

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA COM O RECURSO DO DIAGRAMA DE PIPER: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA OS ENSAIOS LABORATORIAIS**

### **WATER QUALITY ASSESSMENT USING THE PIPER DIAGRAM: A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR LABORATORY TESTS**

138

#### **ZITO ANTÓNIO**

Licenciado em Química pela Universidade Pedagógica, Delegação de Nampula /  
Moçambique  
znacavava@gmail.com

#### **GULAÇO ANTÓNIO**

Licenciado em Gestão Ambiental pela Universidade Católica de Moçambique (UCM) -  
e Mestre em Formação, Trabalho e Recursos Humanos pela Academia Militar Marechal  
Samora Machel (Nampula, Moçambique)  
gulacoantonio@gmail.com

**Resumo:** O presente estudo teve como objetivo propor o uso de diagramas hidroquímicos, concretamente o de Piper, para a avaliação da qualidade da água. Igualmente pretendeu responder a importância de uso de diagrama de Piper para a avaliação da qualidade de água. Trata-se de um estudo de percepção laboratorial com uma amostra composta de dois rios da cidade de Nampula (Moçambique). Os dados para a efetivação da pesquisa, na sua vertente epidemiológica foram coletados através de análises laboratoriais pertinentes. Os resultados mostraram que as águas do rio Muhala em relação aos cátions, se enquadra nas águas magnésicas, enquanto que para os ânions é cloretada, classificando-se as águas na classe sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas, especificamente na categoria de Cloretadas Magnésicas. Para as águas do rio Muatala, ilustram que para os cátions, se enquadra nas águas cálcicas, enquanto que para os ânions é cloretada, classificando-se as águas na classe sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas, especificamente na categoria de Cloretadas Cálcicas. Concluiu-se assim que, a água do rio Muhala obteve-se supremacia da classe de águas Cloretadas Magnésicas, mostrando a predominância do cloro e magnésio em relação aos demais íons. E a do rio Muatala obteve-se a supremacia das Cloretadas Cálcicas, notando-se a predominância do cloro e cálcio em relação aos demais íons.

**Palavras – chave:** Meio ambiente; Águas fluviais; Análises laboratoriais; Hidroquímica.

**Abstract:** The present study aimed to propose the use of hydrochemical diagrams, specifically Piper's, to assess water quality. It also intended to answer the importance of using a Piper diagram for the assessment of water quality. This is a laboratory perception study with a sample composed of two rivers in the city of Nampula (Mozambique). The data for carrying out the research, in its epidemiological aspect, were collected through pertinent laboratory analyses. The results showed that the waters of the Muhala river, in relation to captions, fit in the magnesium waters, while for the anions it is chlorinated, classifying the waters in the class sulphated and/or chlorinated, calcic and/or magnesium, specifically in the category of Chloride Magnesium. For the waters of the Muatala River, they illustrate that for the captions, it fits into the calcic waters, while for the anions it is chlorinated, classifying the waters in the sulphated and/or chlorinated, calcic and/or magnesium class, specifically in the category of Calcium chlorides. It was thus concluded that the water from the Muhala River obtained supremacy in the Chlorinated Magnesian water class, showing the predominance of chlorine and magnesium in relation to the other ions. And in the Muatala River, the supremacy of Calcium Chloride was obtained, noting the predominance of chlorine and calcium in relation to the other ions.

**Keywords:** Environment; River waters; Laboratory analysis; Hydrochemistry.

## Introdução

A qualidade da água para o consumo humano é um indicador essencial para a avaliação do nível de desenvolvimento de um determinado local e do bem-estar das populações. A qualidade da água pode ser função das diversas substâncias que se encontram em seu meio e os parâmetros que mostram as características de uma água, pode ser de ordem física, química ou bacteriológica. No entanto, para o uso da água é necessário fazer-se algumas análises laboratoriais.

O presente artigo faz referência ao problema que o autor analisou relacionado com a avaliação da qualidade com recurso aos diagramas Hidroquímicos, devido à relevância do mesmo fez-se um estudo pormenorizado do por que a não classificação das águas em quase todos os laboratórios existentes nesta magnífica cidade de Nampula, também se procurou propor uma metodologia viável para a sua resolução.

Porém, encontram-se enquadrada dentro de um enigma verificado pelo autor inserido na linha de pesquisa na área de Química, Meio Ambiente, Química Analítica, Ecologia, Educação Ambiental e Saúde Pública cujo objetivo foi de propor o uso de diagrama de Piper para a avaliação da qualidade da água.

A água é um bem que não se produz, é um recurso que a natureza recicla através do seu ciclo hidrológico. Observa-se que à medida que as regiões se desenvolvem, mais intenso é o uso dos recursos hídricos, maior são o potencial de conflitos entre usos e maiores os riscos de degradação da qualidade dos corpos de água.

Na atualidade é frequente a contaminação das águas por diversas fontes geradas pelas ações humanas, sendo importante a sua análise para determinadas e diversas atividades em nossa Sociedade. A utilidade dos diagramas de Piper é a possibilidade de representar muitas análises sobre o mesmo gráfico, sem dar origem às falsas interpretações.

O diagrama de Piper representa uma ferramenta bastante consistente na análise de conjuntos de dados hidroquímicos, diferentemente de outros diagramas e outras análises, que são capazes de classificar apenas uma amostra por vez, possibilitando a

distinção de grupos hidroquímicos e a avaliação da evolução hidroquímica<sup>1</sup> ocorrida em determinado local.

Como vem se referindo, a qualidade da água pode ser em função das diversas substâncias que se encontram em seu meio e os parâmetros que mostram as características de uma água, podem ser de ordem física, química ou bacteriológica. No entanto, para o uso da água é necessário fazer-se algumas análises laboratoriais ou em diagramas hidroquímicos que são gráficos que mostram, de forma sintética, as principais características químicas da água, facilitando a classificação e comparação entre mananciais.

Porém, tem verificado que a maioria das análises para o controle de água é feitas apenas em laboratórios, apresentados em concentrações, em geral, em ânions e cátions, ou seja, depois destas análises a água não é classificada em nenhuma classe destes íons. Apenas limitando-se em se afirmar que esta água contém uma alta concentração de um determinado ânion ou cátion, por exemplo, ela possui em maior abundância os íons cloretos (Cl<sup>-</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) ou carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

Constata-se que nessas análises de água são usados apenas os métodos laboratoriais, ou seja, são determinados os íons presentes na água, os quais são posteriormente comparados com alguns parâmetros estabelecidos por certas identidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS), Direção Nacional das Águas (DNA), para o seu uso, não sendo usados os métodos de diagramas hidroquímicos, conseqüentemente, não classificação das águas nas respectivas classes segundo esses diagramas.

Qualquer instituição de análise da água, ou pelo menos, em análises laboratoriais das escolas, os técnicos e responsáveis dos laboratórios, ou ainda, os metodólogos, educadores na área de química, não usam os diagramas hidroquímicos, concretamente o diagrama Piper, como um meio didático para fazer chegar os conteúdos sobre a classificação das diferentes águas de acordo com os íons presente em seu meio. A pesquisa tem como objetivos: Propor o uso de diagrama de Piper para a avaliação da qualidade da água; Descrever o diagrama de Piper; Mencionar a classificação das águas

---

<sup>1</sup> Hidroquímica – é o ramo da hidrogeologia que se dedica no estudo das componentes químicas das águas

segundo Piper; e Demonstrar com base em resultados experimentais a importância do diagrama de Piper. Com o potencial dos objetivos, levantam-se ainda as seguintes questões científicas: i) Qual é a descrição do diagrama de Piper? ii) Quais são as classificações das águas segundo o diagrama de Piper? iii) Qual é a importância do diagrama de Piper?

## Metodologia

Quanto à abordagem baseou-se na pesquisa quantitativa; quanto aos objetivos a explicativa; quanto aos procedimentos bibliográfico e experimental.

A pesquisa teve como método o bibliográfico, que consistiu numa consulta de várias obras que também envolveram o método experimental consistindo em algumas análises que se verificaram as substâncias, ou seja, os componentes presentes na água. Para além do método dedutivo que centrou-se em deduzir os resultados após de todas as análises serem efetuadas.

A pesquisa teve como técnica: a observação permitiu a inserção do autor da realidade estudado. O levantamento bibliográfico consistiu em consulta de obras publicadas relacionadas com a área estudada. E o inquérito é de se frisar que envolveu a técnica de inquérito que baseou-se através de uma série ordenada de questões de maneira metódica, dirigido aos analistas.

A pesquisa teve como universo as águas da cidade de Nampula (Moçambique) e teve como amostra os rios Muhala e Muatala, e 5 análises deste líquido (que tiveram uma pesquisa relacionada com avaliação da água).

## Água e sua ocorrência

Segundo NALINI (2003) o mais valioso recurso natural da humanidade é a água, sem ela não há vida. A água é rara no sistema solar, mas é bastante abundante em nosso planeta. Ela é condição essencial para a existência da vida, pois todos os organismos necessitam de água para sobreviver. No entanto, sua disponibilidade é um

dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas. Cerca de 70% da sua superfície da Terra está coberta por uma preciosa camada da água na sua maior parte salgada.

Embora a água seja, como se disse, abundante no nosso planeta, só 3% é potencialmente utilizável no consumo humano. Com base no MAGNAGO (2008) *apud* SPIRO (2008, p. 92):

Sob o ponto de vista tecnológico e económico, 0,5% de toda a água encontrada no planeta representa água doce que pode ser extraída de lagos, rios e aquíferos. Entretanto, boa parte dessa água encontra-se em locais de difícil acesso ou encontra-se poluída. Assim, estima-se que cerca de 0,003 % do volume total de água do planeta seja disponível para o direto consumo humano.

Mas a verdade é que ela ocorre, ou seja, encontra-se em todos os seres vivos, sendo o componente básico de todos eles.

### **Poluição e contaminação das águas**

A água é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados. É fundamental para a existência e manutenção da vida, e para isto, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas e não poluída.

De acordo com Bacelo e Avero (2000, p. 457) a “poluição é o ato de sujar e contaminar o ambiente com produtos resultantes da atividade humana”. A poluição de água pode ser feita de várias maneiras com diferentes substâncias, dentre elas, as orgânicas, que são dadas como poluição biológica.

Segundo Roque e Castro (1999, p. 163), “poluição biológica, é provocada pela matéria orgânica capaz de experimentar uma fermentação bacteriana”. A acumulação da matéria orgânica na água aumenta o número de bactérias que consomem oxigênio, se a água possui pouco oxigênio, da atividade vital das bactérias resultam produtos tóxicos que impedem a manutenção da vida na água.

A poluição das águas está diretamente associada à capacidade que os órgãos receptores (poços, lagos, rios, mares) têm para diluir efluentes que são despejos de origem diversa. À medida que estes despejos são lançados nas águas, estas, tem,

normalmente, o poder de se auto depurar<sup>2</sup>, isto é, de associar o poder de diluição a uma atividade microbiológica.

Segundo Macedo (2002, p. 487),

As atividades humanas geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios, diferentes do que existiam anteriormente, causando alterações à natureza. O resultado desses desequilíbrios, que é uma consequência das atividades humanas, é a poluição ou contaminação do meio ambiente.

143

É necessário saber que a poluição decorre de qualquer alteração de natureza física, química, biológica ou mesmo de regime hidrológico que produza desequilíbrios no ciclo biológico normal, alterando a composição da fauna e flora do meio; sendo resultado, principalmente, do lançamento de águas oriundas de atividades industriais, agrícolas ou humanas.

Ainda Simões, Queirós e Simões (1998, p. 33) dizem que:

Uma água está poluída – quando existem alterações estéticas que levam a um comprometimento do ecossistema aquático quanto ao fornecimento de água potável e fonte de alimento. Por outro lado, diz-se que uma água está contaminada – quando o aspeto estético não está alterado, mas existem danos fisiológicos nos seres aquáticos e no homem que a utiliza devido a lançamento de microrganismos patogénicos, substâncias tóxicas, elementos ionizantes ou radioativos.

Assim, a presença na água de organismos patogénicos prejudiciais ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica necessariamente riscos a saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados.

### **Agente de poluição da água**

Rebouças *et al.* (1999) informam que a qualidade dos corpos d'água dependem dos ambientes naturais e antropogênicos de onde se originam, circulam, percolam ou são escoados. Os principais problemas de escassez de água que ameaçam a

---

<sup>2</sup> Auto – depurar – se purificar, limpar algo de sujeira, substâncias ou agentes indesejáveis

sobrevivência das populações e a vida na Terra são causados pelo crescimento desordenado das demandas e pelos processos de degradação da qualidade dos corpos d'água.

Descreve Lima (2001) que as variedades de poluentes lançados nos corpos da água podem ser agrupadas em duas classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, facilitando o sistema de coleta através de canais ou rede. Em geral a fonte de poluição pontual pode ser reduzida através de tratamento apropriado para posterior lançamento. A poluição difusa caracteriza-se por apresentar múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e/ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambientais.

Simões, Queirós e Simões (1998, p. 34) comunicam que:

Os poluentes da água são classificados de acordo com sua natureza e os impactos causados pelo seu lançamento no meio aquático. Assim, tem-se: poluentes orgânicos biodegradáveis, poluentes orgânicos recalcitrantes ou refratários, metais, nutrientes, organismos patogênicos, sólidos em suspensão, calor e radioatividade.

A tabela 1 correlaciona os principais poluentes, a sua origem e as suas respectivas consequências.

### **Correlação os principais poluentes, a sua origem e as suas respectivas consequências.**

Tabela 1: Correlação os principais poluentes, a sua origem e as suas respectivas consequências.

<b>Principais poluentes</b>	<b>agentes</b>	<b>Origem</b>	<b>Consequência</b>
Bactérias, protozoários, parasitas	vírus, larvas e	Esgotos domésticos, resíduos de animais	Doenças diversas as denominadas doenças de <i>vinculação hídrica</i> <sup>3</sup> causadas por microrganismos
Grandes populações de		Desperdícios de origem	

<sup>3</sup>As doenças de vinculação hídrica podem causar incapacitação temporária ou mesmo a morte, sendo responsáveis por boa parte da ocupação de leitos hospitalares e pela diminuição da qualidade de vida das pessoas, sendo um problema infelizmente encontrado por quase todo Moçambique, causando morte de centenas, milhares dos moçambicanos.

bactérias aeróbias que são alimentadas por desperdícios orgânicos consumindo o oxigênio dissolvido	orgânica que podem ser decompostos por bactérias aeróbias	Carência de oxigênio matando os seres vivos que precisam de oxigênio dissolvido
Substâncias químicas inorgânicas solúveis na água (ácidos, bases, sais e compostos de metais tóxicos como Hg e o Pb)	Águas residuais de indústrias	Torna a água imprópria para o consumo, danificam peixes e outras espécies aquáticas, lesam colheitas aceleram a corrosão de equipamentos
Nutrientes inorgânicos das plantas	Fosfatos e nitratos solúveis em água	Provocam crescimento excessivo das plantas aquáticas que depois de morrerem se decompõem e fazem diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido. Níveis excessivos de nitratos na água potável diminuem a capacidade de transporte de oxigênio no sangue, pode matar crianças desde a gestação até aos 3 anos
Substâncias químicas orgânicas	Petróleo, gasolinas, plásticos, pesticidas, solventes de limpeza, detergentes	Prejudicam a saúde do homem, danificam toda a vida aquática
Matéria sedimentada ou em suspensão	Partículas insolúveis do solo, sólidos em suspensão proveniente da erosão dos solos	As partículas em suspensão provocam: turvação da água reduzindo a fotossíntese, ruptura das cadeias alimentares aquáticas, transporte de pesticidas, bactérias. As partículas sedimentares provocam: a destruição dos leitos de alimentos e desova de peixe, a abstração de lagos, reservatórios naturais, canais e portos
Aumento da temperatura da água	Águas residuais das indústrias usadas no arrefecimento do processo	Diminui a solubilidade de oxigênio, no entanto, há morte de peixe, organismos aquáticos mais sujeitos a doenças, aumento de parasitas e substâncias tóxicas

Fonte: Simões, Queirós e Simões, 1998, p. 34.

Conhecer os parâmetros de qualidade da água, as principais fontes poluidoras e seus efeitos (como por exemplo, as doenças desvinculação), auxilia na prevenção e controle da qualidade da água, tendo em mente o direito do ser humano de viver em um ambiente saudável e adequado ao desenvolvimento econômico e social.

### Parâmetros de qualidade de água

A qualidade de uma água e a sua classificação depende de um conjunto de parâmetros, cujos valores limites estão estabelecidos em normas e diretrizes. Os parâmetros da qualidade da água têm o objetivo de caracterizar águas de abastecimento,



mananciais e corpos receptores. Deve-se levar em consideração que o controle da poluição das águas está diretamente relacionado com a proteção da saúde da comunidade que a consome. As tabelas 2 e 3 estão representadas os limites de potabilidade dos parâmetros físicos e químicos, a sua origem e a consequência do seu excesso.

### Parâmetros físicos da água

Tabela 2: Parâmetros físicos da água.

Parâmetros	Limite de potabilidade	Origem	Consequência do excesso
Temperatura	Em geral temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C.	Causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).	Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas e muito baixas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso
Sabor e odor	Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora	Sua origem está associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns microrganismos, notadamente algas	O sabor salgado é obtido pela presença de Cl <sup>-</sup> e para valores superiores a 300ppm; O sabor salgado e amargo é obtido pela presença de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> para valores superiores a 450ppm;
Cor	Para atender ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades.	Causada por substâncias dissolvidas	A coloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento doméstico pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos), derivados da complexação do cloro com a matéria orgânica em solução.
Turbidez	Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade	Provocada por partículas em suspensão	A turbidez influencia nos processos usuais de desinfecção, atuando como <i>escudo</i> aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante.
Sólidos	O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000 mg. L <sup>-1</sup> ),	Ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos).	
Condutividade elétrica	Águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm,	Presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions.	Condução da corrente elétrica

Fonte: MISAU (2006) adaptado por Gulaço Antonio (2021)

## Parâmetros químicos da água

Tabela 3. Parâmetros químicos da água

Parâmetro	Limite	Origem	Consequências
pH	O intervalo de pH para águas de abastecimento é entre 6,5 e 9,5	As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais)	Baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.
Alcalinidade e acidez	As águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg. L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> .	Processos de decomposição da matéria orgânica e a alta taxa respiratória de microrganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO <sub>2</sub> ) na água	Ácida afeta a conservação de sistemas de saneamento básico e o funcionamento biológico de estações de tratamento de águas residuais e
Dureza	Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite 500 mg. L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> . Mas de 75 mg. L <sup>-1</sup> é considerada dura	A <i>dureza</i> indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ) e, em menor escala, ferro (Fe <sup>2+</sup> ), manganês (Mn <sup>2+</sup> ), estrôncio (Sr <sup>2+</sup> ) e alumínio (Al <sup>3+</sup> ).	Águas de elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica um maior consumo de sabões, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da precipitação dos cátions em altas temperaturas. Existem evidências de que a ingestão de águas duras contribui para uma menor incidência de doenças cardiovasculares. Em corpos de água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água
Oxigênio dissolvido	Teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg. L <sup>-1</sup> a 5 mg. L <sup>-1</sup> .	A dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos de água	Morte de peixes (por exemplo)
DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e	DBO – que e, entre os dois, o parâmetro normalmente mais utilizado é (1 mg. L <sup>-1</sup>	Redução na concentração de oxigênio dissolvido. Isso ocorre como consequência da atividade	

DQO (Demanda Química de Oxigênio)	<sup>1</sup> a 10 mg. L <sup>-1</sup> ),	respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica.	
Cloretos	De 10 ppm – 250 ppm	Descargas de esgotos domésticos e industriais	O sabor salgado

Fonte: MISAU (2006) adaptado por Gulaço Antonio (2021)

## Os diagramas hidroquímicos

Os Diagramas Hidroquímicos são gráficos que mostram, de forma sintética, as principais características químicas da água, facilitando a classificação e comparação entre mananciais.

A determinação da relação entre as propriedades físicas e o quimismo das águas com os tipos litológicos de uma determinada área, tem sido solucionada com a utilização da hidroquímica, sendo possível estabelecer, a partir do conhecimento dos litotipos constituintes de determinado aquífero, quais seriam as propriedades físico-químicas e os constituintes previstos para estas águas subterrâneas (SILVERIO *et al.*, 2000, p. 05).

Os Sistemas de Gestão de Informação Hidrológica têm a capacidade de fazer diferentes Diagramas Hidroquímicos. Os mais vulgarizados são os conhecidos como diagramas de Piper, Schoeller, Collins e Stiff.

## O diagrama de Piper

A pesquisa centrou-se no diagrama de Piper pelo facto de ter uma grande vantagem, uma vez que ele pode analisar e classificar mais de uma amostra, sem se esquecer de frisar o domínio que possui em relação ao mesmo, pois, para o uso deste, pode ser feito sem sistema de gestão de informação hidrológica.

Segundo CAJAZEIRAS (2007, p. 13):

O Diagrama de Piper consiste num diagrama hidroquímicos que é utilizado frequentemente quando se trabalha com grande número de análises químicas da água, servindo para classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes.

Na atualidade é frequente a contaminação das águas por diversas fontes geradas pelas ações humanas, sendo importante a sua análise para determinadas e diversas

atividades em nossa Sociedade. A utilidade dos Diagramas hidroquímicos em particular o de Piper é a possibilidade de representar muitas análises sobre o mesmo gráfico, sem dar origem às falsas interpretações.

Para a classificação iônica das águas, o método mais utilizado é o do Diagrama de Piper. Este diagrama é utilizado quando se trabalha com um número razoável de análises químicas de água. Ele permite classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes (BARROSO, 2010, p. 151).

O diagrama de Piper é frequentemente, utilizado para classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos cátions e ânions dominantes.

O diagrama de Piper representa uma ferramenta bastante consistente na análise de conjuntos de dados hidroquímicos, diferentemente dos outros diagramas e outras análises, que são capazes de classificar apenas uma amostra por vez, possibilitando a distinção de grupos hidroquímicos e a avaliação da evolução hidroquímica ocorrida em determinado local, função de processos hidroquímicos ocorridos ou da ocorrência de misturas de águas (LANDIM, 2000, p. 128).

O diagrama de Piper compreende um losango e dois triângulos equiláteros, cujos lados são divididos em 10 partes iguais, correspondendo à percentagem dos íons ou na soma de íons do mesmo sinal.

Estes são ideais para representar três componentes (ânions e/ou cátions) simultaneamente. A análise é representada por três pontos: dois são os correspondentes ao conteúdo em ânions e aos cátions nos triângulos de base. O terceiro ponto é localizado no losango, indicando os caracteres da água em função dos conteúdos em Na+K, Ca+Mg, CO<sub>3</sub>+HCO<sub>3</sub> e Cl+SO<sub>4</sub>. Os dados necessários para a realização destes traçados são as concentrações, em percentagem, dos elementos maiores, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (=HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub>) e NO<sub>3</sub>, expresso em mEq.L<sup>-1</sup>.

### **Construção do diagrama de Piper**

Para construir o diagrama de Piper, primeiramente desenha-se um triângulo equilátero de longa extensão e demarca-se por dois pontos centrais para cada lado que distam entre 1, 2, 3... cm dependendo do tamanho do triângulo. Posteriormente traçam-

se duas retas paralelas que corresponde os dois pontos centrais, partindo-se dos lados em direção aos pontos centrais da base até a interseção dessas.

Com ajuda de apagador (de esferográfica ou lápis) elimina-se a reta intermediária dos dois pontos centrais de todos os lados, dessa forma surge um losango na parte superior e dois triângulos novamente equiláteros nos lados inferiores do losango.

O losango formado na parte superior divide-se no seu interior em quatro (4) losangos iguais, medindo-se e indicando-se por ponto a metade da distância de cada lado do losango e traçam-se duas (2) retas perpendiculares com a finalidade de associar os pontos dos lados (apenas) paralelos do losango.

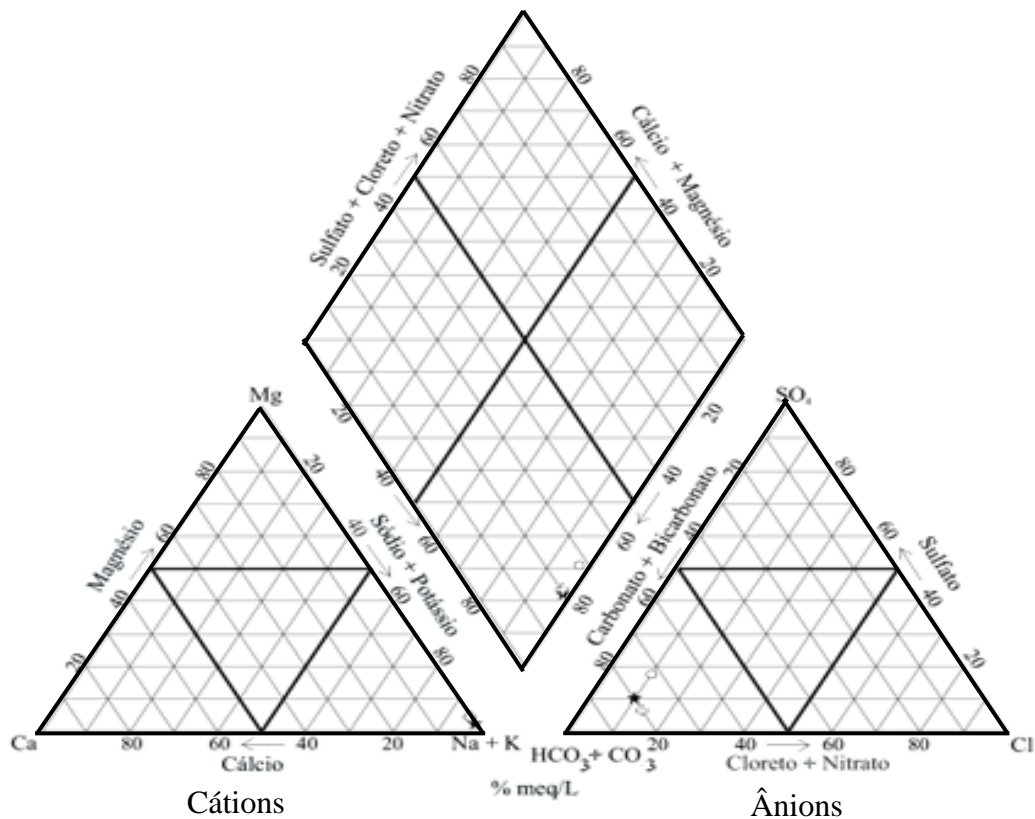
No entanto, os dois triângulos formados nos lados inferiores do losango esboçam-se também, ou seja, divide-se em quatro (4) triângulos equiláteros no seu interior, isto implica cada canto do triângulo formar mais outro trilátero. Para tal, mede-se a metade da distância de cada lado do triângulo e marca-se por um ponto. Posteriormente traça-se reta com o propósito de unir os pontos de todos os lados (isto é, um ponto se uniu com os dois dos outros lados do triângulo), assim obtêm-se três (3) triângulos equiláteros virados para cima e um virado para baixo, em ambos os triângulos.

Levando em consideração o losango e os triângulos maiores, ou seja, formados primeiramente, traça-se 10 retas paralelas para cada lado, seja do losango, assim como dos triângulos, dividindo em 10 partes iguais dos mesmos, forma-se assim um xadrez. As 10 partes divididas correspondem a 100 %, sendo demarcado de 10 em 10 % partindo de um canto para outro. É importante que as 10 retas paralelas para cada lado do losango ou triângulos faz-se com esferográfica com tinta diferente, caso seja da mesma tinta ou a lápis, estas são menos visualizadas.

Os cátions agrupam-se no triângulo á esquerda, ou seja, no canto superior do triângulo esquerdo coloca-se o cátion  $Mg^{2+}$ , os ângulos inferiores, especificamente o da esquerda e a direita do mesmo triângulo colocam-se os cátions  $Ca^{2+}$  e a soma dos cátions  $N^{+} + K^{+}$  respetivamente. E no triângulo á direita reúnem-se os ânions, sendo o canto superior deste coloca-se o ânions  $SO_4^{2-}$  e a parte inferior da aresta esquerda

insere-se ânion  $\text{HCO}_3^-$ , ao passo que o da direita encontra-se o ânion  $\text{Cl}^-$ . A figura 1 é a representação esquemática do diagrama de Piper.

Figura 1. Representação esquemática do diagrama de Piper.



Fonte: SILVA (2007, p. 10).

A representação gráfica pode evidenciar possíveis relações entre os íons de uma mesma amostra. Dentre as opções gráficas, tem-se a de desenhar as linhas de grade, manter visível às classificações se mostrar a distribuição percentual das amostras nos diversos campos. Outra ferramenta importante é a seleção de uma ou de um grupo de amostras, permitindo por em destaque um determinado alvo em estudo.

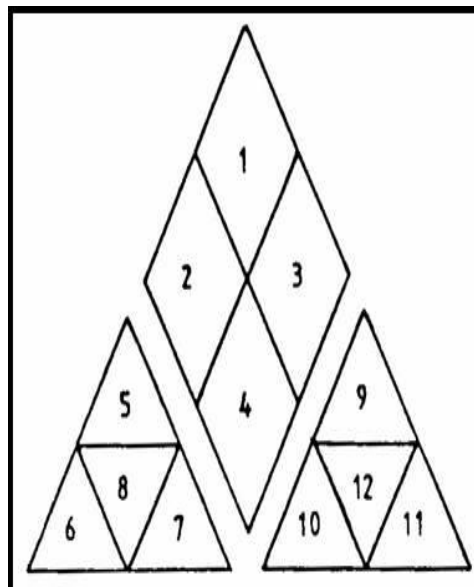
### Classificação das águas segundo Piper

Para a classificação das águas segundo o diagrama de Piper, enumera-se de 1 a 12 como demonstra a figura 2. Água quimicamente semelhante encontra-se agrupada, e

podem ser classificados pela sua localização no diagrama de acordo com o seguinte esquema:

Figura 2. Diagrama de Piper enumerado para a classificação das águas.

- 1- Águas sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas.
- 2- Águas bicarbonatadas cálcicas e/ou magnésicas.
- 3- Águas cloretadas e/ou sulfatadas sódicas.
- 4- Águas bicarbonatadas sódicas.
- 5- Águas magnésicas.
- 6- Águas cálcicas.
- 7- Águas sódicas.
- 8- Águas magnésicas, cálcicas e sódicas (mistura de água).
- 9- Águas sulfatadas.
- 10- Águas bicarbonatadas.
- 11- Águas cloretadas.
- 12- Águas sulfatadas, bicarbonatadas e cloretadas (mistura de água).



Fonte: ANDRADE *et al.* (2010, p. 17)

### Processo de análise das águas com recurso ao diagrama de Piper

Segundo SANTIAGO (2009, p. 1024):

Os diagramas de Piper, também chamados de diagramas trilineares ou triangulares, são extraídos plotando-se<sup>4</sup> as proporções dos cátions principais ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) e dos ânions principais ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ) em dois diagramas triangulares respetivos, e combinando as informações dos dois triângulos em um losango situado entre os mesmos.

Para analisar as águas com o recurso de diagrama de Piper, é necessário ter parâmetros suficientes para formar um cruzamento nos triângulos inferiores, porém, segundo PEREIRA *et al.* (2006, p. 7) afirma que “ao usar o diagrama de Piper tem que possuir no mínimo 4 parâmetros, sendo 2 ânions e 2 cátions, com o propósito de

<sup>4</sup> Plotar - desenhar imagem, usando plotadora (dispositivo de saída capaz de desenhar imagens movendo penas que liberam tinta sobre papel ou meio similar)

originar 3 intercessões, 2 nos triângulos e 1 no losango que fornece a classificação geral”. No entanto, implicam que se existir 3 ou 2 ânions e um cátion e vice-versa, o diagrama não é útil para analisar essa amostra, pois, no grupo de um dos íons não formará uma intercessão, conseqüentemente, não uso do diagrama.

Ainda Silvério (2000, p. 84) diz “quando os parâmetros estiverem limitados por várias razões, anula-se a base do parâmetro limitado, pois o diagrama de Piper é um sistema ternário”.

Porém, para analisar a água com o recurso ao Diagrama de Piper obedecem algumas regras básicas, a saber:

1. Primeiramente, as concentrações dos íons são reduzidas a percentagens de mil equivalentes por litro (mEq.L<sup>-1</sup>), para tal é necessário o fator de conversão;

### Fator de conversão (Fc)

Fator de conversão – é a razão entre a carga do íon e a massa molecular do respectivo íon.

$$Fc = \frac{x}{M} \quad \Rightarrow \quad \text{Onde:}$$

Fc = Fator de conversão;

x = Carga do íon;

M = Massa molecular do íon.

Converter as concentrações de mg. L<sup>-1</sup> para mEq.L<sup>-1</sup>, implica multiplicar a concentração em mg/l pelo fator de conversão.

$$Fc = \left(\frac{x}{M}\right) C \quad \Rightarrow \quad \text{Onde:}$$

Fc = Fator de conversão;

x = Carga do íon;

M = Massa molecular do íon;

C = Concentração do íon em mg. L<sup>-1</sup>.

Os fatores de conversão de concentrações são os seguintes, no caso dos íons mais comuns.



Cátions	Ânions
$\text{Na}^+ = 0,0435$	$\text{Cl}^- = 0,0282$
$\text{K}^+ = 0,0255$	$\text{CO}_3^{2-} = 0,0333$
$\text{Ca}^{2+} = 0,0499$	$\text{HCO}_3^- = 0,0164$
$\text{Mg}^{2+} = 0,0833$	$\text{SO}_4^{2-} = 0,0208$
$\text{Fe}^{2+} = 0,0358$	$\text{SiO}_3^- = 0,0263$
$\text{Al}^{3+} = 0,1112$	$\text{NO}_3 = 0,0161$
$\text{Cu}^{2+} = 0,0315$	
$\text{Ba}^{2+} = 0,0145$	

$$2 / 40.08 = 0,0499$$

Valencia      Massa Atômica

$$0,02821 = 1 / 35.45$$

2. Feito a conversão, separam-se os cátions dos ânions, onde posteriormente faz-se o somatório das concentrações expressas em  $\text{mEq.L}^{-1}$  para cada grupo de íons (cátions e ânions);

3. Aplicando a regra de três (3), determina-se a percentagem, a partir do somatório das concentrações equivalendo a 100 % e concentração do respectivo íon sendo o desconhecido ou a percentagem procurada;

4. Depois construído o diagrama, cada vértice dos triângulos inferiores representa 100 % da concentração de determinados cátions ou ânions. Sendo assim, traçam-se retas paralelas em relação à base do triângulo do íon em análise e toma-se como ponto de referência no cruzamento entre as retas dos ânions ou cátions;

5. Partindo-se dos pontos encontrados nos cruzamentos das retas, traça-se outra reta, que parte dos triângulos em direção ao losango, Dessa forma encontra-se um ponto intersecção do prolongamento das retas paralelas às faces dos triângulos inferiores, no losango superior, fornece a classificação hidroquímica de determinada amostra.

## Interpretação do diagrama de Piper

Para interpretar o diagrama de Piper, tomam-se em conta as percentagens dos íons dos triângulos e a classificação da água segundo Piper, relacionando a enumeração da classificação das águas de Piper com as retas traçadas e pontos de cruzamento nos triângulos. É importante lembrar que os triângulos fornecem à classificação parcial e o losango a classificação geral.

Segundo Barroso (2010, p. 592):

As águas da região Centro Sul do estado do Ceará quanto aos cátions, a maior parte das amostras (87,0 %) se enquadra na classe de águas sódicas, enquanto 13,0 % foram classificados como mistas. Com relação aos ânions, verifica-se que 78,3 % das águas se apresentam como cloretadas 13,0 % bicarbonatadas e apenas 8,70 % correspondendo a duas amostras, como mistas.

Isso significa que em relação os cátions a maior percentagem presente nessa água é do  $\text{Na}^+$  e a menor pertence na classe dos três cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^++\text{K}^+$ ) do triângulo esquerdo, onde são agrupados os cátions. E em relação aos ânions a maior percentagem é do  $\text{Cl}^-$ , seguido do  $\text{HCO}_3^-$  e a menor pertence aos três ânions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ) do triângulo direito onde são agrupados os ânions.

Andrade (2010, p. 17) afirma que:

as águas superficiais da parte baixa da bacia do Acaraú analisadas, quanto aos ânions, apresentaram uma maior tendência a serem classificadas como cloretadas, obtendo um percentual dominante deste ânion em torno de 78,9 %, enquanto para os teores de cátions 94,7 % enquadraram-se como mistas (cálcicas – magnésicas – sódicas).” A explicação é semelhante ao anterior, sendo que elas possuem um por cento maior de ânion  $\text{Cl}^-$  dos demais ânions e um por cento maior dos três cátions.

De acordo com o diagrama de Piper as águas da bacia do rio Urussanga, no campo dos cátions, as águas são sódicas, com duas exceções em que são mistas, mas com viés sódico. No campo dos ânions, são águas bicarbonatadas (SANT’ANA, 2008, p. 158).

Ao analisarem-se as percentagens, pode-se, no entanto, afirmar que as águas são, por exemplo, no campo de cátions, Magnésicas e no campo de ânions sulfatados, caso tenha um percentagem maior destes íons em relação aos demais.

A classificação iônica serve para identificar a água com relação aos íons dominantes, tanto de ânions, como de cátions. Assim, uma água classificada como cloretada sódica significa que entre os ânions predomina o cloreto e entre os cátions, o sódio (SILVERIO, 2000, p. 90).

Neste contexto, as águas são classificadas segundo os íons de maior percentagem, ou seja, que possuem uma prevalência elevadas, por exemplo, sulfatadas magnésicas, assim é o mesmo dizer que ela tem os íons  $Mg^{2+}$  e  $SO_4^{2-}$  como cátions e ânions com maior predominância respectivamente.

Para Pereira *et al.*, (2006, p. 18) diz que:

As águas superficiais na bacia da Gameleira, município de Aiuaba, Ceará de acordo com a classificação geral, se encontram na classe sulfatada ou cloretada sódica, em que o sódio prevaleceu sobre os demais cátions e o cloreto sobre os demais ânions.

Dado a classificação geral é fornecida pelo losango, onde se encontra um ponto intersecção do prolongamento das retas paralelas às faces dos triângulos inferiores. Assim sendo, se o cruzamento for, por exemplo, no 4º losango a classificação geral é águas bicabornatadas sódicas.

## Resultados e discussão

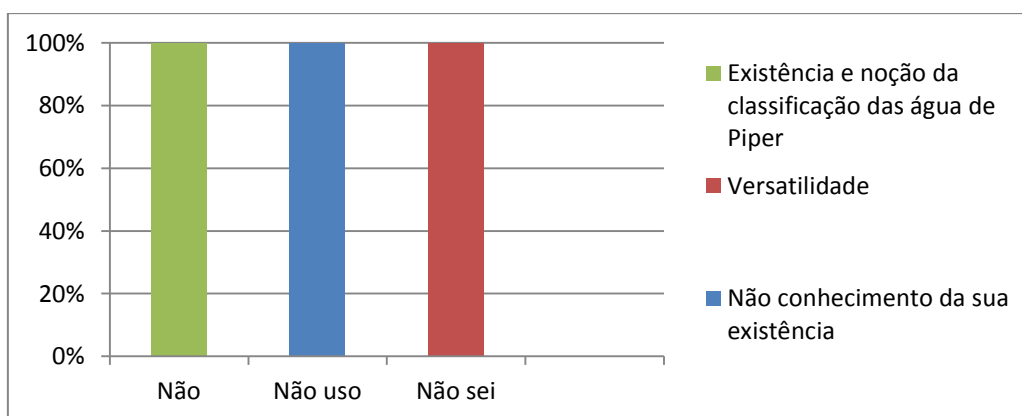
Uma vez que o diagrama de Piper analisa e classifica mais de uma amostra, devido a sua versatilidade, no entanto, salienta-se que os dados e as classificações das águas dos respectivos rios apresentou-se separadamente, ou seja, tratou-se um por um, devido à semelhança dos mesmos. Durante a análise dos dados, verificou-se que depois de saírem do laboratório da FIPAG e depois de ter-se feito cálculos possíveis para a sua representação, estes possuíam valores muito próximos, havendo uma necessidade de separa-los. Primeiramente, apresentaram-se os dados relativos ao inquérito (figura 3) e posteriormente relativos ao diagrama de Piper (tabela 4).

### Dados relativos ao inquérito

Existência, noção da classificação, não uso e versatilidade, foram os pontos de partida de 4 questões, nomeadamente: Já ouviu falar de diagramas hidroquímicos, em particular o de Piper para avaliação da água? O seu estudo científico, está relacionado com a avaliação da água, no entanto, não usou o diagrama de Piper. Por quê? Tem noção da classificação das águas segundo Piper? O diagrama de Piper analisa? Onde a figura 3 está representado esses dados, mostrando que os 100 % dos inquéritos correspondentes a 5 analistas afirmaram unanimemente que nunca ouviram falar de diagrama de Piper, e não possuem nenhuma noção da classificação das águas segundo este. Ainda frisaram que não usaram este diagrama porque não têm o conhecimento da sua existência e muito menos a sua versatilidade.

157

Figura 3. Existência, noção da classificação, não uso e versatilidade.



Organização: Zito Antonio (2021).

### Dados do Rio Muhala

De acordo com a tabela 4, Os dados mostram que, a água do Rio Muhala, ao se analisar no laboratório continha  $72 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $66,33 \text{ mg/l}$  de  $\text{Mg}^{2+}$  e achou-se a concentração em  $\text{mEq} \cdot \text{L}^{-1}$  de 3,6 e 5,528 dos mesmos cátions respetivamente, onde o somatório deu 9,128. Ao determinarem-se as percentagens dos cátions das águas do Rio

Muhala, obteve-se uma predominância do íons  $Mg^{2+}$  com 61 % mEq.  $L^{-1}$  e uma percentagem de 39 % mEq.  $L^{-1}$  do cátion  $Ca^{2+}$ .

Tabela 4: Conversão dos cátions do Rio Muhala.

Cations	Carga	Massa Molecular	Fator de conversão	Concentração em (mg. $L^{-1}$ )	Concentração em (mEq. $L^{-1}$ )	Concentração (%) de mEq. $L^{-1}$
$Ca^{2+}$	2,00	40	0,05	72	3,6	39
$Mg^{2+}$	2,00	24	0,083	66,33	5,528	61
Total					9,128	
					100	

Organização: Zito António (2021)

Para os ânions, a tabela 5 mostra que a análise laboratorial constatou que  $Cl^{-}$  teve uma concentração de 191 mg.  $L^{-1}$  e  $SO_4^{2-}$  com 48 mg.  $L^{-1}$ , e ao converter-se em mEq.  $L^{-1}$  encontrou-se 5,380 mEq.  $L^{-1}$  e 1 mEq.  $L^{-1}$  dos mesmos ânions respetivamente, com o somatório de 6,380. Referente à percentagem, obteve-se uma prevalência dos cloretos com 84 % mEq.  $L^{-1}$  e uma percentagem de 16 % mEq.  $L^{-1}$  do  $SO_4^{2-}$ .

Tabela 5: Conversão dos ânions do Rio Muhala.

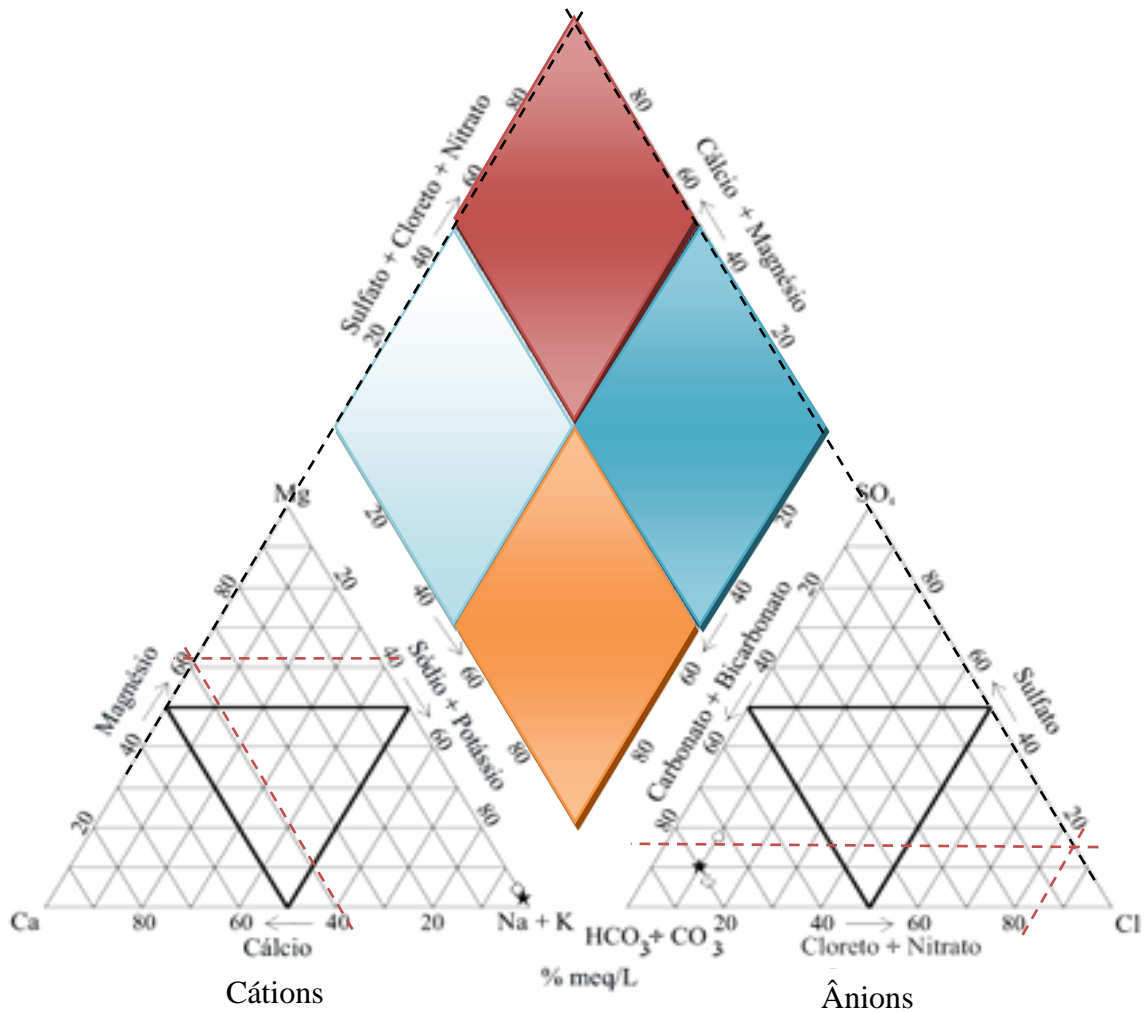
Ânions	Carga	Massa Molecular	Fator de conversão	Concentração em (mg. $L^{-1}$ )	Concentração em (mEq. $L^{-1}$ )	Concentração (%) de mEq. $L^{-1}$
$Cl^{-}$	1,00	35,5	0,028	191	5,380	84
$SO_4^{2-}$	2,00	96	0,021	48	1	16
Total					6,380	
					100	





Organização: Zito Antonio (2021)

De acordo com o diagrama de Piper, a classificação das águas do Rio Muhala estudados encontra-se representado na figura 4. Os resultados mostraram que para os cátions, se enquadra nas águas magnésicas, uma vez que o cruzamento encontra-se no triângulo de Magnésio, correspondente ao número 5 da classificação das águas segundo Piper, enquanto que, para os ânions são cloretada, visto que o cruzamento das certas se encontra no triângulo de Cloro, correspondente ao algarismo 11 da classificação das águas segundo Piper. Ao passo para o losango mostra que o ponto de intersecção do prolongamento das certas paralelas às faces dos triângulos inferiores está no número 1

da classificação das águas de Piper que corresponde à classe sulfatada e ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas.

Figura 4. Diagrama das águas do Rio Muhala.



-  Águas sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas.
-  Águas bicarbonatadas cálcicas e/ou magnésicas.
-  Águas cloretadas e/ou sulfatadas sódicas.
-  Águas bicarbonatadas sódicas.

### Dados do Rio Muatala

Os processos para a determinação das percentagens dos dados do Rio Muatala, são semelhantes os dos dados anteriores.

Para os dados do Rio Muatala, a tabela 6, a análise laboratorial obteve as concentrações de 68mg/l e 31,72 mg. L<sup>-1</sup> para os cations Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, ao se converter confronta-se com a concentração em mEq . L<sup>-1</sup> igual a 3,4 e 2,643 respectivamente, com o somatório de 6,043. Sendo 56 % e 44 % as percentagens em mEq . L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> sucessivamente.

160

Tabela 6: Conversão dos cátions do Rio Muatala

Cátions	Carga	Massa Molecular	Fator de conversão	Concentração em (mg. L <sup>-1</sup> )	Concentração em (mEq . L <sup>-1</sup> )	Concentração (%) de mEq . L <sup>-1</sup>
Ca <sup>2+</sup>	2,00	40	0,05	68	3,4	56
Mg <sup>2+</sup>	2,00	24	0,083	31,72	2,643	44
				Total	6,043	
					100	

Organização: Zito António (2021)

Os dados da tabela 7, ilustram que, o laboratório forneceu as concentrações de 99 mg. L<sup>-1</sup> para íons Cl<sup>-</sup> e 28 mg. L<sup>-1</sup> para SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, o fator de conversão por sua vez, deu a concentração de 2,789 mEq . L<sup>-1</sup> e 0,583 mEq . L<sup>-1</sup> respectivamente e um somatório de 3,372. Para as percentagens obteve-se 83 % e 17 % desses ânions.

Tabela 7: Conversão dos ânions do Rio Muatala

Ânions	Carga	Massa Molecular	Fator de conversão	Concentração em (mg. L <sup>-1</sup> )	Concentração em (mEq . L <sup>-1</sup> )	Concentração (%) de mEq . L <sup>-1</sup>
Cl <sup>-</sup>	1,00	35,5	0,028	99	2,789	83
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,00	96	0,021	28	0,583	17
				Total	3,372	
					100	

Organização: Zito António (2021)

## Representação dos dados do Rio Muatala no diagrama de Piper

Os resultados do Rio Muatala, representados na figura 5 mostraram que para os cátions, se enquadra nas águas cálcicas, uma vez que o cruzamento encontra-se no triângulo de cálcio, correspondente ao número 6 da classificação das águas segundo Piper, enquanto que para os ânions é cloretada, visto que o cruzamentos das retas encontra-se no triângulo de Cloro, correspondente ao número 11 da classificação das águas do Piper. Ao passo para o losango mostra que o ponto de intersecção do prolongamento das retas paralelas às faces dos triângulos inferiores está no número 1 da classificação das águas de Piper que corresponde à classe sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas.

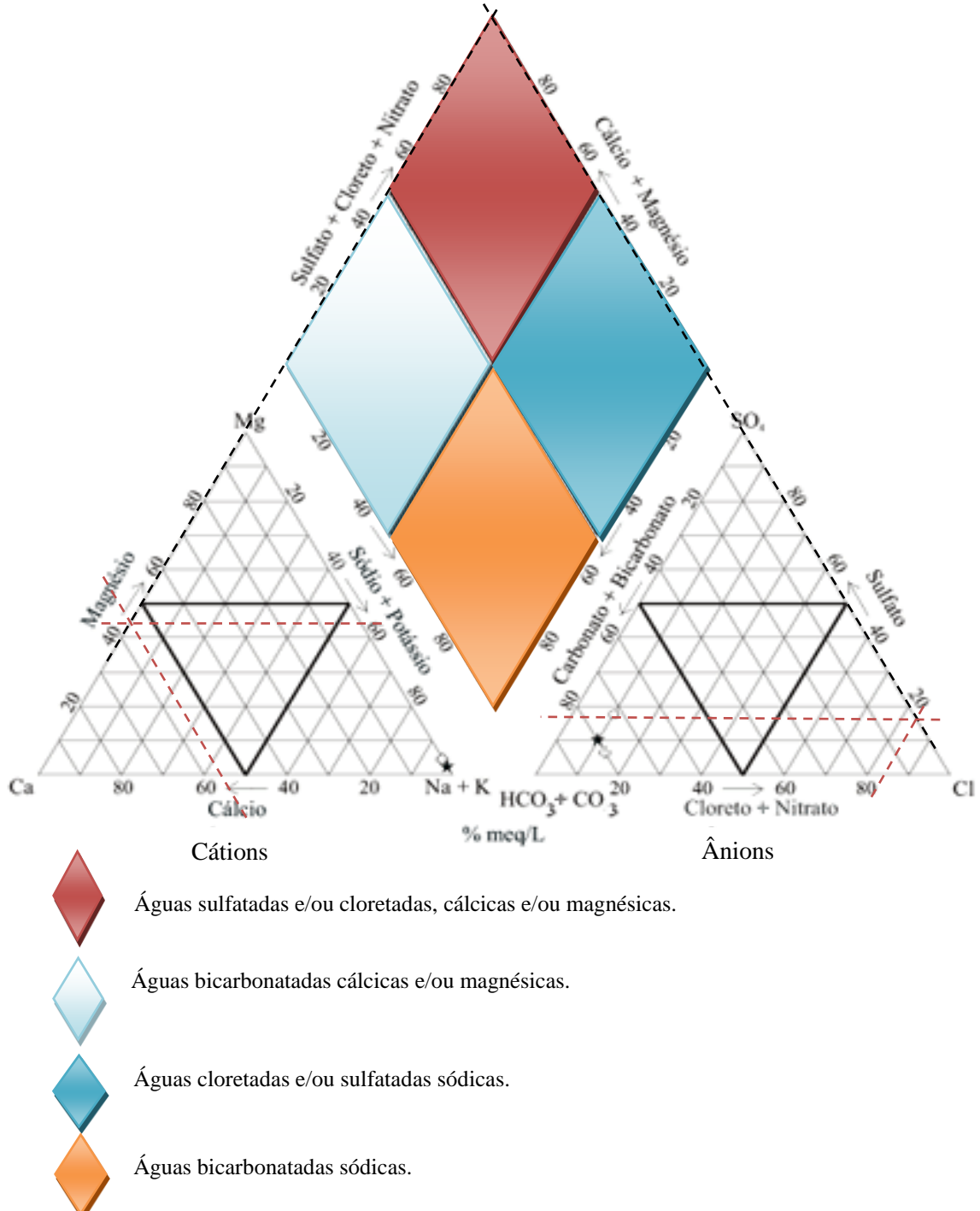
## Conclusões

Porém, conclui-se que: os 100 % dos inqueritos correspondentes afirmaram unanimemente que nunca ouviram falar de diagrama de Piper, e não possuem nenhuma noção da classificação das águas segundo este. Ainda frisaram que não usaram este diagrama porque não têm o conhecimento da sua existência e muito menos a sua versatilidade.

Os dados necessários para a análise e classificação das águas com o recurso ao diagrama de Piper são as concentrações, em percentagem, dos íons maiores,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , e  $\text{CO}_3^{2-}$  ( $=\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ ), expressos em  $\text{mEq} \cdot \text{L}^{-1}$ . Sendo um grupo de íons para um triângulo e o losango oferece a análise geral da água.



Figura 5. Diagrama das águas do Rio Muatala.



Fonte: adaptado pelo Gulaço António (2021)

As águas do Rio Muhala, no campo dos cátions, se enquadra nas águas magnésicas, enquanto que para os ânions são cloretadas, e as águas do rio Muatala, para os cátions, se enquadra nas águas cálcicas, enquanto que para os ânions são cloretada, classificando-se as ambas as águas na classe sulfatadas e/ou cloretadas, cálcicas e/ou magnésicas. As águas dos rios são quimicamente semelhantes uma vez que estão na primeira classe da classificação do Piper, imperando o mesmo ânion cloreto e diferindo apenas no cátion, onde as águas do Rio Muhala acentuando o cátion magnésio e o Rio Muatala o cátion cálcio.

Essas águas normalmente podem ser consideradas macia ou branda, uma vez que os íons que contêm nelas ( $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$ ) as suas concentrações estão dentro dos limites, não obstante os íons cloreto e sulfatos presente nessas águas são de valores bem altos, estando fora das diretrizes deste íon, não sendo aconselhada para o consumo humano sem um prévio tratamento, pelos níveis altos dos íons que ditam o sabor.

O diagrama de Piper analisa e classifica mais de uma amostra de água, oferecendo os íons de maior prevalência e a classe geral dos diferentes mananciais.

## Referencias

ANDRADE, E. M. de et al, **Similaridade da composição hidroquímica das águas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil, 2010**

BACELO, E; e AVERO, A. **Ciências Naturais, Descobrir a Terra, Equilibrar a Vida.** S/ed. Lisboa. Porto editora.2000

BARROSO, A. de A, F. **Avaliação qualitativa das águas para irrigação na região do baixo Jaguaribe – Ceará,** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. 2010

CAJAZEIRAS, C. C. de A., **Qualidade e uso das águas e a relação com doenças de veiculação hídrica, região de crajubar /ce,** FORTALEZA/CE, 2007

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados.** Lab. Geomatémática, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Texto Didático 03, 128 pp. 2000.

LIMA, E. B. N. R. **Moldagem Integrada para a gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá.** Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação da Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE.UFRJ – 2001.

MACÊDO, J. A. B. de. **Introdução a Química Ambiental**. Juiz de Fora: Crq-mg, 2002.

MISAU, **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**, 2006.  
NALINI, R. **Ética Ambiental**. 2ª ed. Campinas. SP. Editora Millenium. 2003.

PEREIRA, L.; et al, **A salinidade das águas superficiais na bacia da Gameleira, município de Aiuaba**, Ceará. Revista Águas Subterrâneas, Brasil 2006.

ROQUE, M; e CASTRO A. **O Homem e o Ambiente**. S/ed. Lisboa. Porto Editora.1999;

REBOUÇAS, A.C; BRAGA, B; TUNDISI, J, G; **Águas doces do Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação**. S/ed. São Paulo: Escritura Editora. 1999.

SANT'ANA, W. de O. **Qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio Urussanga, SC**, Brasil, 2008

SANTIAGO, M. R. **Classificação Hidroquímica de Águas do Sistema Aquífero Guarani no RS e SC**, SP. 2009.

SILVA, E. L. da; e MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, 3. ed. rev. Atual, Florianópolis Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001;

SILVERIO da S. J. L; FLORES, E. M. M.; BERTAZZO, V. M. **Estudo Hidroquímico das águas na Região de Santa Maria**, no estado RS. Anais XXVII Cong. Int. Eng. San. Amb.2000;

SIMOES, T. S., QUIEIRO, M. A. e SIMOES, M. O., **Técnicas Laboratoriais de Química**, Porto Editora, 1998.

SPIRO, T. G; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2ª ed. São Paulo. Pearson Editora. 2008.