dentro dos limites aceitáveis para irrigação. Os valores médios de turbidez em relação as fontes de água, foram estatisticamente diferentes ($p < 0,0001$), sendo que as águas provenientes de represas, apresentaram um valor médio maior (27,4 UNT) em relação as outras fontes, muito provavelmente porque não há um fluxo contínuo de água e a contínua erosão das bordas podem ter ocasionado um número maior de partículas em suspensão.

Tabela 1. Resultado das análises de turbidez, fonte das águas utilizadas.

Horta	Fonte	Turbidez (UNT)	Padrão Para Irrigação	Presença de coliformes termotolerantes
1	RIO	20,5	Satisfatória	Presente
2	POÇO	4,45	Satisfatória	Presente
3	REPRESA	30,8	Satisfatória	Presente
4	REPRESA	24,0	Satisfatória	Presente
5	POÇO	6,23	Satisfatória	Presente
6	POÇO	2,20	Satisfatória	Presente
7	POÇO	0,00	Satisfatória	Presente
8	RIO	4,56	Satisfatória	Presente
9	POÇO	2,23	Satisfatória	Presente
10	POÇO	3,33	Satisfatória	Presente
11	RIO	3,24	Satisfatória	Presente
12	POÇO	0,05	Satisfatória	Presente
13	POÇO	1,56	Satisfatória	Presente
14	POÇO	0,00	Satisfatória	Presente
15	POÇO	2,43	Satisfatória	Presente

Verifica-se que todas as águas analisadas apresentaram a presença de coliformes, independentemente do local da fonte. Para Souto (2005) frequentemente se observa a disposição inadequada de esgotos domésticos como também a deficiência de saneamento

básico em alguns locais, contribuindo efetivamente para a contaminação das coleções hídricas, inclusive dos lençóis freáticos, por matéria fecal, o que pode ter contribuído para positividade dos coliformes nas águas analisadas, apesar de não haver nas proximidades poluentes como fossa, lixão, esgoto, currais, etc. Observa-se que não é realizado nenhum tipo de tratamento na água utilizada na irrigação das hortaliças, o que também pode ter contribuído para a contaminação da água por coliformes

Rigolin-Sá e Pereira (2005) em uma pesquisa realizada para avaliar as águas de irrigação em hortas na cidade de Passos- MG, relatam que o exame microbiológico revelou elevada concentração de coliformes termotolerantes acima do máximo permitido pela legislação onde do total de 15 hortas analisadas, 60% apresentaram níveis de contaminação acima do recomendado.

Vilela (2018) analisou a qualidade de amostras de águas utilizadas na irrigação de hortaliças no município de Apucarana-PR, encontrando valores de bactérias termotolerantes acima dos permitidos na legislação em 8 das 9 amostras de água analisadas, quanto a turbidez, apenas uma amostra foi encontrada com valores acima do limite (43 UNT). Os resultados obtidos por Decol et al. (2017) demonstraram que as águas utilizadas para irrigação de alface de 4 propriedades no município de Porto Alegre-RS, apresentaram valores acima do permitido. A presença de coliformes nas águas de irrigação de hortaliças poder se tornar um veículo de doenças, pois se essas hortaliças não passarem por um processo de desinfecção, antes do consumo, podem ocasionar enfermidades de veiculação hídricas (CUNHA et al., 2012).

Rocha et al. (2006) em estudo realizado em Lavras, Minas Gerais, demonstraram que em análises de 80 amostras de água, de 45 propriedades rurais, utilizadas, entre outras finalidades, na irrigação de lavouras, a totalidade dos mananciais apresentava contaminação por coliformes termotolerantes e 70% apresentaram turbidez acima do padrão permitido, resultados semelhantes aos obtidos neste estudo.

4. CONCLUSÃO

Mediante os dados obtidos do estudo, conclui-se que das 15 amostras de águas analisadas, utilizadas na irrigação de hortas localizadas na zona rural do município de Rolim de Moura, Rondônia, todas apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes,

todavia não foram quantificados os microrganismos, porém essas águas podem se tornar um veículo de transmissão de doenças, sendo um fator de risco à saúde dos seres humanos que as utilizam.

Os níveis de turbidez encontrados em todas as amostras, estão dentro dos padrões aceitáveis para irrigação, já para o consumo humano 4 amostras apresentaram valores acima do limite permitido.

Acredita-se que a adoção de medidas preventivas, visando o tratamento das águas comprometidas e o desenvolvimento de um trabalho de educação sanitária para a população são ferramentas necessárias para diminuir o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica.

4. REFERÊNCIAS

ALVES, S. G. S.; ATAIDE, C. D. G.; SILVA, J. X. Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Revista Científica Sena Aires**, v. 7, n. 1, 2018.

AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília-DF, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 358, de 3 de Abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, Brasília-DF, 2008.

CUNHA, H. F. A.; LIMA, D. C. I.; BRITO, P. N. F.; CUNHA, A. C.; SILVEIRA JUNIOR, A. M.; BRITO, D. C. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DECOL, L. T.; CASARIN, L. S.; HESSEL, C. T.; BATISTA, A. C. F.; ALLENDE, A.; TONDO, E. C. Microbial quality of irrigation water used in leafy green production in Southern Brazil and its relationship with produce safety. **Food Microbiology**, v. 65, p.105-113, 2017.

GUIMARÃES, R. G.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Tratamentos de esgotos. Edição especial, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de Rolim de Moura de 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/rolim-de-moura/panorama>>. Acesso em: 01/08/2021.

MAGALHÃES, K. C. P.; ALVES, V. C.; PERES, A. P.; SALES, W. B.. Análise de coliformes totais e termotolerantes em granola e qualidade higiênico sanitária em casas de cereais de Curitiba – PR. **Caderno da Escola de Saúde**, v. 1, n. 13, p. 105-115, 2015.

RIGOLIN-SÁ, O.; PEREIRA, K.C. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de hortaliças e da água utilizada em hortas na cidade de Passos- MG. **Revista Fafibe On Line**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2005.

ROCHA, C. M. B. M; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, É. F. M.; et al. Avaliação da Qualidade da água e percepção higiênico – sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999 – 2000. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22 n. 9, p.1967-1978, 2006.

SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C. C.; ALCÂNTRA, L. M.; OLIVEIRA, T. W. S.; RODRIGUES, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p.: 264-269, 2006.

SOUTO, R. A. **Avaliação Sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba**. (Dissertação) Mestrado em agronomia - Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2005.

VILELA, V. L. D. **Qualidade da água de mananciais empregados na irrigação e lavagem de hortaliças da região de Apucarana, Paraná**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

WHO, World Health Organization. **Health topics: Water**. Disponível em: <<https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash>> Acesso em: 01/08/2021.

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JUNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de Alface Hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.

FECUNDIDADE: UMA ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DAS MULHERES DO BRASIL, REGIÃO NORTE, AMAZONAS E BOCA DO ACRE NO ANO DE 2010

Sara Vale Dutra Lima¹, Raimunda Nonata da Silva Ferreira¹ e Elizangela Leão
Santana¹

1. Universidade do Estado do Amazonas, Boca do Acre, Amazonas, Brasil;

RESUMO

Uma compreensão sobre a determinante fecundidade pode ser utilizada como orientação na formulação de políticas socioeconômicas, que têm como objetivo amenizar os níveis de pobreza e promover o crescimento econômico. O presente trabalho justifica-se por este ser um assunto atual e desafiador, apesar de haver estudos a respeito do tema é sempre relevante à busca por uma maior exploração deste assunto, a fim de proporcionar maior conhecimento sobre as transformações pela qual passa a dinâmica demográfica no país. Nos últimos anos houve no Brasil uma redução da taxa de fecundidade. Diante disso pode-se perguntar: a redução da taxa de fecundidade no Brasil é um resultado consciente e deliberado de uma ação proposital, ou existe uma variável que possui peso realmente relevante para essa decisão? A partir deste questionamento o objetivo deste trabalho é conhecer algumas das causas determinantes ou condicionantes sociais que interferem na taxa de fecundidade da população feminina, tendo como foco espacial o Brasil, Região Norte, Amazonas e Boca do Acre utilizando micro dados retirados do Censo Demográfico de 2000 e principalmente de 2010 e cruzados no programa computacional REDATAM. Os principais resultados obtidos através da pesquisa indicam que a taxa de fecundidade total no Brasil ficou abaixo do nível de reposição em 2010. Na Região Norte, no Amazonas e em Boca do Acre, a Taxa de Fecundidade Total continua elevada, em média cada mulher tem de 2 a 3 filhos. A relação entre educação e fecundidade tem um relacionamento negativo, porém, em Boca do Acre, a diferença na taxa de fecundidade entre as mulheres com grau de instrução maior é insignificante em relação as que possuem menor nível de instrução. Na variável raça/cor as mulheres indígenas possuem o maior número de filhos, mas em Boca do Acre a população negra é que detém a maior Taxa de Fecundidade Total. A situação conjugal das mulheres também pode influenciar na TFT. A pesquisa revelou que maior índice está entre as mulheres casadas. Os resultados obtidos com este estudo são importantes, pois contribuem para uma melhor compreensão da taxa de fecundidade, das transformações na dinâmica demográfica, para a melhoria de políticas públicas e para a previsões de cenários socioeconômicos futuros.

Palavras-chave: Mulher, Fecundidade e Declínio.

ABSTRACT

An understanding of the fertility determinant can be used as a guide in the formulation of socioeconomic policies, which aim to alleviate poverty levels and promote economic growth. The present work is justified by the fact that this is a current and challenging subject, although there are studies on the subject, it is always relevant to the search for further exploration of this subject, in order to provide greater knowledge about the transformations that demographic dynamics is going through in the country. In recent years, there has been a reduction in the fertility rate in Brazil. Given this, one can ask: is the reduction in the fertility rate in Brazil a conscious and deliberate result of a purposeful action, or is there a variable that has a really relevant weight for this decision? From this questioning, the objective of this work is to know some of the determinant causes or social conditions that interfere in the fertility rate of the female population, having as spatial focus Brazil, North Region, Amazonas and Boca do Acre using micro data taken from the Demographic Census of 2000 and mainly from 2010 and crossed in the computer program REDATAM. The main results obtained through the research indicate that the total fertility rate in Brazil was below the replacement level in 2010. In the North Region, in Amazonas and in Boca do Acre, the Total Fertility Rate remains high, on average each woman has 2 to 3 children. The relationship between education and fertility has a negative relationship, however, in Boca do Acre, the difference in the fertility rate among women with a higher level of education is insignificant compared to those with a lower level of education. In the race/color variable, indigenous women have the largest number of children, but in Boca do Acre the black population has the highest Total Fertility Rate. Women's marital status can also influence TFR. The survey revealed that the highest rate is among married women. The results obtained from this study are important, as they contribute to a better understanding of the fertility rate, the changes in demographic dynamics, the improvement of public policies and the prediction of future socioeconomic scenarios.

Keywords: Woman, Fertility and Decline.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é sem dúvida um assunto importante no desenvolvimento econômico de todas as nações. A fecundidade por sua vez é uma das determinantes na dinâmica demográfica de uma sociedade, assim como a mortalidade e a migração. No Brasil, desde século XIX, tanto os níveis de fecundidade como os de mortalidade oscilavam em patamares regularmente elevados, mesmo apresentando pequeno declínio na fecundidade (IBGE 2009). Os estudos dos Indicadores Sociodemográficos e de Saúde no Brasil realizados pelo IBGE em 2009 demonstraram que o comportamento reprodutivo das famílias brasileiras durante esse período caracterizava-se por uma concepção significativamente numerosa, típica das sociedades agrárias e com baixo grau de urbanização. Até mesmo durante o processo de industrialização este fenômeno persistia. Sendo assim, nos anos 40, somou-se então a este fato a redução da mortalidade, ocorrendo então um forte crescimento

populacional. O quadro de mudança começa a acontecer a partir das décadas de 60 a 70 quando esse fenômeno começou a reduzir devido às quedas expressivas no nível de fecundidade.

A relação entre os níveis de fecundidade e os fatores socioeconômicos varia no tempo e no espaço, por isso na Região Norte, o declínio da fecundidade ocorreu posteriormente ao verificado nas demais Regiões brasileiras, visto que, na Região Norte o processo de desenvolvimento aconteceu lentamente e é economicamente menos desenvolvida se comparada às demais regiões do país. Enquanto as outras Regiões já apresentavam reduções significativas nas taxas de fecundidade, no Norte do país os níveis permaneceram elevados até o fim dos anos 70, só após esse período, passou a vivenciar declínios na TFT, sendo mais relevantes nas décadas de 80 e 90. Esse declínio na fecundidade, mesmo com menor intensidade, pode ser observado até os dias atuais (SANTIAGO, 2012).

Estudos realizados por Pazello e Fernandes (2004) indicam que o perfil da população feminina vem mudando na sociedade brasileira, constantemente as mulheres estão buscando melhorar seu nível de instrução e conquistar mais espaço no competitivo mercado de trabalho, fazendo com que sua renda melhore, e esse fato altera de maneira negativa a Taxa de Fecundidade Total (TFT), um fator importantíssimo para a análise da dinâmica demográfica que consiste em uma estimativa do número médio de filhos que uma mulher tem ao longo da vida.

O cenário nacional passou por inúmeras transformações sociais e culturais ao longo dos anos, e segundo dados do IBGE a taxa de fecundidade total (TFT) no ano de 2010, chegou de fato a 1,9 filhos por mulher em média, ficando abaixo do Nível de Reposição da População que é de 2,1 filhos por mulher.

O presente trabalho justifica-se por este tema ser um assunto atual e desafiador, apesar de haver alguns estudos no Brasil a respeito do tema escolhido, no município de Boca do Acre até então o tema fecundidade havia sido poucas vezes mencionado, e é sempre relevante à busca por uma maior exploração deste assunto a fim de proporcionar maior conhecimento sobre a dinâmica demográfica e ajudar na previsão de cenários econômicos futuros.

O objetivo geral deste estudo foi analisar o comportamento reprodutivo mediante a TFT (Taxa de Fecundidade Total) das mulheres no Brasil, Região Norte, Amazonas e Boca do Acre. Para isso propõe-se como objetivo específico avaliar a TFT a partir de algumas variáveis socioeconômicas (nível de escolaridade, situação conjugal, raça/cor) no

comparativo para o Brasil, Região Norte, Amazonas e Boca do Acre, para as mulheres que responderam ao Censo Demográfico de 2010.

O município de Boca do Acre que está localizado na região sul do Estado do Amazonas, distante da capital Manaus, cerca de 1.500 km, devido a essa distância o município é altamente dependente de Rio Branco capital do Estado do Acre. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2014 a estimativa era de que a população chegasse a 33.148 habitantes, com uma área territorial de 21.951.264 km². O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) era de 0,588 em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano considerado baixo (IDHM 0,5 e 0,599). Boca do Acre não possui indústrias significativas, a economia local é baseada na pecuária. Segundo dados do Atlas de Desenvolvimento Humano, em 2010, o indicador Educação foi o que mais cresceu em termos absolutos (com o crescimento de 0,266 em comparação a 2000), seguido por longevidade e por renda. A mortalidade infantil (mortalidade de crianças com menos de um ano) em Boca do Acre reduziu 54%, atingindo 21,1 por mil nascidos vivos em 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O método utilizado para a realização deste estudo é analítico-crítico. No primeiro momento, utilizamos literaturas existentes sobre o tema relatado na pesquisa: livros, revistas, artigos científicos publicados, jornais, buscando autores e pesquisadores que abordam sobre tema para nos dar base para as discussões levantadas durante a pesquisa, e colocar em debate as principais ideias referentes ao tema. Utilizamos para este estudo 36 referências (do ano de 1973 a 2014). Para alcançar o objetivo proposto utilizamos amostra de micro dados retirados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2000 e 2010.

Para melhor compreender como ocorre a relação da fecundidade com as variáveis trabalhadas, foi escolhido como público alvo desta pesquisa as mulheres do Brasil, Região Norte, Amazonas, e principalmente do município de Boca do Acre que responderam ao Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2010, e que estavam em idade reprodutiva (que são aquelas mulheres entre 15-49 anos). No ano

escolhido para análise as mulheres que estavam em idade reprodutiva no município de Boca do Acre totalizavam 7.376 mulheres (IBGE 2010).

São inúmeros os fatores socioeconômicos que influenciam a taxa de fecundidade, neste estudo inicialmente foi analisado a Taxa de Fecundidade Total (TFT) a nível nacional, Região Norte, Estado do Amazonas e posteriormente analisada para o município de Boca do Acre onde foi cruzada com as variáveis socioeconômicas: Nível de Instrução (mulheres com 0-4 anos de estudo *versus* mulheres com 11 anos ou mais de estudo), Raça/Cor (Mulheres brancas, pretas, amarelas, pardas e indígenas) e Situação Conjugal (mulheres casadas, divorciadas, desquitadas, viúvas e solteiras).

A extração dos dados do Censo Demográfico do ano de 2010 foram retirados e cruzados pelo programa computacional livre Recuperação de Dados para Áreas Pequenas Por Microcomputador - REDATAM, produzido e oferecido gratuitamente pelo Centro Latino-Americano e Caribenho de Demografia (CELADE). Após a extração dos dados utilizados foram construídos gráficos no programa de editor de planilhas Microsoft Office Excel, programa criado pela empresa Norte-Americana Microsoft.

Existem dois indicadores de fecundidade: A Taxa de Fecundidade Total (TFT) que consiste em uma estimativa do número médio de crianças nascidas vivas que uma mulher tem ao longo do período de fertilidade entre as idades de 15 a 49 anos e a Taxa Específica de Fecundidade (TEF) se refere ao número médio de filhos que uma mulher de uma determinada faixa etária teria em um ano.

De acordo com Carvalho (1998) a TFT pode ser descrita na fórmula:

$$TFT = 5 \times \sum TEF(i)$$

$$TEF_i = \frac{NV_i}{M_i}$$

Onde:

TFT: Número médio de filhos nascidos vivos de uma mulher ao final de seu período reprodutivo, mantidas as taxas específicas de fecundidade no momento dos levantamentos que geraram os dados;

TEF (i): Taxa específica de fecundidade do grupo etário *i*;

i: Grupo quinquenal de idade. (Consideram-se sete faixas etárias: 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44 e 45-49 anos);

NV_i: Número de filhos nascidos vivos de mulheres da faixa etária *i*;

M_i: Quantidade de mulheres na faixa etária *i*.

O principal indicador de fecundidade utilizado para este estudo foi o da Taxa de Fecundidade Total (TFT).

Ainda, no estudo da reprodução, a TFT pode ser interpretada como a relação entre o total de filhos nascidos vivos de mães sobreviventes no final do período reprodutivo e o tamanho, neste mesmo momento, da geração de mulheres a qual pertencem suas mães (CARVALHO, 1998).

Para a correção nos cálculos da Taxa de Fecundidade Total, será adotado o Método P/F de Brass, desenvolvido originalmente por Willian Brass (Brass e Coale, 1973), que pressupõe a existência de erros nos dados. Ele permite avaliar a precisão desses dados empregados, bem como estimar medidas de fecundidade para regiões com informações insuficientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A FECUNDIDADE TOTAL E SUAS VARIÁVEIS DETERMINANTES

A dinâmica demográfica consiste, em linhas gerais, como componentes a natalidade (e a fecundidade), mortalidade e migração. Diante desses componentes é possível observar sua relação com os fenômenos que alteram essa dinâmica de forma natural. Porém, fenômenos sociais também podem explicar essa relação, constituindo-se do que poderíamos chamar de suas causas determinantes ou condicionantes sociais.

O nível necessário para a reposição da população é 2,1, onde Beltrão et al (2004) afirma que:

“É o nível de fecundidade no qual uma coorte de mulheres tem o número de filhos suficientes para “repor” a si mesmas na população. Uma vez alcançado o Nível de Reposição, os nascimentos gradualmente atingem o equilíbrio com as mortes e na ausência de imigração e emigração, uma população finalmente parará de crescer e se tornará estacionária”.

Segundo Damiani (1991), a fecundidade, em princípio, sofreria a variação da idade de casamento, que por sua vez, sofre a influência de fatores culturais (religiosos), econômicos (como crise econômica e atraso da idade de matrimônio), e políticos (como a política demográfica da China, que penalizava casais com mais de um filho).

No Brasil a TFT está em declínio (Figura 1), fatores como urbanização, educação, mercado de trabalho, renda e programas sociais governamentais estão a influenciar as

mulheres a terem cada vez menos filhos (SIMÕES, 2006; LOPES, PONTILI, 2007; SANTOS et al., 2009; HASHIMOTO, SIMÕES, 2012).

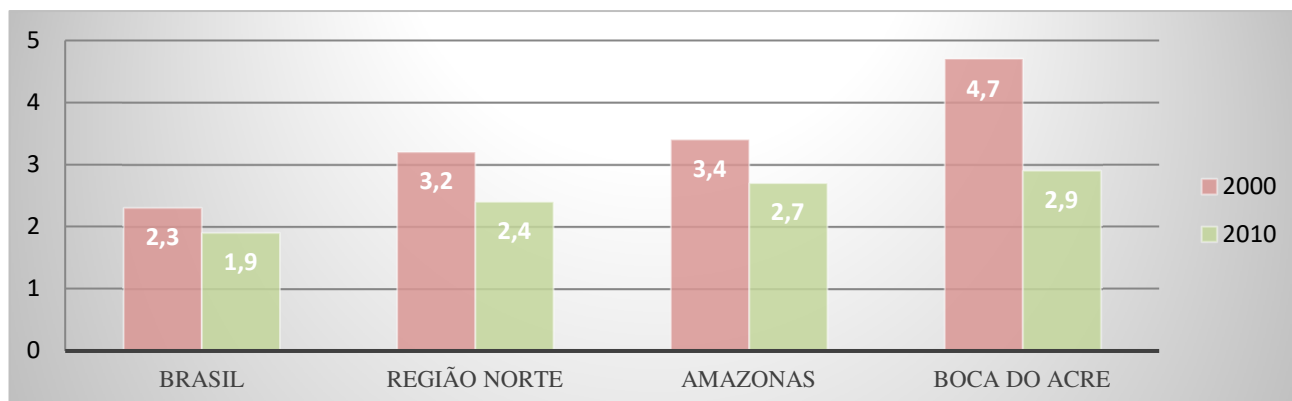


Figura 1. TFT no Brasil, Região Norte, Amazonas, e Boca do Acre nos anos de 2000-2010.
 Fonte: Atlas 2000 e Censo 2010- Estimativas elaboradas pelas autoras.

A Taxa de Fecundidade Total da população brasileira e da Região Norte apresentaram tendências semelhantes desde a década de 1940, período em que a taxa de fecundidade se apresentava ascendente, e a partir do ano de 1960 observou-se na TFT tendências declinantes para todas as Regiões do Brasil. Porém os níveis de fecundidade no país possuem tendências declinantes diferenciadas, como é o caso da Região Norte que possui uma TFT em termos proporcionais, superior à do Brasil. Isso denota que apesar da taxa de fecundidade apresentar-se decrescente a níveis nacionais, como é possível observar na figura 2, a Região Norte ainda detém a maior fecundidade do Brasil (BERQUÓ e CAVENAGHI, 2004).

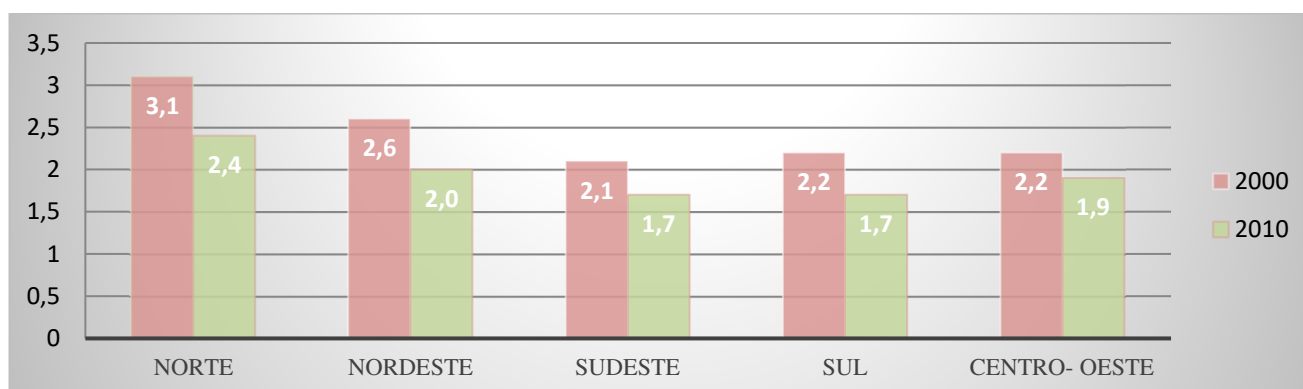


FIGURA 2. TFT segundo as grandes regiões brasileiras em 2000-2010.
 Fonte: Censo Demográfico 2000/2010- Estimativas elaboradas pelas autoras.

No estado do Amazonas, a fecundidade apresenta uma característica semelhante a da Região Norte. E mesmo apresentando um patamar relativamente elevado, o nível de fecundidade estadual vem passando pela mesma transição que tem sido observada ao longo dos anos nos demais estados do Brasil. Não obstante, o município de Boca do Acre também vem experimentando transformações no seu padrão reprodutivo. A figura 1 evidencia a TFT do Brasil em 2010 que chegou a 1,9, inferior a 2,1 (taxa ideal de reposição da população). A Região Norte, Estado do Amazonas e principalmente o município de Boca do Acre ainda apresentam níveis bem acima do nível de reposição populacional apesar de ao longo dos anos apresentarem declínios consideráveis em suas TFTs.

3.2. A TFT SEGUNDO O NÍVEL DE INSTRUÇÃO DAS MULHERES

O nível de instrução é uma variável que influencia na escolha das mulheres em ter filho ou postergar a maternidade, isso porque as mulheres com maior grau escolaridade tendem a possuir empregos com melhores salários, aumentando desta forma a sua renda familiar, e mais provida de informações, essas mulheres melhoram sua saúde e de seus filhos diminuindo a mortalidade infantil, como afirma Filho (2010), “as mulheres com maior nível de escolaridade possuem maiores rendas e conseqüentemente reduzem as taxas de fecundidade e mortalidade infantil.” A teoria econômica mostra que a saúde tem efeitos diretos e indiretos sobre a renda e o crescimento econômico. O efeito direto se dá na saúde como uma forma de capital humano. Os efeitos indiretos são oriundos da educação ou grau de instrução (outro componente do capital humano) e do capital físico (JACINTO 2012; SANTOS 2012; TEJADA 2012).

A educação no Brasil tem passado por profundas transformações desde o final dos anos de 1970 e início de 1980, quando começou no país o processo de expansão da escolarização básica em termos de rede de ensino público (BITTAR 2006; FERREIRA 2006). No século XIX havia uma participação tímida das mulheres nas escolas, essas que exerciam seus papéis principais como esposas, mães e donas de casa. No decorrer dos anos elas se tornaram presença majoritária em todos os níveis de escolaridade e são maioria nas universidades de todo o país, como relata Ristoff (2006): “elas são maioria em quase todos os níveis de ensino, especialmente nas universidades; têm um tempo médio de estudos superiores aos dos homens, tornando-se cada dia mais alfabetizadas; e apresentam um desempenho escolar, em vários níveis, comparativamente melhor que os homens”.

O Censo do Ensino Superior de 2010, produzido pelo Ministério da Educação, revelou que as mulheres ocupam 57% das matrículas. O mesmo acontece na conclusão dos estudos, elas são maioria na graduação brasileira, pois 60% das pessoas que concluem os cursos universitários são mulheres (ALBERTON 2010; CASTRO 2010; EGGERT 2010; FERRARI 2013; OST 2013). A diferença é de 8,7% entre os sexos, já com as mulheres na liderança, em 1996, saltou para 12,8% em 2003. O crescimento observa-se em todas as regiões do país, com destaque para a região Norte que saltou de 3,9% para 21,2%.

Apesar de apresentar realidades bastante distintas de acordo com as suas condições socioeconômicas, o perfil da família brasileira está menor de um modo geral. É possível observar ao longo dos anos que o comportamento reprodutivo das mulheres brasileiras mudou, e por consequência houve o declínio da fecundidade. Segundo Faria e Potter (1994) isso é resultado de uma interação de natureza econômica e também social.

Se considerarmos como exemplo os extremos no nível educacional do país, comparando mulheres que possuem menos de 4 anos de estudo *versus* mulheres com 11 anos ou mais de estudo, é possível constatar que ainda que venham diminuindo a taxa de fecundidade ao longo dos anos, a diferença entre ambos ainda é considerável em alguns lugares do território nacional como observado na figura 3.

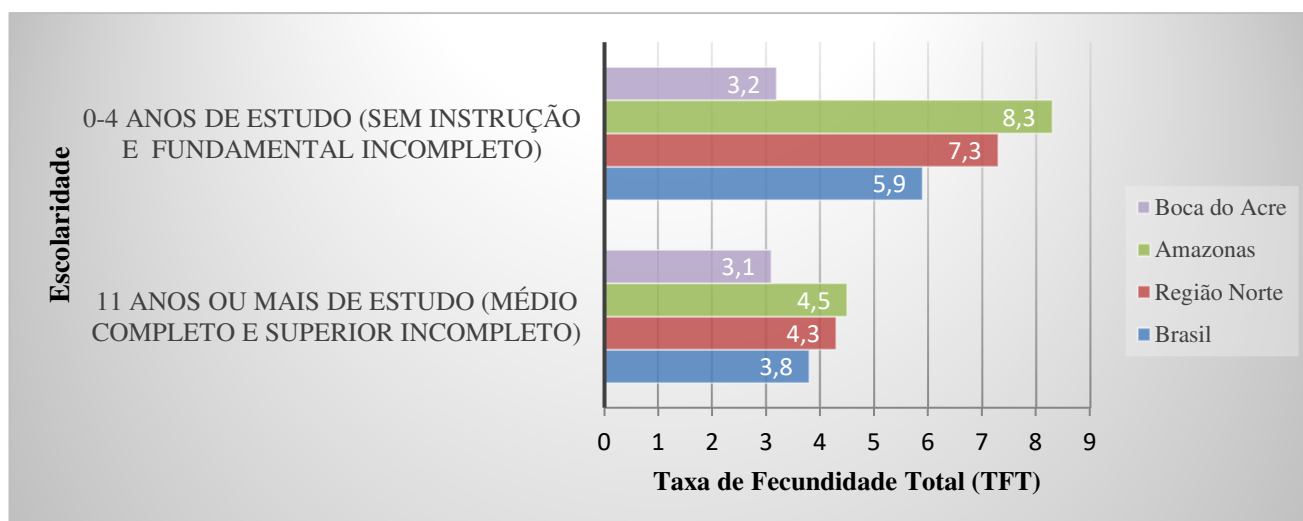


Figura 3. TFT segundo Nível de Instrução - Brasil, Região Norte, Amazonas, Boca do Acre em 2010.

Fonte: CENSO 2010 - Estimativas elaboradas pelas autoras.

Entre as mulheres de 0-4 anos de estudos (mulheres sem instrução ou ensino fundamental incompleto) o número de filhos é muito maior que as que possuem 11 anos ou mais de estudo (mulheres com ensino médio completo ou superior incompleto). No Brasil,

diversos estudos relataram a existência de um relacionamento negativo entre a educação da mulher e a fecundidade (MERRICK, BERQUÓ, 1983; MARTINE, 1996). O Estado do Amazonas apresentava uma taxa de fecundidade bastante elevada entre as mulheres sem instrução e ensino fundamental incompleto que tinham em média 8 filhos, tendência acompanhada pelas mulheres na Região Norte que também possuíam um número elevado de filhos. No Brasil a taxa de fecundidade chegava a 5,9 filhos por mulher, o menor índice de fecundidade era do município de Boca do Acre onde as mulheres tinham em média 3,2 filhos. Nas mulheres que tinham 11 anos ou mais de estudo, o Amazonas continuava com o índice maior, cerca de 4 filhos por mulheres, seguido pela região Norte e Brasil. O município de Boca do Acre como evidencia o Gráfico 3, foi o único dentre os espaços analisados que praticamente não apresentou diferença entre o número de filhos das mulheres que tinham de 0-4 anos de estudo e aquelas que possuíam acima de 11 anos de estudos, ou seja, para a população feminina estimada no ultimo Censo do IBGE que reside no município, o grau de instrução praticamente não interfere em sua decisão de ter ou não filho, uma vez que a taxa de fecundidade para ambos os graus de escolaridade é basicamente a mesma, cerca de 3 filhos por mulher.

3.3. A TFT DE MULHERES POR RAÇA/COR

Raça/cor é uma variável na qual demonstra que a TFT é diferente para cada categoria. Branco, preto, pardo, amarelo e indígena são as cinco categorias de pertencimento racial e essa diversidade é uma característica marcante no Brasil. Estudos demonstram que a TFT sofre alterações segundo a raça/cor das mulheres. Incorporado a essa variável, pesquisas mostram que em 2000, mais de 50% da população branca já se encontrava em regime de fecundidade abaixo do nível de reposição, mas somente 29% das negras encontravam-se nesta situação (BERQUÓ; CAVENAGHI, 2014).

Na verdade, poucos países no mundo passaram por uma miscigenação tão intensa quanto o Brasil, porém sua população soava insatisfeita com as categorias de cor e termos usados para diferenciar a raça/cor fazendo com que os números estatísticos de pesquisas de anos anteriores a 2010 sejam mais questionados, visto que o número de pessoas que se consideravam negras eram baixos. Mas em 2010 pela primeira vez na história, o Censo demonstrou que a população negra e parda é maioria no país: 50,7% de um total de 190.732.694 pessoas.

Pesquisas feitas por Berquó e Cavenaghi (2014) demonstram que a TFT entre as mulheres brancas era de 2,1 em 2000 e passa a 1,7 em 2010. Já entre a população negra, a fecundidade alcançou o nível de reposição somente em 2010. Demonstra-se então, que as mulheres brancas tendem a ter menos filhos, independente das regiões do país.

Uma observação interessante é que no ano de 1960 as mulheres pretas tinham uma fecundidade menor que as mulheres dos outros grupos de cor, porém isso se dava devido a maior proporção de mulheres pretas sem filhos, e não a sua prolificidade, que era igual a das mulheres brancas em 1940, e maior que a destas mulheres nos anos de 1950 e 1960. Observa-se então que as mulheres pretas em 1960 sem filhos eram 43,6, enquanto mulheres brancas somavam apenas 37,1 (BERCOVICH, 1989).

Segundo o Censo de 2010, a fecundidade total das mulheres indígenas, se comparadas às não indígenas apresentaram um nível elevado, cerca de 3,8 filhos por mulher, ressaltando que em 2000 a TFT das mulheres indígenas eram 3,9, ou seja, não sofre significativa alteração ao longo dos 10 anos, continuando com nível elevado se comparada as mulheres não indígenas. E embora existam muitos autores que apontam os motivos de declínio na TFT das mulheres brasileiras, não se pode afirmar o mesmo para as mulheres indígenas, apesar da população indígena também está inserida no processo de transição demográfica, porém acontecendo de forma mais tímida e em ritmos lentos (CRUZ et al., 2014).

Berquó e Cavenaghi (2004) afirmam que as mulheres com regime de fecundidade igual ou superior a 5 filhos de um total de 2.906.193 mulheres nesta situação, em 2000, 73.9% são auto declaradas negras, 70,7% vivem no Norte ou Nordeste e, 54.4% são de zonas rurais.

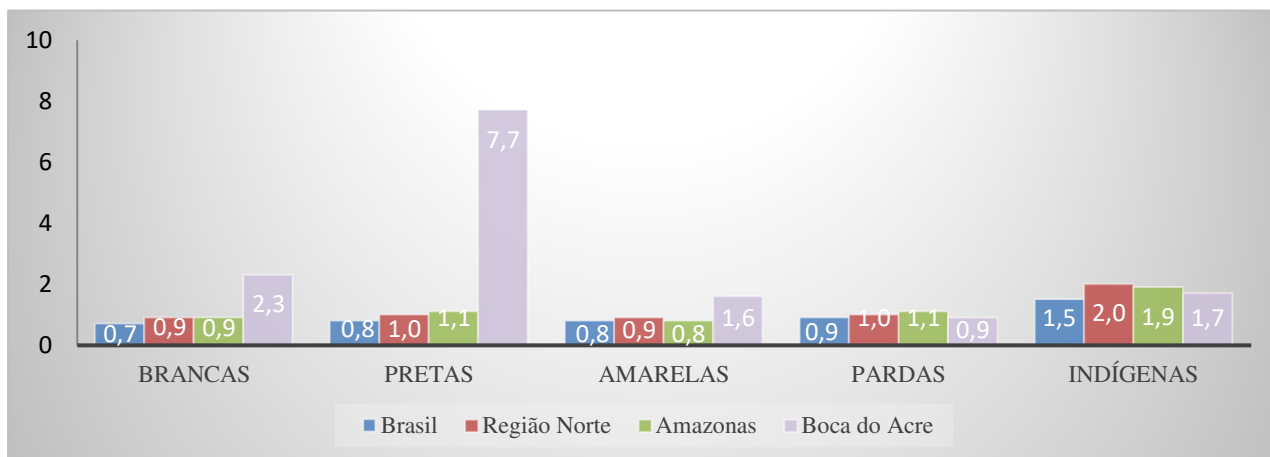


Figura 4. TFT segundo Raça/Cor - Brasil, Região Norte, Amazonas e Boca do Acre 2010.
 Fonte: CENSO 2010- Estimativas elaboradas pelas autoras.

Estudos apontam que a taxa de fecundidade sofre alterações de acordo com a raça/cor das mulheres. É importante ressaltar que no Censo Demográfico de 2010 cerca de 96% dos entrevistados afirmaram não saber fazer a autoclassificação de sua própria raça ou cor, sendo que a maioria se intitulou morena ou parda (IBGE 2010).

Analisando a figura 4, é possível observar que no Brasil as mulheres brancas, amarelas e pardas, tem níveis semelhante e bastante baixos, o índice maior fica entre a população indígena, onde tradicionalmente essas mulheres costumam ter mais filhos se comparada as outras que não são indígenas. A Região Norte e o Amazonas seguem as mesmas características encontradas no Brasil, sendo que o índice maior de fecundidade também é das mulheres indígenas. Já o município de Boca do Acre apresentou uma tendência diferente das observadas nas outras regiões analisadas. O menor índice é 0,9 encontrado nas mulheres pardas, as indígenas e mulheres amarelas tem níveis de fecundidade aproximado, já as mulheres brancas apresentam um índice de 2 filhos em média por mulher. As mulheres pretas por sua vez foram as que tiveram um maior índice, chegando a taxa de fecundidade total de 7 filhos nascidos vivos por mulher ao longo da idade reprodutiva, um índice bastante elevado para os padrões de fecundidade existentes no país, chegando próximo aos níveis de fecundidade observados na década de 1960. Uma das explicações para essa fecundidade elevada entre as mulheres pretas no município de Boca do Acre está no tamanho pequeno da amostra para esse grupo de mulheres. Apesar do ajuste no método de BRASS, o tamanho dessa amostra disponibilizada no Censo 2010 refletiu consideravelmente no resultado do cálculo.

É importante que também se faça um resgate histórico sobre quantitativo elevado da fecundidade entre as mulheres pretas nas últimas décadas, uma vez que o Brasil foi o último país do mundo a eliminar a escravidão, com isso é evidente que o país tenha uma importante dívida com a população afro descendente e apesar da constituição de 1988 buscar direitos iguais para todos, ainda há lutas para que suas palavras sejam fatos. Historicamente a população negra é vulnerável, discriminada e marginalizada, sendo frequentemente associada à criminalidade e à pobreza. A falta de acesso a bens e serviços evidentemente deixa esse grupo à mercê da força de vontade individual e da resiliência ao lidar com os entraves impostos pela organização social. E isso ainda reflete na ascensão social tardia das mulheres negras, das faltas de oportunidade para essas mulheres, fazendo com que seu índice de fecundidade seja maior, visto que a maioria é desprovida de elevados níveis de escolaridades, de bons postos de trabalho e por consequência possuem menores rendas.

Para Marx, apud Damiani (1991), o pobre não é somente aquele privado de recursos, mas aquele incapaz de se apropriar dos meios de subsistência, por meio do trabalho.

3.4. A TFT DE MULHERES POR SITUAÇÃO CONJUGAL

A situação conjugal das mulheres também é alvo de pesquisas para demonstração do nível de fecundidade, uma vez que o número de filhos pode variar segundo o estado civil da população feminina, onde tradicionalmente as mulheres unidas são as maiores responsáveis pelo número de filhos, e as mulheres não unidas apresentam um número de filhos bastante reduzido na dinâmica populacional. No ano de 2000 as mulheres em união consensual revelaram-se com as taxas de fecundidade mais elevada que aquelas mulheres casadas no civil/religioso e também que as das desquitadas, separadas e viúvas (SANTIAGO, 2012). Segundo Alves (1994) esta situação talvez decorra do fato de que as mulheres em união consensual muitas vezes já tiveram outras uniões amorosas, tendo assim um número maior de filhos.

A união consensual ocorre quando uma pessoa vive em companhia do cônjuge, sem ter contraído o casamento civil ou religioso. Embora os casais que se envolvam em união consensual sejam pessoas de todas as idades (10 anos ou mais), são os mais jovens os mais encontrados nesse tipo de união e é entre eles que se encontra a maior incidência de fecundidade (LAZO; MORAES, 2004).

A união consensual é tradicionalmente mais procurada pelas mulheres mais pobres, e esse fenômeno tinha uma maior intensidade entre as décadas de 1950 e 1960. A inconstância que é bem característica da juventude, relacionada à percepção da instabilidade da união vínculo conjugal, tende a levar os jovens a buscar formas de união mais condizentes com seu estilo de vida (BERQUÓ, 1998). A Lei 9.278/96 dispõe sobre união estável, onde se reconhece como entidade familiar a relação duradoura e contínua entre um homem e uma mulher. Portanto, no Brasil leva-se em consideração a situação conjugal das mulheres na tomada de decisão quanto ao tamanho da prole que a mulher pretende ter ao longo da vida reprodutiva.

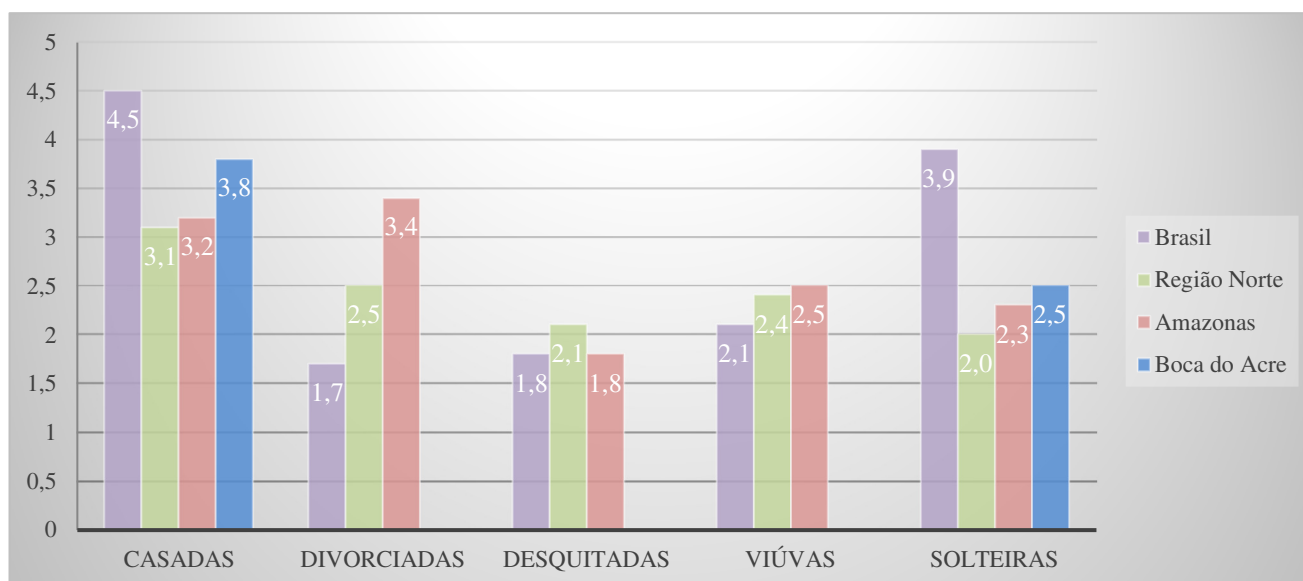


Figura 5. TFT segundo Situação Conjugal no Brasil, Amazonas, Região Norte e Boca do Acre – 2010.

Fonte: CENSO 2010 - Estimativas elaboradas pelas autoras.

Analisando a fecundidade segundo o tipo de união conjugal em Boca do Acre, observa-se na figura 5, que as mulheres casadas em 2010 seguiam a mesma tendência de fecundidade verificada para o Brasil, sendo que esse tipo de união das mulheres possuem uma TFT sempre mais elevadas. A TFT das mulheres divorciadas no Amazonas divergiu do que pregam as teorias, demonstrando que a fecundidade das mulheres divorciadas no estado foi maior do que a das mulheres casadas. A TFT de maior expressão entre as mulheres desquitadas está na Região Norte, e das viúvas no Amazonas. Para o município de Boca do Acre os dados de fecundidade das mulheres divorciadas, desquitadas e viúvas foram insignificantes para o tamanho da pesquisa.

Ainda sobre o Gráfico 5, evidenciou-se que as mulheres solteiras no Brasil possuíam em 2010 um número expressivo da TFT, ficando apenas 13,4% abaixo da TFT para as mulheres brasileiras casadas que detém comumente as maiores taxas de fecundidades. Para Boca do Acre a taxa de fecundidade das mulheres solteiras ficou acima das mulheres da Região Norte e Amazonas, porém sem expressiva diferença, permanecendo significativamente abaixo da TFT das mulheres casadas o que vai ao encontro das teorias demográficas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo analisou as tendências da fecundidade para o Brasil, Região Norte, Amazonas e para o município de Boca do Acre. A Taxa de Fecundidade Total do Brasil demonstrou variações bastante acentuadas no decorrer dos anos, e apresentou uma queda de 21% no período de 10 anos, influenciado principalmente por fatores socioeconômicos, pela elevação dos níveis educacionais do país, situação conjugal, raça/cor das mulheres e sua inserção no mercado de trabalho.

Com base nos resultados obtidos com a pesquisa, é possível constatar que a educação das mulheres no Brasil, na Região Norte e no Amazonas podem influenciar na decisão de terem ou não filhos, uma vez que a TFT é maior entre as mulheres que possuem nível de instrução de 0-4 anos de estudo, com relação às mulheres que possuem 11 anos ou mais de estudos a TFT cai pela metade. No município de Boca do Acre, a questão do nível de instrução não influencia na Taxa de Fecundidade Total das mulheres, uma vez que não apresenta diferenças significativas entre elas na pesquisa.

Com relação à raça/cor, os índices de fecundidade apresentados são basicamente os mesmos para a população brasileira, Região Norte e Amazonas, onde a TFT se mantém elevada entre a população indígena. Ao observar os dados para o município de Boca do Acre, os maiores índices estão entre as mulheres brancas e principalmente entre as negras que tem em média 7 filhos ao longo de sua vida reprodutiva, um índice extremamente elevado para os padrões de fecundidade observados nos últimos anos.

A situação conjugal das mulheres é outro fator que também interfere na Taxa de Fecundidade Total. No Brasil as mulheres casadas são as que possuem mais filhos, seguido pelas solteiras, a Região Norte e no município de Boca do Acre as casadas são as que possuem mais filhos. No estado do Amazonas essa tendência se modifica e as mulheres solteiras passam a ter uma maior taxa de fecundidade se comparadas às demais situações civis analisadas na pesquisa. No município de Boca do Acre a Taxa de Fecundidade Total foi insignificante para as mulheres divorciadas, viúvas e desquitadas.

Após o estudo foi possível observar que o comportamento reprodutivo das mulheres do município de Boca do Acre levando em consideração o nível de escolaridade, raça/cor, e situação conjugal possui características diferenciadas. Apesar de apresentar forte declínio a taxa de fecundidade se mantém elevada na Região Norte, Amazonas e Boca do Acre, somente no Brasil a taxa de fecundidade ficou abaixo do esperado. E essa redução na TFT

representa um sério risco de não renovação populacional. Pois, a queda da fecundidade contribui para a transição demográfica e acarreta uma alteração na estrutura etária da população, reduzindo inicialmente o peso das crianças e aumentando no peso dos adultos dentro da pirâmide etária, conseqüentemente aumentando o número de idosos (Alves, 2004). Essa inversão da pirâmide etária, seguida do aumento e crescimento da expectativa de vida fará com que em 20 anos a população idosa seja muito maior que a mão de obra jovem, situação que a muito tempo é enfrentada por países europeus onde os idosos são responsáveis por uma maior parcela da população.

Alves (2004) defende a teoria do Bônus demográfico, que nada mais é que a capacidade quantitativa em mão de obra jovem como potencial de crescimento econômico. O autor alega ainda, que essa janela de oportunidade do Bônus Demográfico acontece uma única vez em todos os países e, que o Brasil está no ponto ótimo de sua capacidade de mão de obra jovem favorável, porém esse quadro tende a mudanças a partir de 2030. Em suma, a fecundidade como uma das determinantes que compõe a dinâmica demográfica de uma sociedade é de extrema relevância quanto à análise econômica a partir da ótica dos estudos populacionais.

Apesar da taxa de fecundidade total está baixa para a maioria da população, ainda é possível encontrar no Brasil lugares onde a fecundidade atinge patamares próximos aos apresentados no país na década de 1960, porém essa parcela da população é cada vez menor. É maior o número de lugares em que o percentual da taxa de fecundidade se encontra abaixo dos níveis de reposição. Essa nova realidade demográfica no país traz conseqüências sociais e econômicas. Com este estudo ressalta-se a importância de políticas públicas voltadas a área de reprodução e também educação uma vez que a escolarização da população aumenta não somente sua renda familiar, mas também a qualidade de vida das mulheres e de seus filhos.

Conhecer as taxas de fecundidade, seus níveis e tendências, e a estrutura por faixas etárias, e verificar quais os grupos de mulheres que tem mais filhos é extremamente importante para compreender a dinâmica demográfica do país e definir os cenários futuros para projeção da fecundidade que é o componente que mais afeta as estimativas elaboradas para a população. É esperado que a taxa de fecundidade continue a diminuir ao longo dos anos, mas tudo dependerá de como estará o cenário econômico e das políticas públicas que afetam diretamente o comportamento reprodutivo das mulheres no país.

5. REFERÊNCIAS

ALBERTON, Mirele; CASTRO, Amanda; EGGERT, Edla. **Nísia Floresta a mulher que ousou desafiar sua época: Feminismo e Educação**. Disponível em: <http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/eventos/cictg/conteudo_cd/E2_N%C3%ADsia_Floresta.pdf>. Acesso em abril de 2015.

ALVES, Jed; GUEDES, Moema de Castro: **A população feminina no mercado de trabalho entre 1970-2000: particularidades do grupo com nível universitário (2004)**. Caxambú, Anais do XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, de 20- 24 de Setembro de 2004.

ALVES, J. E. D. **Transição da fecundidade e relações de gênero no Brasil**. Tese (Doutorado) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 1994.

ALVES, J. E. D. **O Bônus Demográfico e o Crescimento Econômico no Brasil**. Texto para discussão. Escola Nacional de Ciência Estatística. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: www.abep.nepo.unicamp.br/docs/PopPobreza/Alves.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.

BARBOSA, Lara M.; CRUZ, Anna K. R. da; FRANCA, Mardone C.; SILVA, Eliana M. da; TEIXEIRA, Pery. **Fecundidade das mulheres indígenas e não indígenas: uma análise com base nas informações do Censo 2010 (2014)**.

BELTRÃO, K. I.; CAMARANO, A. A.; KANSO, S. **Dinâmica populacional brasileira na do século XX**. Rio de Janeiro: Ipea, 2004 (Texto para Discussão, nº. 1.034).

BERCOVICH, Alícia M. **Considerações sobre a fecundidade da população negra no Brasil (1989)**. Revista brasileira de estudos de população; Vol 6, No 1 (Año 1989).

BERQUÓ, Elza S.; CAVENAGHI, Suzana M. **Mapeamento sócio-econômico e demográfico dos regimes de fecundidade no Brasil e sua variação entre 1991 e 2000 (2004)**. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. Anais... Belo Horizonte: Abep, 2004.

_____. **Perfil socioeconômico e demográfico da fecundidade no Brasil de 2000 a 2010 (2014)**. In: VI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO AMERICANA DE POPULAÇÃO. Anais... Lima, Peru, 2014.

BITTAR, Marisa; FERREIRA, Amarílio. **A Ditadura Militar e a Proletarização dos Professores (2006)**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v27n97/a05v2797.pdf>>> Acesso em março de 2015.

BRASIL, REVISTA EDUCAÇÃO. **Participação das mulheres na Educação brasileira ultrapassa homens**. Disponível em: <<http://revistaeducacao.uol.com.br/textos/noticias/artigo232943-1.asp>>. Acesso em 24 de março de 2015.

BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil**. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br/> Acesso em: 03 de março de 2014.

BRASIL. **Glossário por Tema: População**. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mlateral/glossario/T_Populacao.htm>. Acesso em 24 de março de 2015.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (CENSO DEMOGRÁFICOS 2000 e 2010)**. Disponível em: www.ibge.gov.br/>. Acesso em 03 de Outubro de 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (INDICADORES SOCIODEMOGRAFICOS E DE SAÚDE NO BRASIL 2009). Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indic_sociosaude/2009/indic_saude.pdf/>. Acesso em 12 de março de 2015.

BRASIL. **LEI 9.278/1996 (Lei Ordinária). Presidência da República**. Disponível em: www.planalto.gov.br/>. Acesso no dia 28 de Abril de 2015.

BRASS, W.; COALE, A.J. **Methods of Analysis and Estimation**. In: BRASS, W.; COALE, A.J. et al. *The Demography of Tropical Africa*. Princeton: Princeton University Press, chapter 3, 1973.

BRUSCHINI, C.; LOMBADI, M.R. **O trabalho da mulher brasileira nos primeiros anos da década de noventa**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 1996, Caxambu. Anais... Belo Horizonte: ABEP, 1996.

CARVALHO, J. A. M.; SAWYER, D.O.; RODRIGUES, R.N. **Introdução a alguns conceitos básicos e medidas em demografia**. Belo Horizonte: ABEP e FJP. 1998.

CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR – Inep. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/superior-censosuperior>>. Acesso em março de 2015.

CRUZ, Anna Karoline Rocha da; SILVA, Eliana Mesquita da; BARBOSA, Lara de Melo; FRANÇA, Mardone Cavalcante; TEIXEIRA, Pery. **Fecundidade das mulheres indígenas e não indígenas: uma análise com base nas informações do Censo 2010**. VI Congresso da Associação Latino-Americana realizado em Lima no Peru, de 12 a 15 de agosto de 2014.

DAMIANI, Amélia. **População e Geografia p.35**. São Paulo: Contexto, 1991.

FARIA, V.; POTTER, J. **Television, telenovelas, and fertility change in Northeast Brazil**. In: Seminar on Values and Fertility Change . Sion, IUSSP, 1994.

FERRARI, Thatiane. **As mulheres são a maioria nas Universidades. Emancipação financeira, hierarquia social e fim do machismo entram em debate na UFRE**. Disponível em: <http://www.une.org.br/2013/01/mulheres-sao-a-maioria-nas-universidades/>>. Acesso em setembro de 2014.

HASHIMOTO, Francisco; SIMÕES, Fatima Itsue Watanabe; **Mulher, mercado de trabalho e as configurações familiares do século XX (2012)**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

Minas Gerais. Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas Reg.: 120.2.095–2011 – UFVJM ISSN: 2238-6424 N^o. 02 – Ano I – 10/2012

LAZO, A. C. G. V. e MORAES, J. R. **As uniões consensuais no Estado do Rio de Janeiro em 2000: um estudo usando regressão logística**. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu – MG. 2004

LOPES, Janete Leige; PONTILI, Rosangela Maria. **Renda familiar e educação como fatores condicionantes do aumento da taxa de fertilidade: uma análise para o Paraná (2007)**. Anais V ECOPAR-Encontro de Economia Paranaense (2007, out, 4-5)

MARTINE, G. **Brazil's Decline, 1965-95: A fresh Look at Key Factors**. Population and Development Review, v. 22, n. 1, p. 47-75, mar. 1996.

MERRICK, T. W.; BERQUÓ, E. **Determinants of Brazil's Recent Fertility Decline**. In.: **The Determinants of Brazil's recent Rapid Decline in Fertility**. Washington: National Academy Press, 1983, p. 79-114.. 1, p. 4-14, mar. 1989.

PAZELLO, E. T.; FERNANDES, R. **A maternidade e a mulher no mercado de trabalho: diferença de comportamento entre mulheres que têm e mulheres que não têm filhos**. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação em Economia (ANPEC) 31., 2004, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ANPEC, 2004.

RISTOFF, Dilvo. **A trajetória da mulher na Educação brasileira**. Artigo publicado na Folha de São Paulo: Disponível em:<
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5710&catid=202>. Acesso em março de 2015.

SANTIAGO, Débora Ramos. **Fecundidade na Região Norte: uma análise socioeconômica e espacial do perfil reprodutivo das mulheres nortistas**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

SANTOS, Anderson Moreira Aristides dos; SOUSA, Edler Angelino de; TEJADA, César Augusto Oviedo; JACINTO, Paulo de Andrade. **Determinantes socioeconômicos de fertilidade no Brasil (2009)**.

SIMÕES, Celso Cardoso da Silva. **A Transição da Fecundidade no Brasil: Análise de seus determinantes e as novas questões demográficas (2006)**. UNFPA, São Paulo, 2006.

WEINBERGER, M. B.; LLOYD, C.; BLANC, A. K. **Women's Education and Fertility: A Decade of Change in four Latin American Countries**. International Family Planning Perspectives, v. 15 (1989).

GESTÃO DE INSUMOS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: ESTUDO DE CASO APLICADO À UM PROJETO DE REINSERÇÃO SOCIAL DE APENADOS

Natália Talita Araújo Nascimento¹, Fabrício Moraes de Almeida¹, Flávio de São Pedro Filho², Charliston Alves de Amorim³, Kamila Diniz Correia de Araújo⁴ e Gustavo Domingos Sakr Bisinoto⁵

1. Universidade Federal de Rondônia (Unir), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (Pgdra), Porto Velho, Rondônia, Brasil;
2. Universidade Federal de Rondônia (Unir), Programa de Pós-Graduação em Administração (Ppga), Porto Velho, Rondônia, Brasil;
3. Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF), Porto Velho, Rondônia, Brasil;
4. Universidade Federal de Rondônia (Unir), Departamento Acadêmico de Ciências da Administração (Daca), Guajará-Mirim, Rondônia, Brasil;
5. Universidade Estadual do Mato Grosso (Unemat), Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

RESUMO

Este é um estudo que foi parcialmente publicado pelo International Journal of Development Research. Constitui uma pesquisa aplicada do campo interdisciplinar que visa mapear o uso de combustível em equipamentos e veículos de um projeto de Segurança Pública de uma Secretaria Estadual de Rondônia, situado no Complexo Penitenciário do município de Porto Velho-RO. Propõe-se como objetivos específicos: (1) realizar levantamento dos equipamentos e veículos em uso; (2) analisar dados relativos ao consumo desses bens e (3) sugerir adequações para o aperfeiçoamento da gestão de combustível aplicada pela unidade estudada. A problemática da pesquisa está centrada em responder: Como melhorar o gerenciamento de combustível tendo em vista o planejamento da produção do local pesquisado? Quanto à metodologia, esta investigação é tida como descritiva de abordagem quali-quantitativa mediante o emprego dos procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, documental e Método de Estudo de Caso. Com a pesquisa foi possível detectar situações de inconformidades no sistema atual de fornecimento de combustível, observando-se que se trata de um sistema focado na disponibilização do insumo e deficiente nos processos de gerenciamento e controle. Constatou-se ainda que existem informações suficientes para realização de planejamento de uso do insumo, bem como o estudo foi relevante ao analisar e gerar novas informações para elaboração de plano estruturado às atividades do projeto. Em resposta a problemática deste estudo constata-se que o gerenciamento de combustível deverá ser implantado pelo projeto, ora que não se visualizou sistemas gerenciais em operação para a sugestão de melhorias. Sugeriu-se ainda como tema para novas pesquisas

o mapeamento das produções e recursos necessários à atividade produtiva do projeto investigado.

Palavras-chave: Administração Pública. Gerenciamento. Combustível.

ABSTRACT

This is a study that was partially published by the International Journal of Development Research. It constitutes an applied research in the interdisciplinary field that aims to map the use of fuel in equipment and vehicles of a Public Security project of a State Secretariat of Rondônia, located in the Penitentiary Complex of the municipality of Porto Velho-RO. Specific objectives are proposed: (1) to carry out a survey of the equipment and vehicles in use; (2) analyze data related to the consumption of these goods and (3) suggest adjustments to improve the fuel management applied by the studied unit. The research problem is centered on answering: How to improve fuel management in view of the production planning of the researched location? As for the methodology, this investigation is considered as descriptive of a quali-quantitative approach using the technical procedures of bibliographic, documentary research and Case Study Method. With the research it was possible to detect situations of non-conformities in the current fuel supply system, observing that it is a system focused on making the input available and deficient in the management and control processes. It was also found that there is enough information to carry out planning for the use of the input, as well as the study was relevant when analyzing and generating new information for the elaboration of a structured plan for the project activities. In response to the problems of this study, it appears that fuel management should be implemented by the project, as there were no management systems in operation to suggest improvements. It was also suggested as a theme for new research the mapping of the productions and resources necessary for the productive activity of the investigated project.

Keywords: Public Administration. Management. Fuel.

1. INTRODUÇÃO

Este é um estudo que foi parcialmente publicado pelo International Journal of Development Research (NASCIMENTO et al., 2021). A pesquisa é motivada pela necessidade da academia dar suporte às instituições adjacentes, utilizando seu conhecimento teórico e atuação técnica em prol de melhorias nestas organizações. O presente documento é resultado de pesquisa participante desenvolvida pela Universidade Federal de Rondônia, junto à Secretaria de Estado da Justiça - Sejus. Como objeto de estudo foi selecionado um projeto de reinserção social desenvolvido no município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. A problemática da pesquisa visa responder: é possível aperfeiçoar o gerenciamento de combustível em prol do planejamento da produção no local pesquisado?

O objetivo geral da investigação consiste em analisar o consumo de combustível em equipamentos e veículos de um projeto de reinserção social da Sejus. A iniciativa se dá em

face do levantamento de dados, adoção de sistemas de controle, diminuição dos procedimentos de solicitação adicional de combustível, bem como criação de informações para o planejamento e organização da unidade pesquisada.

Constituem os objetivos específicos: (1) realizar levantamento dos equipamentos e veículos em uso; (2) analisar dados relativos ao consumo desses bens e, (3) sugerir adequações para aperfeiçoamento da gestão de combustível aplicada pela unidade estudada.

Este documento traz a seguir o referencial com as teorias e conceitos basilares, a metodologia explicando a construção do estudo, os resultados em conformidade com os objetivos propostos e as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A nova perspectiva na Administração Pública impõe como novo desafio para o desenvolvimento a atuação dos gestores em todos os níveis de governo de forma atenta e com domínio de um conjunto de variáveis que envolvem suas tarefas, habilidades e ações diárias (PASCARELLI FILHO, 2011). Nesse sentido, não cabe ao gestor apenas delegar tarefas, mas sobretudo conhecer e se envolver no processo de execução, de modo que suas decisões sejam democráticas e possam promover melhorias no ambiente laboral. A inovação na administração estatal requer novas competências, recursos e infraestrutura. Para o desenvolvimento dessas competências é preciso canalizar o impulso criativo dos servidores, gestores e agentes que integram o Estado (GUERREIRO; GALAL, 2012).

As mudanças organizacionais são relevantes ao objetivarem a melhoria contínua dos processos e submeterem as instituições e suas complexidades à uma nova percepção em busca da superação de paradigmas. No que tange ao entendimento da complexidade organizacional explicita-se que as atividades humanas e métodos organizacionais possuem um número significativo de elementos que se inter-relacionam em uma instituição, seja ela pública ou privada. Assim, nas atividades humanas contribuem para o grau de complexidade a personalidade, formação de grupos, conhecimentos, habilidades e atitudes dos indivíduos, enquanto nos métodos organizacionais atuam para a complexidade os procedimentos, instruções de trabalho, normas, indicadores, cultura, processos e atividades da organização (SILVA, 2014).

Ao imaginar-se que o conjunto de elementos da complexidade individual é reunido ao conjunto da complexidade organizacional é possível perceber o porquê é tão comum o uso do termo organizações vivas, ora que cada organização passa a ter de fato uma constituição única. Como bem citou Silva (2014) “todos estão inseridos na organização transformando-a em uma máquina altamente complexa, coexistindo com acertos e erros, eficiência e deficiência”.

A partir da visão de inovação, a pesquisa está dirigida para a gestão pública e defende que em meio a toda sua complexidade, a instituição pública é formada por pessoas e estas possuem poder de intervenção em prol de melhorias nos processos administrativos. É utilizada como teoria base do estudo a New Public Management.

Caracterizada como um movimento que surgiu da necessidade de melhor gerir a máquina pública, a New Public Management está alicerçada na captação de boas práticas da iniciativa privada pela iniciativa pública, permitindo de tal forma que os servidores públicos possuam maior autonomia e tenham a mensuração do seu trabalho pautada em indicadores de controle gerencial (BIONSKI, PRATES et al., 2017).

2.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

O planejamento estratégico consiste no processo de elaboração da estratégia que é definida como o melhor caminho a seguir, considerando para isso o conjunto de variáveis existentes. Assim, planejar estrategicamente significa escolher de modo prévio qual caminho deve ser percorrido em detrimento aos demais existentes. Campos (2014) ao indicar as etapas do planejamento estratégico elencou seis passos, sendo eles: (1) a análise ambiental; (2) o estabelecimento de metas e planos de ação; (3) avaliação das metas e planos traçados; (4) seleção de metas e planos viáveis; (5) implantação e, (6) monitoramento e controle.

O planejamento estratégico é elaborado com base na relação entre organização e ambiente e não requer apenas a construção de decisões inter-relacionadas, mas principalmente exige a implementação destas decisões. A ação organizacional pode responder de três formas às variáveis ambientais na formulação da estratégia: (1) ação reativa: resposta organizacional aos problemas que surgem, a organização espera o problema surgir para reagir à eles; (2) ação planejadora: as organização se antecipam aos problemas e (3) ação empreendedora: as organizações visualizam oportunidades e a partir delas se antecipa aos problemas (ANSOFF, 1990).

Mintzberg (2002) considera que o planejamento estratégico por meio da relação entre ambiente interno e externo, modificou a percepção das empresas sobre suas atividades e gestão. De tal forma, tornou-se perceptível que as decisões compusessem um esforço para o planejamento contínuo, ultrapassando planos anuais e projeções internas da organização. Passou-se a exigir uma visão integrada do processo e a aproximação da gestão de diferentes áreas funcionais, como a de produção, pessoas e tecnologia (CAMPOS, 2012).

Ainda que em contato breve com as concepções teóricas sobre o planejamento estratégico é possível detectar uma característica comum entre as abordagens: elas foram concebidas para as empresas privadas. Todavia, ao considerar o movimento da New Public Management que defende a redução da dualidade público-privada por meio da importação de modelos técnicos pelo Estado, bem como compreender que tanto o planejamento como a estratégia são conceitos universais, é possível adaptar as concepções teóricas do tema ao contexto das instituições públicas.

Conforme citaram Stuesson, Owman e Lidé (2012) a tendência governamental é agir reativamente, colhendo os frutos de eficiência e melhoria de desempenho que já existem, agindo em resposta a uma nova crise. Todavia, ao implantar a inovação através de um raciocínio efetivo na organização dos indivíduos, nos serviços prestados e para quem os resultados se direcionam, é possível tornar o ambiente público realmente proativo no futuro.

2.2 RACIONALIZAÇÃO DOS GASTOS PÚBLICOS

O processo é a reunião de atividades inter-relacionadas que são desenvolvidas coletivamente na organização. A gestão por processos é um método que visa maximizar o uso dos recursos internos em prol de maior eficiência e resultados. Esse modelo prioriza o cumprimento de normas, rotinas e procedimentos, buscando assegurar que os sistemas internos estejam adequados às demandas externas e os sistemas de controle de recursos estejam adaptados às necessidades organizacionais (SILVA, 2014).

Gerir o processo é admitir que pertencente a uma visão global e estratégica, o servidor atuará pontualmente em sua atividade, tendo em vista o alcance de um macro objetivo. Pela gestão processual compreende-se que o planejamento estratégico para ser implementado deve ser incorporado às rotinas diárias. Sendo assim, “é de cima para baixo que deve fluir a visão e a estratégia, ao contrário da implementação, inovação, feedback e aprendizado, que devem refluir de baixo para cima, formando, assim, um ciclo de alinhamento e aprendizado” (SILVA, 2014).

Rodriguez (2013) ao tratar sobre as características das organizações mecânicas e orgânicas cita que enquanto o modelo mecânico está dirigido à realização de atividades e projetos a qualquer custo, com visão de gestão limitada à área de abrangência funcional, o modelo orgânico tem visão pensada em rede de relacionamentos e adota cultura do não-desperdício dos ativos físicos e conhecimentos, promovendo a responsabilidade social em todos os níveis.

Lima (2008) ao tratar sobre a racionalização dos gastos públicos afirma que

a concepção de que o gasto público deve estar atrelado à aplicação de métodos apropriados para a identificação de custos e resultados abre espaço para a uma gestão pública responsável, qualificada. É certo que a avaliação dos resultados sob o prisma da administração pública difere sobremaneira daquela promovida pelo setor privado, até porque suas metas são distintas. Enquanto aquela se empenha para promover o bem coletivo, maximizando os benefícios concedidos a um custo ótimo, esta busca o lucro a baixo custo. Em quaisquer das hipóteses, a idéia central é a maximização dos recursos em prol de um retorno satisfatório.

Em mesma perspectiva Stureson, Owman e Lidé (2012) afirmaram que na esfera governamental o objetivo “é prestar serviços aos cidadãos, utilizando fundos governamentais como meios”, enquanto na esfera privada a “meta é criar riqueza para os acionistas da empresa”.

Para o estudo do processo e a percepção de inovações a serem implementadas é necessária a constatare análise das atividades, métodos e objetivos da instituição, setor, departamento ou unidade. Silva (2014) pontua que quando a análise é executada por colaboradores da instituição a busca de informações é facilitada, uma vez que este indivíduo possui familiaridade com o ambiente organizacional, além de maior acesso aos diversos setores, possibilitando chances mais elevadas de êxito e aceitação do trabalho pelos demais colaboradores. Nesse sentido torna-se importante integrar os servidores públicos ao processo, incentivando a ação autônoma e responsável na implementação de inovações capazes de promover a economicidade dos recursos disponíveis.

Como bem indicaram os estudiosos trazidos na revisão teórica desta pesquisa é relevante salientar os seguintes entendimentos para aplica-los nas organizações públicas: (1) o papel do gestor público não é somente a atribuição de tarefas, mas o conhecimento e execução destas com sua equipe; (2) as mudanças organizacionais são necessárias para a quebra de paradigmas e não podem ser de responsabilidade apenas do gestor; (3) a gestão pública deve incentivar a autonomia e responsabilidade dos servidores na melhoria dos processos; (4) o planejamento estratégico deve se desdobrar em ações diárias e ser

incorporado pela organização; (5) as concepções teóricas podem ser ajustadas ao campo prático, ainda que criadas para a iniciativa privada, poderão ser adotadas pelo segmento público.

A implementação desses pressupostos teóricos resultará naturalmente na racionalização dos gastos públicos, ora que o servidor compreenderá os objetivos estratégicos e seu papel na execução das metas. Assim, a economicidade e melhor uso dos recursos público não será tarefa inerente ao setor de compras e licitações, como é comum ocorrer. Não se trata apenas de selecionar o preço de aquisição mais vantajoso, mas principalmente vivenciar que a organização possui uma gama extensa de recursos a serem poupados e bem aplicados em face de resultados superiores.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Quanto à finalidade, este estudo se caracteriza como pesquisa social aplicada, a qual possui resultados voltados à aplicação prática, a fim de inserir as abordagens teóricas no campo empírico sob forma de intervenção organizacional e social. Possui tipologia participante, que conforme Rocha (2004) é aquela que possui um elemento político que viabiliza a discussão da relevância do estudo, tendo como foco a intervenção na realidade social. O estudo caracteriza-se ainda como descritivo, que é aquele que busca caracterizar, traçar informações e descrever determinado assunto, buscando mapear o contexto pesquisado, tendo como ponto de partida um enunciado claro do problema. Tem natureza qualitativa, onde pretende captar aspectos que caracterizam o objeto, procurando compreender e interpretar elementos, comportamentos e motivações não quantificáveis. E, aplica como procedimento técnico o Estudo de Caso que consiste em estudo profundo sobre o objeto, permitindo utilizar-se um conjunto de diferentes técnicas (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2015).

Pertencente ao campo de ciência interdisciplinar, foram utilizados dados primários e secundários para a elaboração das análises. Os dados primários foram coletados em pesquisa in loco por meio da realização de entrevista e experimento prático que buscou quantificar o uso de combustível nos equipamentos roçadeira.

Os dados secundários foram obtidos junto a relatório emitido pela empresa responsável pelo gerenciamento da frota de veículos do Estado de Rondônia, a qual utiliza

sistema nomeado Ticket Log. O período analisado compreendeu o intervalo entre abril de 2017 a abril de 2018.

A pesquisa é descritiva, que é aquela que busca caracterizar um fenômeno e estabelecer relações entre variáveis. Quanto a abordagem é tida como quali-quantitativa e empregou como procedimentos técnicos a pesquisa bibliográfica, documental e Estudo de Caso. Os instrumentos de coleta de dados são descritos no quadro 1.

Quadro 1. Instrumentos de coleta de dados.

Instrumento	Descrição
1. Pesquisa bibliográfica e documental	1.1 Uso do arcabouço teórico em consulta a livros, revistas científicas e dissertações; uso de documentos do projeto, tais como notas fiscais, memorandos e relatórios de dados.
2. Entrevista	2.1 Realizada com os reeducandos que integram o projeto e operam o equipamento roçadeira. Tiveram por finalidade entender a atividade que exerciam e o manuseio dos equipamentos que fazem uso de combustível. 2.2 Também foram entrevistados os colaboradores que realizam os pedidos adicionais de combustível e são responsáveis pelo abastecimento dos equipamentos e veículos. 2.3 A tipologia de entrevista aplicada foi estruturada ao objeto pesquisado.
3. Experimento	3.1 Realizado por meio da colaboração de dois reeducandos voluntários para avaliar o consumo das roçadeiras.

Fonte: Com base em Farias Filho e Arruda Filho (2015).

A pesquisa foi autorizada pela Secretaria Estadual e preserva as informações pessoais dos reeducandos integrantes do projeto. O objeto analisado consiste no estudo processual das atividades ali desenvolvidas, considerando estas como procedimentos a serem padronizados em face da garantia de melhor eficiência e economicidade no uso de combustível.

A análise dos dados quantitativos ocorreu por meio do programa MsExcel. Os dados qualitativos foram organizados de acordo com a estruturação da pesquisa, de forma que cada tópico dos resultados apresenta as descritivas e complementação de informações quantitativamente indicadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada em um projeto de ressocialização desenvolvido pela por uma Secretaria do Estado de Rondônia. As ações executadas pelo projeto têm por objetivo a reintegração social de apenados pertencentes ao regime semiaberto por meio da oferta de trabalho remunerado. O local da pesquisa está situado no complexo penitenciário, zona rural

do município de Porto Velho-RO e possui área de aproximadamente 309 hectares. Atualmente o projeto atende 60 reeducandos, os quais desenvolvem atividades voltadas a agricultura e cultivo de culturas como abacaxi, laranja, limão, banana, cacau, mandioca e hortaliças.

O estudo analisa os procedimentos inerentes a aquisição e uso de combustível, observando as demandas, equipamentos e rotinas do projeto tendo em vista que para o planejamento da produção é imprescindível o conhecimento dos recursos necessários, sendo o combustível um relevante insumo para a gestão produtiva.

Os resultados são divididos em dois tópicos principais. O primeiro apresenta o levantamento dos equipamentos e veículos em uso, conforme objetivo específico 1 proposto. O segundo traz uma análise crítica dos dados relativos ao consumo desses bens, apresentando as sugestões de adequação que visam o aperfeiçoamento da gestão de combustível da unidade, atendendo, portanto, aos objetivos específicos 2 e 3.

4.1 LEVANTAMENTO DOS EQUIPAMENTOS E VEÍCULOS DO PROJETO

A primeira etapa da análise envolveu a caracterização dos veículos e equipamentos utilizados no projeto investigado. Buscou-se identificar os bens em uso no projeto em confronto com aqueles cadastrados junto ao Núcleo de Transportes da Secretaria Estadual para o recebimento mensal de combustível. Com o levantamento, constatou-se que existem 6 (seis) veículos em uso no projeto, sendo 1 (uma) motocicleta, 3 (três) caminhonetes e (2) veículos de pequeno porte. Quanto aos equipamentos, 14 (quatorze) foram listados. Na organização dos dados foi elaborado o Quadro 2 que descreve o total de equipamentos e veículos em uso, bem como indica se o bem possui cadastro para recebimento de valores para abastecimento.

Foi possível constatar três situações a serem sanadas: (1) necessidade de cadastro de equipamentos e veículos para recebimento de combustível; (2) notificação ao setor de patrimônio sobre equipamento que não está em uso no projeto em face de cedência a outra unidade prisional; (3) correção de cadastro de equipamentos motosserra que estão cadastrados como roçadeiras.

Quadro 2. Veículos e equipamentos em uso

Categoria	Descrição	Cadastrado ?	Observações
Veículo	FIAT/STRADA	Sim	
Veículo	VW/GOL	Sim	
Veículo	MITSUBISH/L200	Sim	
Veículo	MITSUBISH/L200	Sim	
Veículo	MITSUBISH L200 TRITON	Sim	Aguardando conserto
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Sim	Cedido a outro projeto
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Sim	
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Sim	
Equipamento	MOTOSSERA	Sim	Cadastrado como roçadeira
Equipamento	MOTOSSERA	Sim	Cadastrado como roçadeira
Máquina	TRATOR MASSEY FERGUSSON 275	Sim	
Veículo	HONDA BROS 150KS	Não	
Equipamento	MONOCULTIVADOR	Não	
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Não	
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Não	
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Não	
Equipamento	ROÇADEIRA STIHL FS290	Não	
Equipamento	MOTOSSERA STIHL MS180	Não	
Equipamento	MOTOSSERA STIHL MS361	Não	
Equipamento	MOTORBOMBA BTTG 6,5	Não	
Equipamento	PERFURADOR STIHL BT131	Não	

4.2. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

4.2.1. Valores fixos e adicionais para abastecimento

Essa etapa objetivou avaliar se os valores disponibilizados são suficientes para o atendimento das atividades, fato este que influencia na quantidade de solicitações adicionais para abastecimento via memorandos. Para isso foram utilizados dados secundários obtidos por relatório emitido pela empresa que gerencia o abastecimento de frotas do Estado de Rondônia. Tal relatório possibilitou mapear o uso de combustível dos veículos e equipamentos considerando a quantidade de litros, valor por litro abastecido, período de abastecimento e valor final de abastecimento, obtendo-se os resultados da pesquisa. Cada veículo cadastrado recebe valor pré-fixado nos dias iniciais de cada mês, como indicado no quadro 3. Para os equipamentos não há crédito de valores automaticamente, sendo as solicitações realizadas via memorando conforme demanda do projeto.

Quadro 3. Abastecimento de veículos – abril/2017 a abril/2018.

Veículo	Crédito Mensal	Crédito Adicional ²	Média Geral ³
FIAT/STRADA	R\$ 150,00	R\$ 378,63	R\$ 528,63
VW/GOL	R\$ 150,00	R\$ 170,63	R\$ 320,63
MITSUBISHI/L200 – Uso interno	R\$ 200,00	R\$ 38,17	R\$ 238,17
MITSUBISHI/L200 ¹	R\$ 200,00	R\$ 334,58	R\$ 534,58
MITSUBISHI/L200 TRITON	R\$ 200,00	R\$ 352,76	R\$ 552,76

¹ Dados de novembro/2017 a abril/2018
² Consiste nos valores médios de abastecimento no período, excetuando-se os valores de crédito mensal.
³ Valores médios totais (fixo e adicionais) de abastecimento no período.

Elucida-se que o veículo Mitsubishi/L200 integrou o rol de bens móveis em uso cadastrados para abastecimento a partir de novembro de 2017 por isso a inexistência de dados em período anterior. O quadro 4 resume as informações de abastecimentos dos equipamentos do projeto.

Quadro 4. Abastecimento de equipamentos – abril/2017 a abril/2018.

Equipamento/Máquina	Observação	Crédito Mensal ¹	Crédito Solicitado ²
ROÇADEIRA STIHL FS290	5 roçadeiras cadastradas	-	R\$ 378,46 ³
MASSEY FERGUSSON 275	1 trator	-	R\$ 542,66 ⁴

¹ As solicitações de combustível dos equipamentos se dão exclusivamente via memorando (sob demanda do projeto).
² Valores médios mensais de abastecimento no período.
³ Não houveram solicitações nos meses de maio, julho, agosto, setembro e outubro de 2017.
⁴ No período analisado houveram apenas 4 solicitações ocorridas em outubro/2017, janeiro e fevereiro de 2018.

Como já citado anteriormente, existem cinco roçadeiras cadastradas, todavia, duas destas possuem inconsistências na descrição e são equipamentos motosserra. De tal modo, os dados apresentados no quadro 4 equivalem a três roçadeiras e dois motosserras. Na apresentação do relatório não foi possível distinguir o consumo entre os equipamentos, assim houve o agrupamento dos dados.

4.2.1.1. Quantidade de solicitações adicionais de combustíveis

Durante a pesquisa, foi identificado que mensalmente são realizadas solicitações adicionais de créditos para abastecimento, as quais ocorrem pela emissão de memorandos ao Núcleo de Transportes, setor responsável pela autorização e liberação de valores para essa finalidade. Ressalta-se que o citado Núcleo atua como departamento executor da ação

requerida pelo projeto, não vetando ou controlando o quantitativo adicional requerido, ora que a coordenação do projeto possui autonomia para solicitar o insumo de modo adicional. Esclarecidos tais conceitos, foram elaborados as figuras 1 e 2 que ilustram a quantidade de memorandos encaminhados ao Núcleo de Transportes para créditos adicionais de abastecimento. Ressalta-se que para os veículos já existe valor prefixado de abastecimento, como se indicou no quadro 3.

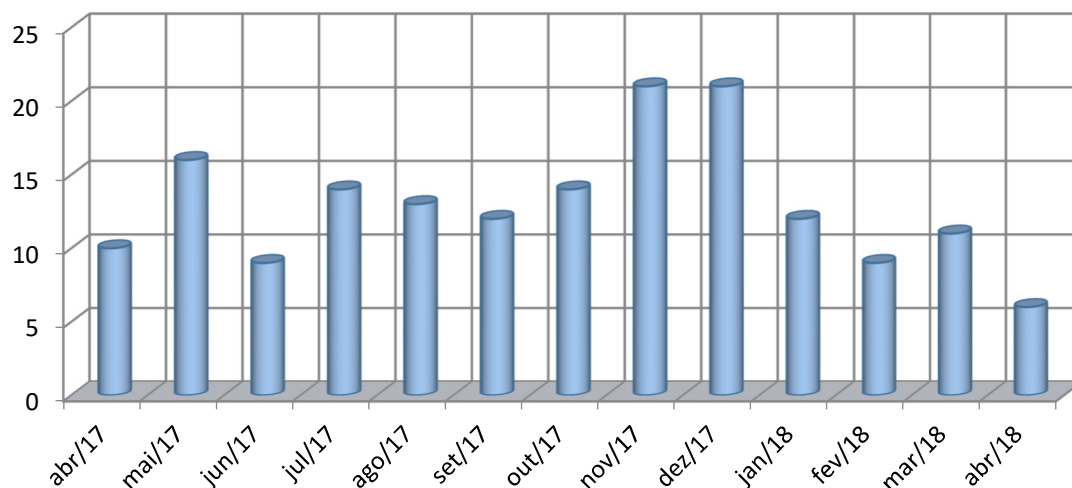


Figura 1. Quantidade de solicitações adicionais de combustível – Veículos.

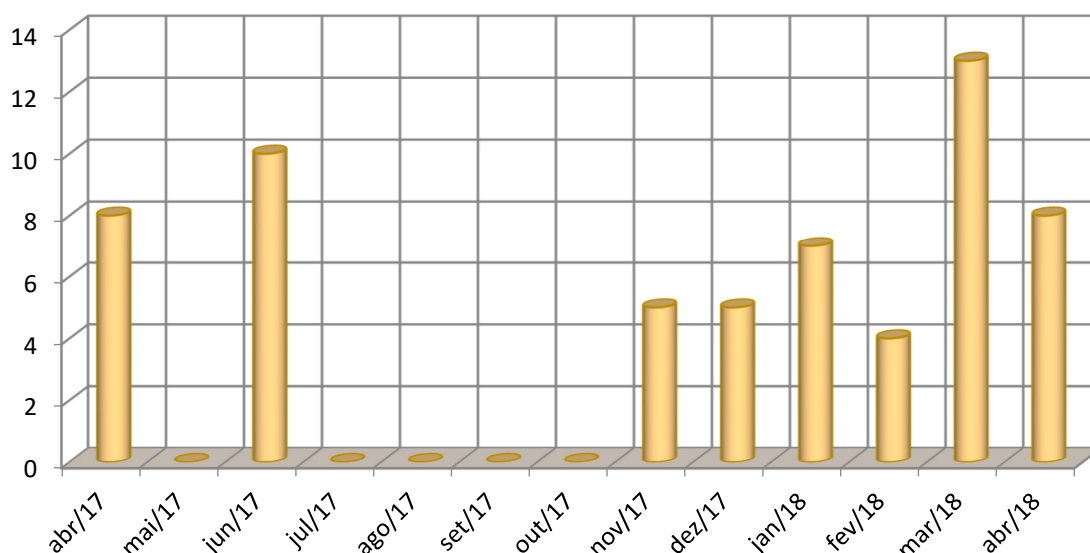


Figura 2. Quantidade de solicitações adicionais de combustível - Equipamentos

Observou-se que é elevada a quantidade de solicitações adicionais para abastecimento. Em média no último ano foram encaminhados mensalmente e de forma extraordinária 12 memorandos para abastecimento de veículos e 5 memorandos para abastecimento de equipamentos. Destaca-se ainda que as solicitações adicionais inerentes aos veículos se transformaram em procedimento regular, onde o menor número de solicitações ocorreu no mês de abril/2018 (6 memorandos), alcançando 21 solicitações extras nos meses de novembro e dezembro de 2017. Se assinala ainda, que os equipamentos e veículos não cadastrados são abastecidos com o combustível solicitado às roçadeiras, fato este que justifica as solicitações adicionais.

Nesse cenário, os sistemas de controle são ineficientes por permitirem a flexibilização de uso adicional de modo indiscriminado, sendo fator de autorização apenas a demanda, não havendo, pois, procedimentos para programação do uso de combustível. Destaca-se ainda a discrepância entre valor disponibilizado mensalmente e aquele de fato utilizado pelo projeto. Outro aspecto a ser apontado é a mobilização de outros processos internos e externos ao projeto quando se procedem as solicitações adicionais. Cada memorando emitido requer a disponibilização dos recursos tempo e pessoas para elaboração, acompanhamento e execução do pedido. Ainda que se trate de uma atividade simples, tornou-se cotidiana e não programada, refletindo nas rotinas administrativas como reiteradas ações corretivas que podem ser evitadas mediante a implantação de processos de gerenciamento.

4.2.2. Autonomia

Considerando que o abastecimento de veículos é controlado pela quilometragem é possível afastar a atribuição de consumo adicional a desvios do combustível ou uso em outra finalidade, ora que a Administração Pública já possui processos para garantir os controles necessários via hodômetro. Para identificar a quilometragem média por litro de combustível foi realizado levantamento conforme quadro 4.

Quadro 4. Autonomia dos veículos – abril/2017 a abril/2018.

Veículo	Motorista	Combustível	KM/Litro de Combustível
FIAT/STRADA	Coordenador Geral	Gasolina	9,5
VW/GOL	Equipe de segurança	Gasolina	10,6
MITSUBISH/L200 – Uso interno	Uso interno	Diesel	6,7
MITSUBISH/L200	Coordenador Interno	Diesel	7,0
MITSUBISH L200 TRITON	Assessor Externo	Diesel	8,9

A avaliação da autonomia foi aplicada como instrumento auxiliar para verificar se o consumo adicional poderia estar associado a algum problema mecânico. Na pesquisa constatou-se que os veículos atendem a autonomia média esperada de acordo com o tipo, modelo e combustível utilizado por cada bem.

4.2.2.1. Estudo de autonomia dos equipamentos

Em face do cadastro incorreto dos equipamentos motosserra, os quais estão identificados como roçadeiras (Quadro 1), tornou-se necessária a realização de cálculo baseado em experimento que permitisse avaliar o consumo de acordo como as horas de serviço de roçagem. Com isso, o estudo do consumo das roçadeiras ocorreu por meio de dois métodos. O primeiro de natureza qualitativa consistiu em entrevista realizada com uma equipe composta por 4 (quatro) reeducandos que operam os equipamentos, obtendo-se a classificação dos tipos de roçagem, sendo: a) Ervas daninha de tamanho pequeno (graminha): apresentam até 30 cm de comprimento e usam o fio de corte para a roçagem; b) Ervas daninha de tamanho mediano: apresentam cerca de 50 a 60 cm de comprimento e utilizam o fio de corte para roçagem; c) Ervas daninha de tamanho grande: apresentam comprimento superior a 1 metro e diâmetro de até 10 cm, utilizando a lâmina de corte para roçagem. Elucida-se que quão maior o comprimento e espessura das ervas daninha, maior o consumo de combustível.

O segundo método envolveu pesquisa de campo e registro de dados. O cálculo foi realizado com base em experimento de roçagem realizado em uma plantação de abacaxis da área rural do próprio projeto, a qual possui ervas daninha de tamanho pequeno e mediano. O procedimento contou com o auxílio de dois reeducandos que se voluntariaram à pesquisa (operador A e B). Do perfil dos voluntários: o operador 1 trabalha há 10 meses no projeto e possui 4 meses de experiência com a operação do equipamento roçadeira; o operador 2 atua há um ano no projeto e possui 4 meses de experiência com a operação do equipamento citado.

Os reeducandos participantes do experimento abasteceram totalmente as roçadeiras e trabalharam ininterruptamente na roçagem da plantação de abacaxi até o término do combustível. Utilizaram fio de corte para a roçagem. O operador A trabalhou por 1 hora e 37 minutos e o operador B por 1 hora e 43 minutos. Ao final haviam roçado área de 1.238 metros de comprimento e 24,84 metros de largura, contabilizando 30.751,92 metros quadrados. O tanque de combustível de roçadeira tem capacidade de 0,58 litros.

O horário normal de trabalho dos reeducandos compreende o período das 07:30h às 11:00h e das 13:30h às 17:00h de segunda a quinta-feira. Nas sextas-feiras o trabalho ocorre apenas no horário matutino. Expectando-se que a equipe de roçagem atue das 08:30h às 10:20h e das 14:30h às 16:30h, descontando-se, assim o tempo utilizado para abastecimento, troca de fio de corte ou lâmina, limpeza do equipamento, registro de presença em folha de ponto, deslocamento ao campo e outras pausas necessárias, cada operador trabalharia no horário matutino por aproximadamente 01:50h e no turno vespertino por 02:00h em efetivo serviço de roçagem. Essa aproximação permite valorar que cada operador gastaria 1 tanque de combustível por turno (0,58 litros), haja vista que todas as roçadeiras possuem mesma marca e modelo.

Calculando o consumo aproximado por turnos (0,58 litros) pela quantidade de turnos semanais (9) e quantidade de operadores em atividade (6), se obtém a média de consumo semanal de 31,32 litros de combustível. Em média cada operador gasta semanalmente 5,22 litros de combustível. Importante destacar que esses valores consistem em aproximação, ora que é demasiado inconclusivo definir o consumo exato para tal serviço. Isso ocorre porque o tipo de vegetação é uma variável a ser considerada e torna-se inviável, senão dizer impossível, detectar precisamente quais tipos de ervas daninhas nascerão na área de 309 hectares que o projeto ocupa. Além disso, outra variável qualitativa é incorporada ao cálculo: o operador. Tal como ocorre nos veículos, a aceleração do equipamento reflete no consumo de combustível e por se tratar de roçagem semi-mecanizada não há como controlar precisamente a força manual aplicada, gerando variação entre cada operador.

Ressalvados os fatores não controláveis é de suma relevância avaliar, ainda que de modo aproximado, o consumo aplicado pelos equipamentos para tornar viável o planejamento de insumos, assim como diminuir o número de solicitações adicionais que como procedimentos, interferem nas rotinas do projeto e do Núcleo de Transportes da Secretaria de Estado.

Quanto aos demais bens que fazem uso de combustível, o abastecimento do equipamento trator agrícola Massey Ferguson 275, ocorre exclusivamente a partir da demanda do projeto, com pedidos de 100 (cem) litros. Dos equipamentos motosserras, perfurador de solo, monocultivador e motorbomba: por não se tratarem de equipamentos de uso diário e contínuo indica-se que a solicitação de combustível permaneça sob demanda da coordenação do projeto, realizando-se apenas a correção e inclusão de cadastro para abastecimentos conforme especificações do Quadro 1. Registrou-se no Quadro 4 a

capacidade máxima do tanque e tipo de combustível utilizado por esses equipamentos com objetivo de subsidiar as solicitações futuras.

Quadro 5. Capacidade do tanque para abastecimento

Descrição	Combustível	Capacidade tanque (litros)
MOTOSSERA STIHL MS180	Gasolina	0,25
MOTOSSERA STIHL MS361	Gasolina	0,33
ROÇADEIRA STIHL FS290	Gasolina	0,58
PERFURADOR STIHL BT131	Gasolina	0,71
MOTORBOMBA BTTG 6,5	Gasolina	1,5
MONOCULTIVADOR	Gasolina	3,6
TRATOR MASSEY FERGUSSON 275	Diesel	75,0

Fonte: Nota Fiscal e manual de instruções dos equipamentos (2018).

4.2.3 Custos de abastecimento

Quanto aos custos relacionados ao abastecimento de veículos é demonstrado na figura 3 os valores mensais durante o período analisado.

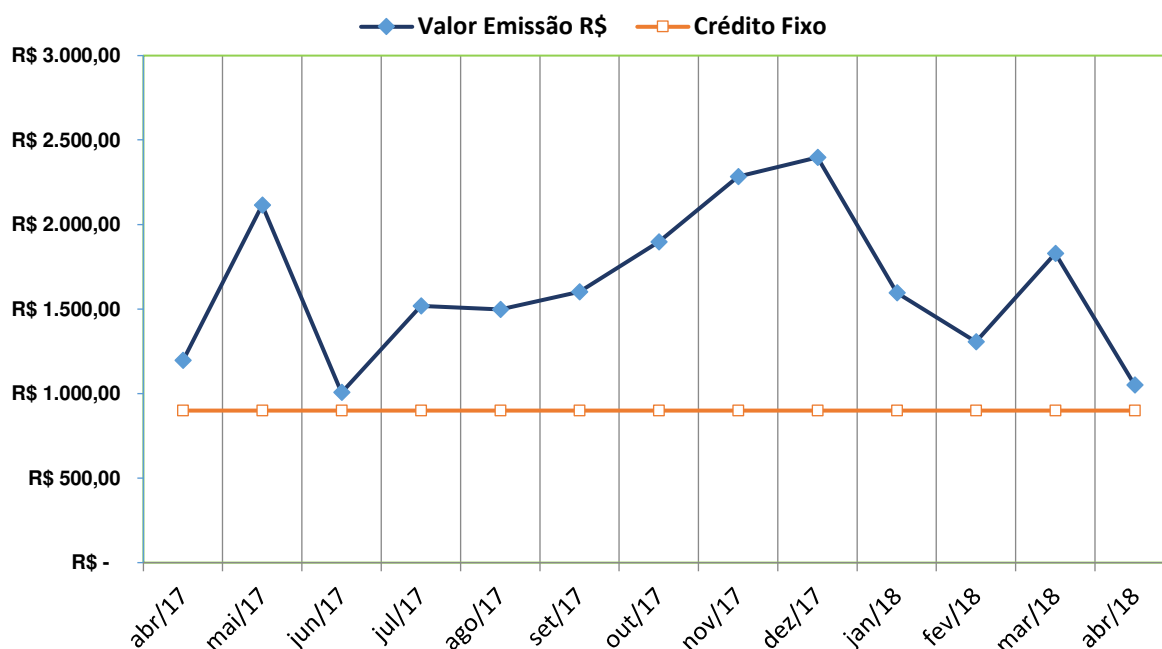


Figura 3. Abastecimento de veículos mensal em reais

Os valores fixos creditados mensalmente para abastecimento de veículos correspondem a R\$ 900,00 (novecentos reais mensais), conforme detalhamento apresentado no Quadro 2 anteriormente citado. O Gráfico 2 demonstra que durante o período houve consumo adicional àquele previsto, fato que reafirma os resultados trazidos sobre o número de solicitações adicionais. Diante disso, se sugere o reajustamento dos valores creditados por veículo, de modo a diminuir o número de solicitações extraordinárias e os procedimentos requeridos ao projeto e ao Núcleo de Transportes para a execução de tais pedidos. A fim de subsidiar esse reajuste foi elaborado o quadro 6 que relata as médias de consumo por veículo, bem como sugere valor reajustado.

Quadro 6. Reajuste no valor de créditos para abastecimento de veículos

Veículo	Crédito Mensal	Média ²	Mediana ³	Reajuste
FIAT/STRADA	R\$ 150,00	R\$ 528,63	R\$ 508,12	R\$ 500,00
VW/GOL	R\$ 150,00	R\$ 320,63	R\$ 213,21	R\$ 200,00
MITSUBISHI/L200 – Uso interno	R\$ 200,00	R\$ 238,17	R\$ 200,00	-
MITSUBISHI/L200	R\$ 200,00	R\$ 534,58	R\$ 549,87	R\$ 500,00
MITSUBISHI/L200 TRITON¹	R\$ 200,00	R\$ 552,76	R\$ 499,80	R\$ 500,00

¹ Veículo indisponível. Reajuste a ser realizado e créditos deverão ser computados após conserto do bem móvel.
² Valor da média de abastecimentos do período de abril/2017 a abril/2018.
³ Valor da mediana de abastecimentos do período de abril/2017 a abril/2018.

Como se destaca no quadro 6 há acentuada diferença entre o valor creditado e o total utilizado, justificando a necessidade de reajuste. Dos veículos em uso, somente aquele destinado as atividades internas e serviços gerais não requer ajustamento do valor de abastecimento, assim como se averiguou que o reajuste para o veículo VW/Gol utilizado para escoltas de reeducandos não é tão elevado quando comparado aqueles necessários aos demais automóveis que requerem mais que o dobro do valor atualmente disponibilizado de forma fixa.

Em geral, o aumento da cota de combustível é fator imprescindível aos veículos utilizados pelo coordenador geral, coordenador interno e assessor, cargos os quais detém atribuições para a execução de serviços externos, tais como resolução de questões institucionais, compra ou captação de insumos junto a outros órgãos públicos e participação de reuniões. Considerando que o complexo penitenciário onde se situa o projeto está localizado em zona rural com distância aproximada de 11 quilômetros da sede do Governo do Estado de Rondônia onde se reúnem os principais órgãos estaduais é possível visualizar

a correlação entre demanda adicional de combustível e veículos utilizados pelos cargos gerenciais e de serviços externos.

Sobre os custos dos equipamentos no que concerne a este estudo, a figura 4 ilustra o abastecimento no período analisado.

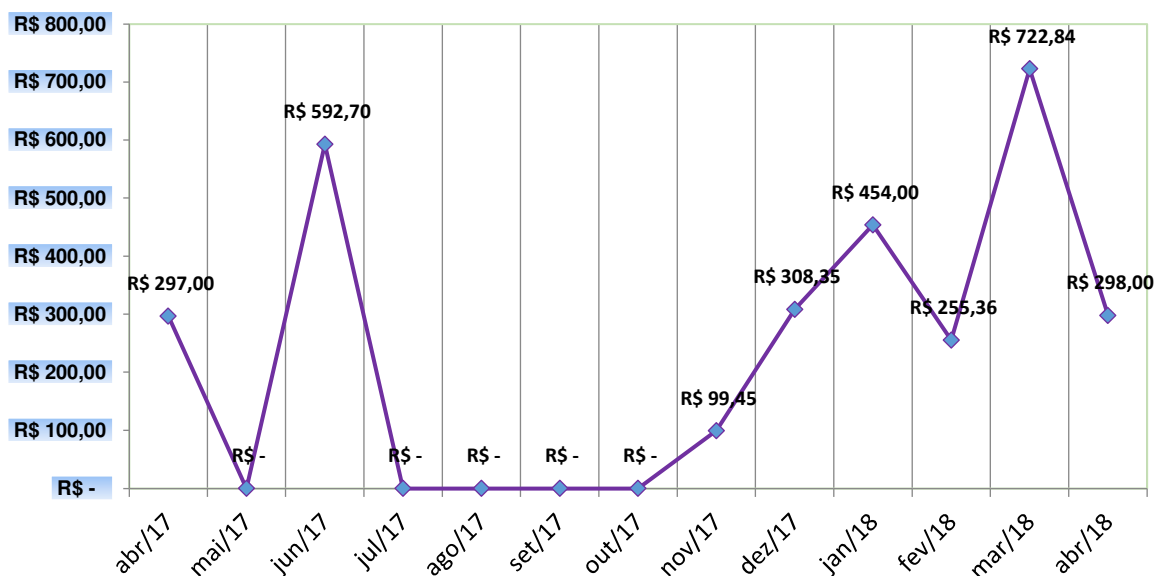


Figura 4. Abastecimento de equipamentos mensal em reais

Como já explicado anteriormente, os equipamentos não possuem crédito fixo para abastecimento, ocorrendo as solicitações via demanda da coordenação do projeto. Dado que foi possível estimar o consumo para roçadeiras e que estes equipamentos possuem uso diário, é sugerida a disponibilização de valor fixo mensal, a fim de contribuir para diminuição dos procedimentos de solicitações extraordinárias e permitir maior controle do uso de combustível. Para subsidiar o reajuste foram organizados os dados sobre consumo das roçadeiras no quadro 7.

Ressalta-se que os dados decorrem de experimento realizado, haja vista que por motivos de inconsistência no cadastro dos equipamentos motosserras não foi possível considerar os valores de abastecimento do último ano para o cálculo de consumo. Constatando que existem roçadeiras sem cadastro para abastecimento e que é possível estimar o uso de combustível para esses equipamentos, indica-se o abastecimento mensal de 20 litros de combustível por roçadeira, ação que ocorrerá posteriormente a regularização do cadastro dos equipamentos.

Quadro 7. Estimativa para implantação de créditos para abastecimento de roçadeiras.

Equipamento: ROÇADEIRA STIHL FS290	
1. Dias trabalhados	SEG a QUI (07:30h às 11:00h e 13:30h às 17:00h) - SEX (07:30h às 11:00h)
2. Turnos de trabalho	9 turnos
3. Quantidade de operadores:	6 operadores
4. Quantidade de equipamentos	6 roçadeiras
5. Capacidade do tanque:	0,58 litros
6. Horas aproximadas para uso de um tanque de gasolina:	1 hora e 40 minutos (equivalente a 1 turno de trabalho, descontando-se os períodos de pausas, limpeza do equipamento e abastecimento)
7. Consumo total semanal:	31,32 litros de combustível por semana (= 0,58 litros X 9 turnos X 6 roçadeiras/operadores)
8. Consumo total mensal:	125,28 litros de combustível por mês
9. Consumo por equipamento:	20,88 litros de combustível mensal por roçadeira

As sugestões de melhorias apontadas após a indicação dos problemas consideram as possibilidades do ambiente pesquisado e visam contribuir para o ajuste dos processos e organização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa foi possível detectar situações de inconformidades no sistema atual de fornecimento de combustível, observando-se que se trata de um sistema de disponibilização do insumo ausente de gerenciamento e controle. Constatou-se ainda que existem informações suficientes para realização de planejamento de uso do insumo, bem como o estudo foi relevante ao analisar e gerar novas informações para elaboração de plano estruturado às atividades do projeto.

Como principais medidas de adequação se apontaram: o aumento da cota de combustível dos veículos; ajuste do cadastro de equipamentos e veículos em uso; informação sobre equipamento não utilizado no projeto; indicação da necessidade de cadastro de novos equipamentos, com respectiva emissão de cartão para abastecimento. Em resposta a problemática deste estudo constata-se que o gerenciamento de combustível deverá ser implantado pelo projeto, ora que não se visualizou sistemas gerenciais em operação para a sugestão de melhorias. Nesse sentido, para a implantação recomenda-se previamente a resolução dos gargalos indicados na análise dos resultados e posteriormente utilização das informações geradas, tais como a estimativa do consumo de roçadeiras,

valores e número de solicitações adicionais para traçar o planejamento das atividades do projeto. O gerenciamento de combustível é, portanto, uma etapa crucial para o planejamento da produção. Este planejamento produtivo deverá ser elaborado mediante estudo de cada área produtiva, dada a multiplicidade de culturas do projeto. Assim, sugere-se como tema para ampliação desse estudo e novas pesquisas o mapeamento das produções e recursos necessários à atividade produtiva.

5. REFERÊNCIAS

- ANSOFF, H. I. **A nova estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 1990.
- BIONSKI, F.; PRATES, R. C.; COSTA, M.; VIZEU, F. O Controle Gerencial na Perspectiva do New Public Management: O Caso da Adoção do Balanced Scorecard na Receita Federal do Brasil. **Revista Administração Pública e Gestão Social**, v. 9, n. 1, p. 16-30, 2017.
- CAMPOS, I. F. **Administração estratégica**. Londrina: Unopar, 2014.
- CAMPOS, I. F. Desafios da gestão universitária estratégica em IES privadas. **Revista Científica Sensus: Administração**, v. 2, p. 20-37, 2012.
- FARIAS FILHO, M. C.; ARRUDA FILHO, E. J. M. **Planejamento da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2015.
- GUERREIRO, A.; GALAL, H. **Abordagem holística no planejamento estratégico das cidades e atração de investimento**. In: DUBOIS, R.; LINS, J. Inovação na gestão pública. São Paulo: Saint Paul Editora, 2012.
- LIMA, M. C. B. **Racionalização do gasto público: uma aposta no custo/benefício da educação básica sob o regime da concessão**. (Tese) Doutorado - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2008.
- MINTZBERG, H. **Strategy: critical perspectives on business and management**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2002.
- NASCIMENTO, N. T. A.; et al. Gestão e aplicabilidade das ferramentas de gerenciamento na administração pública: estudo em projeto de ressocialização de apenados, **International Journal of Development Research**, v. 11, n. 5, p. 46767-46774, 2021.
- PASCARELLI FILHO, M. **A nova Administração Pública: profissionalização, eficiência e governança**. São Paulo: DVS Editora, 2011.
- ROCHA, E. E. R. B. A Pesquisa Participante e seus desdobramentos - Experiências em Organizações Populares. **2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. Belo Horizonte, 2004.
- RODRIGUEZ, M. V. R. **Gestão do conhecimento e inovação nas empresas**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

SILVA, M. M. **Diagnóstico organizacional**. Londrina: Educacional S. A., 2014.

STURESSON, J.; OWMAN, L.; LIDÉ, S. **Construindo o governo do século XXI: uma perspectiva global**. In: DUBOIS, R.; LINS, J. Inovação na gestão pública. São Paulo: Saint Paul Editora, 2012.

OS AVANÇOS DA MEDICINA INTEGRATIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Orly Coelho Salomão¹ e Ludmila Maia Militão¹

1. Centro Universitário Uninorte, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Introdução: A Medicina Integrativa (MI), segundo alguns autores veio para preencher a lacuna da saúde tradicional, podendo ser descrita como o conjunto de práticas em saúde que combina técnicas não alopáticas à medicina moderna. Objetivo: Analisar o avanço da medicina integrativa nos serviços de saúde, enfatizando sua importância. Método: Trata-se de um estudo de revisão sistemática da literatura de abordagem qualitativa. A coleta deu-se através de artigos selecionados a partir das bases de dados eletrônicas no período de 2012 a 2021. Resultados e Discussão: Frente às limitações terapêuticas e aos efeitos adversos comuns e significativos das práticas biomédicas, várias Práticas Integrativas e Complementares – PIC's surgem como opção complementar para o enfrentamento de doenças crônicas. A implantação das PIC's no SUS tem acontecido de forma gradual e muito lentificada, pode ser decorrente do pouco conhecimento sobre essas terapias, a falta de pesquisas na área, além de uma ausência de profissionais qualificados na rede SUS para realizá-las. Entretanto, essas práticas podem ser consideradas como estratégias de revitalização do sistema de saúde e de mudanças no padrão biologizante e medicalizante do cuidado e da Promoção da Saúde. Conclusão: Foi possível observar a escassez de estudos sobre os benefícios das PIC's no âmbito da saúde pública, tendo em vista, a falta de conhecimento/interesse por parte dos profissionais de saúde e gestão, uma vez que essa temática é pouco abordada nos cursos de formação na área da saúde. Além disso, é essencial investimentos educacionais e financeiros para seu fortalecimento e expansão.

Palavras-chave: Medicina Integrativa, Práticas integrativas e complementares e Terapias complementares.

ABSTRACT

Introduction: Integrative Medicine (IM), according to some authors, came to fill the gap in traditional health, and can be described as a set of health practices that combine non-allopathic techniques with modern medicine. Objective: To analyze the advancement of integrative medicine in health services, emphasizing its importance. Method: This is a systematic literature review study with a qualitative approach. The collection took place through selected articles from electronic databases in the period from 2012 to 2021. Results and Discussion: Given the therapeutic limitations and common and significant adverse effects of biomedical practices, several Integrative and Complementary Practices - PIC's emerge as a complementary option for coping with chronic diseases. The implementation of PIC's in

SUS has happened gradually and very slowly. Due to the lack of knowledge about these therapies, the lack of research in the area, in addition to an absence of qualified professionals in the SUS network to perform them. However, these practices can be considered as strategies to revitalize the health system and change the biologizing and medicalizing pattern of care and Health Promotion. Conclusion: It was possible to observe the scarcity of studies on the benefits of PIC's in the context of public health, in view of the lack of knowledge/interest on the part of health and management professionals, since this issue is rarely addressed in training courses in the health area. Furthermore, educational and financial investments are essential for its strengthening and expansion.

Keywords: Integrative Medicine, Integrative and complementary practices and Complementary therapies.

1. INTRODUÇÃO

A Medicina Integrativa (MI), segundo alguns autores veio para preencher a lacuna da saúde tradicional, podendo ser descrita como o conjunto de práticas em saúde que combina técnicas não alopáticas à medicina moderna, a qual se sustenta em quatro pilares: 1) tratamento do indivíduo como um todo, e não de maneira cartesiana; 2) relação não hierárquica e interdisciplinar com a Medicina Alopática Convencional (MAC); 3) abordagem multidisciplinar e construção de consensos; 4) cuidado com efetividade e custo acessível (KRACIK et al., 2020).

Em 2006, com o apoio da Organização Mundial da Saúde (OMS), foi implantada a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC), que proporciona aos usuários do SUS o acesso às práticas integrativas. Essa política visa atender, sobretudo, a necessidade de se conhecer e regulamentar experiências relativas às práticas integrativas, as quais já vinham sendo oferecidas na rede pública de muitos municípios (BRASIL, 2009). As práticas da PNPIC são incorporadas pela abordagem da MI, que tem o foco na cura e não na doença, e enfatiza os aspectos emocionais e psicológicos no tratamento (RAKEL, 2012).

Identifica-se dentro da MI uma diversidade de práticas, algumas delas são: medicina antroposófica, termalismo, naturopatia, aromoterapia, fitoterapia, *shiatsu*, *Lian gong*, chás, reflexologia, osteopatia, massoterapia, ioga, meditação, oração, *xantala*, quiropraxia, *ayuverda*, *tai chi*, *Reik*, entre outras, como a homeopatia e a acupuntura, que são regulamentadas como especialidades médicas no Brasil (KRACIK et al., 2020).

O crescimento da oferta das práticas de MI nos Sistemas de Saúde de diversos países, inclusive no Brasil (SOUSA et al., 2012), tem se acentuado nas últimas décadas.

Diversos fatores contribuíram para o aumento da sua oferta e uso, em grande parte relacionados às mudanças estruturais e comportamentais que as sociedades contemporâneas passam. Estas mudanças são responsáveis tanto pelo aparecimento de síndromes e transtornos relacionados à ansiedade, insônia, dores crônicas, estresse e depressão, déficit de atenção, entre outros; quanto pela maior longevidade da população, que responde em grande parte pela prevalência das doenças crônico-degenerativas (WHO, 2013). Aparecem também como fatores importantes a insatisfação com o cuidado convencional e o desejo de formas mais sofisticadas e ampliadas de escuta e cuidado; a crescente pressão e interesse do mercado em torno do setor saúde e o desejo dos profissionais de saúde de implementar outros modos de cuidado (GRIMALDI-BENSOU DA et al., 2012).

Nos serviços de saúde, os profissionais que compõem as equipes multidisciplinares atuam, muitas vezes, de maneira isolada, sem interações com outros, trazendo prejuízo ao paciente, já que os cuidados empregados não o abordam como ser biopsicossocial. Em contrapartida, com as práticas da MI, a equipe multiprofissional atua favorecendo o cuidado integral. Nessa perspectiva, o objetivo desse artigo é analisar o avanço da medicina integrativa nos serviços de saúde, enfatizando sua importância.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de um estudo de revisão sistemática da literatura com método dedutivo, de natureza básica, com objetivo descritivo, e possuindo abordagem qualitativa, buscando responder a seguinte questão: Quais os avanços da medicina integrativa nos serviços de saúde no Brasil?

2.2. COLETA DE DADOS

A coleta deu-se através de artigos selecionados a partir das bases de dados eletrônicas, como: Biblioteca Virtual em Saúde; *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*; *Google Acadêmico*, Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *National*

Library of Medicine (MEDLINE) nos idiomas português e inglês. Os termos utilizados nessa busca foram: 1) Medicina integrativa; 2) Práticas Integrativas e Complementares; 3) *Integrative medicine*; 4) *Integrative and complementary practices*.

Como critérios de inclusão, foram selecionados os artigos disponíveis na íntegra, em português e inglês, publicados de 2012 a 2021. E foram excluídos artigos repetidos, que não retratassem pesquisas brasileiras e não atendiam ao objetivo deste estudo.

2.3. ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Após a busca dos artigos, foi realizada uma leitura detalhada dos títulos e resumos dos mesmos. Em seguida, foram escolhidos os artigos que atenderam aos critérios para compor a presente revisão. Os estudos foram categorizados em consonância a sua descrição, como: ano, autores, título, objetivo e conclusão, demonstrados em formato de tabela.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo são expostos pela tabela 1 que apresenta os artigos eleitos, considerando o ano, autores, título, objetivo e conclusão.

Tabela 1. Artigos selecionados segundo o ano, autores, título, objetivo e conclusão, Brasil, 2021.

Ano	Autores	Título	Objetivo	Conclusão
2012	ISCHKANIAN; PELICIONI	Challenges of complementary and alternative medicine in the SUS aiming to health promotion (Desafios das práticas integrativas e complementares no SUS visando a promoção da saúde)	Investigar os conhecimentos, opiniões e representações sociais dos gestores e profissionais de saúde sobre essas Práticas Integrativas e Complementares (PIC) no Sistema Único de Saúde (SUS) e identificar as dificuldades e desafios que se apresentaram em sua implantação, utilização e divulgação nos Serviços de Saúde.	É essencial que o incentivo e a criação condições para o oferecimento das PIC em todas as unidades, aprimorando sua divulgação e apoiando a inserção de profissionais não médicos, desde que apresentem formação adequada, pois práticas como homeopatia, acupuntura, antroposofia e fitoterapia já são consideradas especialidades médicas.

2015	CONTATORE et al.	Uso, cuidado e política das práticas integrativas e complementares na Atenção Primária à Saúde	Discutir o uso, o cuidado e as políticas das PIC na esfera internacional e nacional, por meio da literatura indexada.	Notou-se um significativo número de artigos almejando avaliar a aceitação das PIC entre usuários e profissionais, numa tentativa de dimensionar e ampliar o seu uso nos serviços públicos de atenção primária à saúde. Deixando ver não apenas a fase inicial de institucionalização das PIC na APS, mas também a necessidade de mais pesquisas, que auxiliem na definição dos atributos das PIC que se quer institucionalizar.
2016	NASCIMENTO; OLIVEIRA	As práticas integrativas e complementares grupais e sua inserção nos serviços de saúde da atenção básica	Discutir a inserção das Práticas Integrativas e Complementares Grupais [PIC's] nos serviços de saúde da atenção básica e suas possíveis contribuições em termos de reorientação de outras racionalidades em saúde.	Constatamos que as PIC's grupais afiguram-se como um dispositivo para tensionar as relações de poder vigentes na sociedade, em especial no campo da saúde pública, pois abre a possibilidade de problematização acerca da garantia da integralidade, numa perspectiva dialógica, emancipadora, participativa e criativa, que articula saberes, práticas, vivências e espaços de saúde.
2017	TESSER	Práticas integrativas e complementares e racionalidades médicas no SUS e na atenção primária à saúde: possibilidades estratégicas de expansão	Contribuir para o desenvolvimento de diretrizes gerais orientadoras dos profissionais e gestores.	A progressiva inserção de várias PIC no SUS, de forma integrada com a APS, através de seus próprios profissionais, matriciados por serviços e equipes de profissionais especialistas em PIC que aceitem o desafio de socializar suas técnicas e saberes, e que contribuam com sua expertise em ações de educação permanente e cuidado colaborativo e compartilhado, bem como atendam os usuários com PIC.
2018	REIS; ESTEVES; GRECO	Avanços e desafios para a implementação das práticas integrativas e complementares no Brasil	Analisar a conjuntura da produção científica sobre PIC no Brasil, relacionando os achados com os avanços e desafios para a implementação das práticas no país.	Os desafios atuais estão nos entraves relacionados a pouca formação profissional, má gestão do Sistema e concepções enraizadas na medicina alopática, que permanecem e dificultam a ampliação das PIC no país.

2018	DACAL; SILVA	Impactos das práticas integrativas e complementares na saúde de pacientes crônicos	Apresentar os impactos do <i>reiki</i> e da reflexologia podal na saúde de pacientes crônicos atendidos em um centro especializado em endocrinopatias, localizado em Salvador (BA).	Os achados permitem afirmar que há uma alta demanda pelas PICS por parte dos usuários e uma aparente percepção de seus benefícios. Os dados indicam impactos positivos na saúde dos usuários nas dimensões psicológica, física e emocional, bem como demonstram os benefícios do uso particular das PICS por pessoas com doenças crônicas, especificamente de origem endócrina.
2018	TESSER; SOUSA; NASCIMENTO	Práticas Integrativas e Complementares na Atenção Primária à Saúde brasileira	Apresentar uma breve análise da situação atual dessas práticas no SUS com foco na APS, os principais problemas envolvidos na sua inserção na APS e estratégias para a sua superação.	Há grande diversidade de PIC em uso e pouca pesquisa sobre sua oferta no SUS e na APS. Sua aceitação crescente no mundo e no Brasil parece incontestável, mas seu potencial de contribuições ao cuidado na APS ainda é pouco explorado. A sua presença nas graduações da área da saúde no Brasil é incipiente, gerando relativa ignorância na maioria dos profissionais.
2018	NASCIMENTO et al.	Formação em Práticas Integrativas e Complementares em saúde: desafios para as universidades públicas	Apresentar a oferta de disciplinas e cursos em Práticas Integrativas e Complementares em seis instituições de ensino superior públicas no Estado do Rio de Janeiro, em 2014.	A análise desta oferta, apoiada na perspectiva do cuidado integral e referenciada em literatura nacional e internacional, aponta desafios para a ampliação e qualificação do ensino de Práticas Integrativas e Complementares, dentre eles a inserção integrada em cursos de saúde visando a interação e complementaridade entre saberes distintos.
2019	BARBOSA et al.	Oferta de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde na Estratégia Saúde da Família no Brasil	Apresentar e discutir a convergência da oferta das PICS na ESF no Brasil, a partir do olhar de gestores e profissionais.	As principais consequências para a não institucionalização são a fragilidade e a instabilidade da oferta, além da dificuldade de realizar o adequado monitoramento e avaliação para garantir segurança e qualidade. Quando a prática é implantada, financiada e desenvolvida pelos profissionais, sem apoio da gestão, no momento em que esse profissional deixa o serviço ou por algum motivo interrompe a oferta, a prática deixa de ser ofertada, caracterizando uma política de "pessoas" e não de Estado.

2020	HABIMORAD et al.	Potencialidades e fragilidades de implantação da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares	Revisar e analisar as produções científicas sobre esta temática, procurando identificar os principais temas abordados, as fragilidades e potencialidades de implantação da PNPIC.	O conhecimento da PNPIC por profissionais, usuários e gestores é apenas um primeiro passo na direção da implantação sustentável da PNPIC, que deve acontecer mediante um processo coletivo de planejamento visando a adequação das ações de assistência às realidades e necessidades loco regionais.
2020	TESSER; NORMAN	Prevenção quaternária e práticas integrativas e complementares em saúde (I): aproximação fundamental	Descrever contribuições potenciais de várias PICS para a prática da prevenção quaternária - P4.	São amplas e férteis as possibilidades de uso de PICS como prevenção quaternária na medicina da família e comunitária e na APS, tanto na prevenção como no cuidado clínico aos adoecidos.
2020	FERRAZ et al.	Expansão das práticas integrativas e complementares no Brasil e o processo de implantação no sistema único de saúde	Apresentar uma reflexão acerca da expansão da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no Sistema Único de Saúde nos últimos 13 anos, no Brasil, tendo como pano de fundo analisar, no âmbito da pesquisa científica, a implantação das Práticas Integrativas e Complementares nos serviços de saúde e a implicação dos próprios autores nessa experiência.	O estudo apresenta um número limitado de implantações da PIC em outras regiões. Isso pode estar relacionado às dificuldades para o seu fortalecimento institucional e, assim, compromete a sua continuidade ao ampliar a distância entre formulação e implementação e dificulta o alcance dos resultados esperados.
2020	ASSUNÇÃO et al.	Análise de custos em unidade de Medicina Tradicional, Complementar e Integrativa no Brasil	Analisar os custos de um serviço especializado em Medicinas Tradicionais Complementares e Integrativas (MTCI) no Nordeste brasileiro, com o intuito de fornecer dados sobre o custo atrelado à implantação e manutenção de serviços dessa natureza e identificar o custo médio por usuário para o Sistema Único de Saúde.	O serviço apresenta um custo por usuário compatível com um serviço especializado, contudo, as MTCI oferecem abordagem compreensiva e holística, as quais podem impactar de forma positiva a qualidade de vida.
2021	SILVA et al.	Práticas integrativas e complementares em saúde: possibilidades para o cuidado integral	Apresentar o processo de construção e implementação do plano municipal de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS), por meio do mapeamento do conhecimento e da demanda dos profissionais e usuários da rede assistencial de saúde.	O cenário mapeado indica a necessidade de intervenções que favoreçam a construção e consolidação sistematizada das PICS de modo participativo, como uma proposição de política municipal de saúde, com participação ativa de usuários, profissionais de saúde, e instituições educacionais.

Em 2012, Ischkanian; Pelicioni mostraram nos resultados de sua pesquisa que os gestores não estavam preparados para a implantação da PNPIIC no SUS, que apenas cinco dos 26 entrevistados conheciam a PNPIIC, que ainda prevalece o modelo biomédico nos atendimentos, que o fornecimento de material e aquisição de insumos utilizados em algumas das PIC's tem se constituído em grande problema na unidade, que a divulgação das PIC's não tem sido suficiente para que profissionais e usuários as conheçam. Nem todos os profissionais que atuavam no Ambulatório de Especialidades onde as PIC têm sido oferecidas têm valorizado essas atividades. As PIC's não têm ocupado o papel que deveriam e/ou poderiam dentro do SUS para a promoção da saúde (WHO, 2013).

Todavia, frente às limitações terapêuticas e aos efeitos adversos comuns e significativos das práticas biomédicas, várias PIC's surgem como opção complementar para o enfrentamento de doenças crônicas (TESSER; NORMAN, 2020). As PIC's são consideradas menos invasivas, agressivas e iatrogênicas, atraindo desse modo a sua procura (SILVA et al., 2021). Esse é um ponto a favor de várias PIC's como recurso de prevenção quaternária. A acupuntura e a homeopatia, por exemplo, podem ocasionalmente gerar efeitos adversos, mas eles são geralmente leves (FURNHAM; VINCENT, 2020). O uso de plantas medicinais, relativamente disseminado no Brasil, também é um manancial de recursos terapêuticos a incrementar a prevenção quaternária, que demanda aprendizado mínimo para usar ou orientar o uso autônomo (TESSER; NORMAN, 2020).

Mesmo a OMS, que na preconização do uso das PIC's recomendou em vários documentos a necessidade de ampliar as pesquisas científicas, supondo que este aumento, conseqüentemente, levaria à ampliação da adoção das PIC's nos serviços públicos de saúde, só no seu mais recente documento (OMS, 2014) fez a defesa do desenvolvimento de investigações científicas com metodologias menos reducionistas (CONTATORE et al., 2015).

O impacto da implantação da Política de Práticas Integrativas e Complementares pode alcançar os campos econômico, técnico e sociopolítico, e, por isso, promover a inclusão de práticas de cuidado ocultas no discurso e na ação dominante do mercado, em cujos serviços a racionalidade biomédica é hegemônica. A soma desses fatores, aliado à ineficiência do modelo biomédico na resolução de alguns problemas de saúde, mostram-nos diversos aspectos favoráveis à institucionalização de estratégias como as PIC's, tais como: o reposicionamento do sujeito doente como centro da atenção à saúde, o fato da singularidade do paciente e sua totalidade biopsíquica serem levadas em consideração e a reconsideração da relação médico-paciente como elemento fundamental da terapêutica (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2016).

Nesse sentido, pode ser razoável defender e pensar que o SUS deve também sustentar a oferta de outras práticas não biomédicas de cuidado à saúde para a população, que fossem universalmente acessíveis e desvinculadas do cuidado biomédico, permitindo a escolha do tipo de abordagem pelos usuários. Isso significaria a oferta de outras PIC's na Atenção Primária a Saúde - APS, que poderiam, talvez, (e nessa lógica deveriam) ser mais valorizadas e assim inseridas em paralelo ao cuidado convencional na APS (TESSER, 2017).

Nessa perspectiva, a PNPIC tem proporcionado avanços e podem-se citar: normatização e institucionalização das PIC's na rede pública; aumento significativo de ações, programas e políticas nos estados e municípios; integração dessas práticas aos sistemas oficiais de saúde; desenvolvimento de conhecimento na área, além de legislação/normatização para oferta de serviços e produtos de qualidade; qualificação dos profissionais envolvidos com práticas complementares; melhoria da atenção à saúde da população e ampliação das opções terapêuticas aos usuários do SUS (BRASIL, 2011; REIS et al., 2018).

Dacal; Silva (2018) de modo contrário ao autor anterior, afirma que a inclusão das PIC's no SUS tem acontecido de forma gradual e muito lentificada. Alguns motivos são considerados, como: o pouco conhecimento sobre essas terapias, a falta de pesquisas na área, além de uma ausência de profissionais qualificados na rede SUS para realizá-las. A própria OMS estimula estudos científicos para melhor conhecimento da segurança, eficácia e qualidade dessas técnicas (DACAL; SILVA, 2018).

Ainda assim, Dacal; Silva (2018) expõe sobre às melhoras dos sintomas percebidas pelos pacientes após acompanhamento com as PIC's, tem-se que 51% dos pacientes relataram melhora nas dores no corpo e no estado de estresse, além da melhora percebida em: cansaço (39%); ansiedade e inchaço nas pernas e nos pés (ambos, 34%); e insônia (27%). Os pacientes ainda perceberam melhoras em sintomas como: pressão arterial (17%); depressão (15%); ganho de peso (13%); constipação (7%); glicemia alta (7%); cólicas (2%); e sintomas da menopausa (2%). Vale destacar que o maior percentual (51%) de pacientes que relataram melhoras percebidas refere-se, também, aos maiores percentuais relativos às queixas iniciais: dores no corpo (85%) e estresse (78%).

Segundo o último informe do Ministério da Saúde, a oferta de PIC's, em 2016, existia em 9.470 estabelecimentos de saúde distribuídos em 56% (3.097) dos municípios brasileiros; e na APS, em 54% deles (BRASIL, 2017). Estava concentrada nas capitais, principalmente nas regiões Sul e Nordeste. O maior número destes estabelecimentos era público e de administração municipal (APS). Um mesmo estabelecimento de saúde pode ofertar mais de

uma modalidade de PIC's, homeopatia e acupuntura, por exemplo, registradas pelo MS como serviços de PIC. Em 2017 (janeiro a setembro), foi observada a oferta de 8.575 serviços (TESSER et al., 2018).

Outro fator contribuinte para ampliação das PIC's é a oferta de disciplinas sobre o ensino dessas práticas, que deverão ser ofertadas de maneira integrada, a um maior número de estudantes nos diversos cursos em saúde, na graduação e pós-graduação, com possibilidade de formação prática para aqueles que manifestem esse interesse. Deve-se também oferecer o estudo adequado de diferenças, mas também de interações e complementaridade entre diferentes saberes e práticas na perspectiva da integralidade do cuidado. Ao considerar o caráter público das instituições ensino superior, destaca-se ainda a importância da orientação do ensino em saúde, inclusive o das PIC's, para o SUS (NASCIMENTO et al., 2018).

Os resultados do estudo de Barbosa et al., (2020) retratam que, mesmo após 12 anos de publicação da PNPIC, essa política ainda não está institucionalizada na maioria dos municípios. Ao identificarmos a convergência de oferta em PIC's entre gestores e profissionais em apenas 8,6% dos municípios, confirma-se a hipótese de que são os profissionais os principais atores responsáveis pela expansão das PIC's no Brasil, em vez de iniciativas da gestão. São os profissionais que autofinanciam sua formação e a desenvolvem nas unidades de saúde, sem apoio financeiro e conhecimento dos gestores. A diferença em porcentagem do número de municípios com oferta de PIC's, de acordo com os dados do Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade - PMAQ, e o baixo reconhecimento dos gestores dessa oferta confirmam a baixa institucionalização, mas também o protagonismo dos profissionais, mesmo diante de entraves existentes para a consolidação da PNPIC, como falta de financiamento específico, formação profissional insuficiente e escassez de insumos (BARBOSA et al., 2020).

Em relação a aceitação do uso de PIC's pelos profissionais, Ruela et al. (2019) diz que a pouca adesão dos profissionais se deve a baixa comprovação científica. No entanto, no presente estudo, encontrou-se profissionais com um grande envolvimento, alguns até ministrando algumas PIC's por iniciativa própria e empenhados com a criação da comissão para avançar nas discussões sobre o assunto (SILVA et al., 2021)

A coparticipação de gestores, usuários e profissionais envolvidos nos serviços públicos de saúde é tão fundamental para a implantação da PNPIC quanto os resultados obtidos na assistência, uma vez que permite um planejamento adequado às realidades

socioinstitucionais e políticas do território e, conseqüentemente, a sustentabilidade das ações (BRASIL, 2017; HABIMORAD et al., 2020).

A inserção das PIC's no SUS configura uma ação de ampliação de acesso e qualificação dos serviços na perspectiva da integralidade da atenção à saúde da população. Para a sua consolidação, como mais uma estratégia terapêutica e promotora de saúde no SUS, devem ser consideradas as diversas influências que interferem no decorrer deste processo: gestores; políticas institucionais; sujeitos envolvidos (e suas competências); cultura local e organizacional (FERRAZ et al., 2020).

A consolidação de políticas inovadoras, como a oferta de Medicina Tradicional e Complementar e Integrativas - MTCl, é influenciada diretamente pela divulgação das indicações e efetividade dessas práticas. O intuito é ampliar o número de usuários e profissionais que conhecem seus benefícios, seja pelo acesso direto ou por meio de encaminhamento profissional para serviços dessa natureza. Iniciativas como essas podem diluir o custo por usuário de MTCl, visto que unidades voltadas a tais atendimentos apresentam um custo fixo alto (ASSUNÇÃO et al., 2020).

Deve-se ressaltar que essa inovação tecnológica está situada em diversos Estados e municípios brasileiros, pois eles vêm incorporando essas modalidades de atenção e renovação do cuidado na saúde. Entretanto, essas práticas podem ser consideradas como estratégias de revitalização do sistema de saúde e de mudanças no padrão biologizante e medicalizante do cuidado e da Promoção da Saúde (ARAUJO et al., 2014).

Nas últimas décadas houve aumento crescente no volume de pesquisas científicas sobre várias PIC's e sua institucionalização nos serviços de saúde. Parte do uso dessas terapias ocorre de forma autônoma, antes, depois ou em paralelo ao cuidado biomédico, em contexto de pluralismo de cuidados à saúde. Esse avanço científico e institucional foi induzido pela crescente popularidade dessas práticas pelas populações devido ao fácil acesso e eficácia relativa em locais de baixa renda, insatisfações com a biomedicina, movimentos culturais fomentadores da revalorização das PIC's, estímulo à participação no cuidado, melhor experiência e relacionamento terapeuta-usuário (TELES JÚNIOR, 2016).

Barros et al. (2020) através do Inquérito e seu estudo, realizados em São Paulo, sugerem que a análise sobre a oferta de PIC's no território nacional requer maior aprofundamento. Há interesse de parcela dos profissionais de saúde, cuja magnitude é difícil de estimar com base nas fontes oficiais, em ofertar um cuidado com abordagem integral e PIC's. Contudo, as motivações e o modo como esse cuidado é ofertado devem ser explorados inclusive para avaliar a segurança, qualidade e efetividade.

4. CONCLUSÃO

Esse estudo permite notar a necessidade de ampliação das Práticas Integrativas e Complementares no SUS. Essas práticas buscam tratar o indivíduo em sua totalidade e podem intervir não somente na sua qualidade de vida, mas na adesão ao tratamento da medicina convencional.

Observa-se ainda, a escassez de estudos sobre os benefícios das PIC's no âmbito da saúde pública, tendo em vista, a falta de conhecimento/interesse por parte dos profissionais de saúde e gestão, uma vez que essa temática é pouco abordada nos cursos de formação na área da saúde. Além disso, é essencial investimentos educacionais e financeiros para seu fortalecimento e expansão.

5. REFERÊNCIAS

ARAUJO, W.; et al. Inserção da fitoterapia em unidades de saúde da família de São Luís, Maranhão: realidade, desafios e estratégias. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 9, n. 32, p. 258-263, 2014.

ASSUNÇÃO, M. C. T. et al. Análise de custos em unidade de Medicina Tradicional, Complementar e Integrativa no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 54, p. 145, 2020.

BARBOSA, F. E. S. et al. Oferta de práticas integrativas e complementares em saúde na estratégia saúde da família no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00208818, 2019.

BARROS, N. F.; FRANCISCO, P. M. S. B.; SOUSA, L. A. Carta às Editoras sobre o artigo de Barbosa et al. **Cad. Saúde Pública**, v. 36, p. e00062320, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Ampliação da PNPIC**. Brasília – DF, 2017. Disponível em: <http://dab/docs/portaldab/documentos/informe_pics_maio2017.pdf>. Acesso em: 02/06/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação Nacional de Práticas Integrativas e Complementares. **Relatório de Gestão 2006/2010: Práticas Integrativas e Complementares no SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica - DAB. **Comunica Boletim PNPIC**. Brasília: MS, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Relatório do 1º Seminário Internacional de Práticas Integrativas e Complementares em Saúde - PNPIC**. Brasília, 2009.

CONTATORE, O. A.; et al. Uso, cuidado e política das práticas integrativas e complementares na Atenção Primária à Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 3263-3273, 2015.

DACAL, M. del P. O.; SILVA, I. S. Impactos das práticas integrativas e complementares na saúde de pacientes crônicos. **Saúde em Debate**, v. 42, p. 724-735, 2018.

DANTAS, F. O medicamento homeopático provoca efeitos adversos ou agravações medicamentos-dependentes? **Rev. Homeopatia (São Paulo)**, v. 80, n. 1, p. 174-82, 2017.

FERRAZ, I. S.; et al. Expansão das práticas integrativas e complementares no Brasil e o processo de implantação no Sistema Único de Saúde. **Enfermería Actual de Costa Rica**, n. 38, p. 196-208, 2020.

FURNHAM, A.; VINCENT, C. **Complementary and alternative medicine: challenge and change**. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 2000.

GRIMALDI-BENSOUDA, L.; et al. Who seeks primary care for sleep, anxiety and depressive disorders from physicians prescribing homeopathic and other complementary medicine? Results from the EPI3 population survey. **BMJ open**, v. 2, n. 6, p. e001498, 2012.

HABIMORAD, P. H. L. et al. Potencialidades e fragilidades de implantação da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 395-405, 2020.

ISCHKANIAN, P. C.; PELICIONI, M. C. F. Challenges of complementary and alternative medicine in the SUS aiming to health promotion. **Journal of human growth and development**, v. 22, n. 2, p. 233-238, 2012.

KRACIK, M. L. A.; PEREIRA, P. M. B.; ISER, B. P. M. Medicina Integrativa: um parecer situacional a partir da percepção de médicos no Sul do Brasil. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 1095-1105, 2020.

NASCIMENTO, M. C. do et al. Formação em práticas integrativas e complementares em saúde: desafios para as universidades públicas. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 16, n. 2, p. 751-772, 2018.

NASCIMENTO, M. V.N, do; OLIVEIRA, I. F. As práticas integrativas e complementares grupais e sua inserção nos serviços de saúde da atenção básica. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 21, n. 3, p. 272-281, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Tradicional Medicine Strategy**, 2014. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92455/1/9789241506090_eng.pdf?ua=1>. Acesso: Acesso em: 31/05/2021.

RAKEL, D. **Integrative medicine**. New York: Elsevier, 2012.

REIS, B. O.; ESTEVES, L. R.; GRECO, R. M. Avanços e desafios para a implementação das práticas integrativas e complementares no Brasil. **Revista de APS**, v. 21, n. 3, 2018.

RUELA, L.O.; et al. Implementação, acesso e uso das práticas integrativas e complementares no Sistema Único de Saúde: revisão da literatura. **Cienc Saúde Colet**, v. 24, n. 11, p. 4239-4250, 2019.

SILVA, P. A. M.; et al. Práticas integrativas e complementares em saúde: possibilidades para o cuidado integral. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 1, p. e5087-e5087, 2021.

SOUSA, I.M.C.; et al. Práticas integrativas e complementares: oferta e produção de atendimentos no SUS e em municípios selecionados. **Cad. Saúde Pública**, v. 28, n. 11, p. 2143-2154, 2012.

TELESI JÚNIOR, E. Práticas integrativas e complementares em saúde, uma nova eficácia para o SUS. **Estudos avançados**, v. 30, n. 86, p. 99-112, 2016.

TESSER, C. D. Práticas integrativas e complementares e racionalidades médicas no SUS e na atenção primária à saúde: possibilidades estratégicas de expansão. **JMPHC| Journal of Management & Primary Health Care**, v. 8, n. 2, p. 216-232, 2017.

TESSER, C. D.; NORMAN, A. H. Prevenção quaternária e práticas integrativas e complementares em saúde (I). **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 15, n. 42, p. 2551-2551, 2020.

TESSER, C. D.; SOUSA, I. M. C. de; NASCIMENTO, M. C. do. Práticas integrativas e complementares na atenção primária à saúde brasileira. **Saúde em debate**, v. 42, p. 174-188, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Traditional medicine strategy: 2014 - 2023**. Geneva: WHO, 2013.

COVID-19: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Alania Frank Mendonça¹, Ana Carla Silva Jansen¹, Francisca de Brito Souza Araújo¹, Larissa Rodrigues de Sousa¹, Thais da Conceição Silva¹, Eldevan da Silva Barbosa¹, Ana Gabrielly de Melo Matos¹, Eleilde Almeida Araújo², Sâmia Amélia Mendes Silva³, Wemerson Matheus Matos Silva³ e Jaqueline Diniz Pinho⁴

1. Ciências Biológicas. Universidade Estadual do Maranhão- UEMA/ Centro de Estudos Superiores de Zé Doca- MA, Zé Doca, Maranhão, Brasil;
2. Programa de Pós-Graduação em Saúde do Adulto, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Maranhão, Brasil;
3. Faculdade Supremo Redentor-FACSUR, Pinheiro, Maranhão, Brasil.
4. Universidade Estadual do Maranhão- UEMA/ Centro de Estudos Superiores de Zé Doca- MA, Zé Doca, Maranhão, Brasil.

RESUMO

Em dezembro de 2019, foi constatado a circulação de um novo vírus na região de Wuhan, na China, inicialmente foi denominado de 2019-nCoV, mas após uma série de estudos, este veio a ser batizado como SARS-CoV-2 ou COVID-19. Em um curto período de tempo, vários países identificaram pessoas infectadas com a COVID-19, fazendo com que no dia 11 de março a Organização Mundial de Saúde-OMS decretasse o atual estado de contaminação como uma pandemia. Conforme a estrutura do vírus ele é classificado como um β coronavírus, o qual tem 94,6% de similaridade genética com o SARS-CoV. Os principais sintomas iniciais causados pelo novo coronavírus lembram um quadro gripal comum, podendo se manifestar de forma branda ou grave, indivíduos que apresentam a doença de forma grave podem vir a óbito caso não tratem a tempo a doença, ainda não há um medicamento que possa debelar a infecção causada pelo novo coronavírus, mas, algumas medidas podem ser tomadas com base no quadro clínico do paciente. Para se proteger do vírus é recomendado uso de máscaras, lavagem das mãos, etiqueta respiratória, o distanciamento social, o arejamento e a exposição solar de ambientes, restrição ou proibição ao funcionamento de locais onde há aglomeração de pessoas. Esta é uma revisão que integra as principais informações quanto à pandemia do COVID-19.

Palavras-chave: COVID-19, Pandemia e Vírus.

ABSTRACT

In december 2019, a new virus was found to circulate in the Wuhan region of China, initially called 2019-nCoV, but after a series of studies, it came to be named SARS-CoV-2 or COVID-19. In a short period of time, several countries identified people infected with COVID-19, causing on March 11 the World Health Organization-WHO to declare the current state of

contamination as a pandemic. According to the structure of the virus it is classified as a β coronavirus, which has 94.6% genetic similarity with SARS-CoV. The main initial symptoms caused by the new coronavirus resemble a common flu condition, which can manifest itself in a mild or severe form, individuals who have the disease in a severe form may die if they do not treat the disease in time, there is still no drug that can eradicate the infection caused by the new coronavirus, but some measures can be taken based on the patient's clinical condition. To protect yourself from the virus, the use of masks, hand washing, respiratory etiquette, social distancing, ventilation and exposure to the sun of environments, restriction or prohibition of the operation of places where there is agglomeration of people, are recommended. This is a review that integrates key information regarding the COVID-19 pandemic.

Keywords: COVID-19, Pandemic and Virus.

1. INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, foi constatado a circulação de um novo vírus na região de Wuhan, na China. Inicialmente os conhecimentos sobre este vírus eram escassos o que acabou mobilizando vários cientistas. Provisoriamente o vírus foi denominado de 2019-nCoV, mas após uma série de estudos, este veio a ser batizado como SARS-CoV-2 (novo coronavírus), e a patologia causada por ele, COVID-19 (PHERLAN, 2020).

As primeiras notificações foram decorrentes de pacientes com histórias ligadas ao mercado atacadista de frutos do mar, localizado em Wuhan, onde também era comercializado animais silvestres, os quais eram vendidos vivos ou abatidos no próprio local. Os pacientes acometidos relataram o consumo de alguns animais comercializados nesse mercado (MALIK, 2020). O novo coronavírus já foi observado em morcegos e pangolins (LAM et al., 2020). Vale salientar que pangolins são vendidos ilegalmente na China, devido ao uso de sua carne e escamas na tradicional medicina chinesa. Contudo, há relatos de pacientes oriundos desse surto inicial que não haviam frequentado o local, mas foram infectados (MALIK, 2020).

O primeiro caso oficial de COVID-19 foi de um paciente, idoso de 61 anos, hospitalizado no dia 12 de dezembro de 2019 em Wuhan, China. Este acabou indo a óbito no dia 09 de janeiro de 2020. Posteriormente, a sua esposa também apresentou sintomas de síndrome gripal, no entanto ela não tinha frequentado o mercado nos últimos dias, o que acabou comprovando a hipótese de que o vírus era transmitido de pessoa para pessoa (SINGHAL, 2020).

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) emitiu um alerta sobre a periculosidade do vírus, uma vez que na China estavam surgindo novos casos.

Em 21 de janeiro tivemos o primeiro caso confirmado na América do Norte (BARON et al., 2020). O primeiro caso confirmado de COVID-19 no Brasil ocorreu em 26 de fevereiro de 2020, em São Paulo. Tratava-se de um homem de 61 anos, residente da capital paulista, que havia feito uma viagem para a Itália entre os dias 9 e 21 de fevereiro. A primeira morte ocasionada pelo novo Coronavírus no Brasil aconteceu em 12 de março, sendo uma mulher com 57 anos da cidade de São Paulo (RODRIGUEZ-MORALES et al., 2020).

Em um curto período de tempo, vários países identificaram pessoas infectadas com o patógeno da COVID-19, fazendo com que no dia 11 de março a OMS decrete o atual estado de contaminação como uma pandemia. Desde então, os casos aumentaram sobremodo no Brasil, atingindo a infeliz marca de mais 400 mil mortes, dados estes que desafiam em especial os profissionais de saúde os cientistas para uma corrida, em busca de medidas profiláticas que levem a erradicação da circulação do vírus.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ESTRUTURA DO VÍRUS

Dentre os 4 subgrupos principais de coronavírus (α , β , γ e δ), o SARS-COV-2 é um β coronavírus, o qual tem 94,6% de similaridade genética com o SARS-CoV, sendo este o agente etiológico responsável por uma epidemia no ano de 2002 (ZHOU et al., 2020).

Em relação às características da partícula do viral do coronavírus, esta é tipicamente redonda ou multiforme, medindo 120–160 nm de diâmetro e inclui uma projeção em forma de pétala que consiste em uma proteína Spike (S) tripla, que é uma característica comum dos coronavírus. A proteína S medeia a fixação do vírus e a fusão da membrana durante a infecção (SHEREEN, 2020). Além da proteína S característica, os genomas do coronavírus geralmente codificam três proteínas estruturais adicionais, incluindo a proteína da membrana (M), a proteína do envelope (E) e a proteína do nucleocapsídeo (N), conforme demonstrado na figura 1 abaixo.

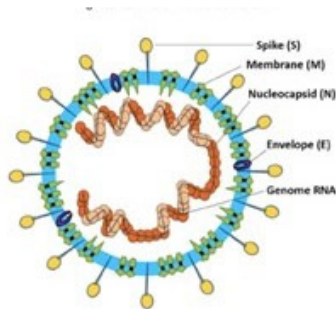


Figura 1. Estrutura do novo coronavírus.
Fonte: Li et al., 2020

De igual modo, ao processo de ligação da proteína S do SARS-COV ao receptor de superfície celular, a enzima conversora de angiotensina 2 (ACE2), assim acontece o SARS-COV-2, onde inicia a entrada viral nos pneumócitos tipo II no pulmão humano, (GALLAGHER E BUCHMEIER, 2001). A ACE-2 é expressa não apenas nas células epiteliais alveolares do tipo I e II nos pulmões e no trato respiratório superior, mas também em vários outros locais, como coração, endotélio, epitélio tubular renal, epitélio intestinal e pâncreas. A glicoproteína S na superfície do SARS CoV-2 liga-se à ACE-2 e causa uma alteração conformacional na glicoproteína S. No entanto, ainda não está claro se ACE2 é o único receptor para infecção por SARS-CoV-2 porque CD209L (uma glicoproteína da lectina do tipo C também chamada de L-SIGN) foi identificado como um possível receptor secundário para SARS-CoV em cultura de células de ovário de hamster.

2.2. PRINCIPAIS SINTOMAS

Diferenciar COVID-19 de outros vírus respiratórios circulantes é extremamente importante para estudos epidemiológicos e manejo clínico. Os sintomas iniciais da doença lembram um quadro gripal comum, podendo se manifestar de forma branda ou grave. Dentre aqueles que são infectados, mas que não apresentam sintomas, são assintomáticos, entretanto estes indivíduos participam da cadeia de transmissão da doença. Aqueles que desencadeiam para as formas graves, apresentam principalmente pneumonia grave, edema pulmonar, síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), falência múltipla de órgãos ou resultar no óbito (UMAKANTHAN et al., 2020).

O principal grupo de risco são idosos e/ou indivíduos com comorbidades, com deficiência do sistema imunológico e associação a fatores genéticos. As comorbidades que

podem representar fatores de risco, são principalmente diabetes, hipertensão, asma e doenças cardiovasculares (MUNIYAPPA; GUBBI, 2020).

2.3. TRATAMENTOS PROPOSTOS

Atualmente ainda não há um medicamento que possa debelar a infecção causada pelo novo coronavírus. Mas, algumas medidas podem ser tomadas com base no quadro clínico do paciente. Para aqueles pacientes confirmados para COVID-19, em casos de sintomas brandos, o tratamento é direcionado para o alívio dos sinais e sintomas, com medidas que incluem: Uso de analgésicos e/ou antitérmicos, para combater os sintomas de dor e febre, Repouso absoluto, além de isolamento do paciente. Os pacientes que apresentam desconforto respiratório são recomendados a terapia com oxigênio, quando a resposta do acometido não é satisfatória, outras condutas como ventilação mecânica podem ser realizadas (ATZRODT et al., 2020; TU et al., 2021).

Em relação aos medicamentos presentes na literatura propostos aos pacientes com a COVID-19 são corticoides, agentes antivirais (favipiravir, lopinavir/ritonavir, remdesivir e interferon alfa ou beta), drogas imunomoduladoras (cloroquina e hidroxicloroquina), soroterapia, anticoagulantes, inibidores da inflamação (tocilizumabe, anakinra, acalabrutinibe, sarilumab) e a oxigenação extracorpórea. (ATZRODT et al., 2020; JIN et al., 2020).

Quanto ao uso de drogas imunomoduladoras: cloroquina e hidroxicloroquina, vários países começaram a utilizar a hidroxicloroquina e a cloroquina como fonte terapêutica no tratamento da COVID-19, baseando-se em pesquisas *in vitro* onde existiria uma possível inibição da infecção da replicação viral do SARS-Cov-2. Em combinação com sua função anti-inflamatória, previu-se que o medicamento em questão possuía um potencial para combater a doença. Porém, um estudo publicado na revista *Annals of Internal Medicine*, evidenciou que o uso da hidroxicloroquina em humanos não proporciona melhora dos sintomas da COVID-19 em pacientes em estado leve, reforçando estes dados, um outro trabalho evidenciou que a medicação em questão também não trouxe benefícios para pacientes hospitalizados (ARSHARED et al., 2020).

No Brasil, a cloroquina a hidroxicloroquina foi bastante usada no tratamento de pacientes graves e críticos de COVID-19. Mas, as evidências sobre o uso da cloroquina por pacientes em tratamento para a COVID-19 são limitadas, alguns ensaios clínicos analisados apresentaram resultados de cura e/ou remissão dos sintomas e/ou redução da carga viral

dos pacientes, no entanto apresentaram muitas restrições, principalmente quanto a dosagem e efeitos colaterais. Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de ensaios clínicos, envolvendo um número maior de pacientes, para que seja possível analisar a efetividade no combate ao coronavírus, bem como a segurança do uso dessa droga (DE et al., 2021; MIZUSAKI et al., 2020).

Em relação ao antiviral, remdesivir, é um análogo da adenosina, que se incorpora nas cadeias que possui a capacidade de se incorporar nas cadeias virais de RNA, e conseqüentemente, impedindo o término de sua cópia. Atualmente esse fármaco está sendo testado nos Estados Unidos de forma experimental para o tratamento da COVID-19, uma vez que demonstrou eficácia na inibição de SARS-CoV-2, MERS-CoV e SARS-CoV em estudos in vitro e em animais, tendo sido autorizado pela Food and Drug Administration para pacientes hospitalizados em estado grave pela doença (DE et al., 2021). Posto em prática como terapia em humanos contra o covid-19, o medicamento reduziu o tempo de recuperação em média cinco dias durante os testes clínicos de pacientes hospitalizados por causa da COVID-19. Segundo Wang e seus colaboradores (2020), mesmo com bases nos estudos clínicos que foram realizados com pacientes que se encontravam com quadro de COVID-19, não é possível afirmar que a melhoria existente encontrada nesses pacientes está relacionada ou uso do remdesivir.

Além dos descritos, o uso de antibióticos também foi muito prescrito para os pacientes, em especial a azitromicina. Inicialmente a azitromicina foi uma das terapias ambulatoriais mais prescrita no tratamento da COVID-19, pois alguns estudos demonstravam que a azitromicina possui a capacidade de reduzir a carga viral nos pacientes e combater a reação inflamatória induzida pelo vírus (DE et al., 2021). Porém, um estudo brasileiro publicado na revista *The Lancet* apontou que a azitromicina não possui eficácia na redução da mortalidade de pacientes em estado graves (FURTADO et al., 2020).

Algumas pesquisas observaram a presença de alteração no sistema de coagulação em quadros graves de infecção por SARS-CoV-2. A partir desses dados, pesquisadores em conjunto, fizeram a realização de testes com heparina in vitro, com isso foi descoberto que a mesma poderia ser um dos medicamentos que auxiliariam o tratamento da COVID-19, chegando a reduzir 70% da entrada do vírus nas células sadias do organismo (MYCROFT-WEST et al., 2020).

É importante salientar que as evidências para a profilaxia farmacológica no contexto da COVID-19 ainda são limitadas, não havendo ainda, portanto, uma medicação que de fato possa atuar de forma profilática contra a COVID-19.

2.4. MEDIDAS PROFILÁTICAS

A transmissão do SARs-COV-2 pode ocorrer através de aerossóis, contato com pessoas infectadas e gotículas, sendo as duas últimas consideradas as principais formas de transmissão. O contato direto, indireto ou próximo com uma pessoa infectada, e as gotículas liberadas pelo enfermo através da tosse, espirro ou fala podem entrar em contato com as mucosas, boca, nariz e, possivelmente, pelos olhos de uma pessoa contactante suscetível (IZDA et al., 2021).

Devido a isto, as principais medidas profiláticas incluem a lavagem das mãos, a etiqueta respiratória, o distanciamento social, o arejamento e a exposição solar de ambientes, a limpeza de objetos e superfícies, e a restrição ou proibição ao funcionamento de escolas, universidades, locais de convívio comunitário, transporte público, além de outros locais onde há aglomeração de pessoas (GARCIA; DUARTE, 2020).

Outra medida eficaz na contenção do coronavírus é o uso da máscara facial, pois é notório que a utilização das máscaras são barreiras físicas e eficazes em conter a transmissão em curta distância por contato direto ou indireto e dispersão de gotículas. Pesquisas apontam que a utilização adequada das máscaras faciais, impedem significativamente a dispersão das partículas expelidas por meio da tosse ou espirro, impedindo a transmissão de doenças respiratórias, como a COVID-19 (TIRUPATHIR et al., 2020).

No entanto, é importante ressaltar que o uso da máscara não é suficiente, devendo ser combinada outras medidas que foram supracitadas. Ademais, há de se considerar a importância da vacinação, como uma importante medida profilática. Desde que a Organização Mundial de Saúde declarou como pandemia a infecção por SARS-CoV-2, foram concentrados esforços para o desenvolvimento de uma vacina em tempo recorde (PINTO et al., 2020). Pesquisadores em todo o mundo começaram a desenvolver vacinas contra a SARS-Cov-2, totalizando 213 vacinas candidatas COVID-19 (ZHAO et al., 2020). Em novembro de 2020, 13 vacinas passaram por testes clínicos de Fase III em humanos (PARK et al., 2021).

Para o desenvolvimento das vacinas contra o novo coronavírus, várias abordagens estão sendo experimentadas, como alvejar a proteína S do vírus e gerar anticorpos contra ela. Além disso, várias outras vacinas são projetadas contra o vírus, incluindo vacinas baseadas em RNA e DNA (RAWAT et al., 2021). O objetivo inicial da vacinação é reduzir a mortalidade, e a manifestação de sintomas graves em caso de infecção.

Porém, mesmo vacinada, a pessoa precisa continuar tomando todas as medidas de prevenção (LAINE et al., 2021), uma vez que há relatos de reinfecção. O primeiro caso de reinfecção causada pela SARS-CoV-2 foi relatada em Hong Kong, após 142 dias do primeiro teste de PCR positivo, um paciente imunocompetente de 33 anos apresentou resultado positivo novamente, após análises foi constatado que o paciente tinha duas cepas de vírus diferentes nos dois episódios de infecção (SELVARAJ et al., 2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

COVID-19 é uma nova doença infecciosa emergente causada pelo vírus SARS-CoV-2 caracterizada como pneumonia atípica. Embora, muitas pesquisas tenham sido realizadas, a patogênese do novo coronavírus ainda não está bem definida. Ainda mais, apesar da vacinação da população, ainda é necessário a adoção de medidas preventivas como o uso de máscara e assepsia constante das mãos. Mais pesquisas são necessárias sobretudo devido ao surgimento de novas variantes, o que representa um desafio para o fim da pandemia.

4. REFERÊNCIAS

ARSHARED, S.; KILGORE, P., CHAUDHRY, Z. S.; JACOBSEN, G.; WANG, D.D.; HUISSING, K.; et al. Treatment with hydroxycloquine, azitromycin, and combination in patients hospitalized with COVID-19. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 97, p. 396-403, 2021.

ATZRODT, C.L.; MAKNOJIA, I.; MCCARTHY, R.DP.; ODFIELD, T.M.; PO, J.; TL TA, K.; et al. A Guide to COVID 19: a global pandemic caused by the novel coronavirus SARS CoV 2. **The FEBS Journal**, v. 287, n. 17, p. 3633-3650, 2020.

BARON, AS.; CRISTÃO, D.; COLSON, P.; RAOULT, D.; ROLAIN, J. Teicoplanin: an alternative drug for the treatment of COVID-19?. **International Journal of Antimicrobial Agent**, v. 55, n. 4, p. e105944, 2020.

DE, P.; CHAKRABORT, I.; KARNA, B.; MAZUMDER, N. Brief review on repurposed drugs and vaccines for possible treatment of COVID-19. **European Journal of Pharmacology**, v. 898, p. e 173977, 2021.

FURTADO, R.H.M. Azitromycin in addition to standard of care versus standard of care alone in the treatment of patients admitted to the hospital with severe COVID-19 in Brazil (COALITION II): a randomised clinical trial. **The Lancet**, v. 396, n.1, p. 959-967, 2020.

- GALLAGHER, T.M.; BUCHMEIER, M.J. Coronavirus spike proteins in viral entry and pathogenesis. **Virology**, v. 279, n. 2, p. 371–374, 2001.
- GARCIA, L.P.; DUARTE, E. Nonpharmaceutical interventions for tackling the, **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, n. 2, p. 202, 2020.
- IZDA, V.; JEFFRIES, M.A; SAWALHA, A.H. COVID-19: A review of therapeutic strategies and vaccine candidates. **Journal of Clinical Immunology**, v. 222, p. e108634, 2021.
- JIN, Y.; YANG, H.; JI, W.; WU, W.; CHEN, S.; ZHANG, W.; et al. Virology, Epidemiology, Pathogenesis, and Control of COVID-19. **Viruses**, v. 12, n. 4, p. e372, 2020.
- LAINE, C.; COTTON, D.; MOYER DV. COVID-19 Vaccine: Promoting Vaccine Acceptance. **Annals of Internal Medicine**, v. 174, n. 2, p. 252-253, 2021.
- LAM. S. D.; BORDIN, N.; WAMAN, V.P.; SCHOLLES, H.M.; ASHFORD, P.; SEM, N.; et al. SARS-CoV-2 spike protein predicted to form complexes with host receptor protein orthologues from a broad range of mammals. **Scientific Reports**, p. 10, n. 1, p. e16471, 2020.
- MALIK, Y. A. Properties of Coronavirus and SARS-CoV-2. **The Malaysian Journal of Pathology**, v. 42, n. 1, p. 3-11, 2020.
- MIZUSAKI, I. A.; GOTTENS, L.B.D.; BRANCO, G. P. C.; SANTANA, L.A.; MONTEIRO, O. L. R.; FERNANDES, S. E.; et al. Cloroquina e Hidroxicloroquina no tratamento da COVID-19: Sumário de Evidências. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v. 31, p. 17-30, 2020.
- MUNIYAPPA, R.; GUBBI, S. COVID-19 pandemic, coronaviruses, and diabetes mellitus. **American Journal Of Physiology-Endocrinology And Metabolism**. v. 318, n. 5, p. 736-741, 2020.
- MYCROFT-WEST. C, J.; SU, D.; PAGANI, I.; RUDD, T. R.; ELLI, S.; GANDHI, N. S.; et al. Heparin inhibits Cellular Invasion by SARS-C0V-2: structural dependence of the interaction of the spike S1 receptor-Binding Domain with Heparin. **Thrombosis and Haemostasis**, v. 120, n. 12, p. 1700-1715, 2020.
- PARK, K.S.; SUN, X.; AIKINS, M.E.; MOON, J.J. Non-Viral Covid-19 vaccine delivery systems. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 169, p.137-151, 2021.
- PERLAN, A.L. The Novel coronavirus Originating in Wuhan, China Challenges for Global Health Governance. **JAMA**, v. 323, n. 8, p. 709-710, 2020.
- PINTO. O.B.; SILVA, L.; LEITE, B. R.; PEDROSA, V. Vacina para a COVID-19: Da Teoria à Prática (COVID-19 Vaccine: From Theory to Practice). **Acta Médica Portuguesa**, v. 1, n. 34, p. e163, 2021.
- RAWAT, K.; KUMARI, P. Covid-19 vaccine: A recent update in pipeline vaccines, their designer and development strategies. **European Journal of Pharmacology**, v. 892, p. e17375, 2021.
- RODRIGUEZ-MORALES, A.J.; GALLEGO, V.; ESCALERA-ANTEZARA, J.P.; MÉNDES, C. A.; ZAMBRANO, L. I.; FRANCO-PAREDES, C.; et al. COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 35, p. 101613, 2020.

- SELVARAJ, V.; HERMAN, K.; DAPAAH-AFRIYIE, K. Severe, Symptomatic Reinfection in a Patient with COVID-19. **Rhode Island Medical Journal Archives**, n. 103, p. 24-26, 2020.
- SHEREEN, A.M. Covid-19 infection: origin, transmission, and characteristics of human coronavirus. **Journal off Advanced Research**, v. 24, p. 91-98, 2020.
- SINGHAL, T. A review of coronavirus Disease-2019 (COVID-19). **Indian Journal Of pediatrics**, v. 87, n. 4, p. 281-286, 2020.
- TIRUPATHIR, R.; BHARATHIDASAN, K.; PALABINDALA, V.; SALIM, S. A.; AL-TAWFIQ, Z. A. Comprehensive review of mask utility and challenges during the COVID-19 pandemic. **InfezMed**, v. 1, n .2, p. 57-63, 2020.
- TU, Y.F.; CHIEN, C.; YARMISHYAN, A.A.; LIN, Y.; LUO, Y.; LIN, Y.; et al. A Review of SARS-CoV-2 and the Ongoing Clinical Trials. **International Journal of Molecular Sciences**, v .21, n. 7, p. e2657, 2020.
- UMAKANTHAN, S.; SAHU, P.; RANADE, A. V.; BUKELO, M. M.; RAO, J. S.; ABRAHAO-MACHADO, L.F.; et al. Origin, transmission, diagnosis and management of coronaviruses diseases 2019 (Covid-19). **Postgraduate Medical Journal**, v. 96, n. 1242, p. 753-758, 2020.
- ZHAO, J.; ZHAO, S.; OU, J.; ZHANG, J.; LAN, W.; GUAN, W.; et al. COVID-19: Coronavirus Vaccine Development Updates. **Frontiers in Immunology**, v. 23, n. 11, p. e602256, 2020.
- ZHOU. P.; YANG, X.; WANG, X.; HU, B.; ZHANG, L.; ZHANG, W.; et al. Discovery of a novel coronavirus associated with the recent pneumonia outbreak in humans and its potential bat origin. **Biorxiv**, 2020.

ORGANIZADOR



Sergio Luiz Prolo Júnior

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Especialista em Educação e Gestão Ambiental pela Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal (FACIMED), Mestre em Ciência e Inovação Tecnológica, pela Universidade Federal do Acre (UFAC). Professor Adjunto Nível I da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre. Atuante principalmente nas seguintes áreas: Biologia Celular e Ecotoxicologia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido Hialurônico: 31, 32, 33, 36, 38, 39, 41 e 42.

Aços Carbono: 111 e 121.

Administração Pública, 160, 161, 164 e 171.

Al reciclado: 61 e 74.

C

Cagaita: 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27 e 28.

Célula Solar: 9 e 14.

Coliformes: 132, 133, 135, 136 e 137.

Combustível: 159, 160, 161, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176 e 177.

COVID-19: 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200 e 201.

D

Declínio: 95, 140, 141, 142, 145, 148, 150 e 154.

Difratometria de raios-X: 44;

E

Ecotoxicidade: 91, 92, 94, 100 e 106.

Efluentes: 91, 93 e 94.

Envelhecimento: 31, 33, 34, 41, 61, 68, 79, 81, 86 e 87.

Espectroscopia no Infravermelho: 44 e 48.

Extração: 18, 19, 20, 22, 70, 78 e 144.

F

Fecundidade: 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154 e 155.

Fundição: 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75 e 80.

G

Gerenciamento: 159, 160, 165, 171 e 177.

H

Hidróxido Duplo Lamelar: 44, 46, 48 e 59.

Hortaliças: 132, 133, 134, 135, 136, 137 e 167.

I

Índice de Acidez: 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27 e 28.

Índice de Iodo: 18, 19, 20, 22, 25, 27 e 28.

Intercorrências: 31, 32, 33 e 125.

Irrigação: 132, 134, 135, 136, 137 e 138.

M

Medicina Integrativa: 180, 181, 182 e 183.

Metais: 11, 44, 47, 48, 58, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 112, 120 e 122.

Metalografia: 111, 121 e 122.

Metodologia Lean: 124.

Mulher: 32, 140, 142, 144, 149, 150, 151, 152 e 196.

O

Óleo: 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 48, 70 e 117.

Otimização Multivariada: 44 e 59.

P

Pandemia: 194, 196, 200 e 201.

PMDI: 9, 10, 11, 12, 14 e 15.

Práticas Integrativas e Complementares: 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187 e 191.

Preenchedores: 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40 e 41.

Propriedades Mecânicas: 61, 62, 69, 73, 74, 76, 86, 87, 88, 111, 113, 114, 116, 117, 118 e 120.

R

Refinamento do Grão: 61, 75, 76, 79, 81 e 88.

S

Simplificação do Trabalho: 124.

Síntese Orgânica: 9.

T

Terapia Intensiva: 124, 125, 126, 127, 128, 129 e 130;

Terapias Complementares: 180.

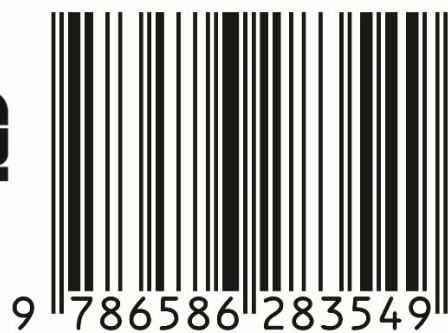
Tratamento Térmico: 68, 74, 76, 81, 85, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117 e 122.

V

Vírus: 194, 195, 196, 197, 199, 200 e 201.

ISBN: 978-65-86283-54-9

BR



9 786586 283549

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283549