



CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA E UTILIZAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO DE POÇOS E SEUS AFLUENTES NO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS – MG

Marcos Vinicius Vieira Gaglieri¹

Leonardo Donizete Alexandre²

Marcelo Ribeiro Barison³

Pedro Lemos Camarero⁴

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

Este trabalho apresenta a caracterização hidroquímica das águas do Ribeirão Poços em conjunto com os seus dois principais afluentes, os Ribeirões de Caldas e o Ribeirão da Serra, localizados no município de Poços de Caldas – MG. Com intuito de conhecer a hidroquímica das águas e a sua possível utilização para a irrigação, foram coletadas 12 amostras ao longo de todo percurso do ribeirão, incluindo os dois principais afluentes. A partir destas, foi possível realizar o cálculo do erro associado a cada amostra e com isso, analisar as suas principais variáveis químicas que permitiram assim, a classificação das águas por meio dos diagramas hidroquímicos, como o de Stiff, Piper e o colunar para a classificação hidroquímica e a para a classificação das águas para a irrigação foi realizada em função ao *Sodium Absorption Ratio* (SAR). Os resultados deste trabalho possibilitaram concluir a interferência da formação geológica sobre a classificação hidroquímica, visto que a maioria das amostras foram classificadas como Bicarbonatada Sódicas. Já a classificação para utilização na irrigação, todas as amostras foram classificadas como Excelente, podendo assim ser utilizadas sem causarem quaisquer danos.

Palavras-chave: Águas Superficiais; Irrigação; Bicarbonatada Sódica; Diagrama Hidroquímico.

¹Estudante de Engenharia Ambiental. UNIFAL/MG – Instituto de Ciência e Tecnologia, marcos.gaglieri@sou.unifal-mg.edu;

²Estudante de Engenharia Ambiental. UNIFAL/MG – Instituto de Ciência e Tecnologia, leonardo.alexandre@sou.unifal-mg.edu;

³Prof. Dr. da UNIFAL/MG – Instituto de Ciência e Tecnologia, marcelo.barison@unifal-mg.edu.br;

⁴Doutorando em Geociências e Meio Ambiente – UNESP Rio Claro, camarero@folha.com.br;

INTRODUÇÃO

O decorrer dos anos foi acompanhado por um intenso processo de urbanização e formação dos grandes centros urbanos, sendo seguido de maneira concomitante a poluição dos recursos hídricos superficiais, com a maior causa dessa poluição a de origem antrópica. Esta poluição geralmente está relacionada ao despejo de efluentes domésticos e industriais, provocando uma alteração no estado natural do corpo hídrico e analogamente impactando na biota local e na qualidade de vida da população desta região (LIBÂNIO, 2016).

Por esse motivo, que a caracterização hidroquímica e a detreminação do uso da água se torna tão imprescindível. Pois, a partir da análise química das amostras do Ribeirão de Poços e dos seus principais afluentes, será possível identificar o tipo de água em relação aos parâmetros envolvidos..

No Sul de Minas Gerais, esse aumento populacional urbano ocorreu principalmente na segunda metade do século XX e com Poços de Caldas não foi diferente. Caracterizada pelas águas termais e formação montanhosa, possui forte apelo turístico, ocorrendo assim, um aumento significativo do crescimento populacional e como consequência a expansão urbana nesse mesmo período (ANDRADE et al., 2020). O trabalho em questão foi desenvolvido no município de Poços de Caldas - MG, localizado no sul de Minas Gerais, região esta, que apresenta uma grande diversidade de características geológicas, possuindo extensas intrusões de rochas alcalinas e rica em reservas de minérios ferrosos, não ferrosos e radioativos (POÇOS DE CALDAS, 2019).

Para tanto objetiva-se com esta pesquisa caracterizar a hidroquímica e em conjunto analisar a utilização para irrigação das águas do Ribeirão de Poços, e seus dois principais afluentes, o Ribeirão de Caldas e o Ribeirão da Serra.

METODOLOGIA

O método utilizado no trabalho foi de coleta e amostragem. Os pontos coletados foram determinados previamente com o objetivo de facilitar a localização dos mesmos e ainda que ficassem o mais equidistante possível uns dos outros. A posição dos pontos é

dada na tabela 1 em conjunto com a figura 1, sendo possível a visualização de cada ponto amostrado em conjunto com a formação geológica local.

Tabela 1 – Localização dos pontos amostrados

Ponto	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Ribeirão
1	21° 47' 41,9''	46° 33' 40,9''	1214	Caldas
2	21° 48' 35,8''	46° 33' 13,4''	1248	Caldas
3	21° 48' 48,2''	46° 32' 23,2''	1272	Caldas
4	21° 47' 42,8''	46° 31' 27,5''	1287	Serra
5	21° 48' 58,9''	46° 30' 57,2''	1280	Caldas
6	21° 49' 24,2''	46° 29' 29,0''	1328	Caldas
7	21° 47' 57,1''	46° 28' 51,5''	1357	Serra
8	21° 47' 48,0''	46° 30' 14,1''	1304	Serra
9	21° 47' 07,9''	46° 32' 59,6''	1235	Serra
10	21° 47' 07,8''	46° 34' 16,2''	1198	Serra
11	21° 47' 12,7''	46° 34' 13,3''	1201	Caldas
12	21° 46' 46,7''	46° 36' 08,1''	1188	Poços

Fonte: Autores (2021).

Após a definição dos pontos de coleta, foi realizado a coleta das amostras, atentado ao correto acondicionamento das amostras para assim evitar interferências no transporte até a entrega no laboratório que realizará a determinação dos compostos. Para a coleta foram utilizadas garrafas de polipropileno, sendo essas ambientadas com a água do local de coleta. Ainda foram devidamente identificadas para assim serem enviadas para laboratórios.

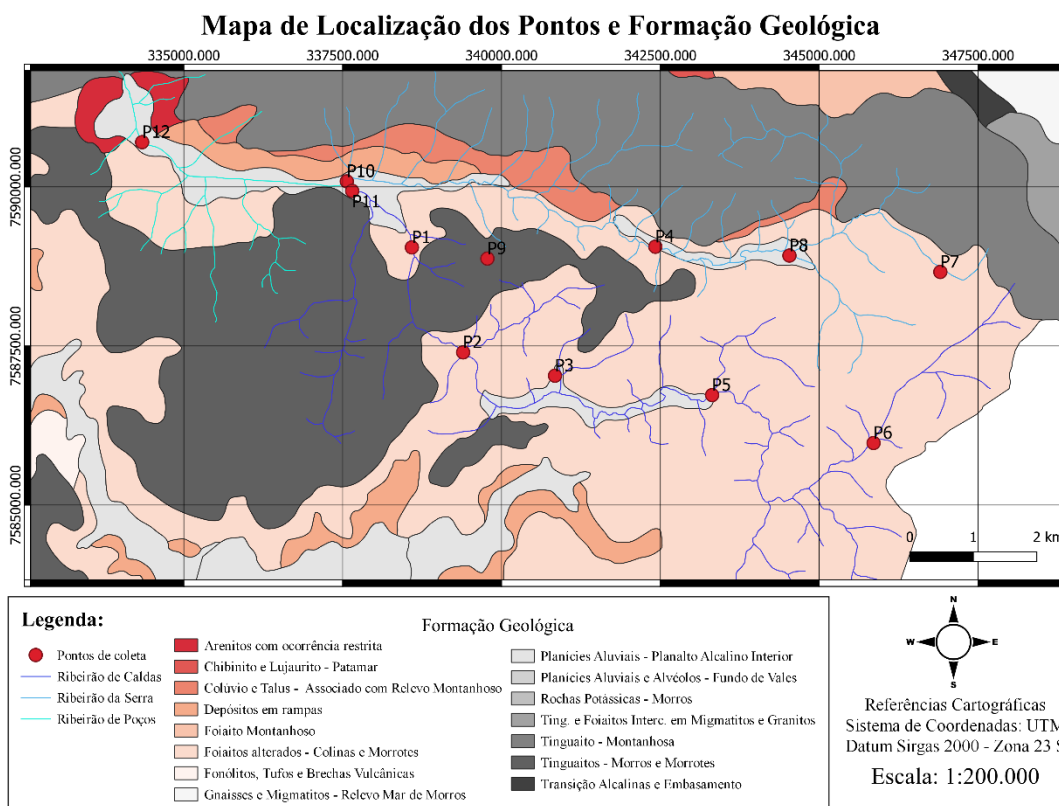


Figura 1 - Localização e formação geológica dos pontos amostrados.

Fonte: Adaptado de SISEMA, 2021.

A análise dos íons foi realizada no laboratório das Indústrias Nucleares do Brasil – INB, em Poços de Caldas. Foram analisados os cátions: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ . Para determinar tais cátions foi utilizado o método da Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivo (ICP-AES). Já para a análise dos ânions foram analisados o SO_4^{2-} com o método da Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivo (ICP-AES), para a determinação do Cl^- , foi utilizado o método da turbidimetria, ambos analisados no laboratório das Indústrias Nucleares do Brasil – INB, em Poços de Caldas. Já a determinação da HCO_3^- , foi realizado pelo método potenciométrico, sendo realizado nos laboratórios da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL – MG). Para as análises gráficas foi utilizado o software RockWare Aq-Qa.

Por fim, foi realizada a classificação das águas para a irrigação. Para isso, utilizou-se a classificação em relação ao *Sodium Absorption Ratio* (SAR), para isso utilizou-se da

equação a seguir para definir o SAR de cada amostra e ainda seguir a classificação dada na tabela 2 (SZIKSZAY, 1993).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca + Mg)}}$$

Tabela 2 – Classificação das águas segundo SAR

SAR	Tipo de água
0-10	Excelente
10-18	Boa
18-26	Regular
>26	Mal- perigo de alcalinização

Fonte: Szikszay, (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia e os parâmetros adotados, foram analisados doze pontos ao longo do Ribeirão de Poços e seus afluentes. Na tabela 3, estão dispostos a concentração dos compostos químicos analisados.

Tabela 3- Concentração dos elementos químicos presentes na amostra

Amostra	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L
P1	3,586	0,376	3,400	2,100	3,128	17,100	0,830
P2	6,339	0,594	5,600	3,000	2,244	17,100	1,167
P3	0,658	0,108	1,100	1,300	0,000	17,100	0,000
P4	3,843	0,425	3,900	2,000	2,031	17,100	1,017
P5	2,750	0,294	2,700	1,600	5,342	17,100	0,000
P6	2,179	0,372	2,900	1,000	0,452	17,100	1,194
P7	0,271	0,052	0,600	0,600	0,000	5,700	0,000
P8	6,085	0,677	5,800	2,000	3,065	17,100	0,988
P9	4,139	0,463	5,000	2,500	3,304	28,500	1,312
P10	5,431	0,569	7,000	3,300	5,539	28,500	1,722
P11	4,551	0,498	7,700	3,000	5,821	17,100	1,483
P12	5,410	0,675	6,900	3,200	5,791	28,500	1,266

Fonte: Autores (2021).

Obtendo as concentrações dos elementos e transformando os resultados para meq/L (tabela 4), é possível realizar a o balanço iônico e o cálculo do erro por amostra. Para isso, foi utilizado o coeficiente de erro da análise ($e\%$), com base a equação a seguir (SANTOS, 2008).

$$e\% = \left[\frac{r \sum p - r \sum n}{r \sum p + r \sum n} \right] \cdot 100$$

Onde: $e\%$ – erro associado a amostra, dado em %

$r \sum p$ – Concentração total de cátions em meq/L

$r \sum n$ – Concentração total de ânions em meq/L

Sendo assim, é possível calcular o erro associado à cada amostra, dado na tabela 5.

Tabela 4 – Compostos químicos dados em meq/L

Amostra	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P1	0,179	0,031	0,148	0,054	0,065	0,280	0,023
P2	0,316	0,049	0,244	0,077	0,047	0,280	0,033
P3	0,033	0,009	0,048	0,033	0,000	0,280	0,000
P4	0,192	0,035	0,170	0,051	0,042	0,280	0,029
P5	0,137	0,024	0,117	0,041	0,111	0,280	0,000
P6	0,109	0,031	0,126	0,026	0,009	0,280	0,034
P7	0,014	0,004	0,026	0,015	0,000	0,093	0,000
P8	0,304	0,056	0,252	0,051	0,064	0,280	0,028
P9	0,207	0,038	0,217	0,064	0,069	0,467	0,037
P10	0,271	0,047	0,304	0,084	0,115	0,467	0,049
P11	0,227	0,041	0,335	0,077	0,121	0,280	0,042
P12	0,270	0,056	0,300	0,082	0,121	0,467	0,036

Fonte: Autores (2021).

Segundo Santos (2008), para um coeficiente de erro possuir representatividade, deve ser menor que 10. Como é possível analisar, das amostras em questão, apenas 5 (cinco) obtiveram valores inferiores a 10. Porém isso pode ser justificado a grande interferência do regime chuvoso no rio e nos seus afluentes, além do baixo teor de salinidade presente nas amostras. No entanto, a amostra P3, apresentou um erro de 39,068, valor este considerado alto e com isso, não apresenta confiabilidade nos seus resultados.

Tabela 5 - Erro associado a amostra

Amostra	$r \sum p$	$r \sum n$	e(%)
P1	0,411	0,369	5,465
P2	0,686	0,360	31,141
P3	0,123	0,280	39,068
P4	0,448	0,351	12,049
P5	0,320	0,392	10,086
P6	0,291	0,323	5,264
P7	0,059	0,093	22,394
P8	0,663	0,372	28,103
P9	0,526	0,573	4,270
P10	0,707	0,631	5,653
P11	0,680	0,443	21,050
P12	0,707	0,623	6,313

Fonte: Autores (2021).

A hidroquímica das águas foi analisada utilizando os íons de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- , em conjunto com os diagramas hidroquímicos, como o diagrama de Stiff, Piper e diagrama colunar. Sendo assim, foi possível classificar as águas em relação dos íons predominantes.

Na figura 2, são apresentados os diagramas de Stiff para cada amostra (STIFF, 1951). Com ele é possível identificar que todos os pontos coletados possuem os mesmos elementos em comum, como cátion predominante é o $\text{Na}+\text{K}$ e o ânion HCO_3^- , concentração essa provavelmente provinda em decorrência a formação geológica da região, o Complexo Alcalino de Poços de Caldas, formação essa rica em feldspatos alcalinos (ALVES, 2003).

Além dos diagramas de Stiff, foi realizado a plotagem do diagrama de Piper, figura 3, no qual esse classifica grupos de águas distintos quanto aos íons predominantes. Para sua utilização, deve-se converter os valores obtidos em meq/L para percentagens do total de ânions e cátions (SANTOS, 2008). A classificação química foi realizada subdividindo as amostras em três grupos, sendo eles: os cátions, ânions e geral. Tal resultado é dado na tabela 5.

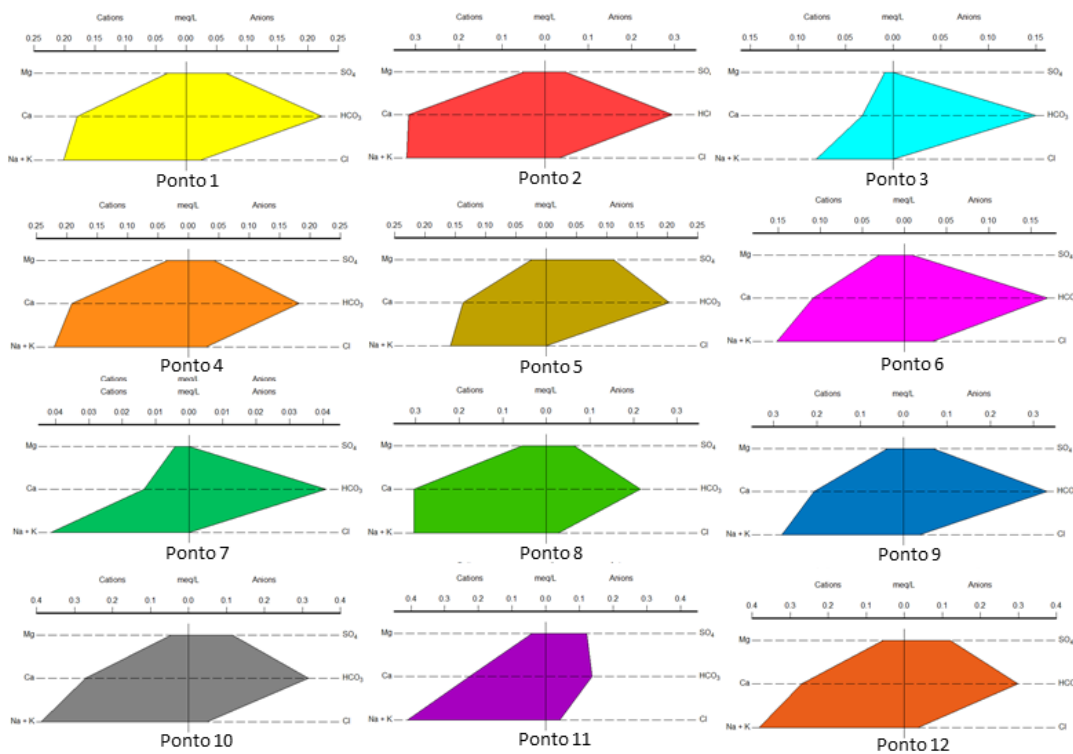


Figura 2: Diagramas colunares dos pontos analisados.
Fonte: Autores (2021).

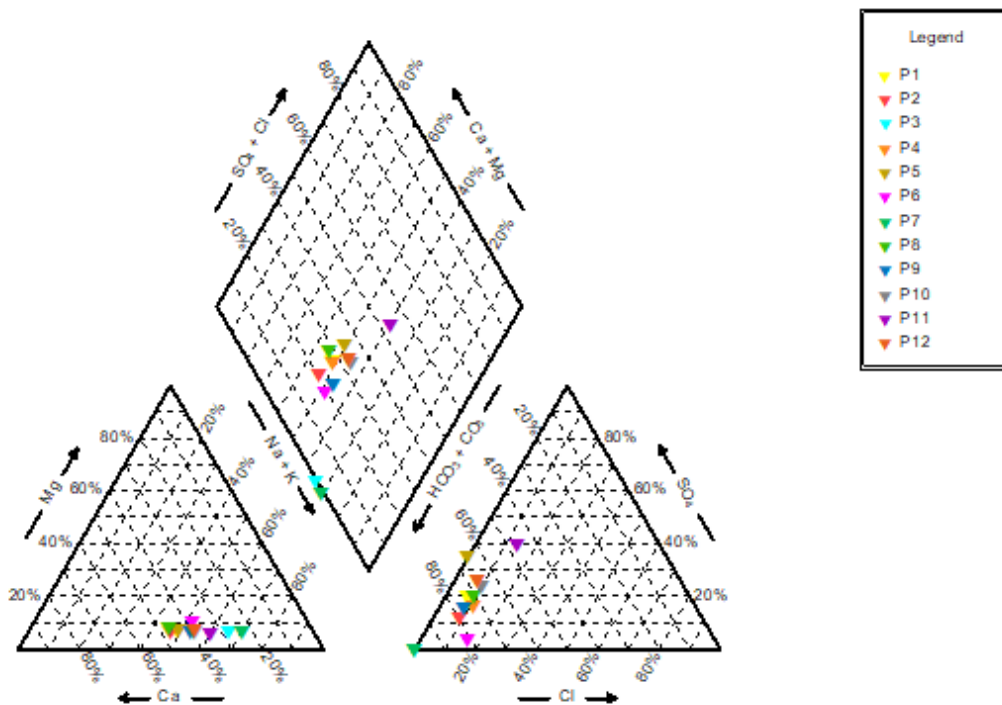


Figura 3: Diagrama de Piper para das amostras.
Fonte: Autores (2021).

Tabela 5- Classificação química segundo o diagrama de Stiff e Piper

Amostra	Classificação Química			
	Stiff	Cátions (Tipo)	Ânions (tipo)	Geral (Piper)
P1	Bicarbonatada Sódica	Nenhum tipo dominante	Bicarbonatada	Bicarbonatada Cálcica
P2	Bicarbonatada Sódica	Nenhum tipo dominante	Bicarbonatada	Bicarbonatada Cálcica
P3	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica
P4	Bicarbonatada Sódica	Nenhum tipo dominante	Bicarbonatada	Bicarbonatada Cálcica
P5	Bicarbonatada Sódica	Nenhum tipo dominante	Bicarbonatada	Bicarbonatada Cálcica
P6	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica
P7	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica
P8	Bicarbonatada Cálcica	Nenhum tipo dominante	Bicarbonatada	Bicarbonatada Cálcica
P9	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica
P10	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica
P11	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Nenhum tipo dominante	Cloretada Sódica
P12	Bicarbonatada Sódica	Sódica	Bicarbonatada	Bicarbonatada Sódica

Fonte: Autores (2021).

Com tais dados, pode-se perceber que a classificação química predominante para o Ribeirão de Poços e seus afluentes é do tipo Bicarbonatada Sódica, para ambas análises gráficas.

Por se tratar de várias análises químicas, optou-se em realizar a plotagem em diagramas colunares, dispostos na figura 4, nos quais relacionam a concentração ou a % dos íons presentes na amostra (SANTOS, 2008). Com os diagramas, é notório a forte presença dos cátions Ca e Na+K. Já os ânions, o elemento marcante foi o HCO₃.

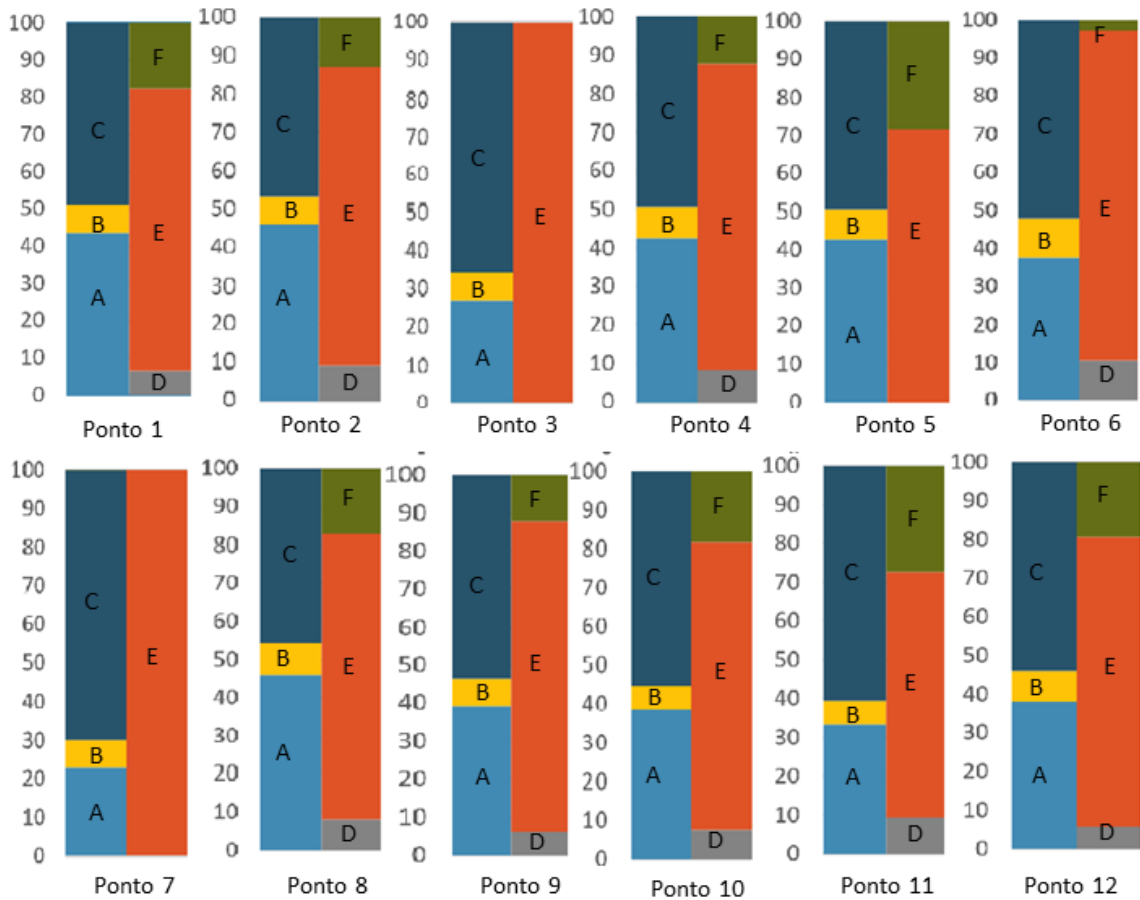


Figura 4: Diagramas colunares para as amostras

Nota: A – Ca^{2+} ; B – Mg^{2+} ; C – $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$; D – SO_4^{2-} ; E – HCO_3^{-} ; F – Cl^{-}

Fonte: Autores (2021).

Por fim, na tabela 6, estão dispostos a classificação das águas para a irrigação. Sendo possível observar que todas as amostras foram classificadas como excelentes quanto ao tipo de água. Assim, todas podem ser utilizadas sem causar qualquer tipo de problemas as plantas em relação a SAR.

Tabela 6 – Classificação do tipo da água em relação ao SAR

Amostra	SAR	Tipo de Água
P1	0,457	Excelente
P2	0,570	Excelente
P3	0,331	Excelente
P4	0,504	Excelente
P5	0,413	Excelente
P6	0,478	Excelente
P7	0,277	Excelente
P8	0,595	Excelente
P9	0,622	Excelente
P10	0,764	Excelente
P11	0,915	Excelente
P12	0,744	Excelente

Fonte: Autores (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as análises químicas foi possível realizar a classificação hidroquímica das águas, visto que o resultado foi o esperado conforme a formação geológica da região, sendo a maioria das amostras classificadas como Bicarbonatadas Sódicas. Com relação aos compostos químicos, não foram apresentadas grandes variações, visto que pela quantidade de compostos químicos encontrados é provável que o tempo de residência da água no solo ou subsolo é baixo, sendo assim, a recarga do Ribeirão de Poços e seus afluentes é realizada pelas chuvas. Com tal efeito, a quantidade de água dos corpos d'água estudados, diminuem bruscamente em épocas de estiagem. Ainda é possível concluir, que as águas do Ribeirão de Poços em conjunto com seus afluentes podem ser utilizadas na irrigação sem causarem danos, visto que todos os pontos amostrados forma classificados como excelente.

REFERÊNCIAS

ALVES, Artur Deodato. **Rochas Vulcanoclásticas do Complexo Alcalino de Poços de Caldas - MG/SP**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-02042014-104025/publico/Alves_Mestrado.pdf. Acesso em: 01 jun. 2021.

AMBIENTE, Instituto Estadual do. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF): metodologia**. Metodologia. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQA-NSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2021.

ANDRADE, Alexandre Carvalho de; RAMOS, Giovanna Moraes; MARTINS, Raphael Miranda. **CRESCIMENTO POPULACIONAL, PAISAGEM E QUALIDADE DE VIDA EM POÇOS DE CALDAS (MG), UMA CIDADE MÉDIA TURÍSTICA. Sociedade e Território**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 27-48, 7 jan. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2177-8396.2019v31n2id18836>.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016. 640 p.

NAKAMURA, C. H.; **Calibração de um modelo de qualidade da água em trecho crítico qualitativo do rio Lambari**. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017.

POÇOS DE CALDAS. PREFEITURA MUNICIPAL. **Relevo**. 2017. Disponível em: <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/relevo/>. Acesso em: 13 jun. 2019.

SANTOS, A. C.; Qualidade das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C et al. **Hidrologia: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. Cap. 5. p. 323-424.

SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **IDE-Sisema**. 2021. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/#>. Acesso em: 22 jun. 2021.

STIFF, Henry A.; The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns. **Journal Of Petroleum Technology**, [s.l.], v. 3, n. 10, p.15-3, 1 out. 1951. Society of Petroleum Engineers (SPE). <http://dx.doi.org/10.2118/951376-g>.

SZIKSZAY, M. Geoquímica das águas. **Boletim IG-USP: Série didática**, São Paulo, n. 5, nov. 1993. 166 p.