



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE GAMA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO-  
QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA QUANDO SUBMETIDA A  
TRATAMENTO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA  
ESTATÍSTICA**

**JULIANA APARECIDA ELIAS**

**ORIENTADOR: Dr. Georges Daniel Amvame-Nze**

**COORIENTADORA: Dra. Vera Regina Fernandes da Silva Marães**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UNB GAMA  
ENGENHARIA BIOMÉDICA

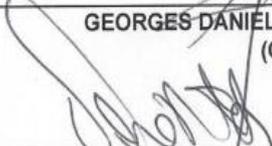
VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO  
QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA QUANDO SUBMETIDA A  
TRATAMENTO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA  
ESTATÍSTICA.

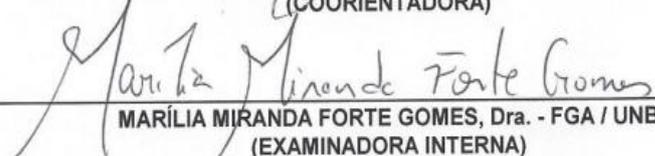
JULIANA APARECIDA ELIAS

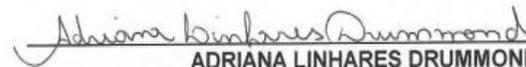
DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida à Faculdade UNB GAMA da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

APROVADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
GEORGES DANIEL AMVAME NZE, Dr. - ENE / UNB  
(ORIENTADOR)

  
\_\_\_\_\_  
VERA REGINA FERNANDES DA SILVA MARÃES, Dra. - FGA / UNB  
(COORIENTADORA)

  
\_\_\_\_\_  
MARÍLIA MIRANDA FORTE GOMES, Dra. - FGA / UNB  
(EXAMINADORA INTERNA)

  
\_\_\_\_\_  
ADRIANA LINHARES DRUMMOND, Dra. - IFB  
(EXAMINADORA EXTERNA)

BRASÍLIA, 31 DE JULHO DE 2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

JULIANA APARECIDA ELIAS

VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA SUBMETIDA A TRATAMENTO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA ESTATÍSTICA, [Distrito Federal] 2015.

Pg 95, N° 33A/2015, 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2015). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1. ÁGUA              | 2. BIORRÉPOSTAS    |
| 3. CAMPO MAGNÉTICO   | 4. ESPECTROSCOPIA  |
| ✓ FGA UnB Gama/ UnB. | II. Título (série) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ELIAS, J. A (2015). VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA SUBMETIDA A TRATAMENTO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA ESTATÍSTICA. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação NO./2015, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: JULIANA APARECIDA ELIAS

TÍTULO: VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA SUBMETIDA A TRATAMENTO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA ESTATÍSTICA

GRAU: Mestre

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

QD 22, Lote 24 Morada das Garças, Cidade Ocidental - GO  
CEP: 72883-703 – Brasil.

*“Aquietai-vos, e sabeis que sou Deus”...  
Sl 45:10*

*Para meu esposo Joab e meus filhos, Arthur e Maria Eduarda,  
com o amor maior que pode haver.*

## AGRADECIMENTOS

*Minha mais profunda gratidão aos meus pais, Luiz Antônio Elias e Cleuza Maria Elias pelos princípios e valores que me possibilitaram ser quem sou.*

*Ao meu esposo e grande parceiro Joab Ramos Fernandes, pelo companheirismo, compreensão, dedicação e amor. Não houve um segundo sequer, nestes dois anos de intenso trabalho, que não pude contar com seu consolo, seu afago e seu incentivo. Minha gratidão por muitas vezes você ter colocado meu coração dentro do seu, e assumido meu papel de forma tão generosa diante dos nossos filhos, nos muitos momentos em que precisei estar ausente.*

*Aos meus filhos, Maria Eduarda e Arthur, que, apesar de tão pequenos, foram meu porto seguro, meu descanso e minha maior razão para prosseguir. Quando tarde da noite eu chegava e só havia o silêncio, era no berço de cada um que pedia perdão pela minha ausência, e agradecia, porque a melhor parte de mim é feita por vocês.*

*À minha cunhada Cleide Alessandra Fernandes, pelo compromisso e cuidado com meus filhos e minha casa.*

*Ao meu irmão Luiz Fernando Elias, por ter me apresentado a este universo da água tratada magneticamente, até então por mim desconhecido.*

*Ao meu estimado professor orientador Dr. Georges Daniel Amvame-Nze, pela confiança, pelos ensinamentos e discussões que me possibilitaram alçar vôo, apesar dos momentos de incerteza e medo. Obrigada acima de tudo, pela humildade e exemplo de caráter.*

*À minha estimada professora e coorientadora Dra. Vera Regina Fernandes Marães, pela doçura, disponibilidade e por ser meu referencial na fisioterapia. Lembro-me bem que no início, quando tudo me parecia intransponível e inseguro, foi você que me disse: “Vai em frente”... e eu fui...*

*Minha mais profunda gratidão e respeito à professora colaboradora desta pesquisa Dra. Marília Miranda Forte Gomes. Tudo foi como uma engrenagem perfeita, onde cada um dos meus mestres foram peças fundamentais para seu perfeito funcionamento, mas você professora Marília foi o combustível indispensável. Obrigada pelos inestimáveis aconselhamentos, por sua força, por sua generosidade e por ter acolhido muitas lágrimas, mas também por ser o motivo de muitos sorrisos...*

*Minha gratidão e admiração à professora Dra. Glécia Virgolino da Silva Luz, que prontamente se dispôs a ajudar em um momento em que tudo era nebuloso e incerto. Você foi fundamental para que eu chegasse até aqui.*

*Aos membros da banca desta dissertação, por suas preciosas considerações que contribuíram sobremaneira para a lapidação desta pesquisa.*

*À professora Marysol Moraes, que, com suas aulas, foi me apresentando o complexo e fascinante universo da Química. O que antes era totalmente desconhecido e obscuro foi aos poucos, ganhando luz graças à sua paciência e empenho.*

*Ao amigo André Campos que me mostrou o sonho em ingressar neste mestrado e hoje o sonho mais que realidade, virou oportunidade, porque desejei estar aqui com todas as minhas forças.*

*Aos amigos conquistados no mestrado, em especial à Camila Cadena, Felipe Macedo, Rafael Assunção e Roberto Aguiar por estarem sempre por perto quando eu mais precisei.*

*Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade Gama, Universidade de Brasília, em especial a então coordenadora do programa Dra. Lourdes Mattos Brasil, por seus conselhos, sabedoria, firmeza e ternura.*

*A toda equipe técnico-administrativa: Secretárias, seguranças, equipe da limpeza. Todos vocês tiveram essencial importância nessa jornada.*

*Minha infinita gratidão a Deus, pelos momentos em que, me sentindo submersa, Suas mãos me traziam à tona para respirar. A Ele, por ter colocado providencialmente no meu caminho, cada uma das pessoas aqui citadas, porque sei que “mesmo quando os olhos do Senhor me viram ainda em substância informe, meu nome já estava escrito no Seu livro. E Ele já sabia de todos os meus dias, antes mesmo de nenhum deles existir”.*

## RESUMO

### VERIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E MOLECULARES DA ÁGUA QUANDO SUBMETIDA A CAMPO MAGNÉTICO: UMA ANÁLISE DA RELEVÂNCIA ESTATÍSTICA

**Autor:** Juliana Aparecida Elias

**Orientador :** Prof. Dr. Georges Daniel Amvame- Nze

**Coorientadora:** Dra. Vera Regina Fernandes da Silva Marães

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica**

**Brasília, Julho de 2015.**

**Introdução:** As interações entre o campo magnético com materiais diamagnéticos como a água ganharam mais visibilidade nos últimos anos por meio de relevantes estudos que demonstram uma pluraridade de atuação da água tratada magneticamente (ATM). Tais estudos envolvem resultados como o aumento da absorção intestinal de cálcio, aumento da permeação da ATM a nível celular, diminuição da osmolaridade e viscosidade sanguínea e maior facilidade na eliminação de toxinas. Essas biorrespostas parecem ser possíveis, segundo a literatura, a partir de alterações das ligações de hidrogênio, quando a água é magneticamente tratada, proporcionando rearranjos de *clusters*, de forma a deixá-los menores e mais organizados, favorecendo sua permeação nos tecidos. Além disso, também há relatos na literatura sobre incrementos nos valores de pH e condutividade da água frente a um campo magnético, o que, juntamente com as alterações moleculares, conferiria a água novas propriedades, de maneira a aumentar sua efetividade no organismo. **Objetivo:** Verificar se há diferenças físico-químicas e moleculares estatisticamente relevantes entre a ATM e seu grupo controle. **Metodologia:** Fizeram parte do estudo, 6 tipos diferentes de águas, desde a deionizada até águas minerais comerciais, que foram submetidas a tratamento magnético por meio de um dispositivo magnético comercial próprio para este fim. O grupo controle foi formado com alíquotas das mesmas águas, porém sem o tratamento magnético. A fim de se verificar as alterações moleculares da ATM em comparação com o grupo controle, foram realizadas análises de espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e Ultravioleta (UV), bem como foram realizadas mensurações de pH e condutividade em ambos os grupos. Com os dados obtidos, realizou-se uma análise estatística por meio do software estatístico SPSS. **Resultado:** Houve diferenças nos espectros de FTIR e UV bem como um incremento nos valores de pH entre o grupo teste e o grupo controle. **Conclusão:** Mediante o p-valor encontrado, concluiu-se que existem diferenças moleculares estatisticamente relevantes entre a ATM e seu grupo controle, mostradas por meio das espectroscopias realizadas, bem como uma maior tendência a alcalinização do grupo que foi tratado magneticamente, o que suscita a importância de mais estudos a fim de convergir resultados científicos em prol desta que parece ser uma área promissora de novas descobertas.

**Palavras-chaves:** Água, biorrespostas, campo magnético, espectroscopia.

## **ABSTRACT**

### **HECKING THE OCCURRENCE OF CHANGES PHYSICAL AND CHEMICAL AND MOLECULAR WATER WHEN POSTED A MAGNETIC FIELD: ANALYSIS OF STATISTICAL RELEVANCE.**

**Author: Juliana Aparecida Elias**

**Supervisor: Dr. Georges Daniel Amvame- Nze**

**Co-supervisor: Dra. Vera Regina Fernandes da Silva Marães**

**Pos-Graduation Program in Biomedical Engineering**

**Brasília, July 2015**

**Introduction:** The interactions between the magnetic field with diamagnetics materials as water gained more visibility in recent years through relevant studies that demonstrate a variety of actuation of treated water magnetically (ATM). Such studies involve results such as the increase in intestinal calcium absorption, increase the permeation of the ATM cell level, decrease in osmolarity and blood viscosity and greater ease in the elimination of toxins. These bioresponses seem to be possible, according to the literature, from changes in hydrogen bonds, when the water is magnetically treated, provided rearrangements in clusters, in order to leave them smaller and more organized, thus favoring their permeation in tissues. In addition, there are also reports in the literature on increments in the pH and conductivity of the water front to a magnetic field, which, together with the molecular changes, would give the water new properties, so as to increase its effectiveness in the body. **Objective:** To Verify if there are any differences physical-chemical and molecular statistically relevant between ATM and its control group. **Methodology:** took part in the study, 6 different types of water, from the deionized water until mineral waters trade, which were subjected to magnetic treatment by means of a magnetic device own commercial for this order. The control group was formed with aliquots of the same waters, however without the magnetic treatment. In order to verify the molecular changes of ATM in comparison with the control group, there were analyzes of Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) and Ultraviolet (UV), as well as were performed measurements of pH and conductivity in both groups. With the data obtained, we performed a statistical analysis by means of the SPSS statistical software. **Results:** There were differences in the spectra of FTIR and UV as well as an increase in pH values between the test group and the control group. **Conclusion:** Through the p-value found, it was concluded that there are molecular differences statistically significant between the ATM and its control group, shown through the spectroscopies, as well as a greater tendency to alkalinization of the group that was treated magnetically, which raises the importance of further studies in order to converge scientific results in favor of this that seems to be a promising area of new discoveries.

**Key- words:** Water, bioresponses, magnetic field, spectroscopy.

# SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE ABREVIACÕES .....	xv
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	16
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo Geral .....	19
1.2.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 Magnetismo: Breve histórico .....	19
2.2 A água .....	21
2.3 As ligações de Hidrogênio .....	23
2.4 Água e campos magnéticos .....	25
2.5 Possibilidade de aplicação da ATM .....	27
2.6 Espectroscopia.....	37
2.6.1 Espectroscopia FTIR .....	40
2.6.2 Espectroscopia no UV-vis .....	42
2.7 Condutividade .....	44
2.8 Potencial Hidrogeniônico .....	44
<b>3 DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL GERAL .....</b>	<b>45</b>
3.1 A escolha das águas.....	45
3.2 A escolha do dispositivo magnético .....	46
3.3 Materiais.....	46
3.4 Métodos .....	47
3.4.1 Manipulação e acondicionamento das águas .....	47
3.4.2 A submissão das águas ao dispositivo magnético .....	48
3.4.3 Análises de pH e condutividade .....	49
3.4.4 Espectroscopias FTIR e UV-Vis .....	50
3.5 Análise Estatística .....	52
3.5.1 Prova de Wilcoxon .....	52
3.5.2 Prova de Mann-Whitney .....	52

<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
4.1 pH.....	53
4.2 Condutividade .....	55
4.3 Espectroscopia FTIR .....	56
4.4 Espectroscopia UV-vis .....	65
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>75</b>
<b>APÊNDICE A: ARTIGOS ACEITOS E PUBLICADOS</b> .....	<b>80</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nomeação das águas escolhidas para pesquisa .....	46
Tabela 2: Valores de pH das amostras após tratamento magnético .....	53
Tabela 3: Valores de condutividade das amostras após tratamento magnético.....	55
Tabela 4: Resultado teste estatístico no FTIR: Teste Wilcoxon .....	61
Tabela 5: Resultado teste estatístico no FTIR: Teste Mann-Whitney .....	64
Tabela 6: Resultado teste estatístico no UV: Teste Wilcoxon.....	68
Tabela 7: Resultado teste estatístico no UV: Teste Mann-Whitney .....	71
Tabela 8: Resultado teste estatístico no UV amostras E e F: Teste Mann-Whitney .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porcentagem da água na célula e demais componentes celulares .....	22
Figura 2: Desenho esquemático da porcentagem de água no corpo humano .....	22
Figura 3: Desenho esquemático da molécula de água .....	24
Figura 4: Desenho esquemático das ligações de Hidrogênio .....	24
Figura 5: Aumento da massa de água absorvida pelas sementes .....	30
Figura 6: Germinação de plântulas com ATM e grupo controle .....	30
Figura 7: Produtividade e dimensões de rosas com ATM .....	31
Figura 8: Sistema radicular de roseira com ATM e grupo controle .....	32
Figura 9: Células sanguíneas submetidas a campo magnético .....	36
Figura 10: O espectro eletromagnético .....	38
Figura 11: Desenho esquemático das fases do espectro de absorção .....	39
Figura 12: Alterações quânticas da matéria e o espectro eletromagnético .....	40
Figura 13: Formas vibracionais da molécula da água .....	41
Figura 14: Espectro típico da absorbância da água deionizada .....	42
Figura 15: Foto cubetas de Quartzo do espectrômetro UV-vis .....	43
Figura 16: Escala pH .....	44
Figura 17: Exemplo do tratamento magnético usado na pesquisa .....	49
Figura 18: Espectrômetro UV-vis utilizado na pesquisa .....	50
Figura 19: Espectrômetro FTIR utilizado na pesquisa .....	51
Figura 20: Diferenças no espectro FTIR amostra A com campo e sem campo magnético .....	56
Figura 21: Diferenças no espectro FTIR amostra B com campo e sem campo magnético .....	57
Figura 22: Diferenças no espectro FTIR amostra C com campo e sem campo magnético .....	57
Figura 23a: Diferenças no espectro FTIR amostra D com campo e sem campo magnético .....	58
Figura 23b: Ampliação região estiramento O-H amostra D com campo e sem campo magnético ..	59
Figura 23c: Ampliação região deformação amostra D com campo e sem campo magnético .....	59
Figura 24: Diferenças no espectro FTIR amostra E com campo e sem campo magnético .....	60
Figura 25: Diferenças no espectro FTIR amostra F com campo e sem campo magnético .....	60
Figura 26: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra A .....	62
Figura 27: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra B .....	62
Figura 28: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra D .....	63
Figura 29: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra E .....	63
Figura 30: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra F .....	64
Figura 31: Diferenças no espectro UV amostra A com e sem campo magnético .....	65

Figura 32: Diferenças no espectro UV amostra B com e sem campo magnético .....	65
Figura 33: Diferenças no espectro UV amostra C com e sem campo magnético.....	66
Figura 34: Diferenças no espectro UV amostra D com e sem campo magnético .....	66
Figura 35: Diferenças no espectro UV amostra E com e sem campo magnético.....	67
Figura 36: Diferenças no espectro UV amostra F com e sem campo magnético.....	67
Figura 37: Comparação espectros UV amostra torneira e amostra A .....	68
Figura 38: Comparação espectros UV amostra torneira e amostra B .....	69
Figura 39: Comparação espectros UV amostra torneira e amostra D .....	69
Figura 40: Comparação espectros UV amostra torneira e amostra E.....	70
Figura 41: Comparação espectros UV amostra torneira e amostra F.....	70
Figura 42: Comparação espectros UV amostras E e F tratadas magneticamente.....	71

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES**

$\mu S$  - *Micro siemens*

$\mu T$  - *Micro tesla*

$\chi$  - *Susceptibilidade Magnética*

*ABEP - Associação Brasileira de Estudos Populacionais*

*ATM - Água com tratamento magnético*

*ADH - Hormonio antidiurético*

*CaCO<sub>3</sub> - Carbonato de Cálcio*

*CO<sub>2</sub> - Gàs Carbônico*

*G - Gauss*

*FTIR - Infravermelho com transformada de Fourier*

*mg - Miligramas*

*mg/l - Miligramas por litro*

*mT - Mili tesla*

*O<sub>2</sub> - Oxigênio*

*pH - Potencial hidrogeniônico*

*PHACE - Pan American Health Care Exchanges*

*T - Tesla*

*UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas*

*UV-vis - Ultravioleta e visível*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A interação de campos magnéticos com materiais suscetíveis ao mesmo, como os ferromagnéticos, já é consagrada na ciência (HALLIDAY & RESNICK, 1994). Mas a interação entre campos magnéticos com substâncias diamagnéticas como a água, ganharam mais visibilidade nos últimos anos por meio de estudos que demonstraram achados relevantes, mas que aos olhos da ciência, ainda não são completamente entendidos (PARSONS, 2004); (PORTO, 1988). Este último fato instiga cada vez mais o estudo das interações entre água e campos magnéticos, devido a complexidade inerente aos dois temas.

Há um número crescente de trabalhos científicos relatando efeitos significativos, resultantes da interação entre água e campos magnéticos, onde muitas vezes, apesar de suas causas ainda serem poucos conhecidas, são relevantes as suas contribuições para o entendimento dos fenômenos que envolvem o comportamento da água frente a campos magnéticos (PORTO, 1988). Tão grande é a abrangência do tema que a água com tratamento magnético (ATM) parece ter sua aplicação prática nos mais diversos setores da sociedade, de forma que há na literatura, importantes trabalhos sobre a ATM que perpassam da indústria, construção civil, agronegócios à saúde humana.

Na área industrial, as águas fortemente carbonatadas chamadas águas duras, geram problemas relacionados à incrustações em tubulações de fábricas, vindas por meio do acúmulo principalmente do carbonato de Cálcio e Magnésio. Tais incrustações normalmente significam grandes prejuízos para as empresas, pois levam a um gasto maior de energia, além do risco eminente de explosões. Estudos indicam que a ATM tem interferência direta sobre a solubilidade de sais, impedindo ou dificultando sua precipitação, prevenindo e reduzindo consideravelmente incrustações em tubulações industriais (COSTA, 2006); (BELOVA, 1972). Gehr *et al* (1995), também relataram os efeitos da ATM sobre o sulfato de cálcio por meio de um estudo criterioso, concluindo que campos magnéticos podem favorecer a diminuição da precipitação de sais, diminuindo ou prevenindo a sedimentação em superfícies sólidas.

Na construção civil, os achados parecem indicar que a ATM utilizada na preparação do concreto, confere a este, uma maior densidade e resistência ao impacto, aumentando sua dureza e diminuindo sua porosidade (*Apud* PORTO, 1998) .

No agronegócio, a aplicação da água tratada magneticamente também vem apresentando resultados surpreendentes, como o aumento da produção e qualidade de rosas para exportação (COSTA, R. 2006) e aumento na produção e qualidade de melões e seu teor de açúcar (HARARI & LIN, 1989). Cita-se ainda a diminuição dos níveis de glicose no sangue de animais que consumiram água com tratamento magnético (SARGOLZEHI; REZAEI, & NASERIAN, 2009), diminuição da gordura subcutânea de bezerras e aves que

fizeram uso da ATM (AL-MUFARREJ *et al*, 2005); (LEVY *et al*, 1990). Ainda relacionado ao agronegócio, há um estudo cujos autores obtiveram relevantes resultados na diminuição de triglicérides, redução dos níveis de sódio com conseqüente redução da osmolaridade do sangue de bovinos que fizeram uso da água tratada magneticamente (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>abc</sub>).

Sobre os possíveis efeitos na saúde humana, Porto (2004) relata o aumento na hidratação da pele humana em cerca de 28% utilizando apenas uma solução ultra diluída de cloreto de Magnésio, tratada magneticamente. Também há estudos indicando que a ingestão de água tratada magneticamente parece ser favorável a doenças como cálculo renal, osteoporose, diabetes, entre outras (BONTEMPO 2002); (BONTEMPO 2015).

Alvarez, Branco & Monteiro (1988) reportaram os benefícios da ATM em pacientes que ingeriram esta água como coadjuvante no tratamento para dor no peito (Angina Pectoris) e varizes. No estudo, os autores em questão relataram a remissão dos sintomas clínicos na totalidade dos casos estudados.

Tao e Huang (2011) constataram a redução na viscosidade do sangue quando células sanguíneas foram expostas a campos magnéticos, o que poderia contribuir sobremaneira para a redução da sobrecarga cardíaca e renal em humanos. No mesmo sentido, Tsimotu *et al* (2011) constataram a diminuição da pressão arterial sistólica de pacientes que foram submetidos a um campo eletromagnético, apoiando os achados de Tao e Huang (2011). Em momento oportuno neste trabalho, explicações detalhadas destes e outros achados serão relatados a fim de esclarecer os indicativos científicos que parecem colocar a ATM como um importante objeto de estudo e pesquisa.

Acredita-se que os efeitos do campo magnético sobre a água estão relacionados a alterações na conformação molecular das ligações de hidrogênio, reorganizando-a de forma que a água passa a ser melhor absorvida pelas membranas celulares (PORTO, 2004); (BELOVA, 1972); (BEREZIN, 1990); (ZHOU *et al*, 2000); (REINA & PASCUAL, 2001), (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001). A partir daí, dependendo do arranjo magnético escolhido, algumas propriedades da água poderiam ser diretamente afetadas como a tensão superficial da água (CAI, YANG & ZHU, 2009), a dureza (H.BENEJAD & E.ABDOSALEHI, 2009), o aumento na quantidade de oxigênio dissolvido (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>b</sub>); (INSUA *et al*, 2009); (COEY & CASS, 2000), o aumento da condutividade elétrica (PORTO, 2004); (ZHOU *et al*, 2000) e o aumento do pH (Potencial Hidrogeniônico); (COEY & CASS, 2000); (AL MUFARREJ *et al*, 2005).

Sabendo que a água participa de todas as reações bioquímicas do organismo, sendo a substância mais importante para a vida (ALVAREZ, BRANCO & MONETIRO, 1988), sem a qual o homem não sobreviveria (JÉQUIER & CONSTANT, 2009), pode-se presumir que qualquer alteração em sua estrutura proporcionada por um campo magnético, segundo o que

indica a literatura, poderia alterar sua biorresposta e incrementar sua efetividade nos seres vivos, de forma a beneficiá-los como um todo (BONTEMPO, 2015); (PORTO, 2004).

É importante mencionar que, devido à diversidade da aplicação da ATM e seus respectivos achados, diversas variáveis tais como o tipo de água, intensidade do campo, tempo de exposição e temperatura entre outras, possam influenciar diretamente nos resultados, de forma que os materiais e métodos de pesquisa adotados se tornam fundamentais para se atingir o objetivo proposto (PORTO, 2004).

Isso muitas vezes pode dificultar a repetibilidade dos resultados entre diferentes autores, como afirma Costa (2006) por meio dos trabalhos de Welder & Partridge (1954); Hasson & Bramsom (1985); Gordom & Grigoriev (1990), que não encontraram efeitos relevantes do campo magnético sobre a água, o que talvez reforce a importância da correta metodologia de pesquisa, que necessita estar inteiramente correlacionada ao fim pretendido, levando-se em consideração todas as variáveis envolvidas no processo.

De qualquer maneira, mesmo diante da escassez de explicações científicas que justifiquem os resultados encontrados na literatura referentes à interação entre a água e campos magnéticos, ou diante da dificuldade em se reproduzir os resultados, ignorá-los seria um equívoco.

De outro modo, assim como afirmou Peter Atkins (2003) autoridade mundial em físico-química, estudos e pesquisas sistematizadas sobre o tema em questão pode representar uma área na fronteira da ciência (NOGUEIRA, 2003) de modo que é preciso aumentar o entendimento dos fenômenos envolvidos e convergir resultados científicos (ELIAS *et al*, 2014).

Neste contexto, fica evidente a necessidade da exploração desta área da ciência, onde a Engenharia Biomédica se apresenta como uma grande aliada, haja vista sua trama interdisciplinar que deve resultar em estudos e inovações em prol de uma população mais saudável e longeva (ELIAS *et al*, 2014).

Partindo da primícia que, segundo a literatura, o campo magnético alteraria a estrutura molecular da água, o presente estudo tem como escopo principal uma análise da relevância estatística dos dados obtidos por meio da espectroscopia FTIR e UV, já que essas técnicas espectroscópicas parecem ser uma das as mais robustas para se tentar detectar as alterações moleculares da água.

Medidas físico-químicas como condutividade e pH, também serão observadas, tendo em vista os achados em alguns trabalhos relacionados ao aumento de condutividade (PORTO, 2004) e ao aumento do pH (COEY & CASS, 2000); (AL MUFARREJ, 2005) na água tratada magneticamente.

Farão parte do grupo teste da pesquisa, diversos tipos de água, desde a deionizada até águas minerais comerciais, que serão submetidas a tratamento magnético por meio de um dispositivo magnético comercial próprio para este fim. O grupo controle será formado por uma alíquota das mesmas águas, sem o tratamento magnético.

Com os dados obtidos por meio das análises espectroscópicas e físico-químicas citadas, serão aplicados testes estatísticos específicos para cada tipo de amostra para que então, se verifique se há diferenças estatisticamente relevantes entre os dois grupos envolvidos, de modo que possam ser ou não, um indicativo a respeito das biorrespostas envolvendo água e campo magnético encontrados na literatura.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

- ✓ Verificar se há diferenças físico-química e molecular que sejam estatisticamente significativas entre as amostras de água submetidas ao campo magnético e grupo controle, utilizando parâmetros tais como: pH, condutividade e espectroscopia no Ultravioleta (UV) e no Infravermelho (IV).

### 1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Observar o comportamento do campo magnético frente às diferentes concentrações de íons na água (cálcio e magnésio);
- ✓ Verificar a ocorrência de diferenças entre a água de torneira e águas minerais em relação ao campo magnético aplicado;
- ✓ Analisar se os resultados obtidos podem ser indicativos de possíveis benefícios da ATM no organismo humano, conforme preconiza a literatura.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Magnetismo: breve histórico

“É a representação perfeita do objeto. O raro encontro do acento agudo com o til numa mesma palavra, definindo as cargas opostas das vogais, agudo e grave, positivo e negativo, atração e repulsão. O *m*, no meio, é perfeitamente simétrico, ligação neutra, de carga anulada pelos extremos opostos. Palavra curta, intensamente magnetizada. “Magnetismo”, por exemplo, é longa demais para concentrar qualquer magnetismo — este dissipa-se entre tantas letras e microrrelações. *Ímã* sintetiza um microscópico universo infinito, coerência e contradição”.

Autor Desconhecido

Os fenômenos envolvendo o magnetismo datam desde o século VI a.C, onde, em uma região chamada Magnésia na Àsia Menor, foram feitas as primeiras descobertas sobre uma pedra que tinha a capacidade de atrair objetos de ferro. Esta pedra era um minério natural, a magnetita, constituída por óxido de ferro ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Os chineses também já pareciam conhecer e utilizar o magnetismo, inclusive na navegação, por meio de um dos experimentos mais úteis criados pelo homem – a bússola – desde os primeiros séculos da era cristã (BONJORNO *et al*, 1999).

As primeiras experiências elementares acerca do magnetismo são datadas de 1296, por meio de Pierre Maricout, sendo dele as primeiras definições de polo norte e polo sul, onde as propriedades magnéticas de um ímã (em forma de barra) são mais acentuadas. Baseando-se na orientação natural da bússola, ele observou que sua agulha magnética apontava para os polos geográficos da terra (NICOLAU & TOLEDO, 1998).

Em 1820, o físico Hans Christian Oersted (1771-1851) demonstrou a relação entre as propriedades elétricas e magnéticas. Por meio de sua experiência clássica, ele observou que a agulha da bússola se deslocava quando a mesma era colocada sob um fio onde passava corrente elétrica, dando origem ao eletromagnetismo. O primeiro eletroímã foi construído por André-Marie Ampère (1775-1836), dispositivo fundamental para o avanço e aprimoramento tecnológico visto nos dias atuais. Michael Faraday também contribuiu com o eletromagnetismo e descoberta da indução eletromagnética, determinantes para o surgimento dos motores mecânicos de eletricidade e transformadores, além de ter inicialmente estudado interação de campos magnéticos sobre substâncias menos óbvias de serem influenciadas por ele, surgindo então os conceitos de diamagnetismo e paramagnetismo (BONJORNO *et al*, 1999).

Cita-se ainda o físico James Clerk Maxwell (1831-1879), que por meio de seu tratado sobre eletricidade publicado em 1873, que reuniu preciosos estudos de Faraday (1791-1867), Coulomb (1736-1806), Ampère entre outros, contribuiu inclusive para a revolução econômica, industrial e tecnológica, que culmina nos dias atuais a uma quantidade cada vez maior de equipamentos cujas tecnologias, vêm dos fundamentos do eletromagnetismo (BONJORNO *et al*, 1999).

Como relatado, os fenômenos envolvendo o magnetismo foram estudados por grandes cientistas que demonstraram seja na teoria ou na prática, os efeitos dessa força da natureza. É certo que, até hoje, alguns fenômenos que envolvem o magnetismo não são totalmente compreendidos pela ciência, mas isso não muda o fato da sua influência e importância, inclusive na vida do planeta.

## 2.2 A água

“A água é estranha. É um líquido quando deveria ser um gás , expande-se quando deveria contrair-se e dissolve quase tudo que toca, tendo tempo suficiente. Mas, senão fosse a estranheza da água, a terra não seria mais que uma bola de gelo sem vida no espaço” Yuan Lee, laureado em Química, 1986.

(YARRIS, 1990)

Os únicos organismos vivos em que a água parece não ser a substância mais abundante, são as sementes e os esporos de fungos. Mesmo assim, estes só despertam para seguir seu curso natural, quando entram em contato com a água (MORAN *et al*, 1994). Em outras palavras, mesmo onde a água parece não estar predominantemente presente, sem ela, a vida não seria possível.

A água representa a substância mais abundante da terra. O surgimento e a manutenção do planeta estão relacionados com a água, sendo portanto, imprescindível para a vida (ALVAREZ, BRANCO & MONETIRO, 1988). Ainda, a água é a o único líquido nutriente sem o qual homem não sobreviveria (JÉQUIER & CONSTANT, 2009).

Nos seres vivos, a água participa de todos os processos biológicos. Como solvente universal, ela reage com uma grande variedade de substâncias químicas tais como os sais, os aminoácidos, as proteínas e os ácidos nucleicos. Essas reações químicas do metabolismo, bem como a reações enzimáticas, são possíveis somente em meio aquoso (BRITO, 1999).

A água também funciona como meio de transporte, sendo que seu fluxo no interior das células permite uma eficiente distribuição de nutrientes entre suas partes, além de participar da homeostase corporal. Devido ao seu calor específico, a água não sofre grandes alterações de temperatura quando comparada à outras substâncias, de modo que os seres vivos que possuem grande quantidade de água, estão protegidos contra bruscas oscilações de temperatura corporal.

A quantidade de água nas células do corpo humano está esquematicamente representada na Figura 1 e como se pode perceber, ela constitui cerca de 70% do total dos componentes da célula.

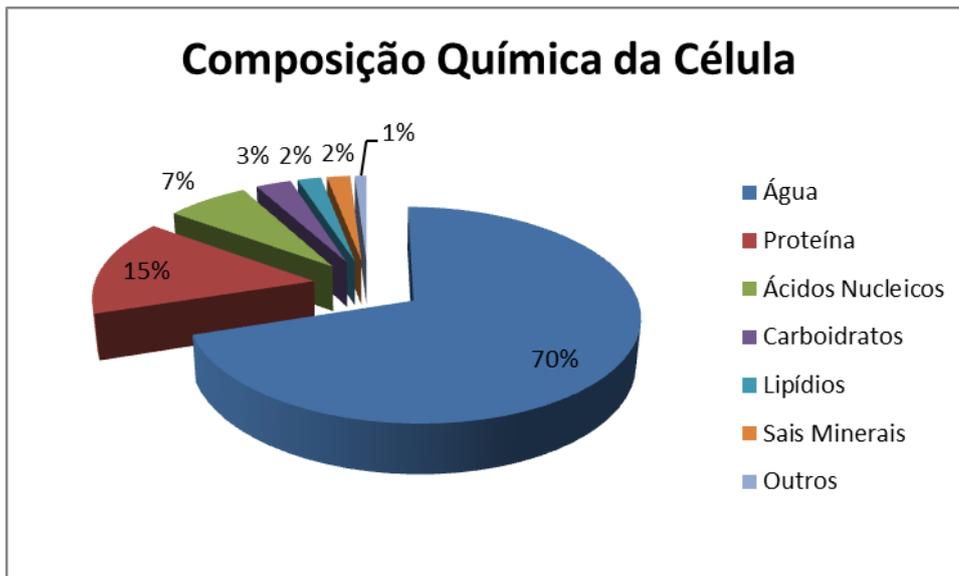


Figura 1: Porcetagem da água na célula e demais componentes  
 Fonte: Adaptado de Brito (1999).

A quantidade de água no organismo é diretamente proporcional à taxa metabólica de um órgão ou tecido, ou seja, quanto maior é a taxa metabólica ou o dispêndio energético, maior é a quantidade de água presente (BRITO, 1999). A Figura 2 relaciona o tipo de tecido e a quantidade de água presente em cada um deles:

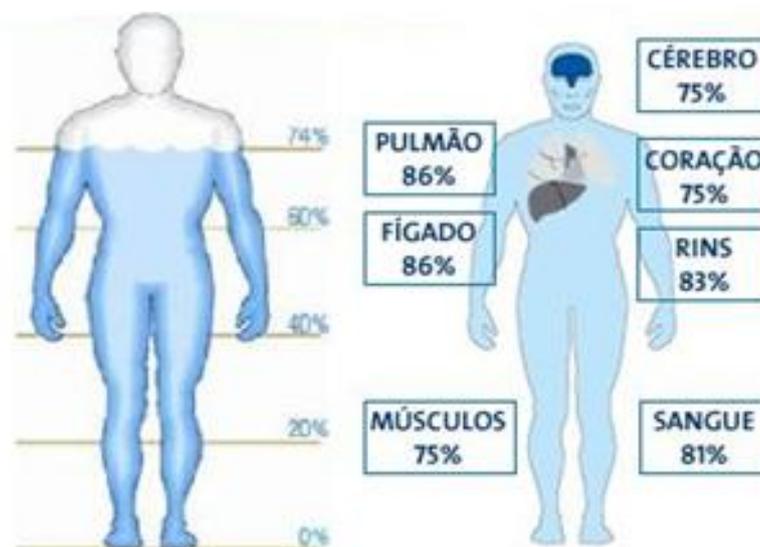


Figura 2: Relação esquemática da porcentagem de água no corpo humano  
 Fonte: 4work.pt

Mas, além da importância do que representa as Figuras 1 e 2 no corpo humano em relação à predominância da água no mesmo, bem como suas conseqüentes repercussões fisiológicas já citadas, a água apresenta ainda características muito singulares, a saber:

Segundo Barboza (2002) por meio dos estudos de Chapplin (2002), a água possui trinta e sete propriedades que não são explicadas simplesmente por sua natureza molecular. Como exemplo, cita-se a sua densidade, seu calor específico, sua constante dielétrica, sua tensão superficial e seu calor de vaporização. Ainda, se for levada em consideração apenas sua natureza molecular, a água em temperatura ambiente, seria um gás e não um líquido (YARRIS, 1990).

Ao que se percebe, a água possui, assim como o magnetismo, comportamentos que ainda não são completamente entendidos. Ela vem sendo estudada desde 1938, quando os primeiros estudos com auxílio de Raios-X foram realizados por Morgan e Warren e posteriormente por Narten e Levy, em 1969. Apesar de terem concluído que a água era ligada tetraedricamente como o gelo hexagonal, a conclusão dos autores não era satisfatória por não levar em consideração que grande parte do líquido se apresentava desorganizado e não em sua forma cristalina (COSTA, 2006); (PORTO, 1988).

As propriedades dinâmicas da água só foram levadas em consideração por meio dos trabalhos de Barker e Watss (1969) e Rahman e Stillinger (1971), que realizaram os primeiros cálculos da dinâmica molecular da água líquida (*Apud* PORTO, 1988), que muito contribuíram para posteriores estudos. Ao que tudo indica o comportamento anômalo da água só pode ser explicado quando se assume que suas interações intermoleculares tem papel fundamental em sua dinâmica, sendo as ligações de hidrogênio, ao que parece, a base para se começar entender seu comportamento.

### **2.3 As ligações de Hidrogênio**

A disposição espacial dos átomos da molécula da água não é linear e forma um ângulo de aproximadamente  $104,5^\circ$  (Figura 3), devido aos pares de elétrons livres do Oxigênio. A diferença de eletronegatividade entre o Hidrogênio e o Oxigênio, juntamente com a geometria molecular da água, confere a mesma sua natureza polar.

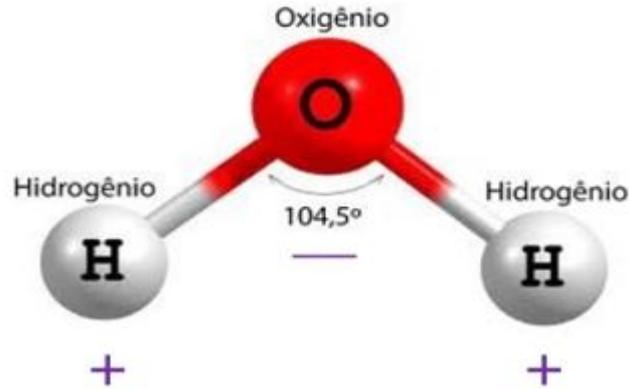


Figura 3: Representação esquemática da molécula da água  
 Fonte: skat.ihmc.us

As ligações de hidrogênio são ligações intermoleculares muito fortes provenientes da interação entre o Hidrogênio e elementos muito eletronegativos, como o oxigênio. Devido a diferença de eletronegatividade, o que gera forte poder de atração entre as cargas, cada molécula de água tende a se unir a outras quatro (tetraedricamente), de modo que seu arranjo de moléculas está organizado espacialmente de maneira tal, que há uma associação de polos positivos e negativos, sendo as ligações de Hidrogênio (Figura 4) as responsáveis por essas conexões.

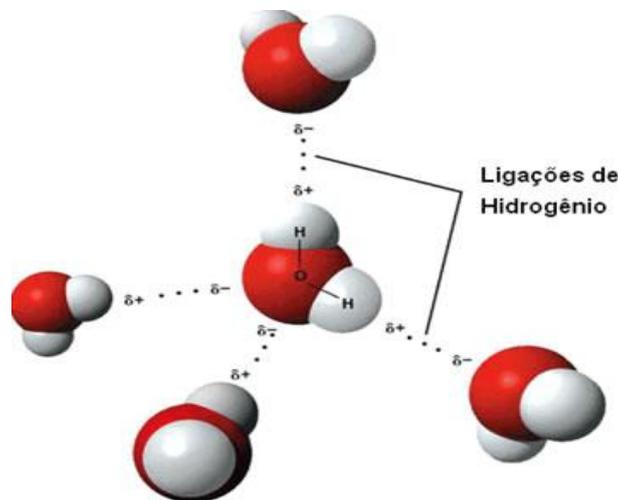


Figura 4: Ligações de Hidrogênio  
 Fonte: Brasilescola.com

Portanto, as ligações de hidrogênio garantem a coesão entre as moléculas e segundo a literatura, são as responsáveis pelas características singulares da água (BRITO,1999); (BELOVA, 1974); (BEREZIN,1999); (ZHOU *et al* 2000); (PORTO, 2004).

Como visto, água não parece ser um sistema isotrópico, ao contrário, nela, segundo PORTO (1988), há diferentes contribuições de energia, como as próprias ligações de hidrogênio e a força de Van der Waals. A interação de certa molécula de água com um *cluster* já existente de moléculas ligadas por ligações de hidrogênio é mais fácil e provável que a interação com uma molécula isolada para a formação de um dímero. A esta interação dá-se o nome de interação cooperativa e as ligações de hidrogênio da água líquida parecem formar um sistema altamente cooperativo (PORTO, 1988).

Será visto mais adiante que campos magnéticos parecem interferir nas ligações de Hidrogênio, de forma a alterar a geometria e organização desses *clusters*, ou aglomerados de água, o que daria à água novas propriedades (PORTO, 2004), (PORTO, 2007).

Dos inúmeros modelos que se tem para descrever a água líquida, dois até hoje são os principais, representando muitas vezes a fusão de outros. Dentre estes, destaca-se o modelo contínuo, defendido por Pople (1951), que consideraria a água como sendo uma rede contínua de moléculas H<sub>2</sub>O em três dimensões, interconectada pelas ligações de hidrogênio. O outro modelo seria o de misturas, ou de clusters de Frank e Wen (1957) que postula que a água líquida é composta não apenas por monômeros ou clusters conectados entre si por ligações de hidrogênio, mas por um equilíbrio entre estas espécies distintas, onde variáveis como temperatura e pressão, poderia alterá-lo.

Obviamente, as bases dos dois modelos apresentados são distintas entre si, e cada qual tem sua contribuição particular mediante os parâmetros de pesquisa apropriados, mas conforme afirma PORTO (1988), muitos pesquisadores que tem como foco as alterações do comportamento da água ou estudam suas modificações estruturais por meio da espectroscopia, lançam mão do modelo de misturas ou se referem diretamente à *clusters* para embasar os resultados experimentais encontrados.

## 2.4 Água e campos magnéticos

Atomicamente, pode-se observar as características magnéticas de um material com o movimento dos elétrons em torno do seu próprio eixo. Tais movimentos produzem correntes que são considerados dipolos magnéticos. Quando tais materiais estão sob um campo magnético externo, seus elétrons tendem a se alinhar na mesma direção do campo, tornando-se magnetizados. Nos materiais denominados ferromagnéticos e paramagnéticos, este alinhamento eletrônico ocorre no mesmo sentido do campo externo aplicado, já nos materiais diamagnéticos, como a água, o alinhamento ocorre no sentido oposto ao campo aplicado (COSTA, 2006).

No Sistema Internacional (SI), a susceptibilidade magnética ( $\chi$ ) é uma grandeza adimensional e se refere ao comportamento de uma determinada substância frente ao campo

magnético. Quando o valor de  $\chi$  for negativo, a substância é repelida pelo campo, caracterizando seu diamagnetismo. (BARBOZA, 2002).

A água tem seu valor  $\chi$  igual a  $-9,035.10^{-6}$ , e sendo diamagnética, repele as linhas de força de um campo magnético, ou seja, pela lei da indução, o campo magnético provocará correntes elétricas que pela lei de Lenz aparecerão no sentido de formar um campo magnético que irá se opor ao campo aplicado (COSTA, 2006).

Sabendo então que a água é essencialmente diamagnética, o termo “água magnetizada” apesar de ser usualmente utilizado nos meios comerciais e não acadêmicos, é um termo incorreto, haja vista que, pelo seu diamagnetismo, ela não adquire as mesmas características magnéticas, por exemplo, do ferro, não se tornando, portanto, magnética (BARBOSA, 2002); (BONTEMPO, 2015). Por isso aqui nos referimos à água que foi submetida a um campo magnético como Água com Tratamento Magnético, ou simplesmente ATM.

A fim de exemplificar experimentalmente as questões acerca do diamagnetismo, cita-se Hirota *et al* (1995), que demonstraram o efeito diamagnético da água em vários estudos, em um deles, aproximando-se a superfície de um recipiente contendo água deionizada de um campo magnético de 10 Tesla (T), verificaram o abaixamento na ordem de 38,9mm do referido líquido.

Do ponto de vista das alterações químicas sofridas pela água, tem-se na literatura, assim como também observou Barboza (1988) achados envolvendo o aumento da solubilidade de sais, com o abrandamento de águas fortemente carbonatadas (águas duras) (WANG *et al*, 1997); (DONALDSON & GRIMES, 1988), (BARRET & PARSONS, 1988), (H.BENEJAD & E.ABDOSALEHI, 2009), modificações do ponto de fusão de soluções aquosas (FUJIWARA & NISHIMOTO, 1992), bem como de água deionizada (ALEKSANDROV, BARANNIKOV & DOBRISTA, 2000).

Outros achados relacionados a água submetida a campo magnético incluem alterações de entalpia de solução (ZHAO *et al*, 1995), aumento da absorção e adsorção da água em sólidos (OZEKI *et al*, 1996), aumento na condutividade elétrica (PORTO, 2004); (ZHOU *et al*, 2000), aumento do potencial de hidrogênio (pH), dependendo da quantidade de minerais na água (COEY & CASS, 2000); (AL MUFARREJ *et al*, 2005), bem como aumento na quantidade de oxigênio dissolvido (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>b</sub>); (INSUA *et al*, 2009); (COEY & CASS, 2000). Há também relatos experimentais acerca das alterações na tensão superficial da água submetida a campos magnéticos (CAI, YANG & ZHU, 2009); (AMIRI & DADKHAH, 2006).

Kochmarsky (1996) defende que o campo magnético modifica o spin eletrônico da água, interferindo nas ligações de hidrogênio. Como visto, as relações intermoleculares da água, representadas por essas ligações, parecem contribuir pelas características peculiares deste líquido extraordinário. O campo magnético parece atuar no sentido de promover um enfraquecimento ou ruptura das ligações de hidrogênio, conferindo um novo tamanho aos

*clusters*, proporcionando a formação de *clusters* menores e mais organizados (BELOVA, 1974); (BEREZIN,1999); (ZHOU *et al* 2000); (PORTO, 2004).

Porto (2004) postula que um meio rico em *clusters* menores, confere à água novas propriedades, tais como o aumento na velocidade de permeação da ATM, de modo a ser mais facilmente absorvida pelo organismo. Sob o mesmo foco, Bontempo (2015) também defende que, frente a um campo magnético, a água sofreria uma reorganização molecular e iônica, que alteraria sua arquitetura e incrementaria sua função orgânica, o que corrobora com os trabalhos de Porto (2004) e Kochmarsky (1996).

Não há atualmente um resultado experimental em que se constate o tamanho e geometria de um *cluster*. Mas, sabe-se que experimentalmente algumas propriedades da água tratada com campo magnético são diferentes da água controle (PORTO, 2004). Conforme já citado anteriormente, as medidas espectroscópicas são ferramentas robustas na detecção de modificações moleculares da água.

Barboza (2002) defende que as mudanças observadas no UV após o tratamento magnético da água, sugere mudanças na sua população de *clusters*, baseado nos estudos de Harvey, Jung & Gerber (1998) e Zvereva (1999) que, por cálculos *ab initio*, demonstraram que a ATM é favorável a formação de *clusters* menores, onde aumentos na absorção de UV na faixa de 190nm foram constatados nos seus trabalhos.

## **2.5 Possibilidades de aplicações da ATM**

Submeter a água a um tratamento magnético é uma técnica relativamente simples e barata, e, mediante as amplas possibilidades de aplicações nas mais diversas áreas, pode representar um apelo comercial que muitas vezes sobrepõem seu aspecto científico.

Deste modo, não se pode ignorar o fato de que algumas empresas que se dispõem a fabricá-lo, não raro, carecem de domínio técnico-científico para tal, o que contribui para aumentar o ceticismo sobre seus efeitos.

Por outro lado, historicamente, o tratamento magnético da água vem sendo estudado desde 1890. Comercialmente falando, Porto (1988) afirma em seus estudos que a primeira patente sobre o assunto foi realizada por Vermerien, na Bélgica, em 1945 quando demonstrou que o campo magnético altera a solubilidade de sais, reduzindo incrustações.

A partir daí, outros estudos foram surgindo e, até hoje, as pesquisas envolvendo a solubilidade dos sais frente a um campo magnético, representa a área mais difundida entre os pesquisadores. Costa (2006) verificou que a aplicação do campo magnético em água industrial interfere na solubilidade dos sais presente na água, reduzindo a formação de incrustações em tubulações que se formam devido principalmente a precipitação do Carbonato de Cálcio

(CaCO<sub>3</sub>). O autor comprovou neste estudo que o campo magnético interfere na formação de calcita (incrustação dura e de difícil remoção), passando-o para a forma de aragonita (incrustação facilmente removível), ambas as formas cristalinas de CaCO<sub>3</sub>.

Economicamente falando, a diminuição da incidência de incrustações em tubulações industriais representa um grande ganho, pois segundo Costa (2006) a Grã-Bretanha, por exemplo, gasta cerca de 1,5 bilhões de dólares por ano em consequências de incrustações em suas tubulações industriais. Essas incrustações, além de aumentarem seu dispêndio energético, pois há diminuição na troca de calor, também apresentam risco eminente de explosões devido ao entupimento das tubulações (BAKER & JUDD, 1996).

Atualmente, o aumento da solubilidade de sais na água frente a campos magnéticos, parece ser a área mais estudada comercialmente. Isso porque, de modo relativamente simples, parece resolver ou minimizar os problemas gerados pela incrustação sistemas industriais. Além do que, trata-se de uma técnica ecologicamente correta, pois não há uso de nenhum tipo de processamento químico.

Segundo Barbosa (2002), a universidade de Oriente, em Cuba, possui um centro de investigação cujo objetivo é o estudo sistemático acerca das possibilidades de atuação de campos magnéticos em diversos sistemas, principalmente aqueles relacionados com alteração da solubilidade de sais, tecnologia já aplicada a indústria nacional com excelentes resultados.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, também desenvolveu relevantes estudos acerca da solubilidade de sais e sua tendência à formação de aragonita em vez de calcita, quando expostos a campos magnéticos (ARANTES, 1999), corroborando com os estudos de Costa (2006) e Baker & Judd (1996).

Na área agrícola, a ATM também vem demonstrando resultados surpreendentes constatados por trabalhos como os de Reina & Pascual (2001), que demonstraram alterações no nível da permeabilidade da membrana de sementes. Os autores apresentaram cálculos teóricos sobre a relação da densidade da corrente iônica com um campo magnético estacionário, de forma a verificar uma melhor taxa de germinação e produtividade de sementes.

O processo de germinação das sementes não é simples e envolve questões sobre o citoplasma e exoplasma, que regulam o mecanismo de absorção de água por meio do controle da pressão osmótica, assim como a pressão de turgor (REINA & PASCUAL, 2001). A partir da fisiologia vegetal, inúmeras equações foram desenvolvidas pelos autores, das quais serão citadas três que resumem a comprovação do campo magnético na alteração do fluxo iônico das sementes, a saber:

$$ma/mi = F[1 - \exp(-K_w t)] \quad (1)$$

Onde  $ma$  é a massa de água absorvida,  $mi$  é a massa de água inicial,  $t$  é o tempo,  $K_w$  é a taxa de absorção de água que juntamente com o fator  $F$  são dependentes do campo magnético (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001).

A equação (1) descreve a fase de hidratação relacionada à absorção da água em sementes.

$$F(B) = \frac{\Delta P}{RTc_0 \left[ 1 + \frac{\mu B}{(1 + \mu^2 B^2)^{1/2}} \right]} \quad (2)$$

$$k_w(B) = \frac{RTL}{V_0} c_0 \left[ 1 + \frac{\mu B}{(1 + \mu^2 B^2)^{1/2}} \right] + \frac{\varepsilon L}{V_0}, \quad (3)$$

Onde em ambas as equações,  $R$  é a constante de gás,  $T$  a temperatura absoluta,  $L$  é a condutância hidráulica,  $V_0$  é o volume de água inicial nas sementes,  $B$  é a indução magnética,  $\Delta P$  é a variação da pressão de turgor,  $\mu$  é a mobilidade efetiva que incluem todos os efeitos da permeabilidade e condutividade da membrana celular.  $C_0$  é a concentração iônica no citoplasma quando  $B=0$  e  $\varepsilon$  é o modo de elasticidade da membrana celular (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001).

Segundo os autores, por meio destas equações foi possível realizar experimentos que comprovaram a atuação do campo magnético na absorção de água pelas sementes, de forma que foi aceita a hipótese que um campo magnético estacionário interage com a corrente iônica e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana, aumentando o fluxo de água e a taxa de absorção, promovendo a melhora na germinação das sementes. (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001).

Este estudo teve continuidade em nível experimental (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001) a fim de apoiar o modelo físico matemático por eles defendido, onde sementes de alface foram submetidas a um campo magnético estático com intervalo de 0-10mT (Mili tesla), onde se verificou um significativo incremento da taxa de absorção de água dessas sementes bem como de sua germinação, fato que apoia e reafirma a consistência do estudo teórico (REINA & PASCUAL, 2001).

Em consonância com o trabalho anterior, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, demonstraram os efeitos da água submetida a campo magnético para o intumescimento e germinação de sementes que posteriormente foi relacionado à pele humana (PORTO, 2004). A experiência foi repetida em triplicata seguindo todas as normas técnicas de germinação, onde as sementes foram embebidas com água deionizada

previamente tratada com um arranjo magnético a partir do polo sul do ímã, variando 0 a 30 mT . Como resultado os autores detectaram um aumento na taxa de absorção da água (Figura 5) e na germinação das sementes (Figura 6), do grupo cujas sementes foram embebidas em água com tratamento magnético.

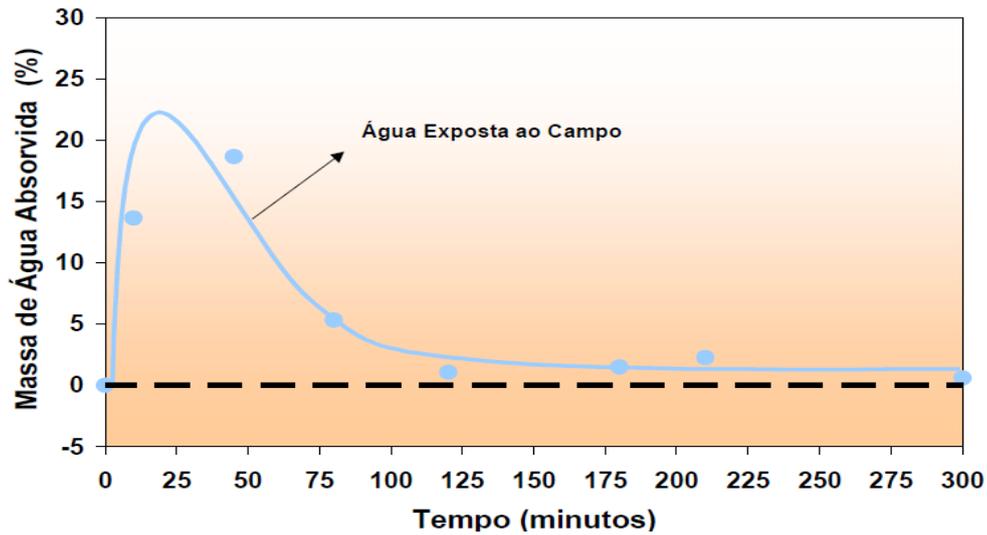
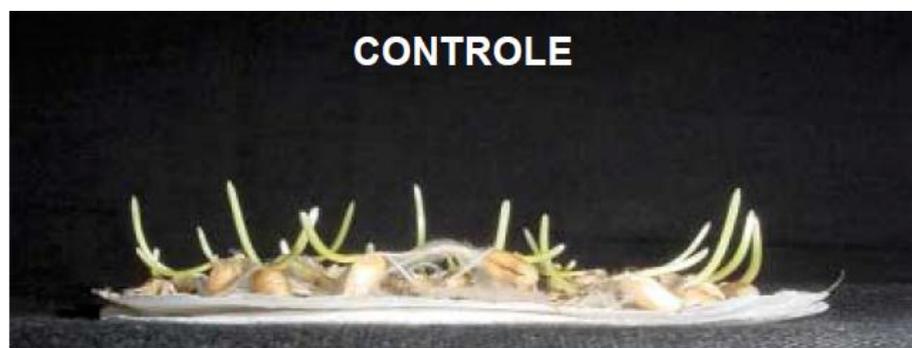


Figura 5: Aumento de massa da água absorvida pelas sementes de trigo em relação ao controle

Fonte: Porto (2004)



(a)



(b)

Figura 6: Fotos do quarto dia de germinação das plântulas de trigo intumescidas e regadas com água não tratada (a) e tratada magneticamente (b).

Fonte: Porto (2004) adaptado

No agronegócio, R.Costa (2006) desenvolveu um estudo sobre a aplicação de água magneticamente condicionada para fins de irrigação em floricultura de larga escala. A pesquisa foi realizada no Grupo Reijers, segundo o autor, o maior produtor e exportador de rosas do Brasil, com rosas da espécie Golden Gate amarela. Foram considerados dois universos estudados, sendo um com o sistema de irrigação submetido a campo magnético de intensidade média de 0,5T e o grupo controle, com um sistema de irrigação sem o dispositivo magnético. Houve segundo o autor, iguais condições de clima, de substrato e de fertirrigação entre os dois grupos.

Como parâmetros de controle elegeram-se medidas importantes de valorização das rosas no mercado como espessura e comprimento da haste, largura e comprimento do botão, largura e comprimento da folha e produtividade, ou seja, o número de hastes colhidas. A pesquisa durou 20 meses, no final dos quais o autor verificou diferenças estatisticamente significativas entre os dois universos, sendo que o grupo tratado com água condicionada magneticamente apresentou aumento em todos os padrões de produtividade ora eleitos, conforme pode ser visto na figura 7.

Parâmetros de Controle	Teste.	Condici. Magnetic.	Difer.-%	F calc.	Confiabilidade Estatística - %
1 - Produtividade (nº de hastes)	109	134	+ 23	41	99.9
2 - Comprimento de Haste (mm)	675,8	702,1	+ 3,9	76,7	99.9
3 - Espessura de Haste (mm)	6,1	6,4	+ 4,9	55,9	99.9
4 - Comprimento de Botão (mm)	40,8	42,4	+ 3,8	53,2	99.9
6 - Comprimento de Folha (mm)	73,0	75,0	+ 2,7	58,7	99.9
7 - Largura de Folha (mm)	41,9	43,7	+ 4,2	40,3	99.9

Figura 7: Resultados gerais finais – produtividade (nº de hastes colhidas) e dimensões da rosa – Grupo teste e grupo controle

Fonte: R.Costa (2006)

Apesar de não ter sido objetivo do autor a verificação da ocorrência de melhorias no sistema de irrigação que conduziram as soluções de irrigação para os dois grupos estudados, este fato, segundo ele, mereceu relato em seu estudo. Segundo o autor, foi evidente a diferença entre a formação de depósitos e incrustações nos sistemas de condução dos dois universos (mangueiras, tubulações, válvulas, reservatórios), sendo que os sistemas que conduziram a solução magneticamente condicionada, apresentaram uma diminuição considerável na formação de limo e incrustações em suas paredes (R.COSTA, 2006).

Esses achados corroboram com aqueles citados por COSTA (2006) e BAKER & JUDD (1996) sobre a atuação do campo magnético na área da indústria, interferindo na solubilidade dos sais, reduzindo incrustações em tubulações, como já citado.

O autor também constatou um maior desenvolvimento do sistema radicular do universo que recebeu a irrigação com condicionamento magnético em comparação ao grupo controle, conforme pode ser visto na figura 8.



Figura 8: Sistema radicular da roseira. Raiz A: roseiras irrigadas com solução condicionada magneticamente. Raiz B: roseiras do grupo controle.

Fonte: R.Costa (2006)

Ainda na agricultura podem-se citar os resultados apresentados por Harari & Lin (1989) que dizem respeito ao aumento no tamanho, produtividade e doçura dos melões que foram irrigados com água tratada magneticamente, quando comparados com o grupo controle. Lin & Yotvat (1990) também obtiveram resultados semelhantes com o aumento no teor de

açúcar das frutas irrigadas com ATM, sendo que, na época da pesquisa (1990) existiam cerca de 270 unidades com tratamento magnético de água, atuando nas fazendas da região.

Aos resultados apresentados, soma-se não somente o fato de se tratar de uma técnica que parece ser economicamente viável, mas também o de ser ecologicamente correta, pois dispensa o uso de qualquer agrotóxico ou aditivos químicos, onde, em consonância com o advento da sustentabilidade ambiental, de forma inovadora, pode contribuir com a conservação de água e energia, minimizando os impactos ao meio ambiente.

Na área da pecuária, os resultados obtidos por meio da ATM também parecem ser muito expressivos. Balieiro *et al*, (2013<sub>ab</sub>), constataram a diminuição da osmolaridade do sódio e de triglicérides em vacas da raça Jersey que fizeram a ingestão de água submetida a campo magnético.

Na ocasião, segundo os autores, foi usado o dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup> rural, inserido no reservatório do bebedouro, produzindo um campo magnético estático de 32.400G (Gauss). Os animais foram pareados segundo seu período de gestação, peso vivo, fase de lactação, nível de produção e número de partos. Então foram escolhidos aleatoriamente para a formação do grupo controle, sendo que este, tinha acesso apenas a água do reservatório sem o dispositivo magnético. A retirada do sangue dos animais foi realizada dentro dos padrões técnicos e analisada em espectrofotômetros com comprimentos de onda específicos para cada componente sanguíneo.

A explicação dos resultados obtidos, após 75 dias de experimento, segundo os autores, gira em torno de mecanismos osmorreguladores: sabe-se que o fator de regulação da secreção do Hormônio Antidiurético (ADH) é a osmolaridade e, segundo os autores, o sódio, é o seu principal regulador. Estabelece-se assim, uma cadeia de reações co-dependentes onde, com a alteração da osmolaridade, há diminuição da secreção de ADH, com maior excreção de sódio pela urina e assim sucessivamente.

Segundo os autores em questão, a redução da osmolaridade e da concentração de sódio são favoráveis a circulação do sangue, que por sua vez, facilitaria a eliminação de metabólitos, já que a ATM parece ter sua estrutura rica em pequenos clusters, que aumentaria a velocidade de permeação (PORTO, 2004), (PORTO, 2007), (FAIGLE & PORTO, 2006). Vale ressaltar que as alterações nestes mecanismos osmorreguladores corroboram com trabalhos teóricos e práticos anteriormente relatados que dizem respeito sobre as alterações da osmolaridade na membrana mediante a interação com campos magnéticos (REINA & PASCUAL, 2001); (REINA, PASCUAL & FUNDORA, 2001).

Sabe-se que o metabolismo lipídico nem sempre tem relação com os níveis de glicose, ou seja, fatores como o componente genético, que podem não permitir que o fígado metabolize o excesso de colesterol circulante, também podem ser determinantes nesse processo, aumentando desta maneira os índices de gordura no sangue (GUYTON, 2006).

Entretanto, o aumento dos níveis de triglicérides quando a glicose está em níveis elevados no organismo também é sabido, ou seja, a produção deste tipo de lipídio, muitas vezes, é uma maneira fisiológica de redução dos níveis de glicose em excesso no sangue (GUYTON, 2006). Sabendo disso, Balieiro *et al* (2013<sub>ab</sub>) verificaram que a redução da concentração de triglicérides foi coerente com menores índices de glicose encontrados nos animais da pesquisa.

Corroborando com esses achados, os autores indicam os estudos de Sargolzei, Rezaee, & Naserian (2009) em que níveis de glicose foram significativamente mais baixos em animais consumindo ATM. Al-Mufarrej *et al* (2005) e Levy *et al* (1990) também verificaram respectivamente, um menor teor de gordura abdominal em aves que receberam água com tratamento magnético e uma diminuição da gordura em bezerros machos que beberam água tratada magneticamente, apesar de não julgarem significativos seus achados.

Os autores também relataram um incremento no mecanismo respiratório dos animais consumindo água com correção magnética, havendo maior eliminação de gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>b</sub>). Os autores explicam que o aumento do pH sanguíneo, devido a este fato, deve-se a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, devido à redução da acidez mediante a diminuição da concentração de CO<sub>2</sub>, o que promove maior fixação de oxigênio (O<sub>2</sub>) pela oxihemoglobina, aumentando o pH.

Esse fenômeno foi comprovado pela detecção da melhor saturação de O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) apresentada pelos animais consumindo água com correção magnética (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>b</sub>). Uma vez que a SaO<sub>2</sub> é o melhor indicativo do suprimento de O<sub>2</sub> para as células, o seu aumento parece representar um importante benefício da ATM, já que o O<sub>2</sub> é indispensável na produção de energia para as células (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>b</sub>).

Certamente, uma das áreas científicas ainda menos exploradas sobre a atuação da ATM, em relação as demais, seria a biomedicina, mas, a partir de estudos feitos em animais, pode-se presumir que a ATM também poderia repercutir efetivamente em seres humanos, assim como verificaram os estudos descritos abaixo.

Sabe-se que uma boa absorção intestinal é o ponto de partida para o transporte de nutrientes por meio do sangue e linfa para todo organismo. Neste sentido Insua *et al* (2009) demonstraram por meio de um estudo prévio (ALFONSO *et al*, 2000) um incremento no epitélio intestinal de animais que fizeram uso de água submetida a campo magnético, favorecendo biorrespostas relacionadas ao melhor aporte de oxigênio, glicose e absorção do cálcio.

Segundo este estudo, essa biorresposta se torna ainda mais relevante quando se sabe que o Cálcio é precursor da Calmodulina, uma enzima que só é ativada ligando-se a quatro sítios de cálcio e, uma vez ativada, desencadeia várias respostas fisiológicas como as enzimas

do metabolismo lipídico, dos neurotransmissores e glicogênio (GUYTON, 2006), (RODRIGUEZ, 1999); (ALFONSO *et al*, 2000).

Em suma, Insua *et al* (2009) demonstraram por meio de suas investigações, que a ATM parece ser biologicamente mais efetiva, incrementando também o intercâmbio de líquidos intercelulares conforme estudo experimental prévio (ALFONSO *et al*, 2000), o que parece facilitar todos os processos vitais já que como visto, a água é o meio pelo qual se processam todas as funções bioquímicas do organismo humano.

Sob o mesmo prisma, os estudos de Balieiro *et al* (2014), que utilizaram o dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup>, cujos relevantes achados em bovinos já foram aqui reportados, também tiveram seu reconhecimento na comunidade científica internacional por meio da 17<sup>o</sup> Conferência Internacional do Centro de alimentos funcionais em San Diego, Califórnia (BONTEMPO, 2015).

Na ocasião, utilizando o mesmo dispositivo magnético de suas pesquisas anteriores, os autores concluíram que ratos que fizeram uso da ATM tiveram um aumento significativo da resistência, conteúdo e densidade mineral óssea. (BALIEIRO *et al*, 2014).

Porto (2004) correlacionou os achados em seus experimentos sobre o aumento da taxa de absorção de água em sementes com a hidratação da pele humana. A autora, após mais de 200 montagens experimentais diferentes, desenvolveu um hidratante feito a partir de uma solução ultra diluída exposta a campo magnético, que resultou, no aumento da hidratação do estrato córneo em cerca de 28% sem utilizar, no experimento, nenhuma substância oclusiva ou plastificante, comuns nos hidratantes comerciais.

Portanto o resultado, segundo a autora, foi devido às alterações moleculares na água frente ao campo aplicado (PORTO, 2004). Entre essas alterações, estão novamente a quebra ou enfraquecimento nas ligações de hidrogênio (PORTO 2004, 2007), (FAIGLE & PORTO, 2006), (ZHOU *et al*, 2000), citadas como sendo uma possível explicação para o ocorrido, favorecendo a formação de novos clusters, menores e mais organizados que, por sua vez, conseguiriam penetrar mais facilmente na pele (PORTO 2004, 2007) alterando a cinética de absorção da água pela pele humana (FAIGLE & PORTO, 2006).

Em relação ao sistema circulatório humano, cita-se um estudo realizado com 60 indivíduos portadores de angina de peito (dor no peito espontânea e ao esforço) e outros 30 com diagnóstico de varizes em membros inferiores. Os pacientes foram submetidos à ingestão, durante um ano, de água e outros líquidos previamente submetidos a campos magnéticos.

Os autores relataram a remissão dos sintomas clínicos na totalidade absoluta dos casos, não havendo nenhuma perda ou complicação de pacientes e instigaram novas pesquisas a respeito desses achados (ALVAREZ, BRANCO & MONTEIRO, 1988). Uma boa contribuição para este estudo, seriam aqueles em que se detectou a diminuição da

osmolaridade e do sódio, facilitando a circulação sanguínea, bem como o maior aporte de oxigênio para as células, encontrados nos estudos de Balieiro *et al* (2013<sub>ab</sub>).

Ainda sob o mesmo foco da possível ação do campo magnético sobre o sistema cardiovascular, N. Tsimotu *et al* (2011) conduziram um estudo duplo cego randomizado em pacientes com idade entre 52 e 55 anos portadores de hipertensão classificada como leve a moderada. Os pacientes foram submetidos a um campo eletromagnético de 6 a 8 Hertz e 1  $\mu$ T por um período de 4 semanas, com sessões de 10 a 15 minutos por dia, onde, ao final do estudo, os autores constataram a redução da pressão arterial sistólica dos pacientes submetidos a este campo.

Tao & Huang (2011) também corroboram com os trabalhos de Alvarez, Branco & Monteiro (1988) e N. Tsimotu *et al* (2011) ao constatarem que, submetidas a campo magnético de 1,33T por um período determinado, as células sanguíneas que antes estavam desordenadas no plasma, se organizaram em forma de clusters longos e estreitos (Figura 9), fato que favoreceu o escoamento sanguíneo e diminuiu a viscosidade do sangue em cerca de 20 a 30% segundo os autores.

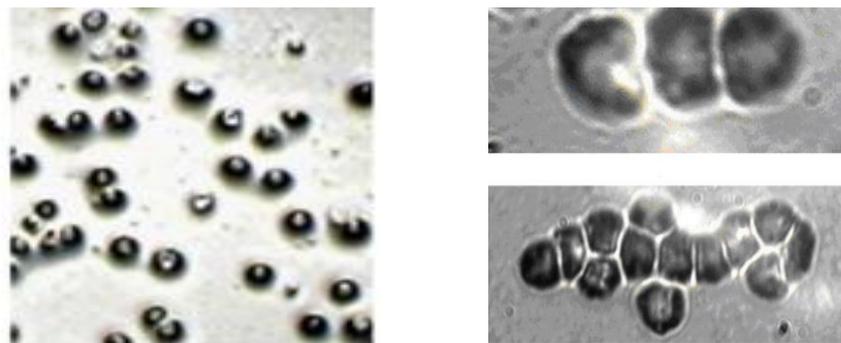


Figura 9: Antes de serem submetidas ao campo magnético, as células sanguíneas estão distribuídas aleatoriamente no plasma (à esquerda). À direita, acima, sob a ação de campo magnético por 1 minuto, as células se alinham formando cadeias curtas. À direita, abaixo, com exposição ao campo por 12 minutos, as células se agregam formando cadeias mais longas.

Fonte: Tao & Huang (2011) *adaptado*

Em suma, segundo o que foi exposto, os trabalhos de Tao & Huang (2011) parecem dar indícios fisiológicos que indiquem uma possível explicação sobre os outros trabalhos relatados relacionados à biorrespostas sobre o sistema cardiovascular (ALVAREZ, BRANCO & MONTEIRO, 1988), (N. TSIMOTU *et al*, 2011), (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>abc</sub>), proporcionados segundo a literatura, por meio da interação entre água e campos magnéticos.

Além disso, a água com correção magnética parece ter ação neutralizadora dos radicais livres, que, quando em excesso, leva a oxidação celular, sendo o precursor de uma

ampla gama de doenças degenerativas (BONTEMPO, 2002). Segundo o autor, o efeito antioxidante da água corrigida magneticamente é explicado pela transferência de elétrons, via pares de radicais livres, além dos efeitos elétricos ao nível da membrana celular, que facilitaria o transporte de íons, sendo que possíveis alterações no nível da permeabilidade da membrana também foram reportados por Zhou (2000), Porto (2004.); Reina & Pascual (2001); Reina, Pascual & Fundora (2001).

Ao que indicam os estudos, uma água aparentemente mais eficaz no que diz respeito a sua permeação nos tecidos (PORTO, 2004), parece causar maior facilidade na eliminação de toxinas (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>ab</sub>); (BONTEMPO, 2002); (BONTEMPO, 2015) culminando, segundo o último autor, em um efeito depurativo e antioxidante.

Ainda sob o aspecto dos possíveis benefícios da ATM para o organismo humano, a China parece estar entre os países que mais se dedicam em pesquisar seus efeitos, haja vista os achados de Zhang & Wu (1987), que comprovaram, por meio de um estudo clínico, o efeito da ATM para o tratamento de urolitíase (cálculo renal) por meio do aumento da solubilidade do oxalato de cálcio e ácido úrico. Os mesmos autores relataram que experiências com peixes que vivem em água tratada magneticamente mostraram um menor percentual de cristais de cálcio em seus rins, quando comparados com o grupo controle, estando pois em concordância com os achados clínicos dos autores (ZHANG & WU, 1987).

Entende-se que os trabalhos aqui relatados exemplificam de modo contundente as possibilidades de aplicação da ATM, não devendo ficar sobremaneira á margem da ciência, ao contrário, mesmo que seus efeitos ainda não sejam completamente entendidos no meio acadêmico, este é mais um motivo para que pesquisas sistemáticas sobre o tema sejam realizadas.

Sabendo que os efeitos da ATM parecem vir por meio de possíveis modificações físico-químicas e moleculares, este trabalho tem como foco principal, verificar se essas modificações são estatisticamente significativas em relação ao grupo controle. A fim de se detectar tais alterações, alguns parâmetros foram escolhidos tais como: verificação de condutividade, pH e espectroscopia do Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR – Fourier Transform Infrared) e no Ultravioleta (UV-vis), conforme será visto a seguir.

## **2.6 Espectroscopia**

Inicialmente é importante salientar que o presente estudo não tem como foco aprofundar ou discutir as bases espectroscópicas aqui realizadas, haja vista que as arestas desta pesquisa foram delineadas apenas com a perspectiva estatística. Deste modo, aqui será realizada uma breve abordagem visando apenas situar o leitor sobre sua importância e justificar a eleição das mesmas para este trabalho.

A espectroscopia é uma área da ciência, que estuda as interações da radiação com a matéria. Os métodos utilizados baseiam-se na quantidade de radiação produzida ou absorvida

pelas moléculas ou átomos de interesse. O espectro eletromagnético é a relação da intensidade de radiação transmitida, absorvida ou refletida, em função da sua frequência ou comprimento de onda. Classificam-se os métodos espectroscópicos segundo a região do espectro eletromagnético, ou regiões espectrais, como as ondas de radiofrequência, as microondas, o infravermelho, o Ultravioleta e visível, os raios-x e os raios gama (SKOOG *et al*, 2006). Essas regiões espectrais são ilustradas conforme a figura a seguir:

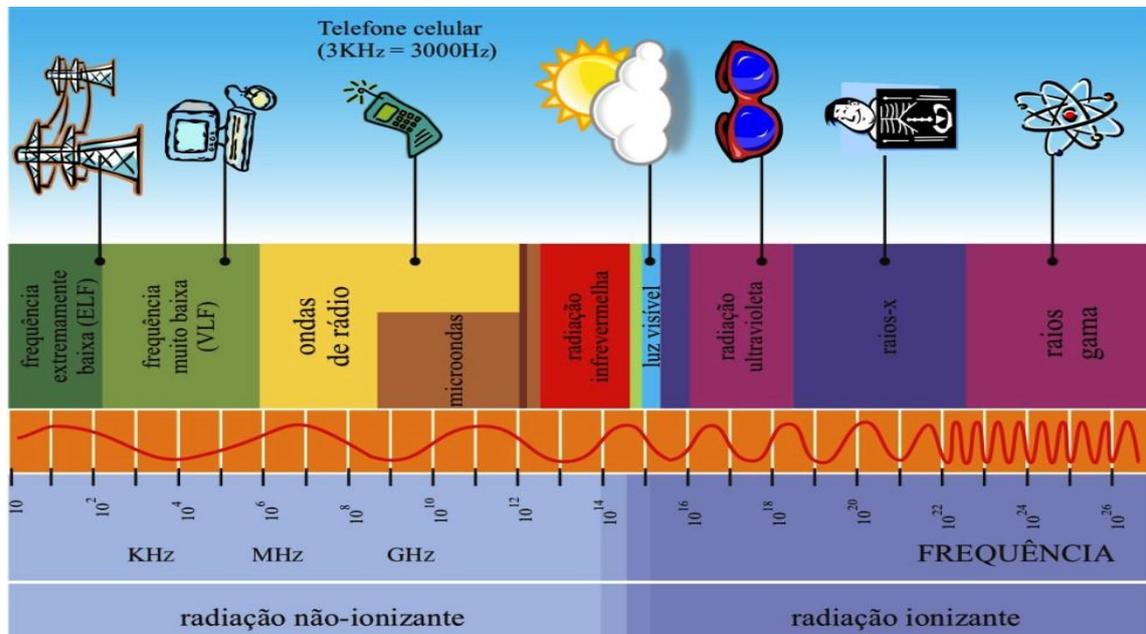


Figura 10: Espectro eletromagnético

Fonte: labcisico.com

Cada região espectral tem sua frequência, comprimento de onda, número de onda e energia específicas, que então determinam as características de radiação eletromagnética, tendo cada uma, uma função específica, como também pode ser visto nas animações da Figura 10.

Em muitas interações entre radiação e matéria, considera-se a luz como fótons, ou pequenas partículas de radiação eletromagnética. Sabendo que o comprimento de onda é a distância entre dois picos de onda, a frequência é a o número de oscilações por unidade de tempo ou seja, quanto maior o comprimento de onda, menor é a sua frequência e menor é a energia envolvida, ao contrário, quanto menor o comprimento de onda, maior é a frequência e maior a energia envolvida (SKOOG *et al*, 2006).

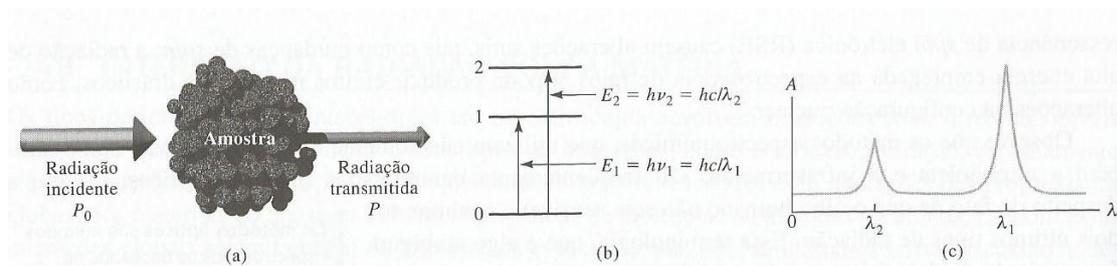
A energia por sua vez, relaciona-se com a luz em muitas interações entre radiação e matéria, sendo o fóton minúsculas partículas elementares constituintes da luz. O fóton (ou quanta) é a relação entre energia e frequência, sendo diretamente proporcionais, e está relacionado com a constante de Planck ( $h$ ) como mostrado na equação 1 abaixo:

$$E=hf$$

(4)

Onde:  $E$  é a energia,  $h$  é a constante de Planck e  $f$  é a frequência.

Frente à interação entre a radiação com a matéria, surge então o fóton, resultado da transição entre diferentes níveis de energia do elétron que uma vez excitado, ao retornar ao seu estado fundamental, emite a energia correspondente a essa diferença. Em outras palavras, a amostra a ser analisada geralmente está em seu estado fundamental, ou de mais baixa energia. Ao ser estimulada aplicando-se, por exemplo, um feixe de luz Infravermelho (IV) ou ultravioleta (UV), a amostra uma vez em seu estado de menor energia, passa a um estado



excitado, ou de maior energia, cuja diferença de energia entre os dois estados, resulta em um espectro de absorção, como mostrado na figura 11.

Figura 11: a) Radiação incidente, absorvida e transmitida b) Diferenças energéticas c) Espectro de absorção resultante.

Fonte: Skoog *et al* (2006)

Cada espécie molecular absorve suas frequências específicas características da radiação eletromagnética em questão, que resulta numa transferência de energia para a molécula e uma diminuição na intensidade da radiação eletromagnética incidente. Isso é o mesmo que dizer que houve uma atenuação do feixe eletromagnético devido a absorção.

A lei de Beer-Lambert diz respeito a como a atenuação depende da concentração de moléculas absorventes e do caminho óptico, ou seja, a distância percorrida pela luz no meio. Quanto maior o caminho óptico percorrido e quanto maior a concentração de moléculas absorventes, maior será a atenuação da luz (SKOOG *et al*, 2006).

Como resultado desses dois fatores, tem-se a transmitância ( $T$ ), sendo esta definida como a relação entre a radiação incidente e a radiação transmitida (Figura 11) conforme a equação 5:

$$T = P/P_0 \quad (5)$$

Onde:  $T$  é a transmitância,  $P$  é a radiação transmitida e  $P_0$  é a radiação incidente.

A equação (6) ilustra como a absorvância ( $A$ ) de uma solução está relacionada de forma logarítmica com a transmitância ( $T$ ).

$$A = -\log T = \log P_0/P \quad (6)$$

Onde:  $A$  é a absorvância,  $T$  é a transmitância,  $P_0$  é a radiação incidente e  $P$  é a radiação transmitida.

Deste modo, sendo a absorvância ( $A$ ) inversamente proporcional a transmitância ( $T$ ), quando a absorvância aumenta, a transmitância diminui e quando a absorvância diminui, a transmitância aumenta (SKOOG *et al*, 2006). Estes conceitos serão importantes frente aos espectros de FTIR e UV-vis encontrados na presente pesquisa.

### 2.6.1 Espectroscopia no infravermelho (IV) com transformada de Fourier (*Fourier Transform Infrared*) - FTIR

Trata-se de um tipo de espectroscopia de absorção que utiliza a região do Infravermelho do espectro eletromagnético. A radiação infravermelha geralmente não possui energia suficiente para causar transições eletrônicas (SKOOG *et al*, 2006), conforme demonstrado na figura 12, de modo que seu princípio básico é fundamentado em torno das ligações químicas das substâncias, sendo que estas possuem vibrações específicas, que correspondem aos seus níveis vibracionais moleculares.

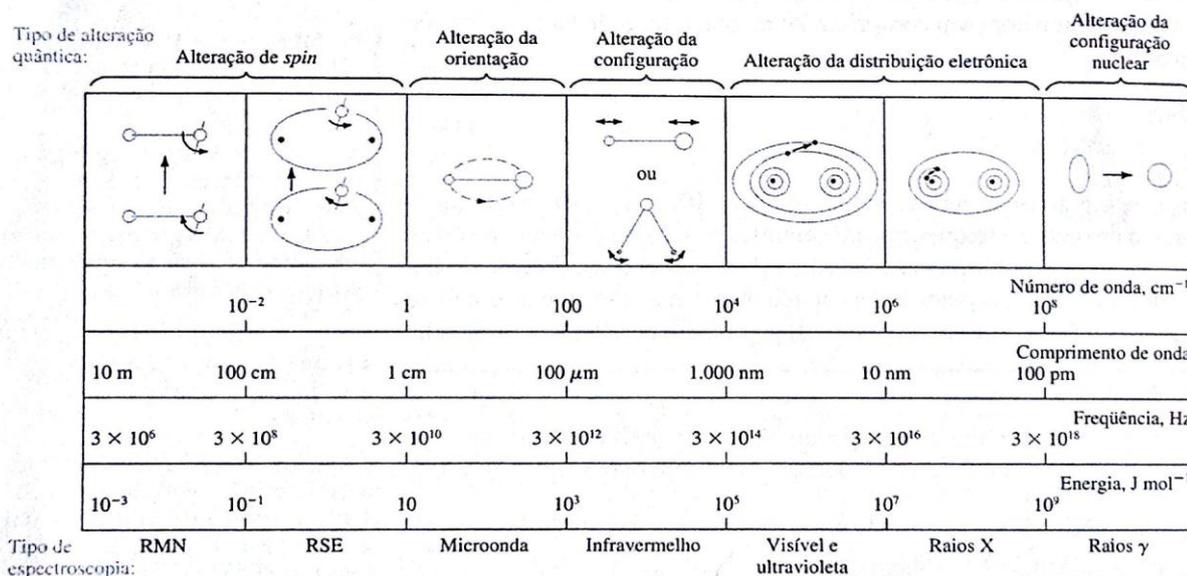


Figura 12 : As regiões do espectro eletromagnético e suas respectivas alterações quânticas na matéria.

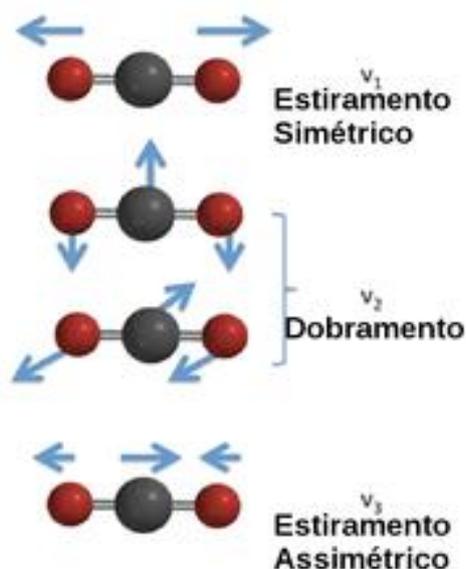
Fonte: Skoog *et al* (2006)

Para que uma vibração apareça no espectro IV, a molécula tem de sofrer uma variação no seu momento dipolar durante a vibração. Um espectro de infravermelho representa a identidade de uma amostra, ou seja, sua impressão digital, com picos de absorção que correspondem às frequências das vibrações entre as ligações dos átomos que a constituem. A faixa compreendida entre  $400$  e  $4000\text{cm}^{-1}$  é a de maior interesse na análise dos grupos funcionais de estruturas orgânicas na espectroscopia FTIR.

Como cada composto diferente é uma combinação única de átomos, não há dois compostos que produzam exatamente o mesmo espectro no IV. Portanto, a espectroscopia no IV pode permitir uma análise qualitativa e quantitativa (quantidade de material presente) por meio do tamanho dos picos no espectro, dados por um conjunto de algoritmos interpretados por softwares modernos e específicos para este fim.

Os equipamentos de IV podem ser dispersivos e não dispersivos, sendo que no presente estudo, utilizou-se a espectroscopia não dispersiva, ou por transformada de Fourier (FTIR), acoplada a um acessório de Reflexão total atenuada (ATR). O acessório Multi-Bounce HATR permite analisar amostras que tem grandes absorbâncias de IV, como é o caso da água, garantindo maior qualidade nos resultados da amostra. A FTIR-ATR parece ser atualmente, umas das formas mais robustas de se verificar as alterações no nível das ligações de hidrogênio da água (ROSSI, 1996).

Sabe-se que a molécula de água possui três formas básicas de vibração, conforme pode ser visto abaixo:



Onde:  $V_1=3657\text{cm}^{-1}$   $V_2=1595\text{cm}^{-1}$ ,  $V_3=3756\text{cm}^{-1}$  (EISENBERG, 1970)

Figura 13: Formas de vibração da molécula da água

Fonte: c2o.pro.br

O espectro da água é constituído por duas bandas principais. Uma mais larga que representa as vibrações de estiramento das ligações oxigênio-hidrogênio (O-H), compreendidas entre  $3700\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ , e a outra, mais estreita, representada pelas vibrações de deformação ou dobramento das ligações O-H, compreendidas na faixa de  $1600\text{ cm}^{-1}$ , conforme pode ser visto na figura abaixo por meio de um espectro típico de água deionizada:

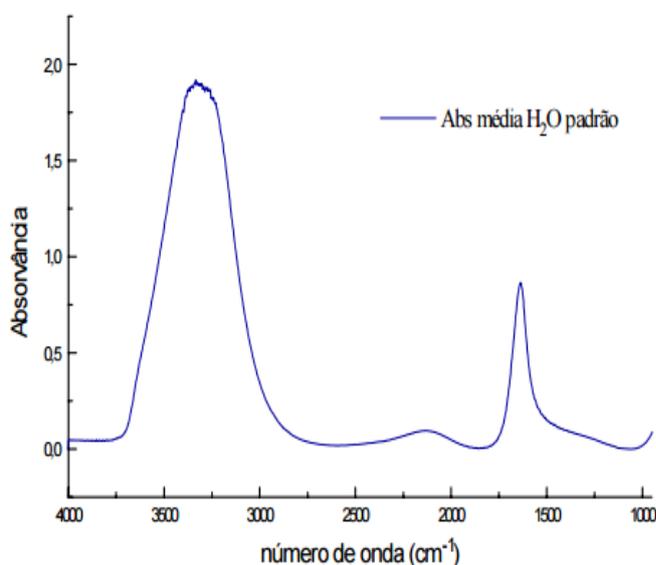


Figura 14: Espectro típico da absorvância água deionizada

Fonte: Porto (1988)

Como dito anteriormente, cada molécula possui picos de absorção que correspondem às frequências das vibrações entre os átomos que a constituem, de forma que cada uma possui um espectro único, como o mostrado acima, dado a partir da espectroscopia IV.

Porto (1988) e Develin, Joyce & Buch (2000) relacionam os diversos clusters presente na água, às absorções espectrais no infravermelho (IV). Segundo Barboza (2002), havendo modificações moleculares da água, produzidas quando esta é submetida a um determinado campo magnético, então há de se esperar que essas mudanças sejam detectáveis frente ao estudo da espectroscopia no IV. Tal fato foi verificado nos trabalhos de Porto (1988), quando a autora detectou aumento de intensidade dos espectros de absorção do infravermelho, em água submetida a campo magnético.

No presente estudo, obtiveram-se espectros de diversos tipos de água, desde a deionizada até águas minerais comerciais, com o intuito de verificar o comportamento de cada uma delas frente a um campo magnético. O grupo controle foi formado pelas mesmas alíquotas de água, porém sem o campo magnético cujos espectros foram também realizados visando a comparação estatística dos dois grupos.

## 2.6.2 Espectroscopia no Ultravioleta (UV-vis)

A espectroscopia na região do ultravioleta e visível mede a intensidade de luz absorvida por um material ou substância na faixa de 1nm a 750nm (nanômetro). O termo UV de vácuo é relacionado à faixa que vai de 1nm a 170nm, pois devido a grande absorção de oxigênio nesta região, este tipo de espectro só é possível na ausência deste gás, ou seja, no vácuo. A faixa compreendida entre 170nm-400nm é chamada apenas de UV e a que vai de 400nm a 450nm é denominada UV-vis, ou seja, compreende a luz visível (*Apud* BARBOZA, 2002).

Uma vez que o IV não possui energia suficiente para alterar a configuração eletrônica da matéria, correspondendo dessa maneira aos modos vibracionais a nível molecular da água, a espectroscopia no UV-vis, corresponde às transições eletrônicas nos orbitais, sendo que cada orbital, requer uma quantidade de energia específica, que corresponde a um determinado comprimento de onda, o que permite a identificação da sua natureza química (ATKINS, 1994).

Segundo Barboza (2002), a principal transição eletrônica da água ocorre em 167nm no seu estado gasoso, indo para energias maiores em seu estado líquido, mas é na faixa acima dos 190nm que parecem se concentrar as observações acerca do UV da água. Ainda segundo o mesmo autor, os achados mais interessantes em seus estudos compreenderam a faixa entre 190 a 260nm, sendo que a faixa de observação do espectro eleita para a presente pesquisa foi compreendida entre 190 a 310nm.

No espectrofotômetro UV-vis utilizado neste estudo, a amostra foi colocada em uma cubeta de quartzo com um caminho ótico de 1cm, conforme a figura abaixo:

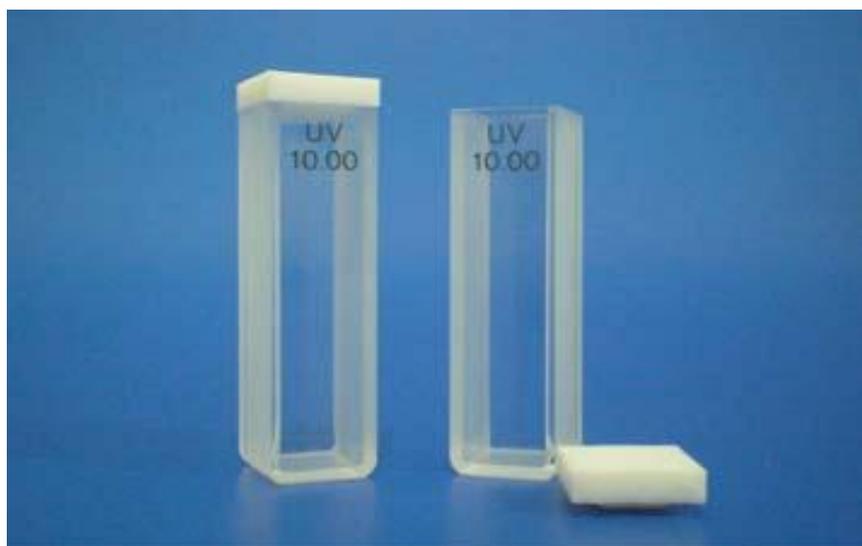


Figura 15: Cubetas de Quartzo com face de manipulação  
Fonte: mpllaboratorios.com.br

Considerando que as amostras de água estudadas ficaram acondicionadas nas cubetas, perdas por reflexão ou espalhamento puderam ocorrer, o que naturalmente pode causar uma atenuação adicional do feixe quando este passa pela amostra, haja vista que a luz passará por interfaces diferentes como ar-cubeta, cubeta-água, água-cubeta e cubeta-ar. Por isso a importância dos conceitos da lei de Beer- Lambert já vistos, que relaciona a atenuação, absorvância e transmitância.

É importante mencionar que a mesma cubeta foi utilizada em todas as análises e que assim como no FTIR o grupo controle foi formado por alíquotas das mesmas águas do grupo teste, com a única diferença de não terem sido magneticamente tratadas.

## **2.7 Condutividade**

É a medida comumente utilizada para a verificação da quantidade e movimentação de íons em um meio. Trabalhos indicam uma maior condutividade elétrica em amostras de água que foram submetidas a campo magnético, justificadas mais uma vez por clusters menores que diminuiriam a força de atrito friccional e interfeririam menos no transporte de cargas pelos íons, aumentando a condutividade elétrica (PORTO, 2006), (ZHOU, 2000).

Na presente pesquisa este parâmetro foi escolhido a fim de se detectar, modificações na condutividade de águas com diferentes concentrações de íons, quando estas são expostas a um campo magnético.

## **2.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Este é mais um parâmetro de importância de acordo com os relatos na literatura sobre uma possível alcalinização da água, quando esta é magneticamente tratada (COEY & CASS, 2000); (AL MUFARREJ *et al*, 2005), o que, repercutiria positivamente sobre todo organismo (BONTEMPO, 2015).

O pH é representado por uma escala logarítmica de 0 a 14 que traduz a atividade do Hidrogênio, e diz o quão ácida, neutra ou básica (alcalina) é uma determinada substância. Quanto menor o valor do pH, mais ácida é a solução, ou seja, quanto menor o pH, maior a concentração de íons de hidrogênio.

Sua escala logarítmica implica dizer que alterações em apenas uma unidade de pH significa que houve uma variação de dez vezes na concentração do hidrogênio (ROCHA & SILVA, 1992). A figura 16 demonstra a tabela de escala do pH:

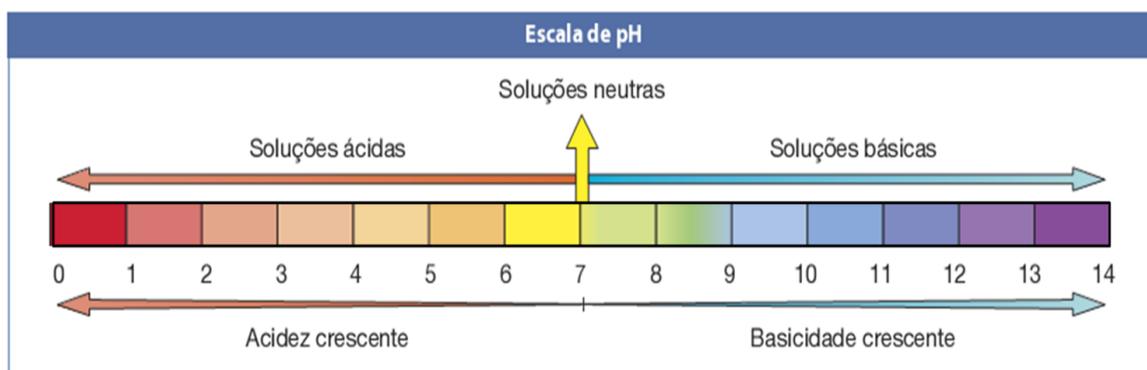


Figura 16 : Escala de pH

Fonte: andregodinhocfq.com

### 3 DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL GERAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo as espectroscopias no UV-vis e FTIR, assim como o pH e condutividade escolhidos como parâmetros para a presente pesquisa, a escolha do tipo de água foi um fator decisivo na tentativa de demonstrar de maneira mais abrangente, os possíveis efeitos que um campo magnético poderia causar sobre este líquido.

#### 3.1 A escolha das águas

Levando-se em consideração que a ação do campo magnético parece ter alguma relação com a quantidade de íons presente na água (COEY & CASS, 2000); (PORTO, 2004); (ZHOU *et al*, 2000), ou ainda que campos magnéticos parecem interferir na solubilidade de alguns íons (COSTA, 2006); (BAKER & JUDD, 1996); (ZHANG & WU, 1987), foram escolhidas para este estudo seis diferentes tipos de água, desde água deionizada à águas minerais comerciais com diferentes concentrações de íons (Cálcio e Magnésio).

As amostras foram nomeadas de maneira crescente em relação aos seus íons, a saber: A água deionizada foi chamada de amostra “A”. As águas minerais comerciais não terão suas marcas citadas, e foram renomeadas como amostra “B”, “D”, “E” e “F” (de maneira crescente em relação à quantidade de íons cálcio e magnésio, conforme os respectivos rótulos. A amostra de torneira foi retirada do sistema público de abastecimento de água na cidade do Gama-DF e chamada de amostra “C”. A concentração média de cálcio e magnésio da amostra “C” foi dada por informação direta da CAESB (Central de Abastecimento de água e esgoto de Brasília), que levou em consideração a região de retirada da água, sendo esta, a cidade do Gama-DF.

A tabela 1 mostra a concentração de cálcio, magnésio e condutividade segundo os rótulos comerciais das águas (exceto a água de torneira) de maneira que a ordem geral das seis amostras de água ficou assim disposta:

Tabela 1: Nomeação das águas escolhidas para a pesquisa e sua respectiva concentração de Cálcio, Magnésio e condutividade, segundo o fabricante.

Nome da Amostra	Quantidade de Cálcio (mg/l)	Quantidade de Magnésio (mg/l)	Condutividade ( $\mu$ S)
“A” (Deionizada)	–	–	0,0
“B”	0,638	0,011	8,1
“C” (Torneira)	3,447	0,187	39
“D”	4,703	3,452	60
“E”	16,107	9,076	147,9
“F”	24,200	14,220	231

Sabendo que a condutividade está relacionada à quantidade de íons no meio, nota-se que a condutividade é coerente com a quantidade de íons expressa, ou seja, quanto maior a concentração de íons em questão, maior é a condutividade. A escolha das águas com diferentes concentrações de íons parece ampliar e enriquecer a pesquisa, no sentido de se tentar verificar a ocorrência de alguma modificação que possa ser correlacionada com a concentração iônica frente ao campo magnético, sendo este um dos objetivos da pesquisa.

### 3.2 Escolha do dispositivo magnético

Devido ao apelo comercial em torno de aparelhos que prometem tratar magneticamente a água, alguns cuidados foram tomados frente a escolha do mesmo. O principal critério escolhido foi a coerência entre o que propõe o aparelho e o aparato técnico-científico ao qual é embasado.

Para tanto, foi eleito para esta pesquisa, o dispositivo magnético comercial chamado Sylocimol<sup>®</sup>, possuindo 3.860 G (Gauss) no seu centro geométrico. A escolha do referido dispositivo é justificada pelos relevantes resultados encontrados por Balieiro *et al* (2013<sub>abc</sub>) e Balieiro *et al* (2014), que na ocasião de suas pesquisas, utilizaram o mesmo dispositivo magnético. Outro fator de escolha foi a facilidade de encontrá-lo no mercado, além da simplicidade de sua utilização.

### 3.3 Materiais

- a) Béqueres de vidro de 50 e 2000mL;
- b) Pipetas de transferência (Pasteur);
- c) Dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup>;
- d) Amostra de água deionizada;
- e) Amostra de água do sistema de abastecimento público (torneira);

- f) Quatro amostras de água mineral comercial;
- g) Aparelho Combo Hanna HI 98129 com indicador de estabilidade no visor e leitura de condutividade e pH automaticamente compensadas pela temperatura.
- h) Soluções padrão de pH e condutividade com certificação;
- i) Papel absorvente;
- j) Filme plástico para vedação;
- k) Espectrômetro UV-visível Evolution 220, da marca Thermo Scientific; com cubeta de Quartzo com caminho ótico de 1cm
- l) Espectrômetro FTIR ThermoScientific - Nicolet iS10, acoplado com o acessório Smart Multi Bounce HATR.

### **3.4 Métodos:**

#### **3.4.1 Manipulação e acondicionamento das águas:**

##### **A) Água deionizada:**

Foi adquirido um galão com 5 litros de água deionizada, envasada comercialmente. A água possuía aspecto límpido, sem turbidez e sem sedimentações. Todas as análises foram feitas com o mesmo lote, no mesmo dia, com iguais condições de temperatura. A água deionizada foi chamada de amostra “A”.

##### **B) Águas comerciais minerais:**

Foram adquiridos cinco litros de quatro marcas de águas minerais mais comumente comercializadas. As mesmas foram renomeadas como amostras “B”, “D”, “E” e “F”, de forma crescente em relação a quantidade de íons, segundo o rótulo de cada fabricante.

Os íons inicialmente eleitos para esta pesquisa foram o Cálcio e o Magnésio, tendo em vista sua constância em todas as águas minerais eleitas, sua relação com a dureza da água, e mediante os relatos na literatura sobre a possível interferência do campo magnético sobre eles.

Todas foram adquiridas em um mesmo dia, no mesmo local e todas as análises foram feitas com o mesmo lote respectivo de cada água.

##### **C) Água de abastecimento público (torneira):**

Foi retirada diretamente da torneira do laboratório. A fim de se evitar que a amostra adquirida não tivesse ficado muito tempo estagnada na tubulação, a torneira foi aberta deixando a água escoar livremente por cerca de um minuto, após o qual, a amostra foi

acondicionada em um béquer de 2000mL, vedado com filme plástico. A amostra de torneira foi chamada de amostra “C”.

O fato de todas as amostras terem sido colocadas de maneira crescente em relação a sua quantidade de íons justifica-se didaticamente por parecer mais fácil a sua correlação com os resultados, ou seja, ficará mais fácil visualmente identificar que a amostra “A” possui menos íons que a “B”, que por sua vez possui menos íons que a “C” e assim sucessivamente. Além disso, do ponto de vista experimental, parece ser coerente a realização das análises partindo-se de uma menor para maior quantidade de íons, a fim de se evitar possíveis contaminações nos recipientes que receberão estas amostras para as análises práticas.

Desta maneira, todas as análises envolvendo o pH, a condutividade e a espectroscopia UV-vis e FTIR, foram feitas seguindo rigorosamente a ordem crescente das amostras segundo a quantidade de íons, ou seja, a primeira amostra analisada foi a amostra “A”, a segunda amostra, a “B”, a terceira amostra, a “C”, a quarta amostra a “D”, a quinta amostra a “E” e a sexta e última, a amostra “E”.

Todas as seis amostras de água foram colocadas por 3 dias em um mesmo local para ambientação, com iguais condições de clima e temperatura antes, que as análises propriamente ditas fossem iniciadas.

Todas as análises realizadas tiveram como parâmetro de comparação o grupo controle, ou seja, o grupo formado com alíquotas dos mesmos lotes de água, que passaram pelos mesmos procedimentos de análises, nos mesmos dias, com a única diferença de não terem sido submetidos ao dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup>.

### **3.4.2 A submissão das águas ao dispositivo magnético**

Foram adquiridos novos Béqueres de vidro de 2000mL, utilizados exclusivamente para as amostras de água da pesquisa. A primeira amostra a ser submetida ao campo foi a amostra de água deionizada, ou seja, a amostra “A”.

O béquer foi lavado com água deionizada por três vezes a fim de se retirar possíveis resíduos de poeira, não foram utilizados nenhum tipo de papel para secá-lo. O dispositivo magnético também foi lavado com água deionizada e então colocado do centro do béquer.

Após este procedimento, foi colocada a amostra “A”, até completar o volume de 1.250mL. O béquer foi então vedado com filme plástico, identificado quanto ao tipo da amostra e horário de início do tratamento magnético (Figura 17). Todas as amostras seguiram rigorosamente o mesmo padrão mostrado na figura, permanecendo assim por cronometrados sessenta minutos.

Segundo o fabricante do dispositivo magnético usado nesta pesquisa, a água já se torna tratada magneticamente após meia hora de exposição ao referido dispositivo, porém, para aumentar a margem de segurança, optou-se por deixar o tratamento por sessenta minutos.



Figura 17: Exemplo do tratamento magnético em que todas as águas foram submetidas. Amostra “A” com o dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup>

Fonte: Arquivo pessoal

Foi utilizado um único dispositivo magnético para todas as amostras, de modo que ao final de cada sessenta minutos de tratamento magnético, uma parte da amostra já tratada era retirada para a realização das análises do pH, condutividade e espectroscopia FTIR e UV-vis. A amostra excedente era então descartada e o béquer e o dispositivo eram devidamente lavados para receber as amostras subsequentes.

O mesmo procedimento foi repetido sistematicamente para todas as amostras, no mesmo dia, com iguais condições de clima e temperatura, lembrando apenas que para o grupo controle, as análises eram realizadas com alíquotas das mesmas águas do grupo teste, porém sem o dispositivo magnético.

### **3.4.3 Análises de pH e condutividade:**

Findados os sessenta minutos de tratamento magnético, foram transferidos 50 mL da amostra para outro béquer, previamente limpo e usado exclusivamente para este fim, para se realizar as medidas de pH e condutividade. Da mesma amostra, se retirou com uma pipeta, uma alíquota para a realização das espectroscopias.

As medidas de pH e condutividade foram tomadas simultaneamente, e o equipamento Combo Hanna HI 98129 utilizado foi calibrado com as soluções padrões pH 4,01 e pH 7,01, devidamente certificadas. Os valores encontrados foram tomados em triplicata para conferência, não havendo diferenças discrepantes entre eles, o que demonstra a calibração do equipamento.

Como dito anteriormente, cada análise foi feita segundo a ordem crescente de íons de cada amostra, ou seja, as análises começaram na amostra “A” e terminaram na amostra “F”, mesmo assim, por cautela, os eletrodos eram enxaguados com água deionizada entre cada tipo diferente de amostra, a fim de se evitar possíveis resíduos remanescentes.

### **3.4.4 Espectroscopia UV-vis e FTIR:**

Ao fim de cada análise de pH e condutividade, uma alíquota da mesma amostra de água era retirada para então proceder às leituras espectroscópicas no UV-vis e FTIR. O equipamento UV-vis utilizado foi o Espectrômetro UV-visível Evolution 220, da marca Thermo Scientific com cubeta de quartzo com caminho ótico de 1cm. O comprimento de onda analisado neste estudo foi de 190 a 310nm.

O equipamento IV utilizado foi o espectrômetro FTIR ThermoScientific - Nicolet iS10, acoplado com o acessório de líquido Smart Multi Bounce HATR, com comprimento de onda analisado entre 400 e 4000 $\text{cm}^{-1}$ . Cada amostra obteve 32 varreduras, sendo as regiões de vibração de estiramento e de dobramento das ligações oxigênio-hidrogênio (O-H), compreendidas respectivamente entre 3700-3000 $\text{cm}^{-1}$  e 1600 $\text{cm}^{-1}$ , as de maior interesse no estudo.

Os equipamentos foram ligados uma hora antes do início das coletas, visando uma estabilização segura, todas as análises foram feitas à 20°C, bem como foi contabilizado o branco em ambos os equipamentos em todas as amostras.

As Figuras 18 e 19 referem-se respectivamente ao equipamento UV-vis e ao FTIR, com os acessórios para líquido, usados no presente estudo.



Figura 18: Espectrômetro UV-Visível Evolution 220 ThermoScientific. Laboratório de Nanotecnologia – NTEC/FGA-UnB



Figura 19: Espectrômetro FTIR ThermoScientific - Nicolet iS10, com Smart Multi Bounce HATR. Laboratório de nanotecnologia-NTEC/FGA-UNB

### 3.5 Análise Estatística

Sendo a estatística uma ciência multidisciplinar pela qual podemos convergir resultados palpáveis do que temos como hipótese de estudo, o escopo do presente trabalho foi moldado na relevância da análise estatística dos resultados obtidos, de modo a se verificar se as previsões levantadas aderem aos dados estatísticos observados, enriquecendo o estudo (FIELD, 2009).

Sabe-se que a pesquisa científica pode ser classificada levando-se em consideração vários aspectos (FONTELLES *et al*, 2009). No presente estudo, a pesquisa foi classificada quanto a dois aspectos principais como: os procedimentos técnicos e à forma de abordagem.

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa laboratorial, pois foi utilizado um espaço controlado (laboratório), além do uso de materiais específicos e precisos para a análise e coleta dos dados das amostras. Quanto à forma de abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa analítica, já que lançou-se mão de dados numéricos por meio dos espectros obtidos, a fim de se fazer inferências estatísticas por meio da aplicação de testes de hipóteses (FONTELLES *et al*, 2009).

A hipótese nula levantada nesta dissertação ( $H_0$ ) é que não existem diferenças significativas entre a água com tratamento magnético e seu respectivo grupo controle, logo, a hipótese alternativa ( $H_1$ ), é que existem diferenças significativas entre os dois grupos.

Definidas as hipóteses, o nível de significância foi estabelecido em 0,05, de modo que  $H_0$  será rejeitada se o p-valor for menor ou igual que 0,05, aceitando-se deste modo,  $H_1$ . A fim de se aceitar ou negar  $H_0$ , foi utilizado o software estatístico SPSS e foram aplicados dois testes estatísticos não paramétricos, a saber: Wilcoxon e Mann-Whitney.

#### 3.5.1 Prova de Wilcoxon:

A prova ou teste de Wilcoxon, é utilizado para amostras dependentes. Uma amostra é dependente da outra, quando ela está relacionada a outra. Neste estudo, observou-se a mesma água antes e após o tratamento magnético, configurando deste modo a dependência ou relação entre as amostras.

Este teste leva em consideração o sentido e o valor dos dados obtidos, atribuindo uma maior ponderação e, portanto, sendo uma prova poderosa na análise estatística das amostras relacionadas (SIEGEL, 1979).

#### 3.5.2 Prova de Mann-Whitney ( $U$ ):

Ainda sob a hipótese das possíveis alterações da água frente a um campo magnético, e sabendo que a água de torneira é obviamente mais acessível à maior parte da população em comparação a águas minerais, também foi verificado se há diferenças estatisticamente relevantes entre estes dois tipos de água, quando submetidas ao mesmo campo magnético.

Sob essa perspectiva, foi aplicado o teste de Mann –Whitney, também chamado teste *U*, para amostras não relacionadas ou independentes, haja vista que este teste comprova a existência de diferenças estatisticamente significantes entre dois grupos independentes (aqui representados por dois tipos diferentes de água), representando dessa forma, uma das mais robustas provas não paramétricas (SIEGEL, 1979).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão elencados todos os resultados obtidos por meio das análises experimentais, com as tabelas referentes aos valores de pH e condutividade, bem como os gráficos obtidos por meio das espectroscopias FTIR e UV-vis. Elencam-se aqui também os resultados de todos os parâmetros citados com sua respectiva análise estatística.

### 4.1 pH:

A tabela que segue refere-se aos valores de pH das amostras com e sem tratamento magnético:

Tabela 2: valores de pH com temperatura a 22°C: amostras após uma hora de tratamento magnético e grupo controle. Margem de erro +/- 0,01

Tipo de água	pH		C°
	sem tratamento magnético	1 hora após tratamento	
Amostra “A”	5,91	5,90	22°
Amostra “B”	5,57	6,14	22°
Amostra “C”	6,19	6,20	22°
Amostra “D”	6,71	6,78	22°
Amostra “E”	6,67	6,70	22°
Amostra “F”	7,55	7,65	22°

A amostra “A”, sendo referente à água deionizada, onde o pH esperado seria mais próximo de 7, apresenta pH na ordem de 5,91 justificado pelo contato da referida água com o ar atmosférico, que contem CO<sub>2</sub> (gás carbônico), que, uma vez em contato com a água, forma o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que abaixa o pH da água, deixando-a com valores entre 5,5 e 6,5.

Porém, o mais importante é notar que o valor do pH se manteve praticamente o mesmo, levando em consideração mais uma vez o contato da água com ao ar atmosférico, isso parece demonstrar, assim como os estudos de Coey & Cass (2000) e Al Mufarrej *et al* (1988), que o campo magnético tem um efeito mais efetivo sobre o pH da água mediante a quantidade de íons contidos nela.

Quanto à amostra “C”(torneira), também não se observou alterações nos valores de pH em relação ao grupo controle, o que parece mais uma vez, que possa estar relacionado à sua quantidade de íons e talvez ao fato de que, por se tratar de uma amostra do serviço público, possivelmente os tratamentos químicos a que naturalmente estas águas são expostas e o próprio contato com contaminantes durante seu percurso nas tubulações, possam interferir nos valores encontrados.

Balieiro *et al* (2013<sub>b</sub>) também não verificaram alteração do pH quando submeteram a água de seus estudos ao tratamento magnético e justificaram que a água envolvida na pesquisa era de um poço artesiano naturalmente pobre em relação a minerais, segundo os próprios autores.

Considerando que o pH tem uma escala logarítmica, ou seja, mudanças na ordem de uma unidade de pH corresponde a uma variação de dez vezes na concentração do hidrogênio (ROCHA & SILVA, 1992), observam-se variações consideráveis nos valores de pH principalmente nas amostras “B”, e “F” ( ambas amostras de água mineral) submetidas ao campo magnético comparado ao seu respectivo grupo controle, o que não ocorreu nas amostras “A” (deionizada) e “D” (torneira). Tal fato pode sugerir a interferência dos íons presentes na água, na relação com o campo magnético, conforme sugere Coey & Cass (2000).

Coey & Cass (2000) em seus trabalhos, observaram aumento do pH de água submetida a campo magnético em relação ao seu grupo controle e concluíram que quanto maior a concentração de íons na água, maior seria o efeito do campo magnético. Al Mufarrej *et al* (1988) também observaram que o pH da água tratada magneticamente aumentou de 7,72 para 7,86. Balieiro *et al* (2013<sub>a</sub>) constataram um aumento no pH sanguíneo de animais que fizeram uso da água tratada magneticamente em relação ao grupo controle.

A importância do equilíbrio ácido-básico no organismo parece ser tão relevante, que o médico Otto Warburg ganhou em 1931, o prêmio Nobel em medicina por seus estudos sobre as consequências de um organismo ácido, constatando que o câncer só se desenvolve em um meio cuja oferta de oxigênio é baixa, ou seja, um meio ácido, onde a carência de oxigênio interfere diretamente no processo metabólico e impossibilita o surgimento de células saudáveis (BONTEMPO, 2015).

Sabe-se que o pH sanguíneo está em torno 7,40 (GUYTON, 1996); (BONTEMPO, 2015), portanto é ligeiramente alcalino. Este último autor defende ainda que o excesso de acidez provocados por exemplo, por alimentos e líquidos muito abaixo dos valores fisiológicos do sangue ou seja, de natureza acídica, conseqüentemente acidificam o organismo, deixando o meio propício para o desenvolvimento de doenças, sendo portanto concordante com os achados de Otto Warburg.

Na tentativa do organismo voltar aos seus valores fisiológicos normais e portanto, diminuir a sua acidez, o próprio organismo procura meios de se alcalinizar, retirando por

exemplo, minerais alcalinos como o cálcio dos ossos, o que com o tempo pode contribuir para o desenvolvimento da osteoporose (BONTEMPO, 2015).

Sobral *et al* (2000) constataram uma maior incidência de erosão dentária em indivíduos que consumiam sucos e outras bebidas com pH abaixo de 5,5. Silva *et al* (2012) também apresentaram um estudo sobre a mensuração da acidez em bebidas e seu potencial erosivo.

Segundo Bontempo (2015) a água tratada magneticamente tende a ser mais alcalina, possuindo mais hidróxidos de hidrogênio (OH), que por sua vez possui mais átomos de oxigênio, a que por si só representaria um grande benefício ao organismo.

## 4.2 Condutividade

A tabela que segue é referente aos valores de condutividade das amostras e seu respectivo grupo controle. Assim como no pH, as medidas de condutividade foram tomadas em triplicata (margem de erro +/- 0,001), em um único dia, com iguais condições de clima e temperatura para os dois grupos.

Ressalta-se que, como os valores de condutividade aqui expressos, não se referem aqueles informados pelo rótulo das águas (como consta na tabela 1), mas sim aos valores detectados pelo condutivímetro durante a execução da análise. Como a condutividade é um parâmetro que pode ser alterado pela temperatura, justificam-se os valores diferentes entre a tabela 1 (expressos pelo rótulo) e da tabela 3 que segue:

Tabela 3: Valores de condutividade com temperatura a 22°C: Amostras após uma hora de tratamento magnético e grupo controle.

Nome da Amostra	Quantidade de Cálcio (mg/L)	Quantidade de Magnésio (mg/L)	Condutividade sem campo (µS)	Condutividade com campo (µS)
“A” (Deionizada)	–	–	–	–
“B”	0,638	0,011	10	10
“C” (Torneira)	3,447	0,187	39	39
“D”	4,703	3,452	50	50
“E”	16,107	9,076	160	160
“F”	24,200	14,220	260	261

A condutividade elétrica em uma água é representada em sua maioria por sólidos dissolvidos na água, como os compostos aniônicos representados pelos cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos e os compostos catiônicos (cargas positivas) como sódio, magnésio, cálcio, ferro, entre outros. Desta forma, quando mensuramos a condutividade elétrica de uma amostra, estamos na realidade quantificando uma grande quantidade de compostos nela

contidos - uns positivos, outros negativos - e que, em solução, permitem a passagem da eletricidade (VILAS & BENDERALLI, 2013).

Como se observa na tabela 3, não foi verificado a alteração da condutividade elétrica da ATM em relação ao seu grupo controle, tendo em vista que foi levado em consideração somente as concentrações de Cálcio e Magnésio presentes água, e como visto, outros importantes compostos parecem influenciar diretamente sobre este parâmetro.

Outro fator que pode justificar o ocorrido, diz respeito às respectivas concentrações de cálcio e magnésio de cada água, que podem não ter sido suficientes para a detecção do aumento da condutividade frente a um campo magnético, conforme relatos de alguns trabalhos (PORTO, 2004); (ZHOU, 2000).

### **4.3 Espectroscopia FTIR:**

Como mencionado nos capítulos anteriores, a presente pesquisa não pretende realizar um estudo aprofundado do ponto de vista químico sobre o que estaria acontecendo e os porquês relacionados às diferenças estruturais encontradas tanto no FTIR quanto no UV-vis.

Igualmente, o escopo inicial do trabalho foi baseado apenas em uma análise estatística das possíveis diferenças espectrais entre os dois tipos de grupos estudados, sendo que os resultados dos testes estatísticos aplicados serão demonstrados a posteriori.

As análises das amostras “A”, “B”, “C”, “D”, “E” e “F” terá por objetivo, a comparação de seus espectros que possa indicar uma possível diferença molecular com e sem campo magnético, pela espectroscopia no infravermelho.

Todas as Figuras apresentam absorções que são características do grupo O-H ao redor do espectro de  $3350\text{ cm}^{-1}$  e  $1600\text{ cm}^{-1}$ .

Os espectros obtidos nos infravermelhos, para análise comparativa, apresentam pequenas diferenças que não chegam a ocultar as bandas de interesse sem campo magnético, quando ampliadas.

Abaixo seguem os gráficos obtidos a partir da espectroscopia FTIR das amostras com e sem o tratamento magnético:

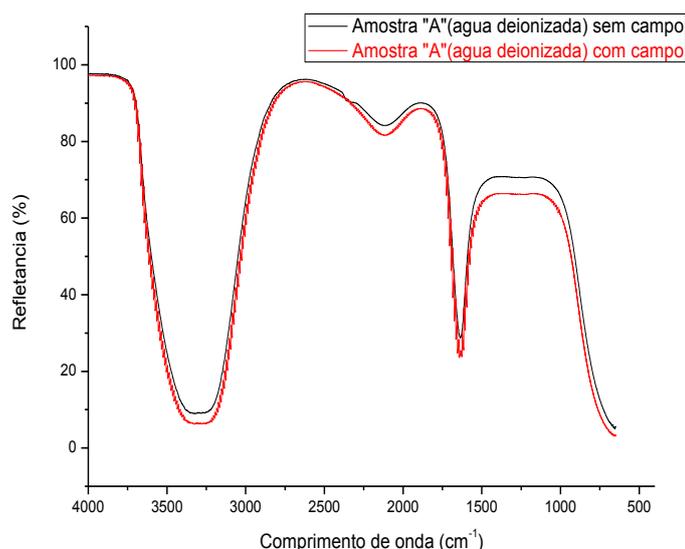


Figura 20: Diferenças no espectro FTIR amostra “A” sem (espectro superior em cor preta) e com (espectro inferior em cor vermelha) campo magnético.

A figura 20 mostra o aumento da absorção da amostra de água deionizada frente ao campo magnético em comparação ao grupo controle, principalmente na banda de estiramento O-H entre 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$ .

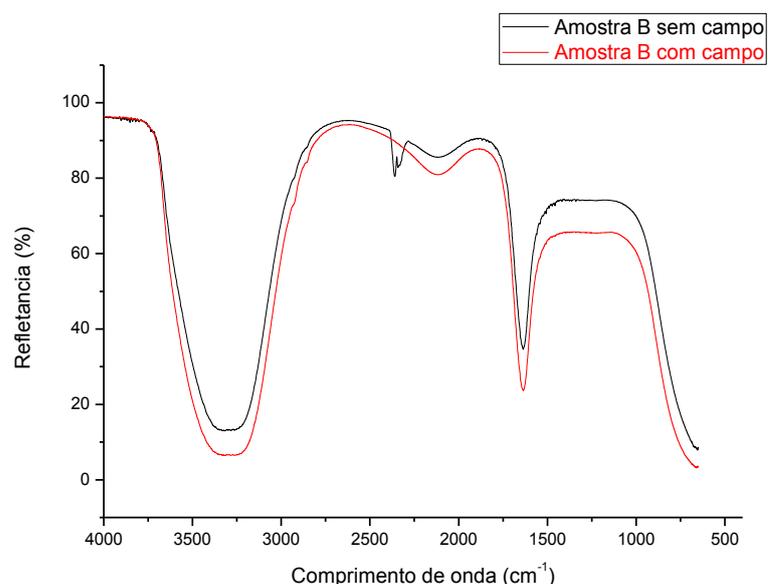


Figura 21: Diferenças no espectro FTIR amostra “B” sem (espectro superior em cor preta) e com (espectro inferior em cor vermelha) campo magnético.

A Figura 21 mostra, além do aumento de absorção entre 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$  (assim como a figura 20), aumento também na faixa entre 1600  $\text{cm}^{-1}$ . Sabendo que a Figura 21 se trata de uma água mineral, se se comparar os espectros de ambas as figuras (20 e 21), percebe-se que, mesmo havendo aumento de absorção em ambas, há diferenças maiores na Figura 21.

Tal fato pode indicar que a diferença na concentração de íons entre a Figura 20 (deionizada) e a Figura 21 (mineral) seja um fator que interfira nas diferenças levantadas, assim como preconiza os estudos de Coey & Cass (2000) e Zhou (2000).

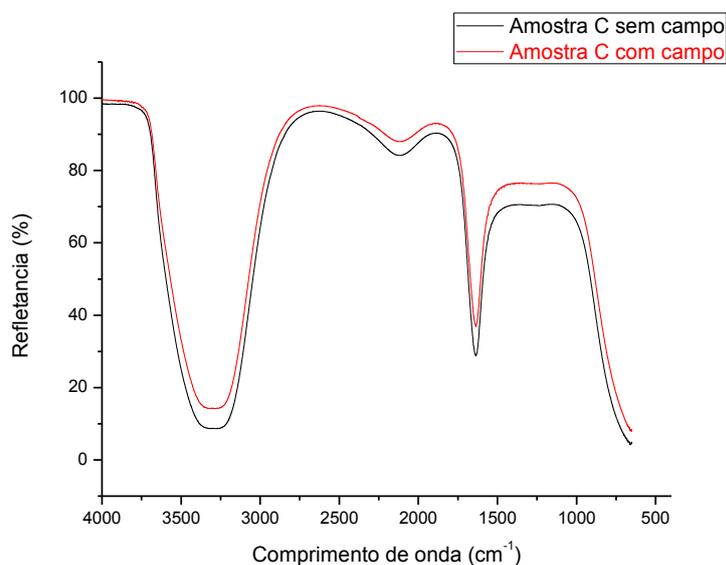


Figura 22: Diferenças no espectro FTIR amostra “C” sem (espectro inferior em cor preta) e com (espectro superior em cor vermelha) campo magnético.

Observa-se na Figura 22, uma diminuição na absorção do espectro da água tratada magneticamente em relação ao seu controle. Como esta amostra trata-se de água de torneira, a quantidade de íons, bem como os processos químicos que este tipo de amostra é naturalmente exposta nos tanques de tratamentos, podem ser fatores que tenham interferido nos resultados obtidos.

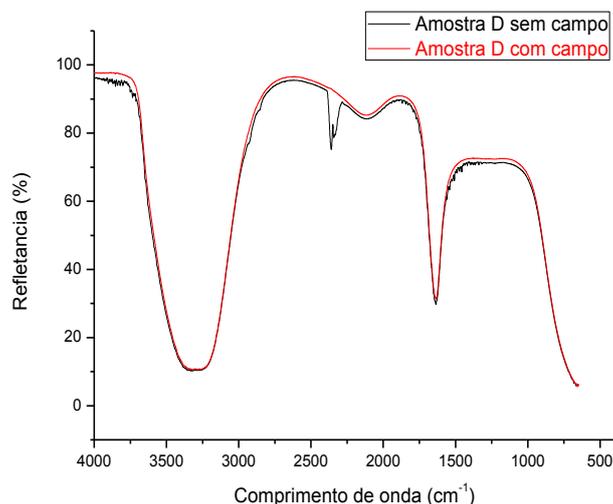


Figura 23a: Diferenças no espectro FTIR amostra “D” com (espectro superior em cor vermelha) e sem (espectro inferior em cor preta) campo magnético.

É importante ressaltar que mesmo que mesmo os espectros relacionadas à Figura 23a pareçam estar sobrepostos na região entre 3500-3000  $\text{cm}^{-1}$  e na região de 1600  $\text{cm}^{-1}$ , elas

foram detectadas quando analisadas estatisticamente. Isso também pode ser verificado nas imagens ampliadas que seguem:.

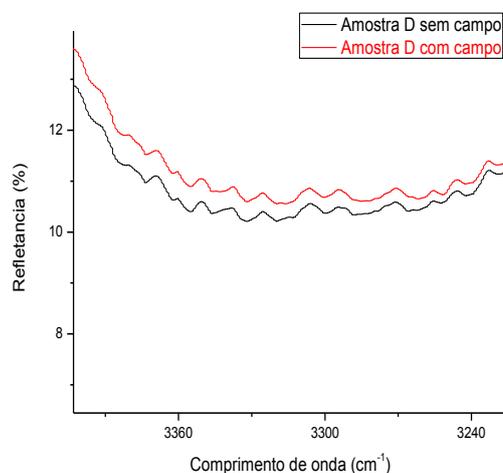


Figura 23b: Amostra “D”: Ampliação da região de vibração de estiramento O-H da Figura 23a. Amostra com (espectro superior em cor vermelha) e sem (espectro inferior em cor preta) campo magnético.

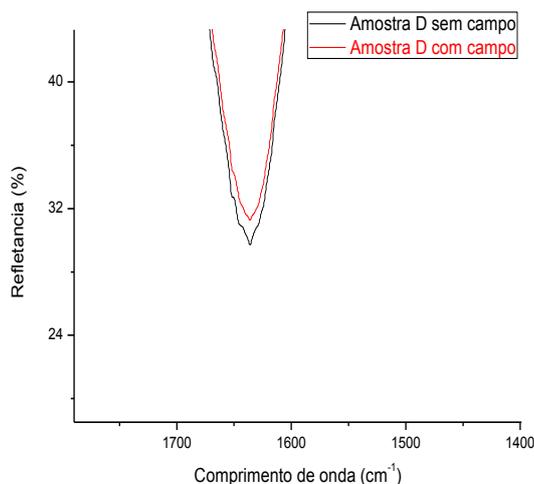


Figura 23c: Amostra “D”: Ampliação da região de vibração de deformação O-H, 1600  $\text{cm}^{-1}$  Amostra com (espectro superior em cor vermelha) e sem (espectro inferior em cor preta) campo magnético.

Como a amostra “D” se refere a um tipo de água mineral e se se comparar os achados das Figuras 20 e 21 com os da Figura 23 (abc), não se pode correlacionar a quantidade de íons com uma maior efetividade do campo magnético, conforme os achados de Coey & Cass (2000) e Zhou (2000).

É importante salientar que as diferenças espectrais, mesmo que aparentemente pequenas na Figura de origem 23a, foram detectadas quando analisadas estatisticamente.

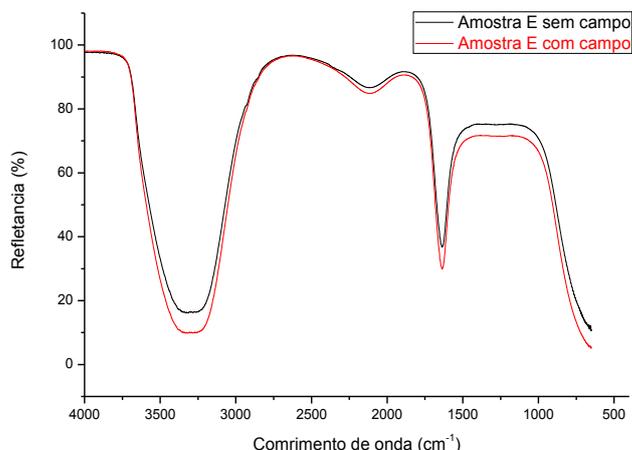


Figura 24: Diferenças no espectro FTIR amostra “E” sem (espectro superior em cor preta) e com (espectro inferior em cor vermelha) campo magnético.

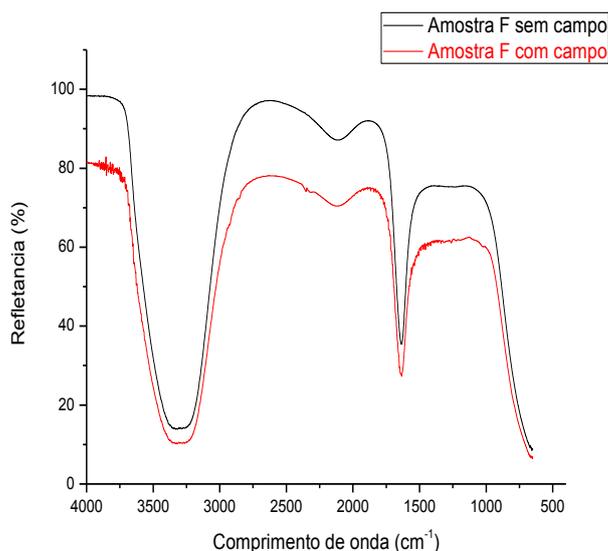


Figura 25: Diferenças no espectro FTIR amostra “F” sem (espectro superior em cor preta) e com (espectro inferior em cor vermelha) campo magnético.

Com o que foi exposto por meio das espectroscopias FTIR realizadas, no geral, nota-se que houve uma tendência a uma maior absorbância na maioria das amostras. Barboza (2002), sugeriu que, se um determinado campo magnético é capaz de produzir modificações moleculares na água, é coerente esperar que essas mudanças sejam detectáveis frente ao estudo da espectroscopia no FTIR. Este fato que foi aqui demonstrado por meio das Figuras 20, 21, 24 e 25, a partir da menor refletância observada nas mesmas.

Trabalhos como os de Porto (1988) e Develin, Joyce & Buch (2000) relacionam os diversos clusters presente na água, às absorções espectrais do infravermelho, onde encontraram um aumento na absorção do espectro (PORTO, 1988), parecendo estar os achados demonstrados aqui em conformidade com os dos referidos autores.

Como o enfoque inicial desta pesquisa não envolve a explicação aprofundada dos fenômenos químicos envolvidos no processo, o fato das amostras “C” e “D” apresentarem resultados contrários às outras amostras, não muda o fato de que são evidentes as diferenças estruturais em relação a todas as amostras, quando comparadas ao seu grupo controle.

Mediante a hipótese desta pesquisa e para confirmar os achados demonstrados nos gráficos expostos, foi realizado um estudo estatístico dos dados obtidos aplicando-se o teste não paramétrico de Wilcoxon, cujos resultados encontram-se na tabela que segue:

Tabela 4 – Teste Wilcoxon: resultados estatísticos após espectroscopia FTIR

<b>Comparações</b>	<b>p-valor</b>
Amostra “A” sem campo x Amostra “A” com campo	< 0,001
Amostra “B” sem campo x Amostra “B” com campo	< 0,001
Amostra “C” sem campo x Amostra “C” com campo	< 0,001
Amostra “D” sem campo x Amostra “D” com campo	< 0,001
Amostra “E” sem campo x Amostra “E” com campo	< 0,001
Amostra “F” sem campo x Amostra “F” com campo	< 0,001

Conforme explicado na subseção 3.5, a hipótese nula (H0) será aceita mediante o p-valor maior que 0,05, do contrário, se aceita H1. Como pode ser visto na tabela 4, o p-valor encontrado foi menor que 0,001, portanto, rejeitou-se H0, de maneira que existem modificações significativas na água quando esta é tratada magneticamente em comparação com seu grupo controle.

Ainda em relação à espectroscopia FTIR, foi realizada análises entre a amostra de torneira e as águas minerais, ambas tratadas magneticamente. Este questionamento foi levantado tendo em vista os relatos sobre as possíveis biorrespostas relacionadas a ATM e, uma vez aceita a hipótese da pesquisa, surgiu a necessidade de se tentar demonstrar se haveria diferenças entre esses dois grupos.

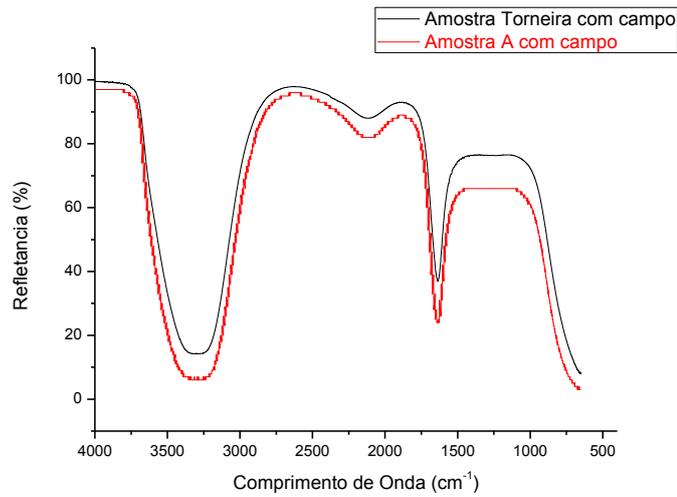


Figura 26: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra “A”, ambas tratadas magneticamente

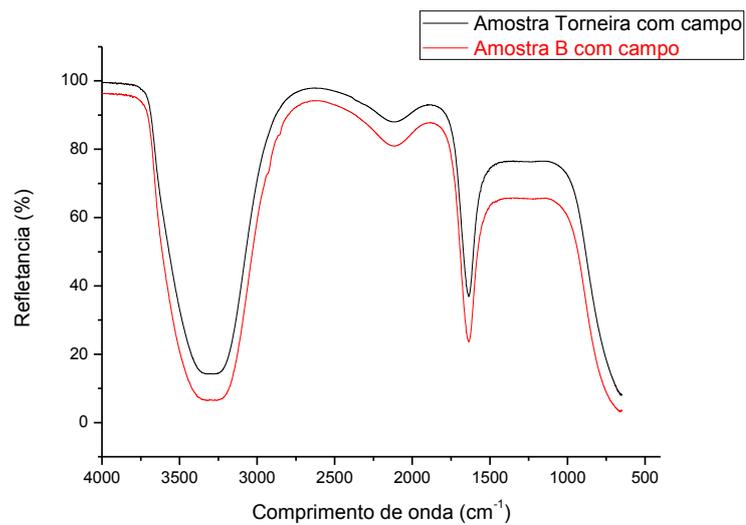


Figura 27: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra “B”, ambas tratadas magneticamente.

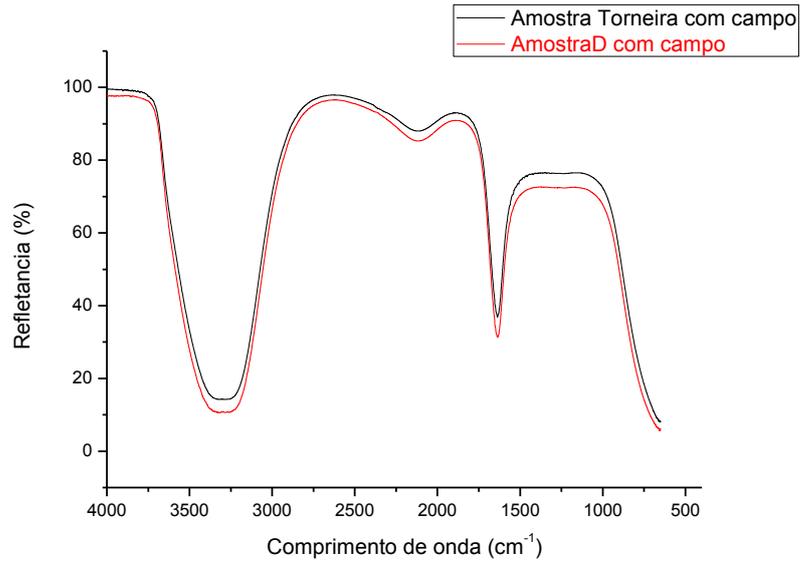


Figura 28: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra “D” ambas tratadas magneticamente

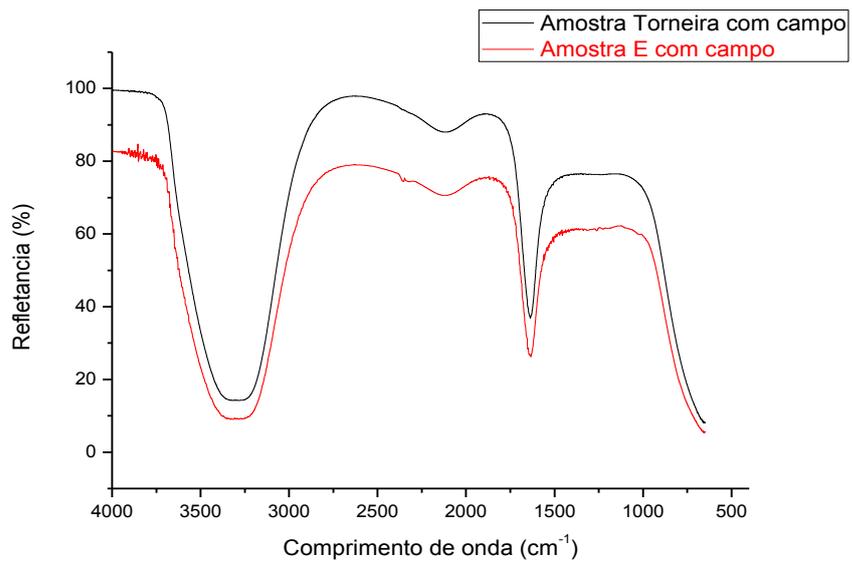


Figura 29: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra E” ambas tratadas magneticamente

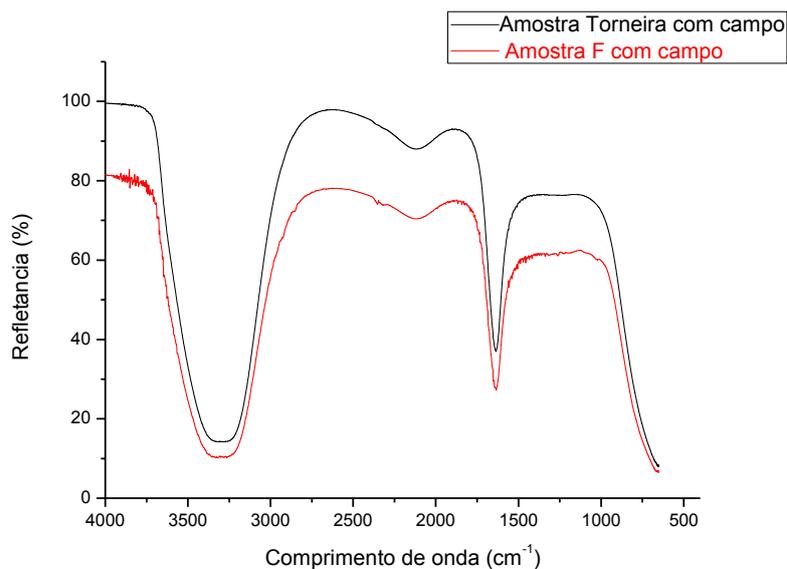


Figura 30: Diferenças no espectro FTIR amostra de torneira e amostra “F” ambas tratadas magneticamente

Percebe-se nas Figuras 27, 28, 29 e 30, que houve uma maior absorção do espectro das amostras de água mineral quando comparado com a amostra de torneira, indicando portanto diferenças entre esses dois grupos.

Aqui também foi aplicado um teste estatístico, porém para amostras independentes por meio do teste de Mann-Whitney, cujo p-valor se mostrou menor que 0,001. O que significa rejeitar H0, indicando que a amostra de torneira apresenta características estatisticamente diferentes das amostras de águas minerais, a partir da espectroscopia FTIR, conforme pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5 – Teste Mann-Whitney: Resultados após espectroscopia FTIR entre amostra de torneira e águas minerais, ambas expostas a tratamento magnético.

<b>Comparações Amostras tratadas magneticamente</b>	<b>p-valor</b>
Amostra torneira x Amostra “B”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “C”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “E”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “F”	< 0,001

#### 4.4 Espectroscopia UV-Vis:

Os seguintes espectros foram encontrados no UV-vis:

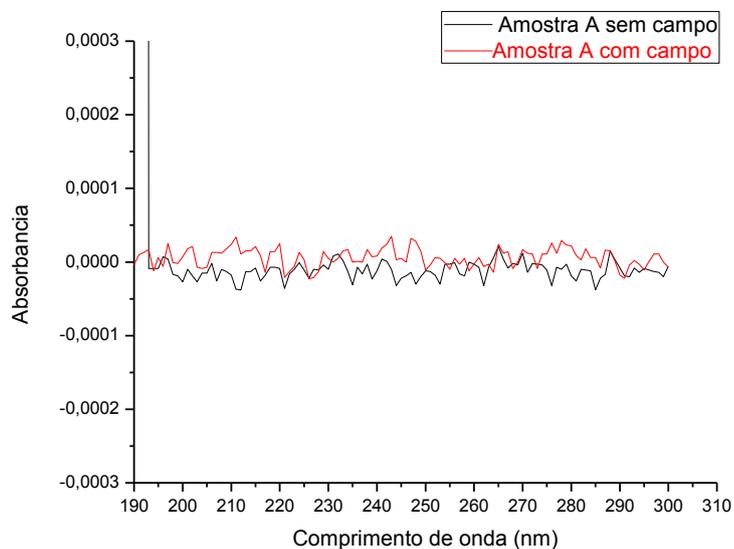


Figura 31: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “A” com campo e sem campo magnético.

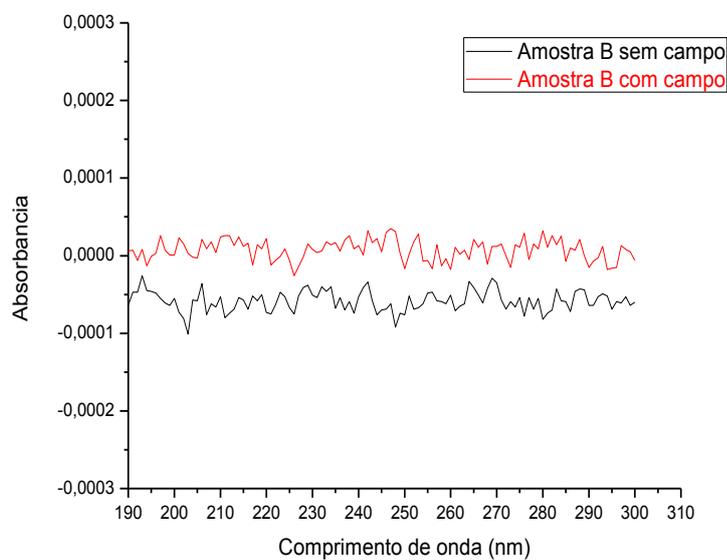


Figura 32: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “B” com campo e sem campo magnético.

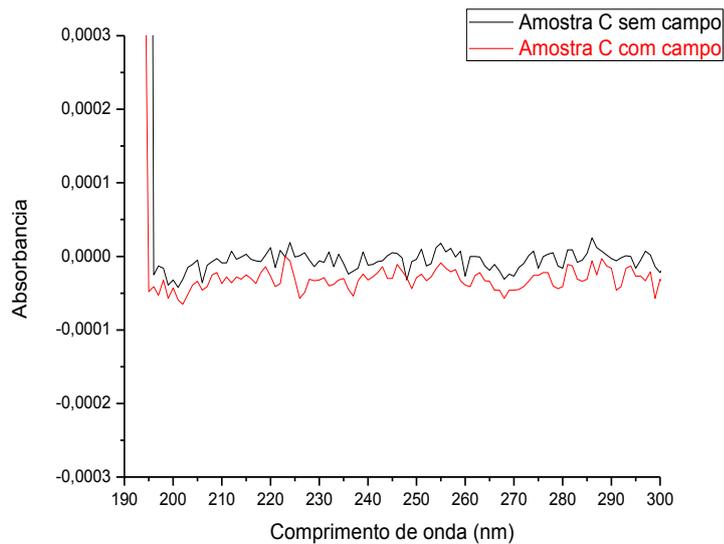


Figura 33: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “C” com campo e sem campo magnético.

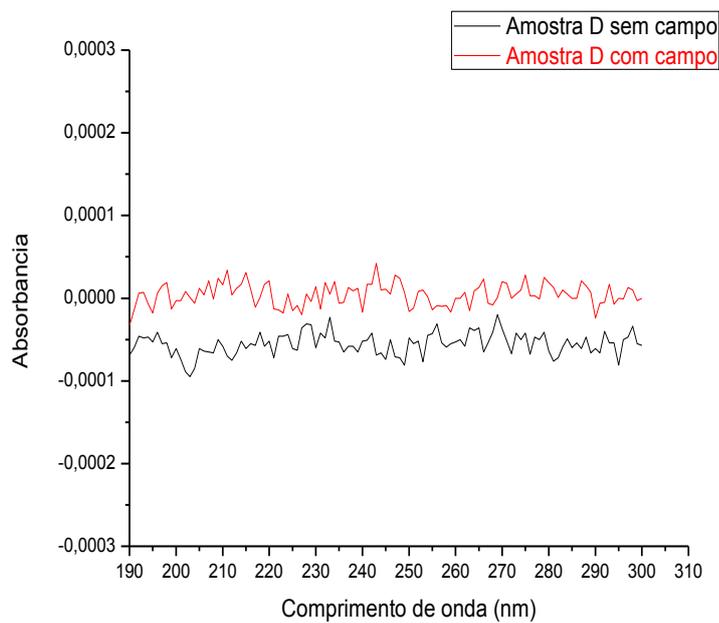


Figura 34: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “D” com campo e sem campo magnético.

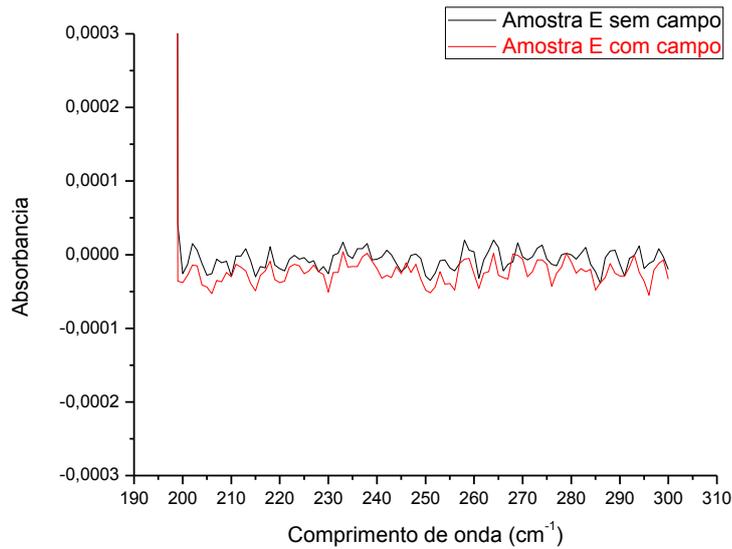


Figura 35: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “E” com campo e sem campo magnético.

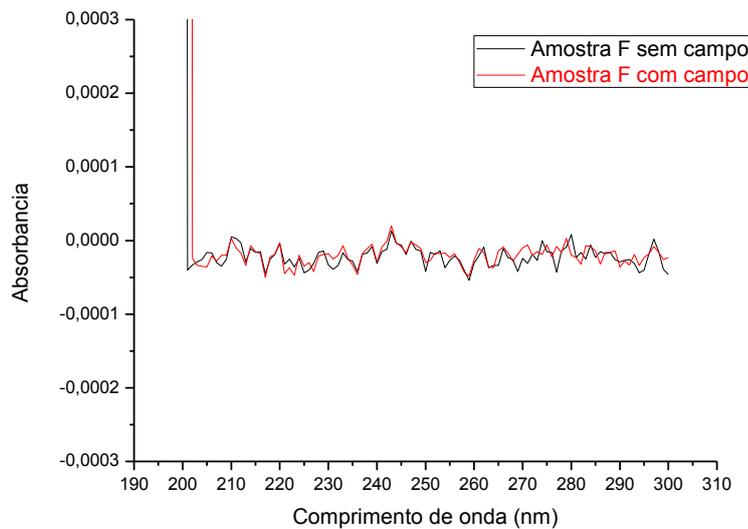


Figura 36: Diferenças nos espectros UV-vis, amostra “F” com campo e sem campo magnético.

Como se percebe, as amostras “A”, “B” e “D” parecem ter uma maior absorvância quando comparadas com as outras amostras. Porto (2006) e Barboza (2002) encontraram uma maior absorção UV nos seus trabalhos com água deionizada submetida a tratamento magnético. Os autores relacionaram seus achados aos trabalhos de Zvereva (1999) e Harvey (1998) que demonstraram teoricamente que, a medida que se diminui o tamanho dos *clusters* de água por meio do campo magnético, isso parece requerer menor energia para promover as

transições eletrônicas, o que resultaria em uma maior absorção UV.

No âmbito estatístico, os resultados obtidos, assim como no FTIR, são coerentes entre si no sentido de que, que a ATM não parece ter as mesmas características moleculares do seu grupo controle ou seja, a molécula da água parece sofrer modificações significativas quando é tratada magneticamente, e os resultados estatísticos que seguem na tabela 6 apoiam este achado.

Tabela 6: Teste Wilcoxon: resultados estatísticos espectroscopia UV-vis

Comparações	p-valor
Amostra "A" sem campo x Amostra "A" com campo	< 0,001
Amostra "B" sem campo x Amostra "B" com campo	< 0,001
Amostra "C" sem campo x Amostra "C" com campo	< 0,001
Amostra "D" sem campo x Amostra "D" com campo	< 0,001
Amostra "E" sem campo x Amostra "E" com campo	< 0,001
Amostra "F" sem campo x Amostra "F" com campo	< 0,001

Sabendo que a hipótese nula ( $H_0$ ) seria aceita mediante o p-valor maior que 0,05, a tabela 6 mostra que o p-valor novamente ficou menor que 0,001, de maneira a se rejeitar  $H_0$  e mais uma vez aceitar  $H_1$ , ou seja, os testes estatísticos demonstram que existem modificações significativas na água quando esta é tratada magneticamente em comparação com seu grupo controle.

Apesar das modificações moleculares que ocorrem quando a água é magneticamente tratada, essas modificações ainda não podem ser completamente explicadas (BARBOZA, 2002) e, mediante os resultados aqui apresentados, o modelo que pode dar suporte a esses achados seria o de Frank & Wen (1957) já anteriormente discutido, que diz respeito a populações de diferentes *clusters* de água e ao qual, diversos autores também atribuíram os seus resultados (PORTO, 1998); (BARBOZA, 2002), (PORTO, 2004); (BONTEMPO, 2015).

Assim como realizado na espectroscopia FTIR, também foi realizada espectroscopia UV entre a amostra de torneira e as águas minerais, ambas tratadas magneticamente, a fim de se verificar a ocorrência de diferenças estatisticamente relevantes entre elas. Abaixo, seguem os gráficos:

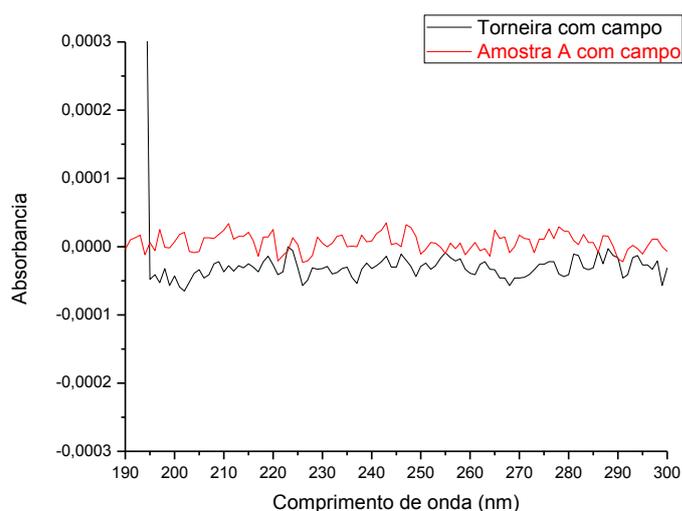


Figura 37: Comparação espectros amostra de torneira e amostra A, ambas com tratamento magnético.

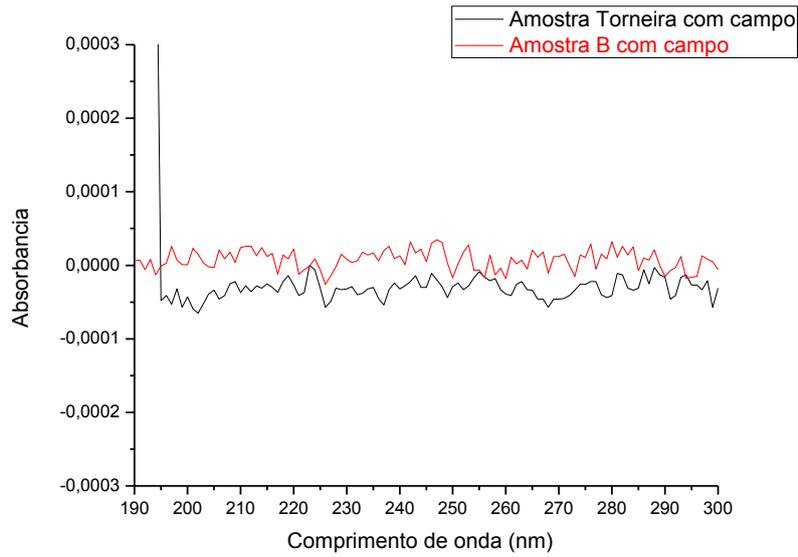


Figura 38: Comparação espectros amostra de torneira e amostra B, ambas com tratamento magnético.

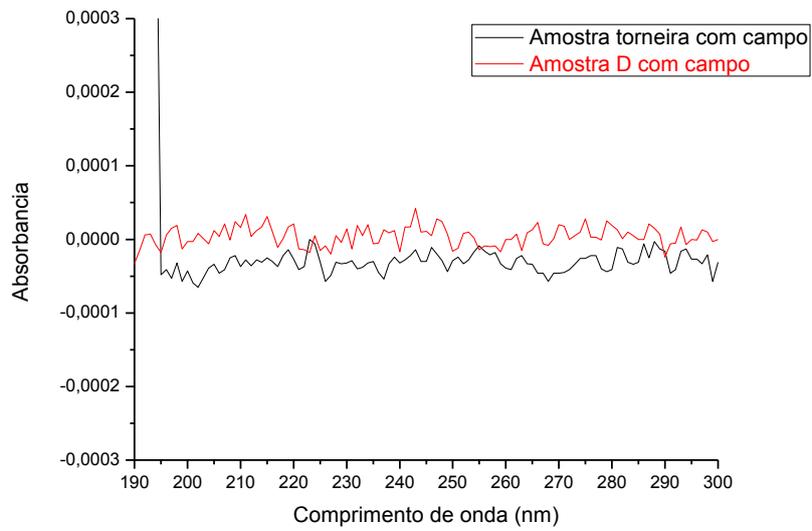


Figura 39: Comparação espectros amostra de torneira e amostra D, ambas com tratamento magnético

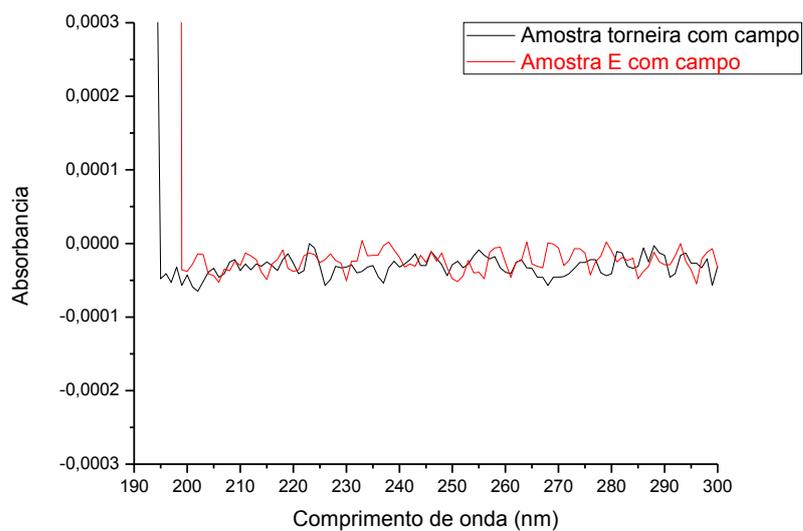


Figura 40: Comparação espectros amostra de torneira e amostra E, ambas com tratamento magnético.

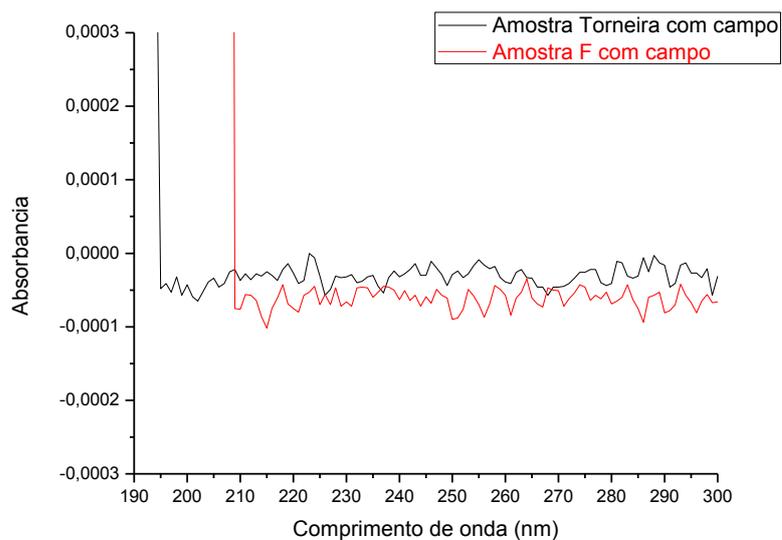


Figura 41: Comparação espectros amostra de torneira e amostra F, ambas com tratamento magnético.

Aplicou-se aqui o teste de Mann-Whitney para amostras independentes, cujo resultado estatístico mostra o p-valor menor que 0,0001, rejeitando-se assim  $H_0$ , o que demonstra que há diferenças relevantes entre os dois grupos estudados, conforme pode ser visto na tabela 7.

Tabela 7: Teste Mann-Whitney: Resultados após espectroscopia UV entre amostra de torneira e águas minerais, ambas expostas a tratamento magnético.

<b>Comparações Amostras tratadas magneticamente</b>	<b>p-valor</b>
Amostra torneira x Amostra “B”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “C”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “E”	< 0,001
Amostra torneira x Amostra “F”	< 0,001

Sob o mesmo prisma, também se verificou se haveria diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de águas minerais que possuíam maior quantidade de íons, ou seja, amostras “E” e “F”, cujo gráfico segue abaixo:

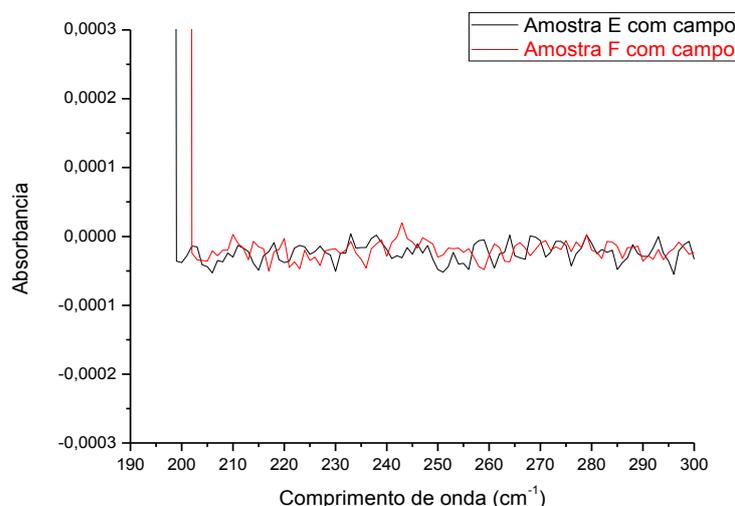


Figura 42: Comparação espectros amostra “E” e “F”, ambas com tratamento magnético.

Como mostra a tabela 8, não se observaram diferenças relevantes entre essas amostras, quando analisadas estatisticamente, sendo o seu p-valor 0,072. Deste modo, se aceita H<sub>0</sub>, ou seja, não há diferenças moleculares relevantes entre as duas amostras, frente à técnica espectroscópica escolhida.

Tabela 8: Teste Mann-Whitney: Resultados após espectroscopia UV entre amostras “E” e “F” ambas expostas a tratamento magnético

<b>Comparações amostras tratadas magneticamente</b>	<b>p-valor</b>
Amostra “E” x Amostra “F”	0,072

Os resultados da tabela 8 sugerem que os relatos na literatura acerca da relação entre a quantidade de íons e o campo magnético (COEY & CASS, 2000); (PORTO, 2004); (ZHOU *et al*, 2000), talvez tenha um limiar de saturação.

Por outro lado, se se pensar que, em alguns resultados, a amostra “A”, sendo esta de água deionizada, pareceu se comportar de maneira aparentemente mais favorável ao campo magnético, com maior absorção no espectro FTIR (Figura 20), quando comparada à amostra “D”(Figura 23), com os dados desta pesquisa, não foi possível correlacionar a concentração de íons com maior efetividade do campo magnético como postulado por Zhou (2000) e Coey & Cass (2000).

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nesta dissertação mostram que há diferenças estatísticas significativas entre as amostras de água tratadas magneticamente e seu grupo controle.

Assim como defende Barboza (2002), havendo qualquer alteração estrutural da molécula da água, proporcionada por um campo magnético, essas alterações são detectáveis frente à espectroscopia UV e IV. Portanto, concluiu-se, nesta pesquisa, tendo em vista o arranjo metodológico proposto, que as diferenças moleculares encontradas no estudo são estatisticamente relevantes entre a água tratada magneticamente e seu grupo controle, com exceção das amostras E e F (tabela 8).

Como não foi encontrado, até o momento, literatura que relacionasse a espectroscopia FTIR e UV com águas minerais tratadas magneticamente, não foi possível suscitar comparações com os achados nesta pesquisa com estes tipos de água.

Porém, em relação à água deionizada, os achados parecem ser concordantes com os de Porto (1988), Porto (2004) e Barboza (2002) no que diz respeito ao aumento de absorção, justificados pela alteração do tamanho dos *clusters* de água, que parecem requerer menor energia para as transições eletrônicas, aumentando o espectro de absorção UV (ZVEREVA, 1999); (HARVEY, 1998).

Conforme alguns autores, quanto mais íons presentes na água, mais efeito teria o campo magnético sobre ela (PORTO, 2004); (ZHOU, 2000); (COEY & CASS, 2000). Nesta pesquisa, observaram-se diferenças estatísticas significativas entre a amostra de torneira e as amostras de águas minerais, o que pode demonstrar que talvez a diferença de concentração de íons dessas amostras, seja um fator que interfira nesses resultados.

Entretanto, tendo em vista a totalidade dos resultados obtidos, não foi possível, com os métodos eleitos da presente pesquisa, uma observação coerente entre a quantidade de íons e uma maior efetividade do campo magnético, haja vista o comportamento da água deionizada (Figura 20) e da amostra “D” (Figura 23).

Porém, alguns fatores no presente estudo limitaram as observações dos achados quanto à quantidade de íons e a interação com o campo magnético, tais como a faixa de concentração de cálcio e magnésio, bem como a limitação em se levar em consideração somente estes dois íons na água.

Em relação aos parâmetros físico-químicos eleitos, não se observou alterações na condutividade conforme preconiza Porto (2004) quando a água é tratada magneticamente, porém o pH, apresentou uma tendência à maior alcalinização da água, especialmente as águas minerais que possuíam maiores concentrações de cálcio e magnésio.

Al Mufarrej *et al* (1988) e Coey & Cass (2000) também observaram aumento do pH da ATM em seus estudos. Bontempo (2015) defende que o campo magnético é favorável a uma maior alcalinização da água e, uma vez ingerindo água alcalina, esta, sendo rica em oxigênio, deixaria o meio menos propício para o desenvolvimento de doenças.

Portanto, as modificações estruturais da ATM sendo, nesta pesquisa, estatisticamente

significativas em relação ao seu grupo controle, podem indicar que é possível que essas modificações moleculares, demonstradas pela espectroscopia UV-vis e FITR, bem como as modificações físico-químicas por meio do aumento do pH, possam vir a deixar a ATM com características biologicamente mais efetivas, como o aumento da sua permeação pelos tecidos, possível por meio de *clusters* menores (PORTO, 2004) (REINA & PASCUAL 2000); (REINA, PASCUAL & FUNDORA 2001), o que poderia levar a uma maior eliminação de toxinas (BALIEIRO *et al*, 2013<sub>ab</sub>); (BONTEMPO, 2002); (BONTEMPO, 2015) que culminaria em um efeito depurativo e antioxidante (BONTEMPO, 2015), sendo portanto, favoráveis aos relatos encontrados sobre a ação da ATM em alguns sistemas biológicos aqui reportados.

Em estudos futuros, pretende-se verificar melhor a interação dos íons com campos magnéticos, realizando por exemplo, a manipulação em bancada de laboratório de soluções com variadas faixas de concentrações iônicas. Recomenda-se ainda um estudo aprofundado sobre a linha de base em relação à espectroscopia, no intuito de se refinar os resultados obtidos por meio da análise estatística.

Além disso, levando em consideração os achados na literatura a respeito dos benefícios da ATM sobre alguns sistemas que são diretamente afetados com o processo de envelhecimento (ALVAREZ, BRANCO & MONTEIRO, 1988), (N. TSIMOTU *et al*, 2011); (BONTEMPO, 2015); (TAO & HUANG, 2011) e sabendo que o aumento progressivo da expectativa de vida no Brasil, gerou uma mudança no perfil epidemiológico da população, que hoje se caracteriza por doenças relacionadas ao envelhecimento (VASCONCELOS, 2012), pretende-se também realizar um estudo exploratório duplo-cego randomizado, para se verificar os impactos da ATM na saúde desse grupo populacional, já que é evidente a necessidade de novas técnicas e estratégias terapêuticas a fim de minimizar esses agravos à referida população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEKSANDROV, V.D.; BARANNIKOV, A.A., DOBRISTA, N.V. **Inorg. Materials** (translation of Neorganicheskie Materialy) 2000, 36, 875.

ALFONSO *et al.* **Evidencia en la absorción intestinal en ratas Sprague-Dawley que consumen água con tratamiento magnético.** Informe Final de Investigación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.Santa Clara, Villa Clara. Cuba, 2000.

AL-MUFARREJ *et al.* The Effects of Magnetically Treated Water on the Performance and Immune System of Broiler Chickens.”*International Journal of Poultry Science* 4 (2): 96-102, 2005.

ALVAREZ, R.; BRANCO, J.; MONTEIRO, J. **Un nuevo modelo de tratamiento en las ciencias médicas: el agua magnetizada.** *Rev Cubana Med Gen Integr*, Vol.14 n.2 Havana, 1998.

AMIRI & DADKHAH. **On Reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment.** *Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 278, 2006. 252-255.

ARANTES, J. T. **O ímã desentope artérias e muito mais.** *Revista Galileu* n° 96, jul 99. Disponível em <<http://galileu.globo.com/edic/96/tecnologia1.htm>>. Acessado em 30/10/2014

ATKINS, P.W. **Physical Chemistry**, 5<sup>th</sup> ed.; Oxford University Press: Oxford, 1994.

BAKKER J.; JUDD, S.J. **Wat. Res.** Vol. 30 n°2, pp 247-260, 1996.

BALIEIRO *et al.* **Water treatment by magnetic field increases bone mineral density of rats.** In: 17th International Conference of functional food Center. San Diego-EUA, 2014, pp 183-185.

BALIEIRO *et al.* **Tratamento magnético da água e perfil Bioquímico sérico de vacas Jersey.** In: III Simpósio Internacional de Leite Integral.Belo Horizonte, 2013<sub>a</sub>, pp 65-67.

BALIEIRO *et al.* **Efeito do tratamento da água por campo magnético sobre os parâmetros séricos e espessura de gordura subcutânea.** *Boletim da Indústria animal*, N. Odessa,v.70, n.2, p.158-166, 2013<sub>b</sub>.

BALIEIRO *et al.* **Tratamento magnético da água e Nitrogênio uréico no leite das vacas Jersey.** In: III Simpósio Internacional de Leite Integral. Belo Horizonte, 2013<sub>c</sub>, pp 63-65.

BARBOZA, M.A. **Ação de campos magnéticos em alguns sistemas químicos e biológicos.** Dissertação (mestrado). Instituto de química Universidade Estadual de Campinas, 2002.

BARRET, R.A.; PARSONS, S.A. **Water Res.** 1998, 32, 609.

- BELOVA, V. **Soviet Science Review: Scientific.** URSS, Moscow-URSS.1972, n°3, pp 150-156
- BEREZIN, M.V.; LEVSHIN, L.V.; SALESTKY, A. M. **Lasers Applications in Life Sciences.** 1403, 335, 1990.
- BONJORNO, R.A. *et al.* **Física Fundamental.** São Paulo: FTD, 1999.
- BONTEMPO, M. **Guia de Saúde da água Imantada.** São Paulo: Costasul, 2002, pp 18-45.
- BONTEMPO, M. **Água submetida a fluxo magnético e seus efeitos no organismo.** Brasília-DF: Thesaurus, 2015.
- BRITO, E.A. **Biologia** 1.ed. São Paulo: Moderna, 1999.
- CAI; YANG & ZHU. **The effects of magnetic field on water molecular hydrogen bonds.** Journal of molecular Structure 938, 2009, pp 15-19
- COELHAS, A.M.B. **Caracterização de Produtos Petrolíferos por Técnicas Espectroscópicas.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- COEY, J.M.D & CASS, S. **Magnetic water treatment.**Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v.209, p.71-74, 2000.
- COSTA, R. **Estudo da aplicação de água magneticamente condicionada para fins de irrigação em floricultura de larga escala.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de Mauá, São Caetano do Sul,SP.2006.
- COSTA, W. **Estudo do Condicionamento Magnético da água para fins industriais.** Dissertação (mestrado). Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano deo Sul, SP.2006
- DEVLIN,J.P.; JOYCE, C.; BUCH, V. J. **PHys. Chem.** 2000, 104, 1974.
- DONALSON, J.D.; GRIMES, S. **New Sci.** 1988, 117, 43.
- EISENBERG, D; KAUZMANN, W. **“The structure and properties of water”.** Oxford University Press, 1970.
- ELIAS *et al.* **Análise da correção magnética da água e seus benefícios para morbidades típicas de populações em envelhecimento: Uma relação a ser explorada e discutida.** In: Anais do 9º Pan American Health Care Exchanges (PAHCE). Brasília, 2014.
- FAIGLE, J.F.G.; PORTO, M.E.G. **O campo magnético e a água.** Revista Brasileira de Ensino de Química. 2006, 1 (2): 9-24.
- FIELD, A. **Descobrendo a estatística usando o SPSS - 2 ed.** Porto Alegre: Artimed, 2009
- FONTELLES *et al.*, 2009. **Metodologia da pesquisa científica: Diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa.** Disponível em

[https://cienciassaude.medicina.ufg.br/up/150/o/Anexo\\_C8\\_NONAME.pdf](https://cienciassaude.medicina.ufg.br/up/150/o/Anexo_C8_NONAME.pdf). Acesso em 29 de junho de 2015.

FRANK, H.S.; WEN, W.Y. **Discuss. Faraday Soc.** 1957, 24, 133.

FUJIWARA, S.; NISHIMOTO, Y. **Anal. Sci.** 1992, 8, 873-875.

GEHR, R.; ZHAI, Z.A.; FINCH, J.A.; RAO, S.R. **Water Res.** 1995, 29 (3), 933-940.

GORDON, B.G. & GRIGOREV, A.S. **Therm. Enging.** Vol. 37, pp 29-31, 1990.

GUYTON, A.C. **Tratado de Fisiologia Médica.** 11° ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HARARI, M.; LIN, I. **Wat. Irrig. Rev.** 1989,9, 4-7.

HIROTA, N. *et al.* **Jpn...J.Appl. PHys.** Part 2 1995, 34, 991.

H.BENEJAD & E.ABDOSALEHI. **The effect of magnetic field on water hardness reducing.** Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13 2009, Hurghada, Egypt, pp 117-128.

HALLIDAY D. & RESNICK R. **Fundamentos da física 3. 3° Edição. LTC: Rio de Janeiro, 1994.**

HARARI, M. & LIN, I. **Water Irrig. Rev.** Vol 9 pp 4-7 , 1989.

HARVEY, J. N. ; JUNG, J.O.; & GERBER, R.B. **J. Chem. PHys.** , 109, 8747, 1998.

HASSON D. & BRAMSOM,D. **Ind. Enging. Chem. Proc. Des. Dev.** Vol. 24, pp 588-592, 1985.

INSUA *et al.* **Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. Revista Eletrônica de Veterinária,** v.10, n.4, 2009.

JÉQUIER E. & CONSTANT F. **Water as an essential nutrient: the pHyiological basis of hydration.** Eur J Clin Nutr. 2010 Feb;64(2):115-23. Epub 2009 Sep 2.

KOCHMARSKY, V. **Magn Eletrical Sep.** 7,77, 1996.

KRUGER, V. **ÁGUAS.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em : [www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/aguas.pdf](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/aguas.pdf). Acessado em 06/11/2014.

LEVY *et al.* **The effeect of magnetically treated drinking water on performance of fattening cattle.** Agricultural Research Organisation, Haifa, Israel, 1990.

MORAN, L.A *et al.* **Biochemistry,** 2<sup>nd</sup> ed, Neil Patterson Publishes – Prentice Hall: Englewood Cllifs, 1994, cap 3 e 12.

NICOLAU, G.F.; TOLEDO, P.A. **Física Básica.** São Paulo: Atual, 1988

NOGUEIRA, P. **Os mistérios da água.** Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT578872-1719,00.html>>. Acessado em: 30/10/2014.

PARSONS, S. A. **Anti-scale Magnetic Tratament.** Disponível em: <<http://www.cranfield.ac.uk/simis/water/magnets.htm>> Acesso em : 10/03/2013

POPLE, J.A. **Proc. R. Soc. London**, 1950, A202, 323-336.

PORTO, MEG. **Alterações biológicas e físico químicas da água induzidas por campos magnéticos.** Dissertação (mestrado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 1988.

PORTO, M.E.G. **Alterações de propriedades da água por processos físicos e químicos.** Tese (Doutorado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

PORTO, MEG. **Novos conceitos sobre a água e possibilidades de aplicação.** Cultura Homeopática, 2007, n° 21, pp 19-23. Disponível em <[http://www.saudegarantida.com.br/upload/files/3.Trabalho\\_UNICAMP\\_Agua\\_Magnetizada.pdf](http://www.saudegarantida.com.br/upload/files/3.Trabalho_UNICAMP_Agua_Magnetizada.pdf)> Acesso em: 24/03/2013.

REINA & PASCUAL. 2001. **Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds Part I: Theoretical Considerations.** Bioelectromagnetics 22:589-595.

REINA, PASCUAL & FUNDORA. 2001. **Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds.Part II: Experimental Results.** Bioelectromagnetics 22:596-602.

ROCHA, R.C.; SILVA, R.R. **Introdução aos cálculos da química.** São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1992.

ROSSI, A.V.; DAVANZO, C.U.; TUBINO, M. **J. Braz. Chem. Soc.**, 1996, 7(6), 403-410.

OZEKI, S. *et al.* **J. PHys. Chem.** 1996, 100, 4250.

RODRÍGUEZ L. **Calmodulina. Proteína sensor del calcio.** Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. 1999.

SIEGEL, S. **Estatística não paramétrica.** Porto Alegre: McGrawHill, 1979.

SARGOLZEHI, M.M.; REZAEI, R.A & NASERIAN, A.A. **The effects of magnetic water on milk and blood componentes of lactating Saanen goats.** In: International Journal of Nutrition and Metabolism, v.1, n.2, pp 20-24, December, 2009.

SOBRAL, M. A. P.; LUZ, M. A. A. de C.; GAMA-TEIXEIRA, A.; GARONE NETTO, N. **Influência da dieta líquida ácida no desenvolvimento de erosão dental.** Pesqui Odontol Bras, v. 14, n. 4, p. 406-410, out./dez. 2000.

SILVA, J.G. *et al.* **Mensuração da acidez de bebidas industrializadas não lácteas destinadas ao público infantil.** Rev Odontol UNESP. 2012 Mar-Apr; 41(2): 76-80.

SKOOG *et al.*, 2006 . **Fundamentos de Química Analítica.** São Paulo: Cengage Learning, 2009.

TAO, R. & HUANG, K. **Reducing Blood Viscosity with Magnetic Fields.** Physical Review E, Vol. 84, 5 p. 2011.

TSIMOTU *et al.* **A 1- $\mu$ T extremely low frequency electromagnetic field vs sham control for mild to moderate hypertension: A double-blind randomized study.** Hypertension Research 2011, vol. 34, pp 372-377.

VILLAS, M.; BANDERALLI, M. Como e porque medir a condutividade elétrica com sondas multiparâmetros. Disponível em <http://www.agsolve.com.br>. Acessado em 15 de junho de 2015.

WANG Y. *et al.* **Water Res.** 1997, 31, 346.

WELDER, B.Q. & PARTRIDGE E.P. **Ind. Eng. Chem.** Vol. 46, pp 954-960, 1954

YARRIS, L.C. **“LBL Nobel laureate studies structure of water”.** Disponível em <http://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/lee-water-research.html>. Novembro, 1990. Acessado em 23 de junho de 2015.

VASCONCELOS, A.M.N.; GOMES, M.M.F; FRANÇA, E. **Transição epidemiológica na América Latina: Diferentes realidades.** In: Anais do V Congresso de la Asociación Latinoamericana de Población, Montevideo, Uruguay, del 23 al 26 de Octubre de 2012

ZHAO, Y. *et al.* **J. Therm. Anal.** 1995, 45, 13.

ZHANG, Y.S; WU, H.W. **Effect of magnetic water on urinary calculi – An experimental and clinical study.** Z Urol NepHrol. 1987 Sep;80(9):517-23. German

ZHOU *et al.* **Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field.** J. Appl. Phys. 2000;88 (4): 1802-1805.

ZVEREVA, N.A. **Russ. phys. J,** 1999, 42, 860.

## **APÊNDICE A: ARTIGOS ACEITOS E PUBLICADOS**

www.abep.org.br/encontro/

www.abep.org.br/encontro/




Início Anais O Evento Programação Busca

## Anais

O tema do XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais a ser realizado em São Pedro, São Paulo, de 24 a 28 de novembro 2014, nas dependências do Hotel Fonte Colina Verde, é "População, Governança e Bem-Estar".

Tendo Governança como pilar central, foi proposta a discussão sobre como as várias dimensões relativas à população e bem-estar se relacionam, não apenas com as atribuições e qualidades do Estado que garantem sua capacidade de funcionamento e governabilidade, mas, também, com a forma como o poder é exercido através das instituições e dos padrões de articulação, cooperação e de participação democrática dos diferentes segmentos da sociedade brasileira.

## Ficha Catalográfica

Encontro Nacional de Estudos Populacionais: População, Governança e Bem-Estar (19: 2014 : São Pedro, SP)

Anais [recurso eletrônico] / XIX. Encontro Nacional de Estudos Populacionais: População, Governança e Bem-Estar, 24 a 28 de novembro de 2014 / São Pedro, SP: ABEP, 2014.

Modo de Acesso: WWW  
<[www.abep.org.br/encontro](http://www.abep.org.br/encontro)>

ISBN: 978-85-85543-28-0

1. Demografia. 2. População. I. Título.

www.abep.org.br/encontro/

www.abep.org.br/encontro/




Início Anais O Evento Programação Busca

### Resultado

Foram encontrados 33 resultados para o termo GOMES.

**A ENGENHARIA BIOMÉDICA CONVERSA COM A DEMOGRAFIA: NOVOS CAMINHOS, CONTRIBUIÇÕES E INOVAÇÕES**

**Autor(es):** Juliana Aparecida Elias; Marília Miranda Fortes Gomes; Vera Regina F. S. Marães; Georges Daniel Amvame-Nze

**palavra(s)-chave:** demografia; envelhecimento; engenharia biomédica; saúde; tecnologia

**Download:** TC-10-45-95-157.pdf

**A IMIGRAÇÃO INTERNACIONAL QUALIFICADA PARA O BRASIL APÓS O INÍCIO DA CRISE DE 2008: O CASO DOS IMIGRANTES PORTUGUESES E ESPANHÓIS**

**A QUALIDADE DO ENVELHECIMENTO FEMININO EM ESTADOS DA REGIÃO DO NORDESTE: ÊNFASE NA SAÚDE**

**A VIOLAÇÃO DOS DIREITOS DAS CRIANÇAS E ADOLESCENTES NO BRASIL NO INÍCIO DO SÉCULO XXI: UM OLHAR DEMOGRÁFICO**

19:45 01/07/2015

## **A Engenharia Biomédica conversa com a demografia:**

### **Novos caminhos, contribuições e inovações\***

Juliana Aparecida Elias♦

Marília Miranda Fortes Gomes♥

Vera Regina F.S.Marães^

Georges Daniel Amvame-Nze\*

### **Resumo**

O processo de transição demográfica no Brasil culmina, nos dias atuais, a um número cada vez maior de pessoas com idade a partir dos 60 anos, e a previsão é que este subgrupo populacional continue crescendo, o que acentua a mudança também no perfil de morbimortalidade do país, caracterizado principalmente por doenças crônico-degenerativas, especialmente aquelas relacionadas ao sistema cardiovascular. Neste contexto, fica evidente a descoberta de novas técnicas que ajudem a minimizar esses agravos, onde a engenharia biomédica se apresenta como grande aliada, haja vista sua trama interdisciplinar que deve resultar em estudos e inovações em prol de uma população mais saudável e longeva.

Palavras - chave: Demografia, envelhecimento, engenharia biomédica, saúde, tecnologia.

---

\* Trabalho apresentado no XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em São Pedro/SP – Brasil, de 24 a 28 de novembro de 2014.

♦ Mestranda Programa de Pós graduação em Engenharia Biomédica, Universidade de Brasília – Campus Gama (FGA/UnB). [julianaeliasunb@gmail.com](mailto:julianaeliasunb@gmail.com)

♥ Universidade de Brasília – Campus Gama (FGA/UnB)

^ Universidade de Brasília – Campus Ceilândia (FCE/UnB)

\* Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro (FT/UnB)

## A Engenharia Biomédica conversa com a demografia:

### Novos caminhos, contribuições e inovações\*

Juliana Aparecida Elias<sup>♦</sup>

Marília Miranda Fortes Gomes<sup>♥</sup>

Vera Regina F.S.Marães<sup>^</sup>

Georges Daniel Amvame-Nze<sup>•</sup>

### 1. Introdução

Os estudos demográficos são firmados sobre o tripé mortalidade, natalidade e fecundidade onde, sob este prisma, o Brasil tem experimentado mudanças importantes em seu perfil demográfico, principalmente a partir da década de 1970 frente à queda das taxas de mortalidade infantil e de natalidade, ao mesmo tempo em que houve um aumento da expectativa de vida, que ultrapassou os 60 anos de idade (Vasconcelos & Gomes, 2012).

Com o passar dos anos, o que se percebeu foi a continuidade da queda dessas taxas, ou seja, em 1981, os níveis de mortalidade e natalidade continuaram caindo, especialmente a fecundidade, e a expectativa de vida chegou aos 65,8 anos firmando-se então o processo de envelhecimento da população brasileira (Vasconcelos & Gomes, 2012). Entretanto, em 1950, o Brasil possuía outra ‘silhueta etária’, ou seja, a população brasileira era predominantemente jovem, de maneira que as mudanças foram muito relevantes em um espaço de tempo não tão grande assim, e têm gerado impactos econômicos, arquitetônicos, previdenciários e sociais irreversíveis. Segundo a OMS, em quarenta e três anos o número de pessoas com mais de sessenta anos será triplicado em relação ao número atual, podendo chegar a dois bilhões de indivíduos, o que representa um quarto da população mundial (Felix, 2014).

Atualmente, a mudança relacionada ao perfil da mulher contemporânea inserida no mercado de trabalho, que possui mais autonomia de decisão sobre a geração ou não de filhos, fato que repercute diretamente na taxa de natalidade (Berquó, 1998), aliados a melhora na qualidade de vida como saneamento básico, medicina preventiva, nutrição e programas de

---

\* Trabalho apresentado no XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em São Pedro/SP – Brasil, de 24 a 28 de novembro de 2014.

♦ Mestranda Programa de Pós graduação em Engenharia Biomédica, Universidade de Brasília – Campus Gama (FGA/UnB). [julianaeliasunb@gmail.com](mailto:julianaeliasunb@gmail.com)

♥ Universidade de Brasília – Campus Gama (FGA/UnB)

^ Universidade de Brasília – Campus Ceilândia (FCE/UnB)

• Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro (FT/UnB)

saúde pública indicam que, em 2050, segundo a ONU, em países em desenvolvimento, a expectativa de vida chegue em 82 anos para homens e 86 anos para mulheres (Felix, 2014).

Por conseguinte, inerente a mudança ao perfil etário, está a transição epidemiológica, sendo esta definida como a evolução progressiva de um perfil de alta mortalidade por doenças infecciosas para outro onde predominam os óbitos por doenças cardiovasculares, neoplasias, causas externas e outras doenças consideradas não transmissíveis (Omran, 1971; Prata, 1992; Santow, 1999).

Existe uma conexão básica entre as transições demográfica (envelhecimento populacional) e epidemiológica (Frenk *et al.*, 1991; Villavicencio, (2006) . A queda inicial da mortalidade se concentra nas causas de morte por doenças infecciosas e tende a beneficiar os grupos etários mais jovens. Por sua vez, o declínio da fecundidade afeta a estrutura etária da população e repercute no perfil de morbidade. Com a sobrevivência progressiva e o aumento da proporção de idosos, as causas externas e as doenças crônico-degenerativas passam então a ter maior importância e elevam a sua contribuição relativa para a mortalidade. Dessa forma, à medida que a participação relativa dos grupos etários mais jovens vai perdendo espaço para os grupos de idade mais avançada, se observa também uma mudança no perfil da mortalidade por causas.

Particularmente no Brasil, apesar de ainda ser significativa a proporção de doenças transmissíveis, observa-se atualmente uma alta proporção de óbitos por doenças crônico-degenerativas, especialmente àquelas relacionadas ao sistema circulatório e neoplasias (Vasconcelos; Gomes & França, 2012). Como esse padrão é típico de países que estão em processo de envelhecimento, é de extrema importância a descoberta de novas técnicas e estratégias terapêuticas a fim de prevenir ou minimizar esses agravos como por exemplo, a hipertensão, que atinge cerca de 20% da população adulta e representa um dos principais fatores de risco de morbidade e mortalidade cardiovasculares. Além disso, seu alto custo social é responsável por cerca de 40% das aposentadorias precoces e de absenteísmo no trabalho, segundo o III Consenso Brasileiro de Hipertensão arterial.

Evidencia-se que, dada essa transição epidemiológica, far-se-à necessário estudos que colaborem, entre outros aspectos, com a saúde dessa população, de forma a prevenir ou minimizar esses agravos, contribuindo assim para um envelhecimento mais saudável e uma população mais longeva (Elias *et al*, 2014) pois mediante a previsão da OMS, até 2025, o Brasil ocupará o sexto lugar no ranking dos países com maior número de idosos (Felix, 2014), e, para isto, restam-se apenas 12 anos. Se é fato que este ranking será alcançado em um espaço de tempo relativamente curto na visão da demografia, a pergunta a se fazer é: Como?

## **2. Discussão**

É consensual que a maior expectativa de vida da população brasileira traz consigo desafios que vão além da esfera médica, como as questões econômicas, sociais e até mesmo

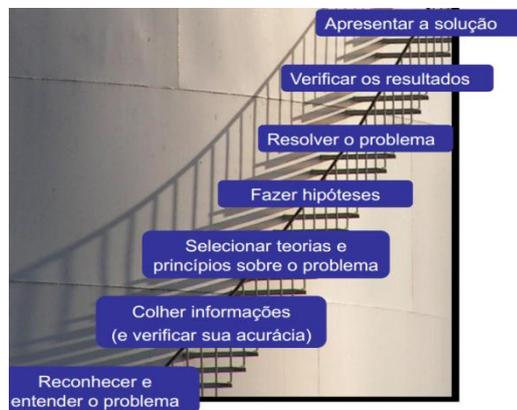
urbanísticas, mas entre os desafios demográficos, está, sobretudo, a área da saúde, haja vista que a OMS, estabelece como saudável apenas o idoso independente e produtivo (Felix, 2014).

Neste contexto, a pergunta se repete: Como proporcionar a população brasileira um envelhecimento saudável e ativo? Certamente para se responder a esta pergunta, todas as áreas envolvidas no processo demográfico deverão estar interagindo entre si, mas o diálogo entre Demografia e a Engenharia Biomédica talvez consiga apontar mais do que respostas, apresentando também possíveis contribuições para que se consiga atingir não só o envelhecimento ativo mas também um ativo envelhecimento, já que o aumento da população idosa traz consigo, entre outros fatores, a necessidade de novos aparatos e tecnologias que amparem e contribuam para a melhoria da saúde, oferecendo assim melhora na qualidade de vida deste novo perfil etário.

Dessa forma, fica evidente que cuidar de uma população idosa saudável é econômica e socialmente mais fácil (e inteligente) que cuidar de uma população idosa doente (Camarano, 1999) porém, isso só será possível a partir de uma visão antecipada não só das transformações sociais e econômicas que isso representa, mas sobretudo através de ações preventivas, e neste contexto a contribuição da engenharia biomédica é muito importante no processo do envelhecimento, desde o momento do reconhecimento do “problema” até a apresentação da solução (Fig 1), haja vista que engenharia, do latim *engenerare* significa produzir, criar.

**Figura 1:**

### **Abordagem geral da Engenharia Biomédica**



Fonte: PUC São Paulo

Desta forma, aplicando princípios de outras engenharias como a elétrica, mecânica, ótica, de materiais, computacional, entre outras, a engenharia biomédica, busca entender, modificar e controlar os sistemas biológicos, bem como projetar e construir produtos que possam monitorar as funções fisiológicas e assistir ao diagnóstico e ao tratamento de pacientes. No advento das terapias minimamente invasivas, a engenharia biomédica se apresenta como uma grande aliada, reduzindo o trauma, o custo e a duração do tratamento.

Entre a pluralidade de atuação dos campos da engenharia biomédica, pode-se citar os sistemas bioeletromecânicos, o processamento de sinais biológicos, a criação de biotecnologias dando origem a sistemas de próteses e órgãos artificiais, a engenharia clínica, os sistemas para diagnóstico e terapêutica, o processamento de imagens médicas, o desenvolvimento de sensores, instrumentos e medidores de sinais biológicos, a modelagem de sistemas fisiológicos, a engenharia de reabilitação, o uso da robótica em cirurgias, o desenvolvimento de sistemas de telemedicina, o desenvolvimento dos mais diversos tipos de dispositivos, implantáveis ou não, lançando mão da micro e nanotecnologia, bioeletromagnetismo, bioimpedância e compatibilidade eletromagnética.

A Engenharia Biomédica também atua diretamente no campo da vigilância sanitária, da bioinformática, dos sistemas de informação e da gestão de tecnologias em saúde, representando, para a área da saúde em geral, uma poderosa aliada. Como exemplo, cita-se a importância de se preparar o sistema de saúde, público ou privado, sobre a busca da eficiência nos cuidados da saúde, haja vista a demanda natural inerente a maior expectativa de vida do brasileiro. Este fato inclui uma sistemática avaliação sobre a questão de tecnologias onerosas, que podem se mostrar porventura ineficientes, ou outras que compensam seu custo, em detrimento dos resultados que podem apresentar.

Nesse contexto, lança-se mão da Avaliação de Tecnologias em Saúde (ATS), que leva em consideração, segundo o Ministério da Saúde, aspectos como segurança, acurácia, eficácia, efetividade, custos, custo-efetividade, equidade, impactos éticos culturais e ambientais, pelo processo contínuo de análise, incluindo as conseqüências econômicas e sociais advindos do emprego de novas tecnologias, que vão finalmente culminar no processo de tomada de decisão sobre sua viabilidade (Nita *et al*, 2010), o que pode representar, além da economia, a busca pela eficiência, afinal, a ATS, mesmo sendo multidisciplinar, de modo exaustivo e abrangente, reúne entre outros, dados epidemiológicos e demográficos, que podem facilitar sobremaneira o processo de tomada de decisão clínica, beneficiando diretamente a população em questão.

Outro exemplo da importância da atuação da Engenharia Biomédica em consoante atuação com a demografia, diz respeito aos possíveis benefícios trazidos através da água com correção magnética para morbidades típicas de populações em envelhecimento (Elias *et al*, 2014), que, apesar de ser uma técnica ainda em estudo, os autores ressaltaram, mediante revisão bibliográfica, resultados relevantes em prol do sistema cardiovascular, frente o uso de campo magnético e/ou água com correção magnética. Entre esses resultados, parece haver alterações importantes que envolvem, entre outros, a diminuição de Sódio com conseqüente alteração na osmolaridade, aumentado a excreção urinária (Balieiro *et al* 2013), diminuição da viscosidade sanguínea (Tao & Huang, 2011), diminuição da pressão arterial (Tsimotu *et al*, 2011) e remissão dos sintomas clínicos de pacientes diagnosticados com angina de peito e varizes que ingeriram água previamente submetida a campo magnético (Espinoza *et al*, 1998), colocando portanto o sistema cardiovascular como um dos principais sistemas a se beneficiar com essa técnica que utiliza como base, interações magnéticas.

Obviamente, muito há o que se pesquisar e comprovar, cujo delineamento pormenorizado do tema foge do âmbito do presente trabalho, mas fato é que, levando-se em consideração os alinhavos necessários entre a Engenharia Biomédica e a Demografia, acredita-se que o estudo supracitado é um bom exemplo da importância de se conseguir focar a demanda da população alvo, apresentando concomitantemente possíveis inovações que poderão minimizar ou prevenir os agravos relacionados a essa população, sendo desta forma, uma interação interessante - e necessária - entre os estudos demográficos e os desenvolvidos em engenharia biomédica.

### **3. Considerações Finais**

Conclui-se portanto que, se de um lado há projeções demográficas de que o Brasil caminha para ser um dos países com maior número de idosos, é preciso que se entenda que, do mesmo lado, está a engenharia biomédica, estendendo a mão, a fim de prevenir ou minimizar problemas que certamente virão como consequência deste envelhecimento populacional, caso as duas áreas - demografia e engenharia biomédica - não firmarem um íntimo diálogo que culmine no aprimoramento tecnológico às vistas da maior longevidade, favorecendo o ser humano, afinal, á engenharia biomédica cabe atuar sistematicamente na transformação e revolução da medicina do futuro e cuidados com a saúde (IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2007).

## Referências Bibliográficas

BALIEIRO *et al.* “Tratamento magnético da água e perfil Bioquímico sérico de vacas Jersey. III Simpósio Internacional de Leite Integral. Belo Horizonte, 2013, pp 65-67.

BERQUÓ, E. Algumas considerações demográficas sobre o envelhecimento da população no Brasil – trabalho apresentado no Congresso Internacional sobre Envelhecimento Populacional – uma agenda para o fim do século, mimeo, Brasília, 1998.

BIOMEDICAL ENGINEERING TRENDS IN EUROPE. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, may-jun 2007.

CAMARANO, A. A. (Org.) . Muito além dos 60: os novos idosos brasileiros., Rio de Janeiro, Ipea, 1999.

ELIAS, J.A.; AMVAME-NZE, G. D.; MARÃES, V.R.F.S.; GOMES, M.M.F.; CHAKER J.A. Análise da correção magnética da água e seus benefícios para morbidades típicas de populações em envelhecimento: Uma relação a ser explorada e discutida. Anais do 9º Pan American Health Care Exchanges. Brasília, 2014.

ESPINOSA ÁLVAREZ *et al.* 1988. “ Un nuevo modelo de tratamiento en las ciencias médicas: El agua magnetizada”. Rev Cubana Med Gen Integr. Disponível em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21251998000200011&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251998000200011&lng=es&nrm=iso).

FÉLIX, J.S. Economia da Longevidade: uma revisão da bibliografia brasileira sobre o envelhecimento populacional. Disponível em <<http://www.pucsp.br>. Acesso em 14 abril 2014

FRENK, J. *et al.* (1991) La transición epidemiológica en América Latina. Bol of Sanit Panam, 111 (6), pp. 485-496.

III Consenso Brasileiro de Hipertensão arterial. Arq Bras Endocrinol Metab Vol 43 n°4, Agosto, 1999.

N. TSIMOTU *et al.* “A 1- $\mu$ T extremely low frequency electromagnetic field vs sham control for mild to moderate hypertension: A double-blind randomized study”. Hypertension Research 2011, vol. 34, pp 372-377

NITA, M.E *et al.* Avaliação de Tecnologias em Saúde: Evidência Clínica, análise econômica e análise de decisão. Porto Alegre: Artmed, 2010.

OMRAN, A.R. (1971) The epidemiologic transition: A theory of the epidemiology of population change. *Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49(4), pp. 509-538.

PRATA, P. R. A (1992) Transição epidemiológica no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 8(2), pp. 168-175.

SANTOW, G. (1999) The mortality, epidemiological and health transitions: their relevance for the study of health and mortality. In: United Nations *Health and Mortality issues of global concern*. Proceedings of the Symposium on Health and Mortality. Brussels, 19-22 november. New York: United Nations, Chap. 1, pp. 39-53.

TAO, R. & HUANG, K. “Reducing Blood Viscosity with Magnetic Fields”. *PHysical Review E*, Vol. 84, 5 p., 2011.

VASCONCELOS, A.M.N.; GOMES, M.M.F. Transição demográfica: a experiência brasileira. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 21(4):539-548, out-dez 2012.

VASCONCELOS, A.M.N.; GOMES, M.M.F.; FRANÇA, E. Transição Epidemiológica na América Latina: diferentes realidades. In *Anais do V Congresso de La Asociación Latinoamericana de Población*, Montevideo, Uruguay, Del 23 al 26 de octubre de 2012.

VILLAVICENCIO, R. J. (2006) Análisis comparado de La transición demográfica y de La transición epidemiológica en La provincia de San Juan, Argentina. *Hygeia*, 2(3), pp. 15-27.



## Analysis of magnetic correction of water and its benefits for typical morbidities of aging populations: A relationship to be explored and discussed

### Análise da correção magnética da água e seus benefícios para morbididades típicas de populações em envelhecimento: Uma relação a ser explorada e discutida

J. A. Elias<sup>1</sup>, G. D. Amvame-Nze<sup>2</sup>, V.R.F.S.Marães<sup>2</sup>, M.M.F.Gomes<sup>2</sup>, J.A.Chaker<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia Biomédica, Universidade de Brasília, Campus Gama, Brasil

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade de Brasília, Brasil

<sup>3</sup> Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia, Brasil

Email: julianaeliasunb@gmail.com

**Abstract** — Due to the lack of literature about experiments in humans using water with magnetic correction was created a literature review that includes animal research and the interaction of the magnetic field on the permeability of seeds. Some results indicate that the performance of water with magnetic correction, benefiting living beings improving osmolality and vascular capacity. Thus, it is very important the need for systematic research on the influence of water with magnetic fix for the benefit of man, particularly in diseases related to aging. It will be held in future by our research group, an experimental study to investigate the influence of the magnetic field in the molecular structure of water clusters, such results will guide animal studies and subsequent human study, where evidence of their effects are found. This study aims to explore the scientific literature results that indicate correlations of water use with magnetic correction as a potential therapeutic agent in order to contribute to human health.

**Keywords** — Human health, magnetic field, water

**Resumo** — Em vista da escassez na literatura a respeito de experimentos em humanos utilizando água com correção magnética, realizou-se uma revisão bibliográfica que inclui pesquisas com animais e a interação do campo magnético na permeabilidade de sementes. Resultados indicam que a atuação da água com correção magnética, beneficia seres vivos melhorando a osmolaridade e a capacidade vascular. Torna-se evidente a necessidade de pesquisas sistematizadas sobre a influência da água com correção magnética em benefício do homem, em particular em agravos relacionados ao envelhecimento. Será realizado futuramente por nosso grupo de pesquisa, um estudo experimental para verificar a influência do campo magnético na estrutura dos clusters moleculares de água, tais resultados nortearão estudos com animais e posterior estudo com humanos, caso forem encontradas evidências de seus efeitos. O presente trabalho visa explorar na literatura científica resultados que indiquem correlações do uso de água com correção magnética como potencial agente terapêutico de forma a contribuir com a saúde humana.

**Palavras chave** — Água, campo magnético, saúde humana

#### I. INTRODUÇÃO

A interação da água com campos magnéticos vem sendo estudada há mais de 50 anos [1] e por se tratar da união de dois temas com alto grau de complexidade, ainda não há um consenso entre os autores sobre as interações que justifi-

quem os efeitos obtidos. Além disso, considerando a diversidade de áreas de interesse no estudo sobre as interações da água com campo magnético, envolvendo: indústria [2]; extração de petróleo [3]; agronegócio [4]; pecuária [5, 6]; e os efeitos na saúde do homem [7-11]; fazem deste, um tema em que os métodos de pesquisa adotados se tornam fundamentais para se atingir o objetivo proposto [8]. Somados ao fato de que as metodologias utilizadas nesse tipo de estudo não estarem definidas, a reprodução dos resultados é muitas vezes comprometida, o que torna o tema ainda mais controverso e divergente na comunidade acadêmica.

As interações entre a água e campos magnéticos envolvem estudos na fronteira da ciência [12], devendo ser explorada e pesquisada de modo a aumentar o entendimento dos fenômenos envolvidos, convergir resultados científicos e contribuir para os benefícios da utilização da água tratada para saúde, em especial relacionado aos problemas do sistema circulatório, já que este representa um dos principais fatores que influenciaram e alteraram o perfil epidemiológico do país, conforme pode ser visto abaixo.

A transição epidemiológica ocorria no Brasil nos últimos anos, pode ser definida como a evolução progressiva de um perfil de alta mortalidade por doenças infecciosas para outro onde predominam os óbitos por doenças cardiovasculares, neoplasias, causas externas e outras doenças consideradas não transmissíveis [13-15].

Existe uma conexão básica entre as transições demográfica (envelhecimento populacional) e epidemiológica [16, 17]. A queda inicial da mortalidade se concentra nas causas de morte por doenças infecciosas e tende a beneficiar os grupos etários mais jovens. Por sua vez, o declínio da fecundidade afeta a estrutura etária da população e repercute no perfil de morbidade. Com a sobrevivência progressiva e o aumento da proporção de idosos, as causas externas e as doenças crônico-degenerativas passam então a ter maior importância e elevam a sua contribuição relativa para a mortalidade. Dessa forma, à medida que a participação relativa dos grupos etários mais jovens vai perdendo espaço para os grupos de idade mais avançada, se observa também uma mudança no perfil da mortalidade por causas.

Particularmente, no Brasil, apesar de ainda ser significativa a proporção de doenças transmissíveis, observa-se atualmente uma alta proporção de óbitos por doenças crônico-degenerativas (especialmente àquelas relacionadas ao siste-



ma circulatório e neoplasias) [18]. Como esse padrão é típico de países que estão em processo de envelhecimento, é de extrema importância a descoberta de novas técnicas e estratégias terapêuticas a fim de prevenir ou minimizar esses agravos como por exemplo, a hipertensão, que atinge cerca de 20% da população adulta e representa um dos principais fatores de risco de morbidade e mortalidade cardiovasculares. Além disso, seu alto custo social é responsável por cerca de 40% das aposentadorias precoces e de absenteísmo no trabalho [19].

Evidencia-se que, dada essa transição epidemiológica, se faz cada vez mais necessário estudos que tenham como foco a correção magnética da água e os seus benefícios para a saúde da população, contribuindo também para um envelhecimento mais saudável e uma população mais longa.

## II. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir de revisão bibliográfica apresentando como critérios de inclusão a fundamentação científica/matemática, estudos experimentais e casos clínicos que envolveram as interações entre água e campo magnético. Os trabalhos aqui elencados foram obtidos através de publicações em livros, revistas científicas e nas bases de dados MedLine, PubMed, Scielo, OPAS-OMS (Organização Panamericana de Saúde – Organização Mundial da Saúde). Devido a escassez do tema em relação aos seres humanos, foram incluídos trabalhos relacionados a animais e ao reino vegetal, relacionados a água com campo magnético, bem como teses e dissertações aprovadas.

## III. EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

**Estudo 1:** Talvez a principal explicação a respeito dos efeitos da água exposta ao campo magnético, sejam as modificações ocorrendo a nível da permeabilidade da membrana [20].

Neste estudo foram apresentados cálculos teóricos sobre a relação da densidade da corrente iônica com um campo magnético estacionário, de forma a verificar uma melhor taxa de germinação e produtividade de sementes. O processo de germinação das sementes não é simples e envolve questões sobre o citoplasma e exoplasma, que regulam o mecanismo de absorção de água através de controle da pressão osmótica e atividade de canais iônicos, que realizam essa osmorregulação, assim como a pressão de turgor [20].

Com isso em mente, os autores desenvolveram inúmeras equações, das quais serão citadas três que resumem a comprovação do campo magnético na alteração do fluxo iônico das sementes, a saber:

$$ma/mi = F[1 - \exp(-K_w t)] \quad (1)$$

Onde  $ma$  é a massa de água absorvida,  $mi$  é a massa de água inicial,  $t$  é o tempo,  $K_w$  é a taxa de absorção de água que

juntamente com o fator  $F$  são dependentes do campo magnético [21].

A equação (1) descreve a fase de hidratação relacionada à absorção da água em sementes.

$$F(B) = \frac{\Delta P}{RTLc_0 \left[ 1 + \frac{\mu B}{(1 + \mu^2 B^2)^{1/2}} \right]} \quad (2)$$

$$k_w(B) = \frac{RTL}{V_0} c_0 \left[ 1 + \frac{\mu B}{(1 + \mu^2 B^2)^{1/2}} \right] + \frac{\varepsilon L}{V_0} \quad (3)$$

Onde em ambas as equações,  $R$  é a constante de gás,  $T$  a temperatura absoluta,  $L$  é a condutância hidráulica,  $V_0$  é o volume de água inicial nas sementes,  $B$  é a indução magnética,  $\Delta P$  é a variação da pressão de turgor,  $\mu$  é a mobilidade efetiva que incluem todos os efeitos da permeabilidade e condutividade da membrana celular.  $C_0$  é a concentração iônica no citoplasma quando  $B=0$  e  $\varepsilon$  é o modo de elasticidade da membrana celular [21].

Segundo os autores, através destas equações foi possível realizar experimentos que comprovaram a atuação do campo magnético na absorção de água pelas sementes, de forma que foi aceita a hipótese que um campo magnético estacionário interage com a corrente iônica e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana, aumentando o fluxo de água e a taxa de absorção, promovendo a melhora na germinação das sementes.

Este estudo teve continuidade em nível experimental a fim de apoiar o modelo físico matemático por eles defendido, onde sementes de alfafa foram submetidas a um campo magnético estático com intervalo de 0-10mT [21]. Verificou-se um significativo incremento da taxa de absorção de água dessas sementes bem como de sua germinação, fato que apóia e reafirma a consistência do estudo teórico, que também foi motivado por pesquisas anteriores a respeito da mesma temática, onde através de experiências criteriosas, detectou-se a influencia de campo magnético sobre a concentração iônica em humanos e cães, após injeções de solução salina [22].

Mediante os resultados apresentados por este estudo, vale a investigação da sua correlação no organismo humano, tendo em vista que, no homem, o mecanismo osmorregulador é principalmente regido pela concentração de sódio [6] e este, por sua vez, em altas concentrações, aumentam o volume de líquido extracelular, desencadeando uma série de reações fisiológicas que culminam no aumento da pressão arterial [23], mesmo que o sódio não seja o único agente causal da hipertensão arterial, sendo esta uma doença multifatorial e sistêmica, uma vez que se consiga diminuir a os-

molaridade e a concentração de sódio, através de um campo magnético, fica claro que este campo poderá ter implicações diretas sobre morbidades como a hipertensão arterial e suas conseqüências, como doenças cerebrovasculares e insuficiência cardíaca e renal. Um estudo experimental em bovinos [5, 6], apóia esta hipótese e será apresentado mais adiante.

**Estudo 2:** Pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Comprovaram os efeitos da água submetida a campo magnético para o entumescimento e germinação de sementes que posteriormente foi relacionado a pele humana [8, 9]. A experiência foi repetida em triplicata seguindo todas as normas técnicas de germinação, onde as sementes foram embebidas com água desionizada previamente magnetizada, com um arranjo magnético a partir do pólo sul do ímã, variando 0 a 30mT. Como resultado os autores detectaram um aumento na taxa de absorção da água( fig 1) e na germinação das sementes (fig 2), do grupo cuja sementes foram embebidas em água com tratamento magnético[9].

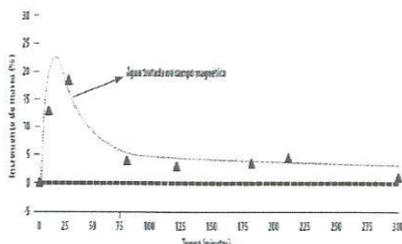


Fig 1- Aumento de massa de água absorvida pelas sementes de trigo quando imersas em água tratada com campo magnético em relação ao grupo controle (linha tracejada).

Fonte: [9]

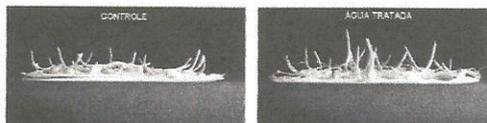


Fig 2- 4º dia de germinação das sementes de trigo. Água tratada se refere aquela submetida ao campo magnético

Fonte: [9]

Com os resultados obtidos, os autores então relacionaram o mesmo mecanismo de permeação das sementes, na pele humana, desenvolvendo um hidratante feito a partir da água exposta ao campo magnético, que resultou no aumento a hidratação do estrato córneo em cerca de 28% [8]. Os autores ressaltam que não utilizaram, no experimento, nenhuma substância oclusiva ou plastificante, comum nos hidratantes comerciais, portanto o resultado foi devido às alterações moleculares na água frente ao campo aplicado. Entre essas alterações, a quebra ou enfraquecimento nas ligações de hidrogênio [8-10], [24], é citada como sendo uma possível explicação para o ocorrido, favorecendo a formação de novos clusters, menores e mais organizados

que, por sua vez, conseguiriam penetrar mais facilmente na pele [8, 9] alterando a cinética de absorção da água pela pele humana [10].

Sabe-se que nos idosos, a porcentagem corporal de água cai drasticamente, chegando a 50% [11], e sendo consensual que a água é o principal líquido do organismo, por meio do qual se dão todas as reações químicas e transporte de substâncias, não é difícil inferir que, sua diminuição, própria do envelhecimento, poderá ser danosa ao organismo. Se a água penetra melhor no estrato córneo, aumentando efetivamente sua hidratação, conforme demonstrado, provavelmente, o consumo de água previamente magnetizada, também aumentaria a hidratação corporal, já que conseguiria permear mais facilmente os tecidos, conforme demonstrou o estudo. O organismo humano, em particular o do idoso, com maior aporte e capacidade de absorção de água pelas células, poderia ter uma melhor digestão dos alimentos, excreção fecal facilitada, além de promover uma eliminação urinária mais efetiva, diminuindo assim a sobrecarga renal e cardíaca [11].

**Estudo 3:** Outro experimento constatou a diminuição da osmolaridade do sódio e de triglicérides em vacas da raça Jérsy que fizeram a ingestão de água submetida a campo magnético [5, 6]. Foi usado o dispositivo magnético Sylocimol<sup>®</sup>, inserido no reservatório do bebedouro, produzindo um campo magnético estático de 32.400G (Gauss). Os animais foram pareados segundo seu período de gestação, peso vivo, fase de lactação, nível de produção e número de partos e então foram escolhidos aleatoriamente para a formação do grupo controle, sendo que este, tinha acesso apenas a água do reservatório sem o dispositivo magnético. A retirada do sangue dos animais foi realizada dentro dos padrões técnicos e analisados em espectrofotômetros com comprimentos de onda específicos para cada componente sanguíneo. A explicação dos resultados obtidos, após 75 dias de experimento, gira em torno de mecanismos osmorreguladores: Sabe-se que o fator de regulação da secreção do Hormônio Antidiurético (ADH) é a osmolaridade e, o sódio, é o seu principal regulador, conforme citado anteriormente[6]. Portanto, estabelece-se aqui uma cadeia de reações dependentes onde, com a alteração da osmolaridade, há diminuição da secreção de ADH, com maior excreção de sódio pela urina e assim sucessivamente. Portanto, a redução da osmolaridade e da concentração de sódio são favoráveis a circulação do sangue, que por sua vez, facilita a eliminação de metabólitos [5, 6], já que a água submetida ao campo magnético parece ter sua estrutura rica em pequenos clusters, que aumentaria a velocidade de permeação [8-10]. Vale ressaltar que a alteração nestes mecanismos osmorreguladores corroboram com trabalhos teóricos e práticos feitos anteriormente em relação a alteração da osmolaridade na membrana mediante a interação de campo magnético [20-22].

Em relação a diminuição dos triglicérides, no mesmo estudo, os autores salientam que a produção deste tipo de lipídio é uma maneira fisiológica de redução dos níveis de glicose em excesso no sangue, a redução da concentração de



triglicérides foi coerente com menores índices de glicose encontrados nesses animais, apesar de que nem sempre o metabolismo lipídico tenha associação com a glicemia [5, 6]. Os autores indicam um outro estudo em que níveis de glicose foram significativamente mais baixos em animais consumindo água com tratamento magnético [25]. Outros estudos também foram citados em relação à diminuição de gordura na carne de bezeros e aves que receberam água com tratamento magnético [26, 27].

Foi detectado ainda um incremento no mecanismo respiratório dos animais consumindo água com correção magnética, havendo maior eliminação de  $\text{CO}_2$  (gás Carbônico). Os autores explicam que esse aumento do Ph sanguíneo deve-se a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, devido a redução da acidez mediante a diminuição da concentração de  $\text{CO}_2$ , o que promove maior fixação de  $\text{O}_2$  (Oxigênio) pela oxihemoglobina, aumentando o Ph. Esse fenômeno foi comprovado pela detecção da melhor saturação de  $\text{O}_2$  ( $\text{SaO}_2$ ) apresentada pelos animais consumindo água com correção magnética [6]. Uma vez que a  $\text{SaO}_2$  é o melhor indicativo do suprimento de  $\text{O}_2$  para as células, o seu aumento representa um importante benefício da água submetida a campo magnético, já que o  $\text{O}_2$  é indispensável na produção de energia para as células [6].

Em vista dos inúmeros efeitos fisiológicos encontrados nos animais que consumiram água com correção magnética neste estudo, os próprios autores [5, 6], correlacionaram a possíveis aplicações em prol de eventuais benefícios à saúde do homem, como: A redução de sódio poderia contribuir para menor osmolaridade, viscosidade do sangue, e diminuição da pressão arterial; menores índices de triglicérides refletiriam diretamente sobre o desenvolvimento de doenças coronarianas; a maior saturação de Oxigênio bem como a maior facilidade na circulação sanguínea beneficiaria diretamente as células, oferecendo desta maneira, um maior suporte energético e, finalmente, sabendo que os rins retiram água do sangue para produzir urina, o efeito diurético da água com correção magnética, poderia reduzir o volume de sangue e a pressão dos vasos sanguíneos [6].

**Estudo 4:** Ainda relacionado a pesquisas com animais, ratos em biotério tiveram sua medula espinhal seccionada levando-os a uma paraplegia induzida [28], eles foram pesados e colocados individualmente em gaiolas, com suprimento de água e comida de laboratório. Após 8 semanas sendo submetidos a um campo magnético de 50Hz e  $17.9\mu\text{T}$  2 vezes por dia, durante 7 dias, constatou-se o aumento da ingestão de comida, da ingesta hídrica e do ganho de peso corporal dos ratos em comparação ao grupo controle. O estudo foi conduzido no sentido de que a lesão medular em humanos leva gradualmente o paciente a um estado de perda de massa corporal, com dificuldade de manter o balanço energético. Os autores enfatizam que o baixo peso comumente apresentado nesses indivíduos, não é devido a hipofagia, mas sim à alterações permanentes em mecanismos homeostáticos, peristálticos, de absorção de nutrientes entre outros, que aumentam o catabolismo, geram perda de nitro-

gênio e perda de massa corporal, gerando um círculo vicioso. Por sua vez, o baixo peso desses pacientes, os deixam susceptíveis à infecções e úlceras de decúbitos [28], complicando ainda mais o quadro.

A experiência mostrou que esta técnica pode ser um indicativo na prevenção ou minimização de agravos como úlceras de decúbitos, comum em pacientes idosos acamados, bem como no ganho de peso desses pacientes.

**Estudo 5:** Em relação ao sistema circulatório humano, cita-se um estudo realizado com 60 indivíduos portadores de angina de peito espontânea e ao esforço e outros 30 com diagnóstico de varizes em membros inferiores [7] que foram submetidos a ingestão, durante um ano, de água e outros líquidos previamente magnetizados. Os autores relatam a remissão dos sintomas clínicos na totalidade absoluta dos casos, não havendo nenhuma perda ou complicação de pacientes e instigam novas pesquisas a respeito desses achados.

Corroborando com este trabalho, pode-se citar os resultados relacionados a maior facilidade da circulação sanguínea através da alteração da osmolaridade e eliminação do sódio, bem como ao maior aporte de oxigênio para as células [5, 6]. Ainda em relação ao sistema circulatório, estudos comprovam que, submetido a campo magnético de 1,33T por um período determinado, as células sanguíneas que antes estavam desordenadas no plasma, se organizaram em forma de clusters longos e estreitos, fato que favoreceu o escoamento sanguíneo e diminuiu a viscosidade do sangue em cerca de 20 a 30% [29].

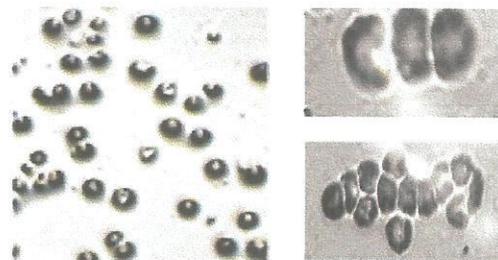


Fig 3 Antes do campo, as células sanguíneas estão distribuídas aleatoriamente no plasma (à esquerda). A direita, acima, sob ação de campo magnético por 1 minuto, as células se alinham formando cadeias curtas. A direita, abaixo, com exposição ao campo por 12 minutos, as células se agregam formando cadeias mais longas.

FONTE: [29]- adaptado

**Estudo 6:** Em humanos, sob o mesmo foco da ação do campo magnético sobre o sistema cardiovascular, foi conduzido um estudo duplo cego randomizado [30] em pacientes com idade entre 52 e 55 anos portadores de hipertensão classificada como leve a moderada. Os pacientes foram submetidos a um campo eletromagnético de 6 a 8 Hz e  $1\mu\text{T}$  por um período de 4 semanas, com sessões de 10 a 15 minutos por dia, onde, ao final do estudo, os autores constataram a redução da pressão arterial sistólica dos pacientes submetidos a este campo [30]. Aqui se podem relacionar os resultados com aqueles em relação à eliminação de sódio e di-



minuição da viscosidade sanguínea [5, 6], [29] a maior organização das células sanguíneas frente ao campo magnético [29] e à remissão dos sintomas relacionados à angina e varizes [7], pois todos têm em comum, alterações positivas no sistema cardiovascular proporcionado a partir de um campo magnético.

Mediante o término dos relatos científicos, far-se-á necessário algumas considerações importantes que talvez elucidem melhor alguns efeitos obtidos a partir da água com correção magnética. É importante salientar, porém, que o presente trabalho não tem a pretensão de elencar as causas das alterações moleculares que o campo magnético possivelmente proporciona na água, sendo esta uma esfera da física e química quântica.

Acredita-se que os efeitos da água submetida ao campo magnético podem estar relacionados às alterações das propriedades da própria água, sendo que, dependendo do arranjo magnético aplicado, poderá promover a redução da tensão superficial da água [1], redução da sua dureza [31], aumento na quantidade de oxigênio dissolvido [5, 6], [32], aumento da condutividade elétrica [8, 9], [24] aumento do Ph, sendo este dependente da quantidade de minerais presentes na água [6] e enfraquecimento ou quebra das ligações de hidrogênio [8, 9], [24].

Além disso, a água com correção magnética parece ter ação neutralizadora dos Radicais Livres, que, quando em excesso, leva a oxidação celular, sendo o precursor de uma ampla gama de doenças degenerativas [11]. O efeito antioxidante da água corrigida magneticamente é explicado pela transferência de elétrons, via pares de radicais livres [11], além dos efeitos elétricos ao nível da membrana celular, que facilita o transporte de ions [8, 9], [11], [20, 21] e eliminação de toxinas [5, 6], [11], tendo um efeito depurativo e antioxidante [11].

Sabendo por fim, que a água é considerada o solvente universal e que participa de todas as funções do organismo, sendo, juntamente com o oxigênio, a substância mais importante para a vida [7], pode-se presumir que qualquer alteração em sua estrutura proporcionada através de um campo magnético, poderia incrementar sua efetividade nos seres vivos, de forma a beneficiá-los.

#### IV. DISCUSSÃO

Mesmo nos trabalhos aqui citados em que a aplicação do campo magnético não esteve relacionada diretamente à exposição da água a esses campos [28], [30], sendo a água de importância vital, representando a composição, no corpo humano adulto, de 85% do sangue, 75% do cérebro, 13% da pele e cerca de 70% dos músculos [11], não é difícil supor que os resultados obtidos podem ter tido relação com a água corporal e contribuído para tal.

Contudo, os resultados das pesquisas realizadas envolvendo a ingestão de água potável com correção magnética [5-7] nos fazem supor que ela pode representar um potencial agente terapêutico, quando correlacionamos seus achados às

morbidades no homem típicas do envelhecimento como aquelas relacionadas ao sistema circulatório como hipertensão arterial, enfartes, doenças cerebrovasculares e ateroscleróticas entre outras que, como visto, representam um alto impacto econômico e social [19].

Os efeitos no sistema circulatório através da água submetida à correção magnética podem ser explicados também pelo fato que 7,5% da água ingerida vai para o plasma sanguíneo e 20% para a linfa [11], isso parece surtir efeito sobre o ferro contido na hemoglobina [6], [11], [29], este fato coloca o sistema circulatório como sendo um dos primeiros e principais a se beneficiar com o uso da água corrigida magneticamente [11], o que pode justificar as recorrentes alterações de nível circulatórias nos mais diversos estudos aqui elencados.

#### V. CONCLUSÃO

Os resultados expostos são unânimes em relação aos efeitos benéficos causados por campos magnéticos nos seres vivos, sejam eles do reino animal ou vegetal.

Além disso, submeter a água potável à correção magnética também parece ser vantajoso por se tratar de uma técnica de fácil aplicação, não invasiva e não farmacológica, não apresentando até o momento, contra indicações em seu uso [11].

Porém, é preciso atentar que esta se trata de uma técnica ainda em estudo, controversa, passível de especulações e tão pouco deve ter a pretensão de competir ou substituir qualquer tratamento medicamentoso, contudo, é necessário suscitar discussões sobre a relevância dos resultados encontrados não devendo estes, serem subestimados.

Certamente, anos de estudo ainda serão necessários para que haja um consenso sobre o tema, cabendo à comunidade científica o despertar de interesse sobre esta complexa interação entre água e campo magnético e suas aplicações na saúde do homem, já que a água é uma das mais complexas moléculas, passível de estudos e novas descobertas.

#### VI. TRABALHO FUTURO

Um estudo futuro será realizado de forma a submeter diversos tipos de água a variadas intensidades de campos magnéticos, de maneira a verificar, através de técnicas espectroscópicas, suas alterações moleculares mediante cada campo aplicado. A segunda etapa da pesquisa será verificar as modificações que este campo magnético poderá causar no que tange as propriedades da água potável, em relação a sua dureza, condutividade, Ph, tensão superficial e viscosidade.

Mediante o campo magnético que se mostrar mais eficiente em promover as alterações físico-químicas e estruturais na água potável, a pesquisa seguirá para:

- 1- Aplicação prática desta água com correção magnética em Biotério;
- 2- Segundo resultados obtidos em biotério, incluindo análises estatísticas, a pesquisa poderá se estender aos seres humanos.



## REFERÊNCIAS

- [1] R. Cai, H. Yang, J. He, W. Zhu. "The effects of magnetic field on water molecular hydrogen bonds". *Journal of molecular Structure* 938, 2009 pp 15-19.
- [2] Belova, V. *Soviet Science Review: Scientific. URSS, Moscow-URSS*. 1972, nº3, pp 150-156.
- [3] Vieira, L.C., Rocha, N.O. and Dittz, C.H.S. *Boletim Técnico da Petrobás*. Rio de Janeiro 43 (1), 1 (2000).
- [4] C. Rogério. "Estudo da aplicação de água magneticamente condicionada para fins de irrigação em floricultura de larga escala". *Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Bioquímicos) Programa de Pós Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, escola de Engenharia de Mauá, São Caetano do Sul-S.P., Brasil, 2006.*
- [5] Balieiro G.N, Nogueira, J.R., Pinheiro, M.G., Molinaro, C.M.C, Silva, S.L, Engracia F.J.E.. "Tratamento magnético da água e perfil Bioquímico sérico de vacas Jersey. III Simpósio Internacional de Leite Integral. Belo Horizonte, 2013, pp 65-67.
- [6] Balieiro G.N, Nogueira, J.R., Pinheiro, M.G., Molinaro, C.M.C, Silva, S.L, Engracia F.J.E. "Efeito do tratamento da água por campo magnético sobre os parâmetros séricos e espessura de gordura subcutânea". *Boletim da Indústria animal, N. Odessa*, v.70, n.2, p.158-166, 2013.
- [7] Espinosa Álvarez René F, Novoa Blanco Jesús F. & Montero García José de la Luz. 1988. "Un nuevo modelo de tratamiento en las ciencias médicas: el agua magnetizada". *Rev Cubana Med Gen Integr*. Disponível em: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-2125199800200011&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-2125199800200011&lng=es&nrm=iso)>.
- [8] Porto, MEG. *Alterações de propriedades da água por químicos*. Tese (Doutorado). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- [9] Porto, MEG. 2007. "Novos conceitos sobre água e possibilidades de aplicação". 2007. *Cultura Homeopática*, nº 21, pp 19-23. Disponível em <<http://www.feg.unesp.br/~ojs/index.php/ijh/article/viewFile/34/27>>.
- [10] Faigle JFG, Porto MEG. "O campo magnético e a água". *Revista Brasileira de Ensino de Química*. 2006; 1 (2): 9-24.
- [11] Bontempo, M. *Guia de Saúde da água Imantada*. São Paulo: Costasul, 2002, pp 18-45.
- [12] O imã desentope artérias e muito mais. *Revista Galileu* nº 96, jul 99. Disponível em <<http://galileu.globo.com/edic/96/tecnologia1.htm>>.
- [13] Omran, A.R. (1971) The epidemiologic transition: A theory of the epidemiology of population change. *Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49(4), pp. 509-538.
- [14] Prata, P. R. A (1992) transição epidemiológica no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 8(2), pp. 168-175.
- [15] Santow, G. (1999) The mortality, epidemiological and health transitions: their relevance for the study of health and mortality. In: *United Nations Health and Mortality issues of global concern*. Proceedings of the Symposium on Health and Mortality. Brussels, 19-22 november. New York: United Nations, Chap. 1, pp. 39-53.
- [16] Frenk, J. et al. (1991) La transición epidemiológica en América Latina. *Bol of Sanit Panam*, 111(6), pp. 485-496.
- [17] Villavicencio, R. J. (2006) Análisis comparado de La transición demográfica y de La transición epidemiológica en la provincia de San Juan, Argentina. *Hygeia*, 2(3), pp. 15-27.
- [18] Vasconcelos, A.M.N., Gomes, M.M.F., França, E. Transição Epidemiológica na América Latina: diferentes realidades. In *Anais do V Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población*, Montevideo, Uruguay, del 23 al 26 de octubre de 2012.
- [19] III Consenso Brasileiro de Hipertensão arterial. *Arq Bras Endocrinol Metab* Vol 43 nº4, Agosto, 1999.
- [20] Garcia Reina F., Arza Pascual J. 2001. "Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds Part I: Theoretical Considerations". *Bioelectromagnetics* 22:589-595.
- [21] Garcia Reina F., Arza Pascual J., Almanza Fundora I. 2001. "Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part II: Experimental Results. *Bioelectromagnetics* 22:596-602.
- [22] Cohen D, Palti Y, Cufin BN, Schmid SJ. 1980. "Magnetic Fields produce by steady currents in the body". *Proc Natl Acad Sci USA* 77:1447-1451.
- [23] Guyton A.C., Hall J.E. *Tratado de Fisiologia Médica* 11ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- [24] Zhou KX, Lu GW, Zhou QC, Song JH, Jiang ST and Xia HR. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. *J. Appl. Phys.* 2000;88 (4): 1802-1805.
- [25] Sargolzechi, M.M, Rezaee, R.A and Naserian, A.A. 2009. "The effects of magnetic water on milk and blood components of lactating Saanen goats". *International Journal of Nutrition and Metabolism*, v.1, n.2, pp 20-24, December, 2009.
- [26] Al-Mufarrej, S., Al-Batshan, H.A., Shalaby M.I and Shafey T.M.. "The Effects of Magnetically Treated Water on the Performance and Immune System of Broiler Chickens." *International Journal of Poultry Science* 4 (2): 96-102, 2005.
- [27] Levy, D., Holzer, Z., Brosh, A.; Ilan, D. "The effect of magnetically treated drinking water on performance of fattening cattle". *Agricultural Research Organisation*, Haifa, Israel, 1989.
- [28] Sunnel Kumar, Suman Jain, Jitendra Behari, Valery D Avelev and Rashmi Mathur. "Effects of magnetic field on food and water intake and body weight of spinal cord injured rats". *Indian Journal of Experimental Biology* Vol. 48, October 2010, pp 982-986.
- [29] Tao, R. & Huang, K. "Reducing Blood Viscosity with Magnetic Fields". *Physical Review E*, Vol. 84, 5 p., 2011.
- [30] N. Tsimotu et al. "A 1- $\mu$ T extremely low frequency electromagnetic field vs sham control for mild to moderate hypertension: A double-blind randomized study". *Hypertension Research* 2011, vol. 34, pp 372-377
- [31] H. Benezad and E. Abdosalehi. "The effect of magnetic field on water hardness reducing". Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13 2009, Ilurghada, Egypt, pp 117-128.
- [32] Coey, J.M.D. and Cass, S. "Magnetic water treatment". *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 209, pp71-74, 2000.