

Processo de alcalinização da água pelo calcário laminado: um estudo de caso

Taian Mendes Feitosa¹, Jackson de Sousa Silva², Rodolfo José Sabiá³

^{1,2} Universidade Regional do Cariri (URCA), thaian_mendes@hotmail.com, jacksonssousa@hotmail.com

³Pós Dr. em Engenharia de Produção, Professor da URCA, rodolfo.sabia@urca.br

Resumo – Na atualidade, a qualidade da água é um dos fatores que move o mundo das pesquisas. Do percentual total aproveitável para o consumo humano, cerca de 0,3 % está poluída ou não oferece condições “ideais”. Dentre as propriedades físico-químicas mais relevantes da água, o pH (potencial hidrogeniônico) influencia diretamente suas características, como o processo de precipitação. O minério denominado calcita (CaCO_3) é o principal constituinte mineralógico dos calcários com elevada pureza e, entre as suas várias utilidades, é destacável a sua aplicação com a finalidade de melhorar o poder tampão (soluções que atenuam a variação dos valores de pH) da água. Este trabalho objetiva desenvolver um protótipo de filtro de água misto a partir da utilização do calcário laminado, o qual será relevante para demonstrar como este irá atuar na regularização do pH e até quanto pode se atingir com a alcalinização de uma água ácida. O método adotado como base científica nesta produção será a pesquisa experimental com objetivo quantitativo. Assim, realizou-se um levantamento teórico, experimentos no protótipo de filtro de água misto com o material colhido e, a fim de averiguar e confrontar o levantamento teórico introduzido, um estudo de caso. Os estudos levantados sobre o calcário revelaram sua eficiência como agente alcalinizante, com um potencial de elevar o pH da água que variou de 15 % a 25 % nas quantidades utilizadas do material, demonstrando sua alta eficiência no processo de alcalinização da água.

Palavras-chave: Alcalinização da água, Calcário laminado, Protótipo de filtro misto.

Abstract – At present, the water quality is one of the factors that move the world of research. The percentage total usable for human consumption, about 0.3% is polluted or does not "ideal" conditions. One of the most important physical and chemical property of water, the pH (potential of Hydrogen) influences directly its features, as the process of precipitation. The ore known as calcite (CaCO_3) is the major constituent of limestone mining with high purity and, among its many utilities, is detachable to your application with the purpose of improving the power plug (solutions that reduce the variation of pH values) of the water. This work aims to develop a prototype of mixed water filter from use of limestone, which is relevant to demonstrate how this will act on regularization of pH and how you can achieve with alkalization of an acid water. The method adopted as scientific basis in this production will be experimental research with quantitative objective. So, if

a theoretical survey, experiments on the prototype of mixed water filter with the material collected and, in order to find out and confront the theoretical survey introduced a case study. The studies raised on the scale revealed your alkalizing Agent efficiency, with a potential to raise the pH of the water that ranged from 15 % to 25 % in the quantities used in the material, demonstrating your high efficiency in the process of alkalization of water.

Keywords: Alkalization of the water, laminated Limestone, Prototype of mixed filter.

I. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a manutenção da vida na Terra, dos quais 97 % é salgada (oceanos), 2 % é de geleiras e, o restante, 1 % é doce, [1]. Desse percentual aproveitável, cerca de 0,3 %, a maior parte, está poluída ou não oferece condições para consumo [2].

Segundo a Fundação Nacional de Saúde [3], os impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial.

O pH (potencial hidrogeniônico) destaca-se como uma das propriedades físico-químicas mais relevantes da água já que influencia diretamente suas características, como o processo de precipitação e concentração relativa de outras substâncias [4], considerando inclusive que a sua qualidade pode sofrer mudanças temporais [5,6]. A ausência de níveis adequados do pH altera significativamente o meio, tornando-o próprio, ou não, ao desenvolvimento da vida ou mesmo ao consumo humano direto.

Em [7], os autores analisaram o pH, a 25 °C, em 36 fontes situadas em alguns estados brasileiros e observaram uma variação de 4,1 (Bahia e Rio de Janeiro) à 9,35 (São Paulo) nas dependências das fontes. Já os autores de [8] analisaram o perfil biogeoquímico de águas minerais envasadas, a partir de dados rotulados em 303 marcas de águas minerais, e verificaram que as águas minerais brasileiras são, em boa parte, de baixa mineralização e ácidas, com pH em torno de 6,0.

A portaria Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde propõe procedimentos de controle e vigilância da água utilizada para o consumo humano e o seu padrão potável. Nesta é recomendável que o pH da

água seja mantido de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição [9].

Em [10], afirma-se que devido ao clima seco do semiárido brasileiro, no qual a precipitação é menor que a evaporação, é comum encontrarmos o pH com valores acima de 8,0 em regiões cuja regime hídrico é muito baixo.

O minério denominado calcita ($CaCO_3$) é o principal constituinte mineralógico dos calcários e mármore com elevada pureza. Dessa forma, o calcário é uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos. Em [11], entre as várias utilidades para o calcário, sugere a aplicação de calcário agrícola com a finalidade de melhorar o poder tampão (soluções que atenuam a variação dos valores de pH) da água.

Este trabalho objetiva desenvolver um protótipo de filtro de água misto a partir da utilização do calcário laminado, o qual será relevante para demonstrar como este irá atuar na regularização do pH e até quanto pode se atingir com a alcalinização de uma água ácida.

II. REVISÃO TEÓRICA

A. O pH e suas propriedades

Em [12], classifica-se o pH como a intensidade da condição ácido/básica/neutra de um determinado meio, podendo ser definido como o cologaritmo decimal da concentração efetiva (Equação 1). Para [13], o pH também pode ser classificado como o cologaritmo da atividade de hidrônios numa solução aquosa.

$$pH = -\log_{10} a_{H^+} \quad (1)$$

Em [14] ressalta-se que os livros didáticos apresentam uma escala que varia geralmente de 0 a 14, determinando se as substâncias têm caráter ácido, neutro ou básico, na qual 07 é o valor que indica neutralidade, ao aproximar-se do valor 0 aumenta-se o caráter ácido da substância e, de forma reversa, aproximando-se do valor 14 aumenta-se o caráter básico.

B. O calcário

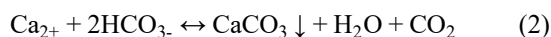
Os autores de [15] consideram carbonatos como rochas abundantes no Brasil, de origem cristalina ou sedimentar, existindo reservas em todos os estados do Nordeste, com destaque ao Ceará. Os carbonatos (calcários e margas) posicionam-se estratigraficamente na porção basal da Formação Santana, englobados no Membro Crato, interior do estado do Ceará, e esses são, por sua vez, os depósitos sedimentares mais abundantes. A Tabela 1 evidencia alguns aspectos do material de acordo com [15].

Segundo [16], quando a água cai em forma de chuva, leva consigo gases presentes na atmosfera e quando a mesma alcança o solo, mistura-se com a matéria orgânica em decomposição, tornando-se rica em CO_2 e a água resultante atravessa as camadas de terra para formar os lençóis subterrâneos.

Tabela 1 - Caracterização Tecnológica do calcário laminado da Formação Santana.

Ensaio	Santana do Cariri
Massa específica aparente saturada	2,418 kg/m ³
Massa específica aparente seca	2,412 kg/m ³
Porosidade aparente	9,60%
Absorção d'água	3,25%
Impacto de corpo duro	Fissuras – 0,588 m Ruptura – 0,638 m
Desgaste por abrasão (AMSLER)	Percurso: 500 m – 0,004 m Percurso: 1000 m – 0,008 m
Resistência à flexão	16400000 Pa
Resistência a compressão	20900000 Pa
Análise química e físico-química	Óxido de cálcio (CaO) – 52,18 %

As concentrações elevadas de dureza e alcalinidade da água podem resultar em precipitação de calcita ($CaCO_3$) [17]. Esse processo corre naturalmente em sistemas de água dura em que CO_2 é dissolvido e removido da água pela fotossíntese, aumento da temperatura ou aeração [17] ao qual o $CaCO_3$ será supersaturado e eventualmente precipitado (Equação 2).



Em [11], entre as várias utilidades para o calcário, sugere a aplicação de calcário agrícola com a finalidade de melhorar o poder tampão (soluções que atenuam a variação dos valores de pH) da água.

C. Alcalinização e dureza da água

A alcalinidade indica a característica em termos quantitativos de íons presentes na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio, constituindo assim uma capacidade da água de neutralizar os ácidos e servindo para expressar sua condição de resistir a mudanças do pH [18].

A acidificação alcança solos e alimentos, diminuindo minerais [19] e é preditora de doenças crônicas como *diabetes mellitus* [20] e cânceres [21] além de induzir a acidose metabólica. Eventos como o aumento da excreção de cálcio na urina, litíase renal, perda muscular e depleção renal também podem ser causados pela carga ácida da dieta [20].

Conforme o envelhecimento, ocorre uma perda gradual da regulação da função ácido-base, resultando num aumento da acidose metabólica [22]. Assim, a correção da dieta melhora todas as condições das doenças provocadas pela acidose [23].

Segundo [24], das várias substâncias que contribuem para a alcalinidade da água, as que apresentam maior frequência nas águas naturais são os bicarbonatos que se formam em virtude da passagem das mesmas, contendo anidrido carbônico pelos calcários.

As mudanças drásticas na composição iônica da água são motivo de preocupação [17]. Por exemplo, alterações na dureza (isto é, $\text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+$) ou alcalinidade (isto é, em grande parte, HCO_3^- e CO_3^{2-}) podem ser tóxicas [17].

Geralmente expressa em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3), a dureza é devida à presença de cátions metálicos bivalentes principalmente cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) [24].

III. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com [26], a pesquisa experimental é aquela cujo pesquisador manipula as variáveis a fim de avaliar os fenômenos, sendo geralmente realizadas em laboratórios para possuir maior controle científico. Desta forma, o método adotado como base científica nesta produção será a pesquisa experimental com objetivo quantitativo.

Assim, realizou-se um levantamento teórico das propriedades do calcário laminado buscando-se, posteriormente, confronta-lo com as possibilidades de utilização deste na alcalinização da água. Em seguida, realizaram-se experimentos no protótipo de filtro de água misto com o material coletado. O processo de análise foi dividido em três etapas: na primeira fez-se a utilização apenas do calcário em pó como agente alcalinizante; na segunda, apenas o calcário em forma de cascalho; e, na terceira etapa, com a utilização de ambos. No processo de análise das amostras fez-se o uso do pHmetro HANNA HI 8424 para medição do pH.

A fim de averiguar e confrontar o levantamento teórico introduzido buscou-se realizar um estudo de caso. Para tal, com a utilização de um GPS GARMIN *eTrex H high sensitivity*, foi feito o georreferenciamento de poços artesianos das comunidades Amaro Coelho, São Gonçalo e Marroque, localizados na zona rural de Juazeiro do Norte, e as informações foram registradas através de um diário de campo, ao qual, segundo [24] constitui o tipo instrumento de coleta para uma pesquisa da qual se vai inúmeras vezes ao campo.

A. Desenvolvimento do protótipo

Para a construção do protótipo de filtro de água misto (Figura 1) utilizou-se dois recipientes de vidro a fim de averiguar eventuais falhas no processamento, já que o mesmo pode oferecer a observação do processo de filtração a olho nu. A parte superior foi destinada a receber água a ser tratada e a parte inferior, receber a parte filtrada. Três furos foram feitos no filtro para o

mesmo operar da maneira correta. O primeiro tem por finalidade acoplar a vela cerâmica, o segundo é para a inserção da torneira e o terceiro para permitir a evasão da pressão, deixando o gotejamento fluir normalmente. O calcário encontra-se alojado na parte inferior do recipiente superior, juntamente a vela, para então dar procedimento ao processo de filtração e alcalinização da água.

Figura 1 – Protótipo de filtro de água misto.



Fonte: Acervo do autor.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes laboratoriais realizados no protótipo de filtro de água misto foram divididos em três etapas, das quais cada uma constou com o mesmo tipo de material (o calcário), porém processado de formas diferentes quanto a sua estrutura física final.

Na primeira etapa usou-se do calcário em forma de cascalho (fragmentos inferiores a 0,001 m, sendo quantificado em 0,280 kg de amostra, que foram inseridos na parte superior do filtro; em seguida foram adicionados 1 L de água proveniente do abastecimento público da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Após a filtração completa da água, foram coletados 0,5 L da amostra filtrada.

Na segunda etapa, o processo iniciou-se fazendo a análise do material de calcário em pó, quantificado em 0,280 kg. Em seguida, o material foi adicionado à parte superior do filtro adicionando-se 1 L de água proveniente do abastecimento público. Foram coletados 0,5 L de amostras.

Na terceira parte, o processo de análise contou com a mistura dos dois tipos de amostras, quantificadas em 0,250 kg para ambas as formas do calcário. A quantidade de água a ser filtrada e a quantidade coletada após a filtração foram as mesmas que as quantidades coletadas nas etapas anteriores.

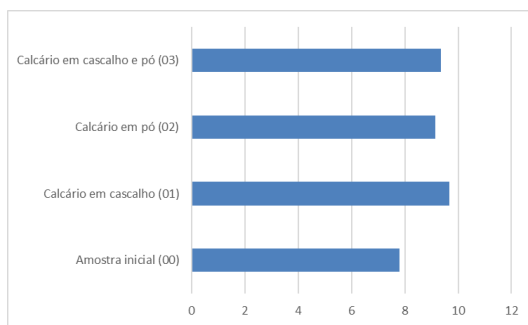
Ao final do processo contou-se com quatro recipientes preenchidos com as amostras; valendo ressaltar que a primeira, amostra (00), é a coletada diretamente do encanamento de distribuição pública, a qual não passou pelo processo de filtração pois foi usada para análise de comparação ao fazer a medição do pH de todas as amostras. O objetivo foi quantificar quanto o calcário foi capaz de alcalinizar as amostras em estudo e os resultados estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 – pH das amostras (I).

	Amostra inicial (00)	Calcário em cascalho (01)	Calcário em pó (02)	Calcário em cascalho e pó (03)
pH	7,80	9,66	9,14	9,35

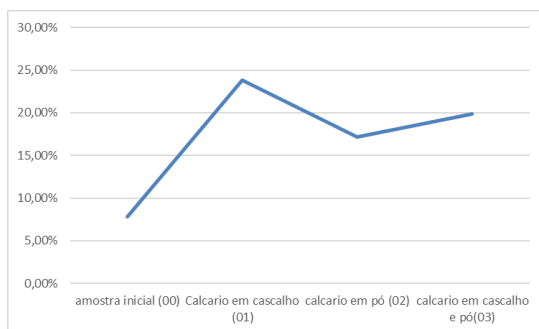
As Figuras 2 e 3 ilustram, respectivamente, as relações de pH em níveis de escala e seu acréscimo em porcentagem.

Figura 2 – Aumento em relação aos níveis (escala) de pH.



Fonte: Acervo do autor.

Figura 3 – Aumento do pH em níveis percentuais.



Fonte: Acervo do autor.

Como estudo de caso, foi feito o georreferenciamento (Figura 4) de poços artesanais localizados nas proximidades, comunidades rurais, de Juazeiro do Norte: Amaro coelho, São Gonçalo e Marroque.

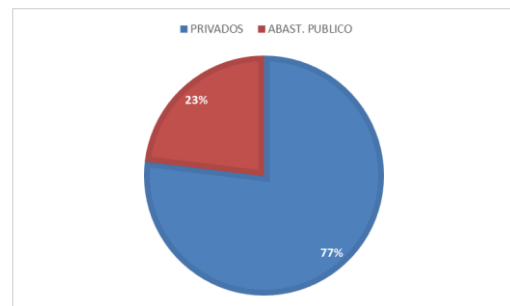
Figura 4 – Georreferenciamento dos poços artesanais.



Fonte: Acervo do autor.

No diário de campo foram aplicadas perguntas pré-formuladas e informações adicionais. Profundidade e vazão dos poços foram informações fixas, enquanto cultura, área irrigada e produção foram informações adicionais. A profundidade dos poços variou de 70 m a 100 m de profundidade e a vazão variou de 10 m³/h a 36 m³/h. Dos 13 poços georreferenciados (Figura 5), 1 (um) em cada comunidade serve para fazer abastecimento público e distribuição para as famílias; 1 (um) é privado, do qual o proprietário abastece as casas de seu loteamento e o restante são privados para fins pessoais. Cada família possui, nas proximidades de suas casas, uma área de terra cultivável da qual fazem o uso da água do poço para fins próprios, como a criação de animais, que variam do gado bovino a animais de pequeno porte, como aves. Há também o uso da irrigação para o plantio de hortaliças, consumo humano e irrigação de pastagens.

Figura 5 – Nível percentual de poços na região.



Fonte: Acervo do autor.

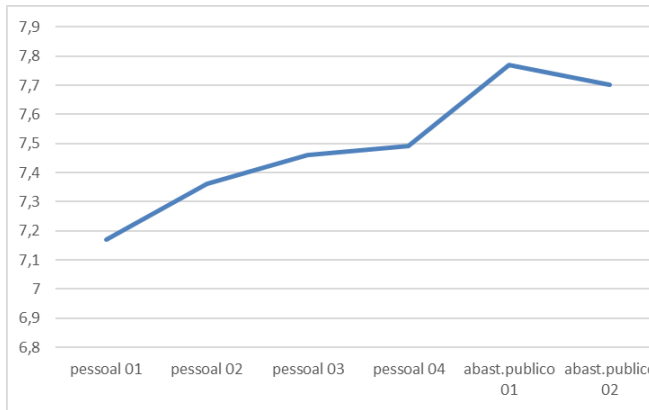
Por outro lado, diante da vasta utilização da água dos poços, surge a necessidade de se questionar sobre os padrões de qualidade da mesma, já que sua aplicação está direta e indiretamente ligada ao consumo humano. Dessa maneira, foram colhidas amostras de 6 (seis) poços artesanais para fazer a análise físico-química relacionada ao seu pH.

Das 6 (seis) amostras, 2 (duas) delas eram do abastecimento público para a comunidade e o restante do poço pessoal. Os resultados estão expostos na Tabela 3 e representados graficamente na Figura 6.

Tabela 3 – pH faz amostras (II).

	Abast. público 01	Abast. público 02	Pessoa 11	Pessoa 12	Pessoa 13	Pessoa 14
pH	7,77	7,70	7,49	7,46	7,36	7,17

Figura 6 – Representação gráfica do pH das amostras (II).



Fonte: Acervo do autor.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da construção do filtro misto se deve a necessidade de fazer um tratamento físico-químico da água de forma economicamente viável e acessível para população. O desenvolvimento do protótipo do filtro misto, que teve como propósito realizar teste sobre alcalinização da água, mostrou resultados positivos em seu funcionamento. O processo de filtração ocorreu de forma normal e semelhante ao processo de filtração em filtros convencionais de cerâmica e com a mesma constituição em termos de componentes.

Os estudos levantados sobre o calcário revelaram sua eficiência como agente alcalinizante, com um potencial de elevar o pH da água que variou de 15 % a 25 % nas quantidades utilizadas do material. Foi observado que há uma variação proporcional direta de sua elevação em função da sua quantidade, quanto mais material (calcário) usado, maior é o poder de alcalinização.

Desta forma, conclui-se que a elevação do pH utilizando o calcário na forma de cascalho foi o mais eficiente, atingindo o valor de aproximadamente 25 %, o que demonstra sua alta eficiência no processo de alcalinização da água. Também ficou evidente que nas comunidades rurais monitoradas, os poços encontram-se com pH neutro ou teor alcalino baixo, onde a necessidade de adoção da alcalinização torna-se cada vez mais relevante frente a sua utilização. Desta maneira, é de fundamental importância a continuidade do processo para aplicações do filtro de água misto com o objetivo de refinar os dados e estatisticamente comprovar a viabilidade de sua adoção.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Regional do Cariri, bem como ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo fomento e incentivo a pesquisa e produção científica.

REFERÊNCIAS

- [1] D'AGUILA, P. S., *et al.* Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu. Cad. Saúde Política, Rio de Janeiro, v. 16 n.3, p.791-798, jul-set, 2000.
- [2] SOUZA, WALTERLER ALVES. **Tratamento de água**. Natal: CEFET/RN, 2007. 149 p.
- [3] FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014. 112 p.
- [4] PITTS, D. J.; HAMAN, D. Z.; SMAJSTRLA, A. G. *Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems*. Florida: University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, 2003. 12p. Bulletin 2058.
- [5] RIBEIRO, T. A. P.; *et al.* Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.450-456, 2005a.
- [6] RIBEIRO, T. A. P.; *et al.* Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.1-6, 2005b.
- [7] REBELO, M. A. P.; ARAUJO, N. C. *Águas minerais de algumas fontes naturais brasileiras*. Rev. AssMed: Brasil, v. 45, n.3, p. 255-260, 1999.
- [8] BERTOLO, R.; HIRATA, R.; FERNANDES, A. *Hidrogeoquímica das águas minerais envasadas no Brasil*. Rev. Bras. De Geociências: Brasil, v.37, n.3, 2007.
- [9] BRASIL. Portaria 36/90N. **Padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 1990.
- [10] BARBOSA, J. E. L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (vertical/horizontal) no Açude Taperoá II**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: 2002.
- [11] MERCANTE, C. T. J. *et al.* Qualidade da água na piscicultura. Rev. Bioikos: Campinas, v. 21 n. 2, p.79-88, jul./dez., 2007.

- [12] FERNANDES, Carlos. **Esgotos Sanitários**. Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435 p. Reimpressão Jan/2000.
- [13] RUSSELL, J. B. **Química geral**. São Paulo: PEARSON, v.1, 2 ed., 2010.
- [14] SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 3ed, 2005.
- [15] VIDAL, F. W. H.; PEITER, C. C.; CORREIA, J. C. G. **Projeto plataforma tecnológica do calcário da pedra cariri**. Centro de Tecnologia Mineral: Rio de Janeiro, 2004.
- [16] BLUMBERG, E.; NETTO, J. M. A. *Alcalinidade e dureza das águas naturais*. Rev. DAE: São Paulo, 28 ed., 1987.
- [17] BOGART, S. J. *Rapid changes in water hardness and alkalinity: Calcite formation is lethal to Daphnia magna*. Science of the total environment, 559, p. 182-191, 2016.
- [18] MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006.
- [19] SCHWALFENBERG, G. K. *The alkaline diet: is there evidence that na alkaline pH diet benefits health?* Review article. Journal of Environmental and Public Health. 2012.
- [20] KONNER, M.; EATON, S. B. *Paleolithic nutrition. Twenty-five years later*. Nutrition in Clinical Practice, v.25, n.6, p.594-602, 2010.
- [21] ROBNEY, I. F.; NESBIST, L. A. *Investigating mechanisms of alkalization for reducing primary breast tumor invasion*. Biomed Research International, v.485196, 2013.
- [22] LINDERMAN, R. D.; GOLDMAN, R. *Anatomic and physiologic age changes in the kidney*. Experimental Gerontology, v.21, n.4-5, p.379-406, 1986.
- [23] FRASETO, L.; *et al.* *Diet, evolution and aging- the pathophysiologic effects of the post-agricultural inversion of the potassium-to-sodium and base-to-chloride rations in the human diet*. European Journal of Nutrition, v.40, n.5, p.200-13, 2001.
- [24] SOUSA, E. R. **Noções sobre qualidade da água**. Lisboa: IST, 2001.
- [25] SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Calcário e Dolomita**. In: _____ (Org.). **Rochas e Minerais Industriais**. CETEM: 2ed, 2008, p. 363-391.
- [26] LIRA, B. C. **O passo a passo do trabalho científico**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.