

## IV-225 - PROPOSIÇÃO DE MAPA DE QUALIDADE IÔNICA DA ÁGUA PARA REGIÕES METROPOLITANAS – ESTUDO DE CASO: GOIÂNIA, GO

**Diogo Coelho Crispim<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Uberlândia. Pós-Graduado em Engenharia Sanitária e do Ambiental pelo IPOG. Mestrando em Engenharia de Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (PPGEMA/UFG).

**José Vicente Granato de Araújo<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG). Master of Science em Engenharia Civil pela Oklahoma State University (EUA). Doctor of Philosophy in Civil Engineering - Water Resources and Environmental Engineering pela Oklahoma State University (EUA). Gerente de Hidrogeologia da Saneamento de Goiás S/A - SANEAGO e professor Associado da Universidade Federal de Goiás em Goiânia, GO.

**Nilson Clementino Ferreira<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Cartográfico pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo. Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás. Professor da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua 91, no. 771 - Setor Sul – Goiânia – GO - CEP: 74083-150 - Brasil - Tel: (62) 9686-3054 - e-mail: [dccrispim@hotmail.com](mailto:dccrispim@hotmail.com)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Saneamento. Pça. Universitária s/nº, Bl. A, Sl. 6, Setor Universitário - Goiânia, GO – Brasil - CEP:74605-220 Telefone: (62) 3209-6084, Ramal: 207 Fax: (62) 3202-0875. e-mail: [jvgranato@yahoo.com.br](mailto:jvgranato@yahoo.com.br)

**Endereço<sup>(3)</sup>:** Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Saneamento. Pça. Universitária s/nº, Bl. A, Sl. 6, Setor Universitário - Goiânia, GO – Brasil - CEP:74605-220 Telefone: (62) 3209-6084, Ramal: 207 Fax: (62) 3202-0875- e-mail: [nclferreira@gmail.com](mailto:nclferreira@gmail.com)

### RESUMO

Com os diversos problemas de contaminação e escassez em fontes de águas superficiais e aumento do uso dos recursos hídricos subterrâneos, tem-se a crescente preocupação da sociedade e de gestores públicos e privados com a degradação da qualidade desses recursos para usos múltiplos. Tão importante quanto os aspectos quantitativos dos aquíferos, a qualidade da água extraída deve ser considerada. A dependência das águas subterrâneas para o abastecimento público e atividades produtivas tem forçado gestores a desenvolverem programas de preservação mais efetivos bem como de remediação. Ao se avaliar os custos envolvidos em ambas as atividades, a remediação se faz prioritária. Um conceito interessante a se conciliar aos dados que possibilitem a remediação das contaminações é o de qualidade iônica de água subterrânea. As características iônicas da água servem para orientação quanto ao seu uso, pois ao se considerar a carga iônica, tratamentos mais complexos e de maior custo deverão ser realizados, onerando o processo produtivo e assim inviabilizando a instalação das indústrias, ou ocupação doméstica em determinada região. O município de Goiânia é a unidade de controle utilizado no estudo. Situado na Região Centro Oeste do país, é a capital do estado de Goiás. A caracterização iônica das matrizes dos poços avaliados possibilitou classificá-los em sua maioria como bicarbonatados cálcicos e uma amostra sulfatada cálcica. A extensão deste trabalho possibilitará a priorização de regiões a serem exploradas, verificando a existência de áreas com maior carga iônica no município as quais poderão orientar a ocupação de forma consciente, em função do conhecimento de quais tratamentos deverão ser implantados para obter a qualidade necessária dos recursos hídricos subterrâneos, conforme a finalidade do uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade Iônica da Água, Diagrama de Piper, Água Subterrânea, Litologia.

### INTRODUÇÃO

A grande demanda de recursos hídricos, aliada à crescente escassez, exige que as mais diversas fontes de água sejam utilizadas para atender as necessidades de sobrevivência e desenvolvimento em geral. Em diversos casos de uso da água, fatores como volume reduzido para o abastecimento público, baixa qualidade da matriz e elevado volume exigido para as atividades produtivas, alinham o fornecimento para que ocorra a utilização de exploração de águas subterrâneas. O que se deve considerar é que a qualidade da água fornecida é tão

importante quanto os volumes que podem ser explorados (FEITOSA, 2000). A remediação de contaminações existentes tem se mostrado altamente onerosa e difícil de ser realizada devido a limitações técnicas, econômicas e de disponibilidade de especialistas para sua viabilização. Contaminação da água subterrânea tem causado abandono de poços, assim como a perda de importantes áreas de mananciais. Assim os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos estão cada vez mais conscientes que é sempre mais interessante, do ponto de vista econômico, proteger o aquífero que remediá-lo (HIRATA, 1994).

O objetivo deste trabalho é de aplicar a metodologia do diagrama de Piper em regiões metropolitanas e elaborar o mapa de qualidade através da avaliação dos íons predominantes na água subterrânea para o estudo de caso do município de Goiânia, através da compilação de dados mais recentes de monitoramento e utilização de técnicas de geoprocessamento para a manipulação e tratamento dos dados, com a montagem de um banco de dados georreferenciado utilizando um SIG.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados de litologia da área estudada, dados de poços obtidos pelos estudos documentados no trabalho intitulado Hidrogeologia do Estado de Goiás (GOIÁS, 2006) e posteriormente foram realizadas análises para caracterização de água subterrânea, considerando os íons de cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, sódio, potássio e bicarbonato e desta forma, elaborou-se o mapa da classificação iônica tendo como base o diagrama de Piper (PIPER, 1944).

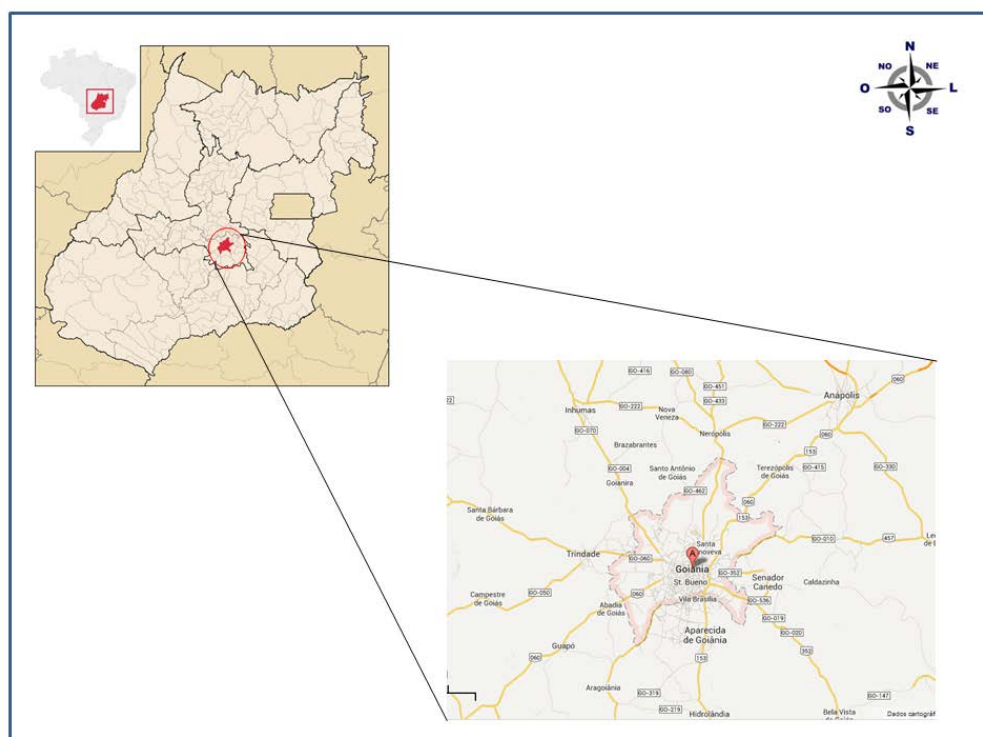
Para a avaliação de dados de qualidade da água subterrânea utilizou-se o programa Qualigraf, desenvolvido por Möbus (2009) por ser de domínio livre e de fácil utilização. Reginato et al (2012) fizeram o uso do programa Qualigraf e construíram os diagramas de Piper para caracterizar hidrogeologicamente e hidroquimicamente o aquífero livre da Formação de Serra Geral, no Rio Grande do Sul. Com a análise dos resultados foi possível verificar que tais águas são do tipo bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, apresentando baixa alcalinidade e condutividade elétrica, menores concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloretos e, maior concentração de ferro e manganês. Verificou-se ainda que as águas possuem elevada concentração de nitratos e presença de coliformes totais. As características analisadas nos gráficos construídos evidenciaram a presença de rápida circulação entre as zonas de recarga e descarga, no aquífero.

Com uma área de aproximadamente 739 km<sup>2</sup>, a região de estudo possui uma geografia contínua, com poucos morros e baixadas, tendo terras planas na maior parte de seu território, com destaque para o rio Meia Ponte. É a segunda cidade mais populosa do Centro-Oeste, sendo superada apenas por Brasília. Situa-se no Planalto Central e é um importante polo econômico da região (MIRAGAYA, 2001), sendo considerada um centro estratégico para setores como indústria, medicina, moda e agricultura. Contudo, tem enfrentado desafios, entre eles a desigualdade social, crescentes problemas de trânsito, índices de criminalidade elevados e o clima seco, resultado da poluição e por se localizar no cerrado brasileiro. Entretanto, Goiânia destaca-se entre as capitais brasileiras por possuir o maior índice de área verde por habitante do Brasil, ultrapassada apenas por Edmonton, no Canadá, em todo o mundo (PEREIRA, 2009).

## **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO**

Goiânia é a capital do décimo segundo estado mais populoso do Brasil, Goiás, situando-se próximo ao paralelo 16°40'43" Sul e do meridiano 49°15'14" Oeste. A área do município é de aproximadamente 739 km<sup>2</sup>. Suas cidades limítrofes são Nerópolis e Goianópolis ao norte, Aparecida de Goiânia ao sul, Senador Canedo e Bela Vista de Goiás a leste e Goianira e Trindade a oeste.

A Figura 1 apresenta a localização do município de Goiânia, capital do estado de Goiás, para início da caracterização da área. Em seguida serão descritas as principais feições geológicas e hidrogeológicas da área de estudo.



**Figura 1 - Localização do Município de Goiânia, GO.**

A região tem como características de uso da terra culturas diversificadas e de criação. O terreno é composto por latossolo vermelho (IBGE, 2006). Fazendo o uso do Mapa de Domínio/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2006), define-se a região com Domínio Hidrogeológico composto por Metassedimentos/Metavulcânicas, Poroso/Fissural, Cristalino e formações Cenozoicas, cujas características são apresentadas a seguir.

- **Metassedimentos/Metavulcânicas:** baixa favorabilidade hidrogeológica - Os litótipos relacionados aos metassedimentos/metavulcânicas reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfibolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvascas, metavulcanicas que estão relacionadas ao denominado aquífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água é na maior parte das vezes salinizada. Apesar deste domínio ter comportamento similar ao do Cristalino tradicional (granitos, migmatitos etc.), uma separação entre eles é necessária, uma vez que suas rochas apresentam comportamento reológico distinto, isto é, como possuem estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água. Deve ser esperada, portanto, uma maior favorabilidade hidrogeológica neste domínio do que esperado para o Cristalino tradicional. Podem ser enquadrada neste domínio grande parte das supracrustais, aí incluídos os “greenstones belts” (CPRM, 2001).
- **Poroso/Fissural:** média a baixa favorabilidade hidrogeológica - Este domínio hidrogeológico, envolve pacotes sedimentares (sem ou com muito baixo grau metamórfico) onde ocorrem litologias essencialmente arenosas com pelitos e carbonatos no geral subordinados, e que tem como características gerais uma litificação acentuada, forte compactação e fraturamento acentuado, que lhe confere além do comportamento de aquífero granular com porosidade primária baixa/média, um comportamento fissural acentuado (porosidade secundária de fendas e fraturas), motivo pelo qual se prefere enquadrá-lo com mais propriedade como aquífero do tipo misto, com baixa a média favorabilidade hidrogeológica, onde-se enquadra neste domínio a maior parte das bacias proterozóicas de natureza eminentemente dendrítica.

- **Cristalino:** baixa/muito baixa favorabilidade hidrogeológica - No Cristalino, foram reunidos basicamente, granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, básicas e ultrabásicas, que constituem o denominado tipicamente como aquífero fissural. Como na maioria destes litótipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o que apresente menor possibilidade ao acúmulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais.
- **Formações Cenozoicas:** As Formações Cenozoicas são definidas como pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas, que recobrem as rochas mais antigas. Em termos hidrogeológicos, tem um comportamento de aquífero poroso, caracterizado por possuir uma porosidade primária, e nos terrenos arenosos uma elevada permeabilidade. A depender da espessura e da razão areia/argila dessas unidades, podem produzir vazões significativas nos poços tubulares perfurados, sendo, contudo bastante comum que os poços localizados neste domínio, captem água dos aquíferos subjacentes. Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluviões, coluviões, depósitos eólicos, areias litorâneas, depósitos fluvio-lagunares, arenitos de praia, depósitos de leques aluviais, depósitos de pântanos e mangues, coberturas detriticas e detriticas-lateriticas diversas e coberturas residuais).

A área de estudo está compreendida na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, apresentando grande potencialidade para a agricultura irrigada, especialmente para o cultivo de frutíferas, de arroz e outros grãos (milho e soja). Atualmente, a necessidade de uso de água para irrigação corresponde a 66% da demanda total da região e se concentra na sub-bacia do Araguaia devido ao cultivo de arroz por inundação. A área irrigável (por inundação e outros métodos) é estimada em 107.235 hectares.

A Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia possui uma área de 967.059 km<sup>2</sup> (11% do território nacional) e abrange os estados de Goiás (26,8%), Tocantins (34,2%), Pará (20,8%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (14,3%) e o Distrito Federal (0,1%). Grande parte situa-se na Região Centro-Oeste, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a sua confluência, e daí, para jusante, adentra na Região Norte até a sua foz.

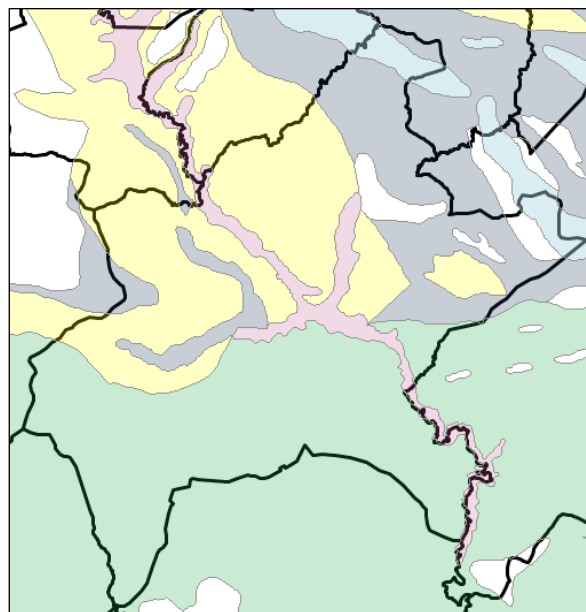
Cerca de 7,9 milhões de pessoas vivem na região hidrográfica (4,7% da população nacional), sendo 72% em áreas urbanas. A densidade demográfica é de 8,1 hab./km<sup>2</sup>, bem menor que a densidade demográfica do país (19,8 hab./km<sup>2</sup>) (ANA, 2008).

## CONSTRUÇÃO DO MAPA DE QUALIDADE IÔNICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com a finalidade de realizar a construção do mapa de qualidade iônica das águas subterrâneas, foram avaliadas a ocorrência dos estratos de cobertura na região, os dados de água subterrânea no município de Goiânia avaliados de acordo com os dados dos poços extraídos do banco de dados do SIEG e SIAGAS, convenientemente plotados e georeferenciados, finalizando com a construção do gráfico de qualidade iônica fazendo o uso do programa Qualigraf. As etapas da construção do mapa são descritas a seguir.

### 1ª. FASE: OCORRÊNCIA DE ESTRATOS DE COBERTURA

A natureza geológica constitui o principal componente da dinâmica dos processos relacionados às águas subterrâneas na superfície terrestre. Nesse sentido, na Figura 2 tem-se destacada a litologia (tipos de rochas e suas variações), estratigrafia (empilhamento das diversas unidades), tectônica e estruturação (deformações por dobramentos e fraturamentos), sedimentologia (ambientes de formação das rochas supracrustais) e geoquímica (composição química das diferentes rochas). Portanto, a abordagem dos aspectos geológicos, no desenvolvimento de um trabalho sobre a hidrogeologia de determinada região, é imprescindível e de relevante importância.



**Figura 2 – Características Litológicas do município de Goiânia, GO.**

**Legenda:**

- Sericita xisto, Muscovita quartzito
- Charnockito, Serpentinito, Talco xisto, Metanorito, Metapiroxenito, Metagabro
- Rocha calcissilicática, Gondito, Gnaiss, Mármore
- Depósitos de silte, Depósitos de argila
- Metatonalito, Metagranito

A região tem como composição litológica principal as seguintes características:

- Sericita xisto, Muscovita quartzito – compreende muscovita - quartzo xistos, cianita, muscovita xistos, estauroлита-granada-muscovita xistos, sericitaclorita xistos grafitosos, hematita-magnetita quartzitos, muscovita quartzitos granadíferos e metacherts. Têm em sua estrutura a presença xisto, que tem variavelmente seguintes proporções dos compostos: Sílica SiO<sub>2</sub>; Alumínio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Óxidos de Ferro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Óxido de Cálcio CaO; Óxido de Magnésio MgO; Óxido de Sódio Na<sub>2</sub>O; Óxido de Potássio K<sub>2</sub>O; Óxido de Titânio TiO<sub>2</sub> (PORTO ALEGRE, 1995) onde, através de abrasão, podem sofrer lixiviação e alterar as características da amostra líquida.
- Charnockito, Serpentinito, Talco xisto, Metanorito, Metapiroxenito, Metagabro – Estas rochas ocorrem em Goiás aflorando no Morro Feio, sua localidade-tipo, 25 km a sul de Goiânia, a norte de Hidrolândia. Consistem de serpentinitos, talco xistos, clorita xistos, talco-actinolita xistos e talco-clorita xistos, por vezes com lentes de cromita podiforme (MELLO & BERBERT, 1969). Têm em sua composição elevados teores de Sílica SiO<sub>2</sub>; Alumínio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Óxidos de Ferro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Óxido de Cálcio CaO; Óxido de Magnésio MgO; Óxido de Sódio Na<sub>2</sub>O; Óxido de Potássio K<sub>2</sub>O; Óxido de Titânio TiO<sub>2</sub> e elementos traços de zircônio Zr, como zircão, nióbio Ni, cromo Cr e bário Ba (BEGHELLI, 2012).
- Rocha calcissilicática, Gondito, Gnaiss, Mármore – O Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu ocorre em faixa alongada NW-SE da porção sudeste de Goiás, estendendo-se desde a cidade de Itaguaru, no norte, até Pires do Rio, no sul. O complexo está em contato tectônico, marcado por extensas zonas de cisalhamento transcorrentes contracionais com o Grupo Araxá e zonas de cisalhamento transcorrentes NW-SE com a Sequência Silvânia e o Granito Jurubatuba (BUTCHER, 2011).
- Depósitos de silte, Depósitos de argila – Bacia Bananal ocupa cerca de 68.000 km<sup>2</sup> e é preenchida pelos sedimentos da Formação Araguaia, depositados pelo Rio Araguaia e compostos de conglomerados, siltes e areias assentados sobre rochas do embasamento cristalino, formações devonianas e intrusões alcalinas do Cretáceo.

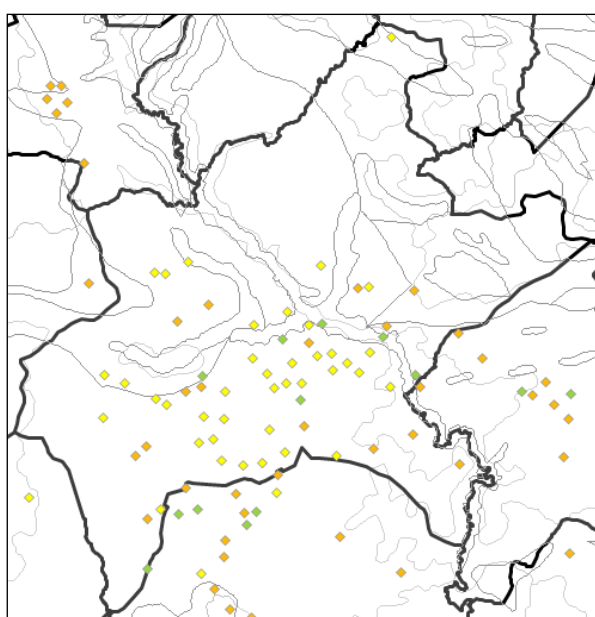


- Metatonalito, Metagranito – A unidade inclui o Granito Jurubatuba (PIUZANA, 2002), localizado a norte de Silvânia e rochas da Associação Ortognáissica Migmatítica (OLIVEIRA et al., 1997) composta de gnaisses e migmatitos paleoproterozóicos.

## 2ª. FASE: DADOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO

Para definição dos poços no estudo proposto foram utilizados os levantados pelo estudo documentado pelo trabalho Hidrogeologia do Estado de Goiás (GOIÁS, 2006) onde foram observados que os poços na região do Município de Goiânia têm variadas profundidades, existindo maior volume de poços de 20 a 50 metros de profundidade, conforme mostrado na Figura 3.

O grupo de dados plotados do município de Goiânia serão avaliados de acordo com o banco de dados SIG fornecidos pela literatura através do site da CPRM, SIAGAS, <http://siagasweb.cprm.gov.br>.



**Figura 3 – Distribuição de poços no município de Goiânia.**

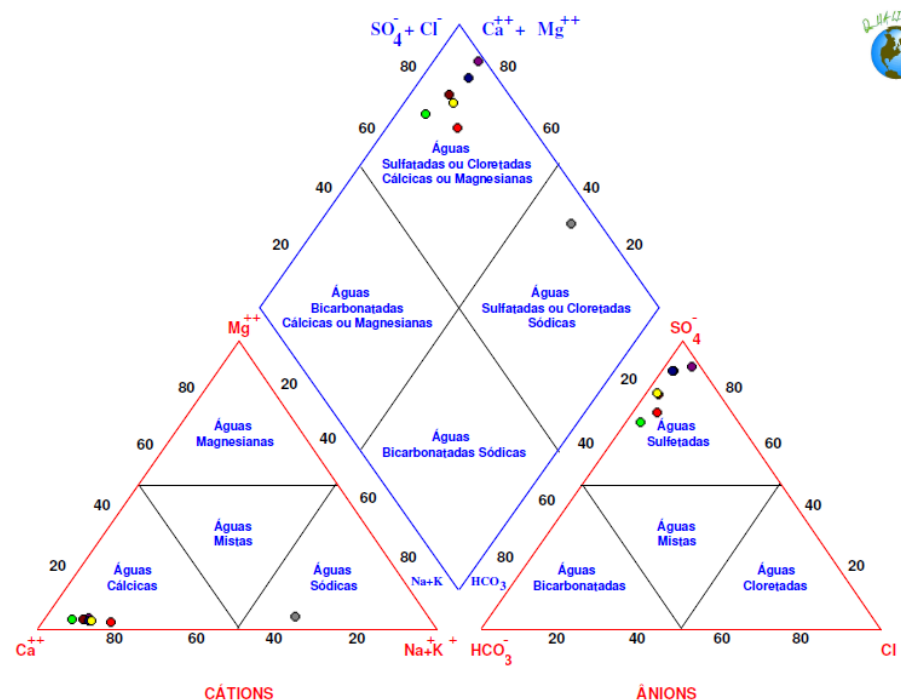
Legenda:

<span style="color: green;">■</span>	Profundidade: até 5 m
<span style="color: green;">■</span>	Profundidade: 5 a 20m
<span style="color: yellow;">■</span>	Profundidade: de 20 a 50m
<span style="color: orange;">■</span>	Profundidade: > 50m

## 3ª. FASE: CLASSIFICAÇÃO PELO DIAGRAMA DE PIPER

Para a avaliação da qualidade, será construído o Diagrama de Piper, ilustrado na Figura 4, através do programa Qualigraf (MÖBUS, 2009), que serve para classificação e comparação dos distintos grupos de águas tendo em vista os íons dominantes. A análise orientará quanto ao uso deste recurso, pois a relação entre as espécies determinará se a matriz aquosa é: Água Sulfatada (Cálcicas ou Magnesianas) ou Cloretadas (Cálcicas ou Magnesianas); Água Bicarbonatada (Cálcicas ou Magnesianas); Água Bicarbonatada Sódica; Água Sulfatada Sódica ou Cloretada Sódica (PIPER, 1944).

As características da água servirão para orientação quanto seu uso, pois dependendo da carga iônica tratamentos mais complexos e de maior custo deverão ser realizados, onerando o processo produtivo e assim inviabilizando a instalação das indústrias em determinada área (ZAPOROZEC, 1972).



Classificação Hidroquímica

Figura 4: Diagrama de Piper com as representações das Classificações Hidroquímicas da água (Qualigraf, 2009).

## RESULTADOS OBTIDOS

Com análise de dez amostras pôde-se verificar a aderência dos dados com o Diagrama de Piper. Foram ensaiados os parâmetros de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, alcalinidade carbonata e alcalinidade bicarbonata, sulfatos e condutividades. Com esta caracterização, realizou-se a caracterização da matriz. As amostras analisadas estão detalhadas na Tabela 01.

Tabela 01: Dados químicos em mg/L, nas amostras de água para avaliação das características iônicas da matriz subterrânea.

Amostra	Coordenadas	Cidade	Data de Análise	Alc. CO3	Alc. HC O3	Cl-	Ca	Cond	Mg	K	Na	SO4
Amostra01	16°41'41.12"S; 49°17'10.25"O	GOIÂNIA	10/10/2012	< LQ	42,6	21,14	21,2	157	0,2	0,53	17,7	< LQ
Amostra02	16°37'2.12"S; 49°15'43.03"O	GOIÂNIA	15/04/2013	< LQ	49,2	14,8	24,64	132,00	0,244	< LQ	12,4	1
Amostra03	16°37'3.48"S; 49°15'44.92"O	GOIÂNIA	19/09/2012	< LQ	63,7	4,26	25,88	143,00	0,256	< LQ	22,6	44
Amostra04	16°40'42.41"S; 49°16'33.93"O	GOIÂNIA	03/04/2012	< LQ	48,6	23,76	19,1	182,3	3,29	2,43	16	< LQ
Amostra05	16°40'46.40"S; 49°16'33.13"O	GOIÂNIA	15/05/2013	< LQ	50,0	13,32	19,6	170,1	0,24	0,04	5,04	< LQ
Amostra06	16°38'54.52"S; 49°12'45.51"O	GOIÂNIA	26/03/2013	< LQ	44,3	12,9	29,57	157,60	0,226	< LQ	4,87	< LQ
Amostra07	16°38'55.91"S; 49°12'44.43"O	GOIÂNIA	26/03/2013	< LQ	45,2	7,41	21,06	149,80	0,151	< LQ	4,98	< LQ
Amostra08	16°38'54.73"S; 49°12'46.01"O	GOIÂNIA	26/03/2013	< LQ	44,2	10,5	24,04	139,80	0,293	< LQ	7	< LQ
Amostra09	16°42'42.42"S; 49°21'34.18"O	GOIÂNIA	04/01/2012	< LQ	46,8	14	15,89	114,60	0,138	< LQ	7,49	< LQ
Amostra10	16°38'54.87"S; 49°12'41.63"O	GOIÂNIA	26/03/2013	< LQ	37,7	17,9	24,71	147,80	0,220	< LQ	13,5	< LQ

Fazendo o cálculo através de teor dos íons em mg/L, plotados no programa Qualigraf, tem-se os valores e a classificação da água ao se avaliar os sólidos totais dissolvidos destas matrizes, conforme Figura 05.

nº	nome	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO+HCO	SO4	C.E.	STD (mg/L)	Classificação
1	Amostra01	0,78	1,06	0,02	0,6	0,7	0,0	157,0	102,1	Água Doce
2	Amostra02	0,54	1,23	0,02	0,42	0,81	0,02	132,0	85,8	Água Doce
3	Amostra03	0,98	1,29	0,02	0,12	1,04	0,92	143,0	93,0	Água Doce
4	Amostra04	0,76	0,95	0,27	0,67	0,8	0,0	182,3	118,5	Água Doce
5	Amostra05	0,22	0,95	0,02	0,38	0,82	0,0	170,1	110,6	Água Doce
6	Amostra06	0,21	1,48	0,02	0,36	0,73	0,0	157,6	102,4	Água Doce
7	Amostra07	0,22	1,05	0,01	0,21	0,74	0,0	149,8	97,4	Água Doce
8	Amostra08	0,3	1,2	0,02	0,3	0,72	0,0	139,8	90,9	Água Doce
9	Amostra09	0,33	0,79	0,01	0,39	0,77	0,0	114,6	74,5	Água Doce
10	Amostra10	0,59	1,23	0,02	0,51	0,62	0,0	147,8	96,1	Água Doce

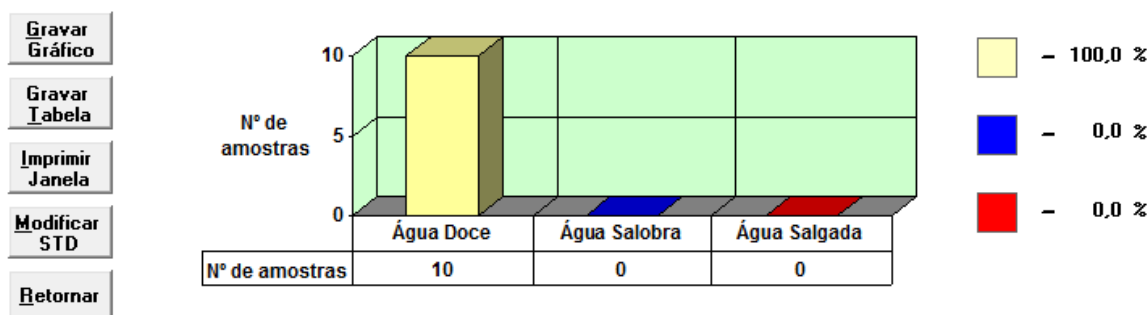
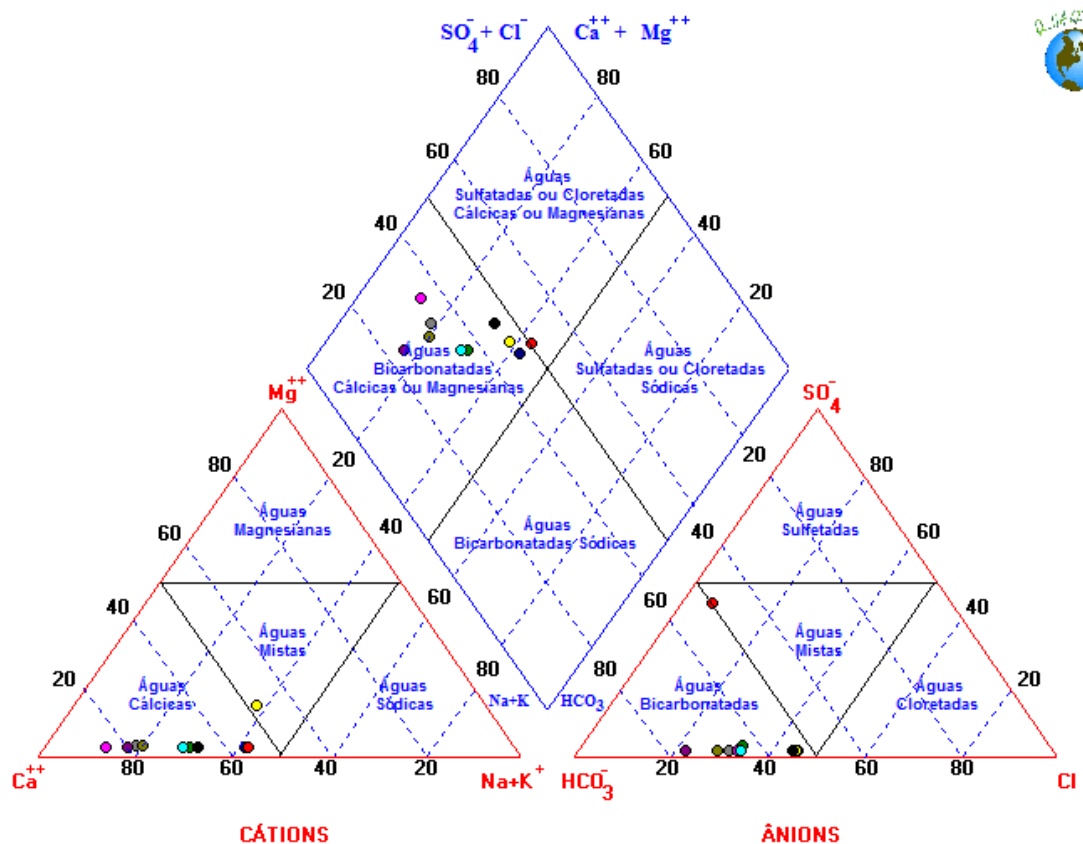


Figura 05: Avaliação de Sólidos Totais Dissolvidos no programa Qualigraf e análise de salobridade das amostras.

A Figura 06 apresenta o Diagrama de Piper mostrando os parâmetros de 10 amostras no município de Goiânia, permitindo a análise relativa às características iônicas das águas subterrâneas, bem como sua classificação.





Legenda	Amostra
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span>	Amostra01
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green; border:1px solid black;"></span>	Amostra02
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	Amostra03
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	Amostra04
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:gray; border:1px solid black;"></span>	Amostra05
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgray; border:1px solid black;"></span>	Amostra06
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple; border:1px solid black;"></span>	Amostra07
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:olive; border:1px solid black;"></span>	Amostra08
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span>	Amostra09
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:black; border:1px solid black;"></span>	Amostra10

Figura 06: Diagrama de Piper com a plotagem e classificação das amostras no município de Goiânia.

## CONCLUSÕES

Avaliando-se os resultados das amostras observa-se predominantemente a presença de águas Bicarbonatadas Cálceas, havendo apenas o caso da Amostra 03 que seria classificada como Sulfatada Cálcea. Desta forma, o uso da água deve ser avaliado, pois, água com as características apresentadas tem maior tendência à formação de cristais, os quais se precipitam nas tubulações, gerando incrustações. Com a existência do mapa de qualidade proposto pela avaliação dos íons predominantes na água subterrânea têm-se embasamento para alinhar as atividades produtivas por regiões, ou pelo menos se conhecer os gastos a serem incorporados ao processo ao se realizar o tratamento da água antes de seu uso.

De posse dessas informações, e caso elas tenham se baseado em amostragem com densidade e espacialização satisfatórias, os gestores disporão de uma ferramenta eficaz visando proporcionar uma ocupação mais consciente do espaço urbano, podendo assim estabelecer diretrizes condizentes para o uso do solo visando

redução de custos de instalações industriais. Além disso, haverá maior base de dados para ocupação de áreas de construções habitacionais onde novas perfurações de poços tubulares só poderão ser autorizadas caso haja possibilidade de uso da água para consumo humano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional de Águas. Bacias Hidrográficas, 2008. Disponível em <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/TocantinsAraguaia.aspx>> Acessado em 28 de junho de 2012.
2. BEGHELLI, L. P. J. Charnockitos e Ortognaisses da Porção Centro-Oeste do Bloco Arqueano de Goiás: Dados Geoquímicos e Isotópicos. Brasília: (UnB), 2012. Dissertação de Mestrado em Geociências – Instituto de Geociências – IG, Universidade de Brasília.
3. BUTCHER, K. & Grapes, R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. 8º Ed., Springer, 428 pag.
4. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. CPMW, Central de Publicação de Mapas na WEB, 2006 - Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)> Acessado em 30 de junho de 2013.
5. CPRM, Petrobrás. In: Mapa Tectônico do Brasil, 2001. CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/RecHidSub.pdf>> Acessado em 27 de junho de 2013.
6. FEITOSA, A.C.; FILHO, J.M. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. Fortaleza, Brasil, 2000. 2ª Edição, 391p il.
7. GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Hidrogeologia do Estado de Goiás. Por Leonardo de Almeida, Leonardo Resende, Antônio Passos Rodrigues, José Eloi Guimarães Campos. Goiânia, 2006.
8. HIRATA, R. Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas: Estudos de Casos no Estado de São Paulo. 1994. 195 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
9. IBGE. Mapas de Solo, 2006. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer.htm>> Acessado em 24 de abril de 2013.
10. MELLO, J.C.R.; BERBERT, C.O. Investigação geológico-econômica da área do Morro Feio, Hidrolândia, Goiás. Rio de Janeiro: DNPM/ DFPM, 1969. 73p. (Boletim 132).
11. MIRAGAYA, J. A região de Brasília - Goiânia: formação, problemas e potencialidades. Revista de Conjuntura nº. 05 Jan/Mar-2001, Brasília, Distrito Federal, 2001.
12. MÖBUS, G., QUALIGRAF – Programa para auxiliar na análise e interpretação gráfica de dados hidroquímicos, 2009, Disponível para download gratuito em <<http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/index.htm>>
13. OLIVEIRA, C.G.; SINTIA, A.V.; BARBOSA, I.O. Influência da deformação transcorrente - NS na mineralização aurífera na sequência vulcano-sedimentar de Mara Rosa. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 6, 1997, Cuiabá. Ata. Cuiabá: SGB, 1997. p.59-61.
14. PEREIRA A., Arborizada e planejada, Goiânia se destaca por parques e museus. Folha de São Paulo on-line, 2009. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/turismo/noticias/ult338u562466.shtml>>, Acessado em 23 de abril de 2013.
15. PIPER, A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions of the American Geophysical Union. Washington (DC), Part VI, p. 914-928.
16. PIUZANA, D. Geologia Isotópica U-Pb e Sm-Nd da Sequência Silvânia, Complexo Anápolis-Itaçu e Grupo Araxá na Região de Leopoldo de Bulhões, Goiás: Contribuições ao Estudo da Evolução da Faixa Brasília. 2002. 141p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2002.
17. PORTO ALEGRE, H.K. Aspectos hidrogeoquímicos em área reabilitada na mineração do xisto em São Mateus do Sul, Paraná, Brasil. Curitiba: UFPR, 1995. Dissertação Mestrado em Geologia Ambiental - Curso de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná.
18. REGINATO, P.A.R.; AHLERT, S.; GILIOLI, K. C.; CEMIN, G. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre localizado no manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 2012, Sin mes, 143-162.
19. ZAPOROZEC, A. Graphical Interpretation of Water-Quality Data. Ground Water, 10: 32–43. (1972) DOI: 10.1111/j.1745- 6584.1972.tb02912.x