

PROPOSIÇÃO DE MAPA DE QUALIDADE IÔNICA DA ÁGUA PARA REGIÕES METROPOLITANAS – ESTUDO DE CASO: SENADOR CANEDO-GO

Diogo Coelho Crispim⁽¹⁾

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

José Vicente Granato de Araújo⁽²⁾

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⁽³⁾

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⁽¹⁾: Rua 91, n. 771, Setor Sul – Goiânia – GO - CEP: 74083-150 - Brasil - Tel: (62) 9686-3054 - e-mail: dccrispim@hotmail.com

RESUMO

As atividades antrópicas e a crescente expansão urbana têm provocado um profundo desgaste das águas superficiais e a busca de fontes alternativas de recursos hídricos. Observa-se desta forma a crescente preocupação da sociedade com a degradação das águas subterrâneas. A dependência das águas subterrâneas para abastecimento público e atividades produtivas tem forçado os gestores a desenvolverem programas de preservação mais efetivos bem como de remediação. Devido aos custos envolvidos em ambas as atividades, a remediação se faz prioritária. A definição da qualidade das águas subterrâneas considera os conjuntos de características químicas da matriz aquosa e a forma como ocorre a resposta organoléptica, características como acidez e basicidade, e desta forma se esta pode ser utilizada sem tratamento, ou quão complexo deve ser este tratamento para o uso a que se destina. O município de Senador Canedo é a unidade de controle utilizada no estudo, situada no estado de Goiás é um município brasileiro pertence à região metropolitana de Goiânia e constitui o maior polo petroquímico do Centro-Oeste. O mapa de qualidade da água proposto, construído pela metodologia do diagrama de Piper, possibilita a exploração consciente do aquífero, verificando a necessidade de tecnologias para tratamento antes do uso desta água avaliando a viabilidade de tal exploração.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de água subterrânea, Diagrama de Piper, Ocupação Urbana

INTRODUÇÃO

Os grandes centros urbanos têm observado a crescente escassez dos mananciais de água. A dificuldade para utilização de fontes superficiais com qualidade adequada tem orientado o crescente esforço para uso das águas subterrâneas como fonte de abastecimento público e atividades produtivas. Desta forma os gestores são forçados a desenvolverem programas de preservação ambiental mais efetivos, bem como a adoção de medidas de remediação dos recursos hídricos, visando à garantia da qualidade que atenda as legislações conforme o uso pretendido.

Embora os aquíferos, por se encontrarem no subsolo, constituam em uma fonte naturalmente mais protegida, as ações visando a remediação de contaminações existentes, têm se mostrado altamente onerosas e complexas devido às limitações técnicas, econômicas e de disponibilidade de especialistas para viabilizar a sua realização. Desta forma os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos estão cada vez mais conscientes que é mais conveniente proteger o aquífero a remediá-lo (HIRATA, 1994). O resultado é a demanda cada vez maior pelo desenvolvimento e uso de técnicas de mapeamento de vulnerabilidade à contaminações dos aquíferos. Tal cartografia visa compatibilizar as atividades antrópicas com a capacidade de suporte ambiental do terreno.

A ocupação de áreas urbanas e rurais é extremamente complexa apresentando diversas atividades potencialmente poluentes (FOSTER, 1987). Programas de proteção de águas subterrâneas, que visam controlar ou monitorar todas estas atividades são pouco consistentes economicamente, administrativa e socialmente. A melhor estratégia para garantir a eficácia destes programas deve considerar prioritariamente: a) identificação das áreas mais susceptíveis a contaminação ou atividades que representem maior ameaça à qualidade da água; b) determinação da capacidade de degradação de contaminantes que a zona não saturada apresenta; c) controle de ocupação de áreas mais sensíveis à contaminação dos aquíferos; d) proteção de mananciais que são ou serão utilizados para abastecimento público destinando recursos financeiros e técnicos de órgãos controladores em estudos mais detalhados e e) aplicação de programas de monitoramento, visto que, conhecendo as características hidrogeológicas da região dos empreendimentos a serem instalados e dos contaminantes gerados no processo produtivo é possível reduzir custos e exigências ambientais para instalação das novas atividades.

Para definição da qualidade iônica das águas subterrâneas, podem ser considerados os conjuntos de características químicas da zona não saturada e/ou da área confinante que, juntas, controlam a diluição dos elementos no aquífero dando características consequentes destes íons solubilizados (FERNANDES, 2003).

A cidade de Senador Canedo, situada no estado de Goiás, é um município brasileiro que possui como principal atividade econômica, o complexo petroquímico de armazenamento e logística da Transpetro, subsidiária da Petrobras e indústrias relacionadas. Além do pólo petroquímico, destaca-se ainda o setor comercial, em ampla ascensão, bem como a expansão dos empreendimentos imobiliários (SENADOR CANEDO, 2013), por se localizar próximo à capital Goiânia.

A metodologia utilizada para desenvolvimento do mapa de qualidade iônica é descrita por Piper e visa a elaboração de um diagrama. O diagrama de Piper consiste em uma forma gráfica de apresentação de dados que não exige profundos conhecimentos de química para sua construção e interpretação. Devem ser conhecidos os valores de concentração de sódio, potássio, magnésio e cálcio para avaliação de cátions e sulfato, carbonato, bicarbonato e cloreto para avaliação de ânions, através da proporção destes íons presentes na amostra aquosa. Os triângulos de cátions e ânions identificam quais os íons são predominantes e o losango de projeção gerado define o tipo da água analisada. Classificam-se em 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).

No ponto de vista hidrogeológico a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto os aspectos quantitativos nos aquíferos. É definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que seus constituintes podem causar. Os processos que influem a evolução das características qualitativas podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero. Fatores como clima, contato água/meio físico, composição da água de recarga são determinantes para a análise da qualidade (FEITOSA, 2000).

Para classificação e comparação de grupos de matrizes aquosas quanto à presença e concentração iônica, o diagrama de Piper é frequentemente utilizado. A extensão bibliográfica sobre o assunto é bastante ampla e softwares para construção de gráficos para melhor correlação entre as espécies estão à disposição para análise. O Qualigraf, desenvolvido por Möbus (2009) é um software livre e de fácil utilização que foi escolhido para a avaliação de dados de qualidade de água e será utilizado como ferramenta complementar a esta pesquisa.

OBJETIVO

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 Senador Canedo, através da compilação de informações 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.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizando a estruturação para a construção dos mapas de qualidade iônica de águas subterrâneas para ambientes urbanos será apresentada a metodologia utilizada para a construção do mapa de qualidade da água e

caracterização da região a ser estudada, a cidade de Senador Canedo, pertencente à região metropolitana de Goiânia, capital do Estado de Goiás.

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo utilizada neste trabalho considera o município de Senador Canedo, que consiste no maior polo petroquímico da região Centro-Oeste, o que possibilita o município se posicionar como a sexta maior economia do Estado (SEPLAN-GO, 2012). Situa-se próximo ao paralelo 16°42'28" Sul e ao meridiano 45°05'34" Oeste. A área do município é de aproximadamente 245 km². Suas cidades limítrofes são Goiânia, Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Caldazinha, Bonfinópolis e Goianópolis.

A Figura 1 apresenta a localização geográfica do município de Senador Canedo, pertencente à região Metropolitana de Goiânia, para caracterização da área em relação ao estado de Goiás, bem como em relação aos municípios limítrofes. Em seguida serão descritas as principais feições geológicas e hidrogeológicas da área de estudo.

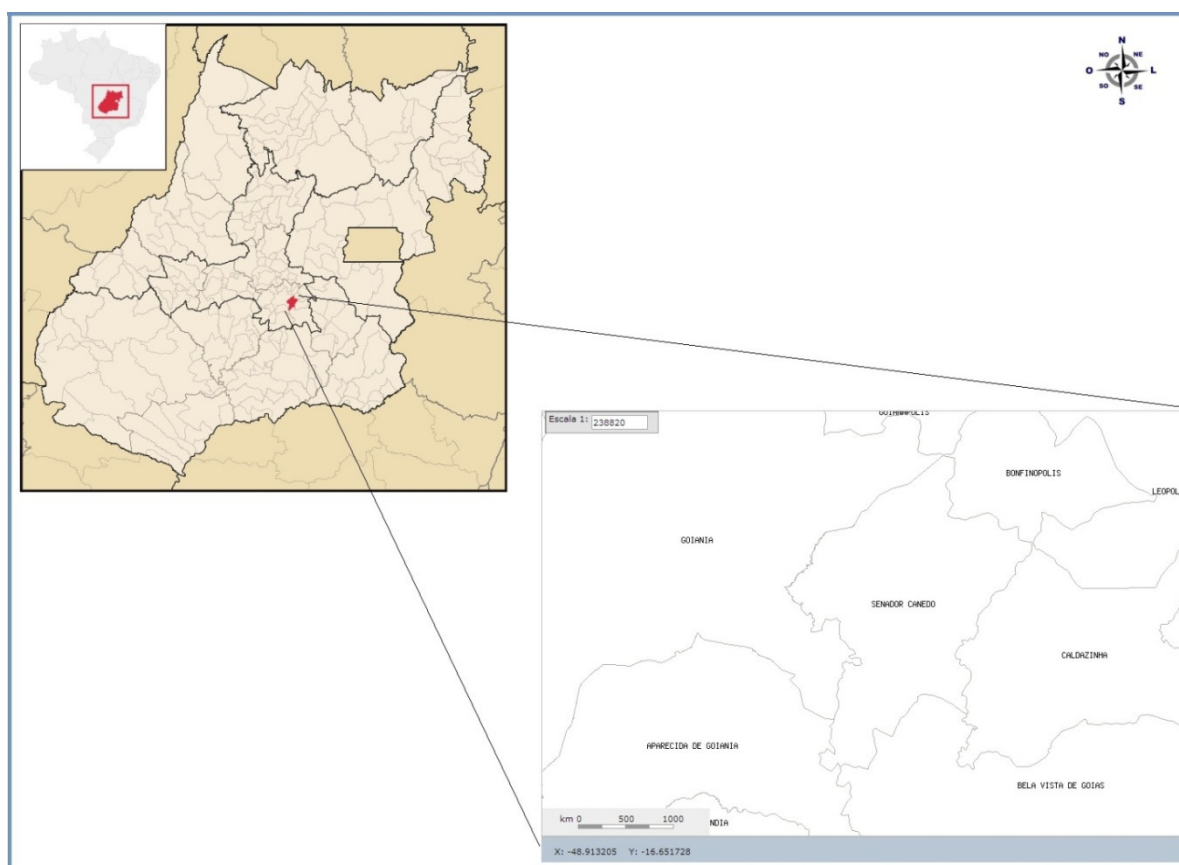


Figura 1 - Localização do Município de Senador Canedo, GO (CPRM, 2006).

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, define-se a região com Domínio Hidrogeológico composto por: Metassedimentos/Metavulcânicas; Poroso/Fissural; Cristalino e formações Cenozoicas, cujas características serão descritas a seguir.

- Metassedimentos/Metavulcânicas: baixa favorabilidade hidrogeológica – os litótipos relacionados aos metassedimentos/metavulcânicas reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfíbolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvas, metavulcânicas diversas etc., 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 de este 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 elas tem 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 detritica.

A área de estudo está compreendida na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Esta área apresenta 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 km² (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./km², bem menor que a densidade demográfica do país (19,8 hab./km²) (ANA, 2008).

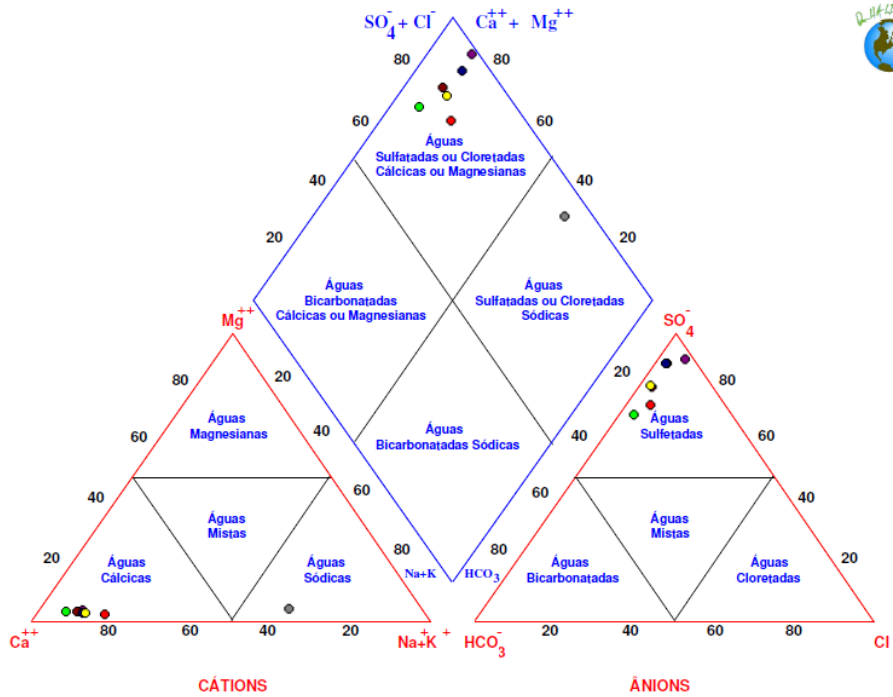
PROPOSIÇÃO DE CONSTRUÇÃO DO MAPA DE QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A partir dos resultados das análises físico-químicas, será elaborado um diagrama de Piper para classificar as águas quanto à predominância dos íons e sua potabilidade. A representação desses diagramas é feita em três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e os ânions, sendo possível identificar a fácies hidroquímicas. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango mostra sua posição e classifica a amostragem de acordo com fácies (LOBATO, 2008).

Para a avaliação da qualidade, será utilizado o diagrama de Piper, através do software Qualigraf (MÖBUS, 2009), que serve para classificação e comparação dos distintos grupos de águas tendo em vista os íons dominantes. A Figura 2 representa o gráfico obtido através da análise no Qualigraf. 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).

Ao se fazer uso do software Qualigraf (2009) serão necessários dados de cálcio, magnésio, sódio e potássio considerando-se os cátions e sulfato, cloretos, carbonatos e bicarbonatos ao se avaliar os ânions.

Os parâmetros de qualidade da água serão ensaiados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Cálcio, sódio, potássio e magnésio serão avaliados em espectrometria de absorção atômica. Sulfato será analisado por espectrofotometria e os parâmetros cloretos, carbonatos e bicarbonatos serão ensaiados por titulometria.



Classificação Hidroquímica

Figura 2: Diagrama de Piper com as representações das Classificações Hidroquímicas da água (Qualigraf, 2009).

Para levantamento dos poços a serem monitorados foi utilizada a base de dados da CPRM, segundo Figura 3.

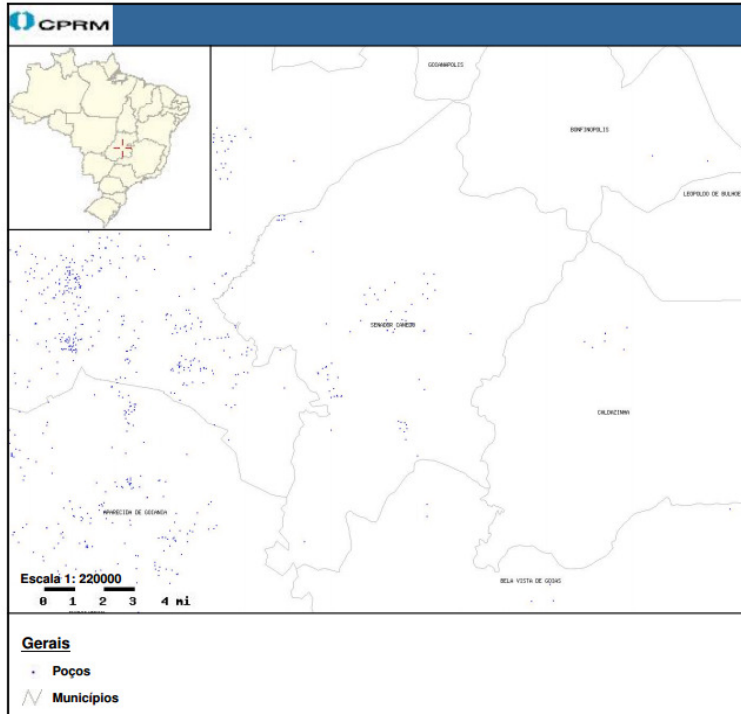


Figura 3 - Poços mapeados na cidade de Senador Canedo, GO (CPRM, 2006).

A natureza geológica constitui o principal componente da dinâmica dos processos relacionados às águas subterrâneas na superfície terrestre. Nesse sentido destaca-se 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 da geologia, no desenvolvimento de um trabalho sobre a hidrogeologia de determinada região, é imprescindível e de relevante importância.

A Figura 4 representa graficamente a composição litológica sendo as principais características descritas a seguir.

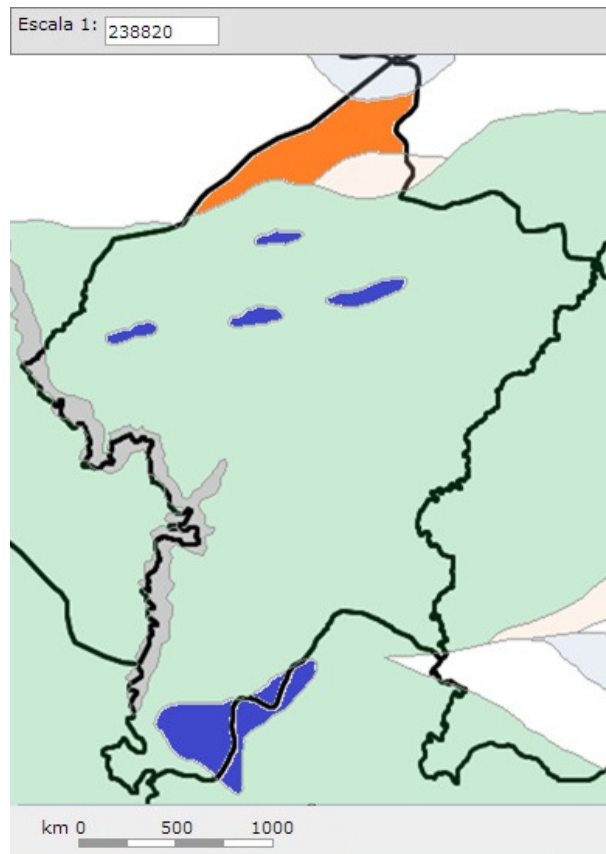


Figura 4 – Características Litológicas do município avaliado.

Legenda:

| | |
|--|--|
| | Xisto, Clorita xisto, Muscovita biotita xisto, Sericita xisto, Muscovita quartzito |
| | Quartzito |
| | Xisto, Clorita xisto, Grafita xisto, Metachert, Metatufo, Metadacito |
| | Metatonalito, Metagranito |
| | Depósitos de areia, Depósitos de cascalho |
| | Rocha calcissilicática, Gondito, Gnaisse, Mármore |

- Xisto, Clorita xisto, Muscovita biotita xisto, Sericita xisto, Muscovita quartzito - Os anfibolitos da Sequência Juscelândia originaram-se por vulcanismo tholeiítico, com sedimentação química intercalada, que evoluiu para uma associação bimodal, enquanto a sedimentação se tornava mais intensa e de natureza pelítica (Moraes, 1992). Para o autor, a pilha vulcanossedimentar foi afetada por granitogênese, com os corpos graníticos alojados principalmente nas porções basais e culminando com recorrência de magmatismo básico, evidenciada por diques.
- Quartzito – Desenvolve-se principalmente sobre metacalcários e quartzitos dos Grupos Araxá e Serra da Mesa (Faixa Brasília) e granito-gnáisses e migmatitos (Complexos Indiferenciados - Rift Intracontinental). É constituído principalmente pelo quartzo (mais de 75% como ordem de grandeza).

O quartzito pode ter como protólito arenitos quartzosos porém (origem mais comum), tufos e riolitos silicosos e chert silicoso. Bolsões (pods) ou veios de quartzo, normalmente produtos de segregação metamórfica, são muitas vezes retrabalhados por cataclase e metamorfismo dando origem a quartzitos semelhantes aos de origem sedimentar. Seu principal mineral é o Quartzo. Tem estrutura Maciça e não foliada, podendo haver foliação devido à presença de mica (Goiás, 2006).

- Xisto, Clorita xisto, Grafita xisto, Metachert, Metatufo, Metadacito - Estão associados a níveis de cascalho lenticulares, em camadas pelíticas e psamíticas. Os principais rios onde ocorrem estes depósitos são: Vermelho, Ferreira, das Almas, Jaraguá, Corumbá, do Peixe, Veríssimo e os córregos Guarinos, da Serra de Jaraguá, Vermelho e Boa Esperança (Lacerda e Oliveira, 1995).
- 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. Além do Granito Jurubatuba, a unidade inclui metatonalitos, metagranitos e metagranodioritos bandados a foliados, calcissódicos a cálcio-alcalinos de baixo potássio, metamorfizados na fácies anfibolito alto/granulito, e migmatitos com restos de rochas supracrustais granulitizadas em contato lateral gradacional com gnaisses quartzo-feldspáticos. Trata-se de granito deformado com textura granoblástica (Piuzana, 2002), com variação para granodiorito e tonalito. É cinza a cinza-escuro e tem granulação média, pronunciada foliação e bandamento composicional (Goiás, 2006).
- Rocha calcissilicática, Gondito, Gnaisse, Mármore – O complexo está em contato tectônico, marcado por extensas zonas de cisalhamento transcorrentes contracionais (Araújo et al., 1994) com o Grupo Araxá e zonas de cisalhamento transcorrentes NW-SE com a Sequência Silvânia e o Granito Jurubatuba (Piuzana, 2002). Consiste de granulitos paraderivados representados por gnaisses sílico-aluminosos e quartzo-feldspáticos, granada gnaisses, granada quartzitos, rochas calcissilicáticas, diopsídio mármores e gonditos associados com gnaisses graníticos resultantes de anatexia (Goiás, 2006).
- Depósitos de areia, Depósitos de cascalho - Está situado no domínio das rochas granulíticas paraderivadas, nas proximidades do contato com a Sequência Metavulcano-sedimentar de Silvânia, e sob influência de extensas zonas de cisalhamento.

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 Senador Canedo são de variadas profundidades, existindo maior volume de poços com profundidades dos níveis de água variando entre 20 a 50 metros. A Figura 5 mostra a representação dos dados de nível de água da região de Senador Canedo.

Para a avaliação da qualidade, será utilizado o Diagrama de Piper, através do software Qualigraf (MÖBUS, 2009), conforme apresentado anteriormente. A análise permitirá a determinação da matriz aquosa classificando-a como: 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).

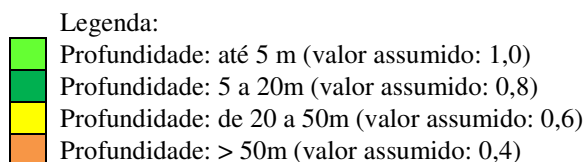
As características da água servirão para orientação quanto seu uso, pois dependendo da carga iônica tratamentos mais complexos e de maior custo deverão ser realizados, onerando o processo produtivo e assim inviabilizando a instalação das indústrias em determinada área (ZAPOROZEC, 1972).

RESULTADOS ESPERADOS

Com os dados cruzados de litologia e dados iônicos das matrizes aquosas para cálcio, sódio, potássio, cloretos, alcalinidade carbonata, alcalinidade bicarbonata e sulfato ter-se-á a plotagem no Diagrama de Piper para classificação. Fazendo uso dos dados espaciais será possível a construção de gráficos que coincidem qualidades de matriz e a formação rochosa da região.



Figura 5 – Nível da Água e distribuição de poços no município de Senador Canedo.



CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

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 atrelados ao processo ao se realizar o tratamento da água antes de seu uso. Os gestores terão 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. Ainda haverá maior base de dados para ocupação de áreas de construções habitacionais onde perfurações 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. ARAÚJO, V.A. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Folha SE.22-X-B-I. Nerópolis. Goiânia: CPRM, 1994. 98p.
3. 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 maio de 2013.
4. CPRM, Central de Publicação de Mapas na WEB, 2006 - Disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php> Acessado em 30 de maio de 2013.
5. FEITOSA, A.C.; FILHO, J.M. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. Fortaleza, Brasil, 2000, 2a. Edição, 391p il.

6. FERNANDES, A. J. The influence of Cenozoic tectonics on groundwater-production capacity and vulnerability of fractured rocks: a case in São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUNDWATER IN FRACTURED ROCKS, 2003, Prague. Abstracts... Prague: [s.n.], 2003. (UNESCO'S Series on Groundwater, 7).
7. FOSTER, S. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF VULNERABILITY OF SOIL AND GROUNDWATER TO POLLUTANTS, 1987, Noordwijk. Proceedings... The Hague: TNO Committee on Hydrological Research; Bilthoven: National Institute of Public Health and Environmental Hygiene, 1987.
8. 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.
9. 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.
10. IBGE. Mapas de Solo, 2006. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer.htm>> Acessado em 24 de abril de 2013.
11. LACERDA FILHO, J.V.; OLIVEIRA, C. C. Geologia da Região Centro-Sul de Goiás. Boletim de Geociências do Centro-Oeste, v.18, n.1/2, p.3-19, 1995.
12. LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M. e CRISOSTOMO, A.L. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 167-172, Jan.- Mar., 2008, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará.
13. MÖBUS, G., QUALIGRAF – Software para auxiliar na análise e interpretação gráfica de dados hidroquímicos, 2009, Disponível para download gratuito em <<http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/index.htm>>
14. MORAES, R. Metamorfismo e Deformação da Sequência Vulcano-sedimentar de Juscelândia, Goiás, e Geoquímica de seus Anfibólitos. 1992. 171 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 1992.
15. 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: SBG, 1997. p.59-61.
16. 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.
17. 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.
18. SENADOR CANEDO, Prefeitura de Senador Canedo. História da Cidade, 2013. Disponível em <<http://www.senadorcanedo.go.gov.br/v5/historia.php>> Acessado em 10 de maio de 2014.
19. SEPLAN-GO. Dez municípios goianos mais ricos detêm 60,3% do PIB do Estado, 2012. Disponível em <<http://www.segplan.go.gov.br/post/ver/151772/dez-municipios-goianos-mais-ricos-detem-603-do-pib-do-estado>> Acessado em 10 de maio de 2014.
20. ZAPOROZEC, A. Graphical Interpretation of Water-Quality Data. Ground Water, 10: 32–43. (1972) DOI: 10.1111/j.1745- 6584.1972.tb02912.x