

SISTEMA AQUÍFERO GUARANI E SEU USO EM IRRIGAÇÃO NO RIO GRANDE DO SUL E PORÇÃO SUDOESTE DE SANTA CATARINA

José Luiz Flores Machado¹

RESUMO Este artigo trata da possibilidade de uso na irrigação das águas do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado do Rio Grande do Sul e parte do estado de Santa Catarina. São definidas suas características de distribuição espacial e hidrostratigrafia. Também foram caracterizadas as condições de geometria, hidrodinâmica e hidroquímica de seus compartimentos.

O estudo da qualidade agrônômica de suas águas foi baseado em índices de primeiro grau dos resultados analíticos e índices de segundo grau, quando em combinação de vários dados. Na classificação das águas para irrigação, foi utilizado o gráfico proposto pelo U.S. Salinity Laboratory, por ser considerado o mais restritivo.

Neste artigo são apresentados os resultados obtidos em 8 poços profundos na porção norte do Rio Grande do Sul e sudoeste de Santa Catarina. Observa-se que ocorrem águas de má qualidade em grande parte da região, com valores de SAR e salinidade que são restritivos para seu uso em irrigação.

ABSTRACT This article deals with the irrigation capability of the Guarani Aquifer System (GAS) in the state of Rio Grande do Sul and part of the state of Santa Catarina. Its distribution characteristics and hydrostratigraphy are defined. The geometry, hydrodynamics and hydrochemistry of its compartments are also fixed.

The study of the agronomical quality of its waters was based on analytical results of first grade indices, and on results of second grade when combined with several other data.

The assortment of the waters for irrigation was made according to the US Salinity Laboratory parameters for its restrictions.

This article introduces the data obtained from eight deep water wells in northern Rio Grande do Sul and southwestern Santa Catarina. Bad water quality was detected in a wide part of the study area, where RAS values and salinity restrains its use for irrigation.

Palavras - chave: Sistema Aquífero Guarani, irrigação, qualidade da água.

¹ CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Porto Alegre, RS. CEP: 90840-030. Tel: 51-3233-7311. e-mail: machado@pa.cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

Em 1996, o geólogo uruguaio Danilo Anton denominou de Aquífero Guarani, um conjunto de camadas armazenadoras de água subterrânea, que anteriormente era conhecido com outros nomes: Aquífero Internacional Botucatu ou Aquífero Gigante do Mercosul. Esta nova denominação, além de ser uma homenagem ao povo Guarani, que ocupava territórios nos quatro países integrantes do bloco econômico, também serviu para unificar as diferentes denominações que estas camadas aquíferas possuíam nestes países.

Após breve tempo, com sua divulgação na mídia e na rede mundial de computadores, o Aquífero Guarani passou a ser conhecido do público leigo, não técnico. Infelizmente, muitos dos dados que estão disponíveis e são divulgados não correspondem à realidade. Entretanto, novas pesquisas têm demonstrado a sua real potencialidade. A análise dos dados disponíveis no Rio Grande do Sul comprova que o agora denominado Sistema Aquífero Guarani (SAG) não apresenta uma continuidade de ocorrência dentro do Estado, sendo o arcabouço hidroestratigráfico muito diferente do que ocorre no restante do sistema nas Bacias do Paraná e Chaco-Paranaense, devido a um condicionamento estrutural muito particular.

É do conhecimento de todos que a agricultura é uma das atividades que exige maior consumo de água, sendo também uma das que mais a degrada, tanto com contaminantes quanto com sedimentos originados das erosões do solo. Por outro lado, as condições climáticas e a necessidade de maiores produções têm exigido cada vez mais que as culturas sejam irrigadas, por conseguinte a preocupação que deve se ter com a qualidade da água também deve ser estendida para a conservação e proteção da qualidade e propriedades físicas do solo.

Neste artigo nos dedicaremos especialmente ao assunto relacionado com a qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani. As águas de poços tubulares profundos são utilizadas em todo o mundo para a irrigação. Aqui faremos uma análise sintética das condições de ocorrência dessas camadas aquíferas e sua caracterização química para determinação de sua adequabilidade na irrigação, de modo a evitar problemas nas culturas e também no solo. Para tanto serão utilizados alguns poços e analisados alguns índices de primeiro e segundo grau, sendo sua classificação final feita pelas normas do USS Laboratory Staff.

COMPARTIMENTAÇÃO ESPACIAL DO SAG NO RIO GRANDE DO SUL

O SAG compõe-se de pelo menos quatro compartimentos estruturais (Machado, 2005) que são descritos sucintamente a seguir (Figura 1):

a) COMPARTIMENTO OESTE, limitado com o restante do SAG através do Sistema de Falhas Jaguari - Mata, originado no Escudo Sul-Riograndense e que atravessa o rio Uruguai adentrando o território argentino. No Compartimento Oeste existe uma predominância das direções noroeste das fraturas e falhas nas litologias basálticas, que de modo similar afetam as litologias do SAG.

b) COMPARTIMENTO CENTRAL - MISSÕES, limitado a oeste pelo Sistema de Falhas Jaguari - Mata e a leste pela extensão ao norte do Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, representada pela conhecida Falha do Leão, ambas estruturas originadas no Escudo Sul-Riograndense. Sua característica principal é a não predominância de uma única direção das fraturas e falhas e sim um entrelaçamento das direções noroeste e nordeste, que além de afetar as litologias vulcânicas e o SAG, propiciam o aparecimento de feições geomorfológicas mamelonares no planalto basáltico.

c) COMPARTIMENTO LESTE limitado a oeste pela extensão do Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (Falha do Leão) e a leste pela linha de costa. Difere-se dos outros compartimentos pelo predomínio de estruturas com direção nordeste, que afetam igualmente o SAG e as litologias basálticas.

d) COMPARTIMENTO NORTE - ALTO URUGUAI, corresponde ao quarto compartimento do SAG e é separado dos demais pelo Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas e Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, limitando-se ao norte com o Estado de Santa Catarina.

ARCABOUÇO HIDROESTRATIGRÁFICO DO SAG NO RIO GRANDE DO SUL

O arcabouço hidroestratigráfico do SAG está intimamente relacionado com sua estruturação tectônica e pode ser assim sucintamente descrito (Figura 2):

a) A Hidroestratigrafia do Compartimento Oeste é mais semelhante com a porção uruguaia do SAG. Somente neste compartimento são encontradas litologias da Unidade Hidroestratigráfica Guará, correlacionável ao Aquífero Tacuarembó no Uruguai. No topo ocorrem os arenitos eólicos correspondentes à Unidade Hidroestratigráfica Botucatu. Quando

confinado, o SAG é capeado pelas litologias basálticas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

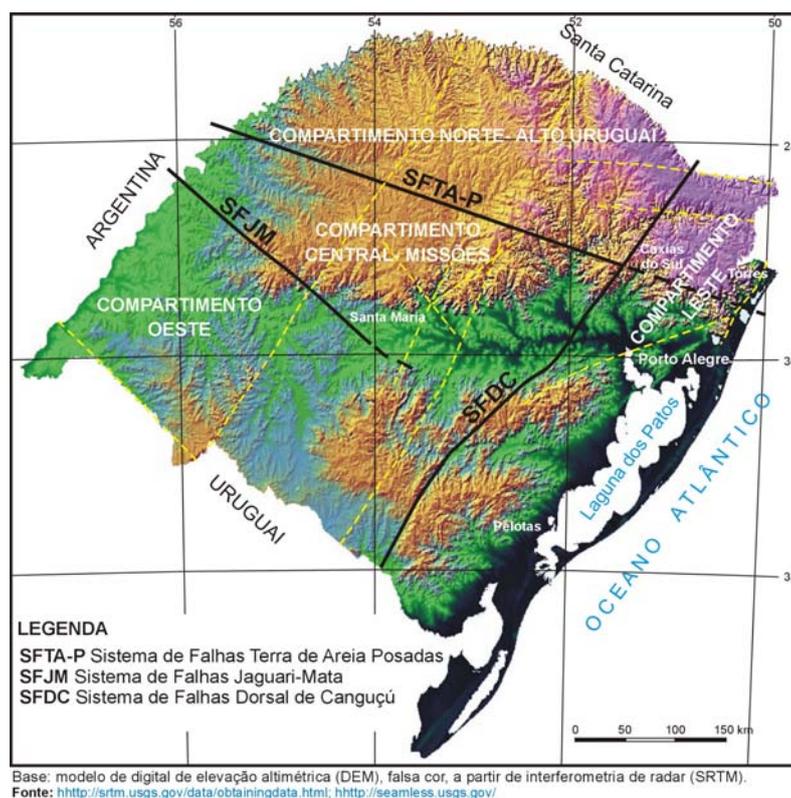


Figura 1. Resultado final da subdivisão espacial do SAG, onde podem ser visualizados os quatro compartimentos estruturais e sua relação com o Estado de Santa Catarina.

b) A Hidroestratigrafia do Compartimento Central - Missões caracteriza-se pelo fato do SAG apresentar uma constituição litológica particular para todo o estado e mesmo no restante do país, com a predominância de formações triássicas. Na base ocorre de maneira intermitente a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia capeada pela fácies fluvial pertencente a Unidade Hidroestratigráfica Sanga do Cabral, o que ocasiona que grande quantidade de poços tubulares sejam secos ou de baixa vazão. O melhor aquífero da sequência é representado pela Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 1 e 2, que faz parte do Membro Inferior da Formação Santa Maria. No topo ocorrem as Unidades Hidroestratigráficas Arenito Mata, Caturrita e Botucatu. Quando o SAG está confinado pelas litologias vulcânicas, os poços tubulares captam exclusivamente a Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

c) A Hidroestratigrafia do Compartimento Leste difere-se do anterior por não apresentar as litologias triássicas das Formações Santa Maria (Membros Passo das Tropas e

Alemao) e Caturrita. Predominam aqui as litologias eólicas basais da Formação Sanga do Cabral, mais propriamente correlacionáveis com a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia e os arenitos eólicos da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

d) A Hidroestratigrafia do Compartimento Norte - Alto Uruguai caracteriza-se pela presença exclusiva da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu como integrante do SAG e está totalmente confinado pelas litologias vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Os afloramentos do SAG restritos somente ao território catarinense. Nesse compartimento estão os poços tubulares mais profundos do SAG no Estado do Rio Grande do Sul e que correspondem aos poços de águas minerais termais, utilizados em estâncias turísticas hidrotermais.

ERA	PERÍODO	Compartimento Oeste		Compartimento Central-Missões		Compartimento Leste		Compartimento Norte - Alto Uruguai				
		Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero	Unidade hidroestratigr.	Sistema aquífero			
MESOZOÍCO	Cretáceo	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral	Serra Geral			
		Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu (1)	SISTEMA AQUIFERO GUARANI	Botucatu	SISTEMA AQUIFERO GUARANI			
	Jurássico	Guará										
	Triássico					Arenito Mata						
						Caturrita						
						Alemao						
				Passo das Tropas 1								
		Passo das Tropas 2										
		Sanga do Cabral		Sanga do Cabral								
PALEOZOÍCO	Permiano	Pirambóia		Pirambóia		Pirambóia						
		Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto	Rio do Rasto				

(1) - Na porção norte deste compartimento aflora apenas a unidade hidroestratigráfica Botucatu

Figura 2. Hidroestratigrafia regional do SAG e seu relacionamento com os compartimentos estruturais no Estado do Rio Grande do Sul.

CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA, HIDRODINÂMICA E HIDROQUÍMICA DO SAG NO RIO GRANDE DO SUL

Quanto à sua espessura, condições de confinamento, fluxo hidrodinâmico e conteúdo iônico, os compartimentos do SAG podem ser sucintamente descritos:

a) O Compartimento Oeste apresenta as maiores espessuras do SAG, com valores que superam os 600 metros e que aumentam em direção à Argentina. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) é em média 100 m, entretanto, aumenta substancialmente na região em que o Estado do Rio Grande do Sul faz divisa com o Uruguai e a Argentina.

As linhas de fluxo dirigem-se principalmente para as grandes drenagens, sendo que a direção principal do fluxo das áreas confinadas é em direção ao rio Uruguai na divisa com a Argentina. Em direção ao Uruguai os fluxos de água são inexpressivos. Como regra geral, o compartimento não é transfronteiriço.

O conteúdo de sais (STD) é muito baixo nas áreas aflorantes, variando predominantemente entre 50 e 200 mg/L. Nas áreas confinadas estes valores aumentam e situa-se entre 200 e 400 mg/L.

Esse compartimento apresenta a maior potencialidade hidrogeológica para o SAG, devido a espessas camadas arenosas nas unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará e Pirambóia.

b) O Compartimento Central – Missões apresenta as maiores espessuras do SAG, com valores que alcançam aproximadamente 400 m junto ao Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) aumenta em direção ao leste, a partir do município de São Luiz Gonzaga, alcançando valores superiores a 500 m. Em direção à calha do rio Uruguai, este valor pode ser inferior a 30 m.

As linhas de fluxo na região central do compartimento dirigem-se para o Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas ao norte. Na região das Missões parte dos fluxos dirige-se para a calha do rio Uruguai. Nas áreas aflorantes os fluxos dirigem-se para as principais drenagens superficiais. As características das áreas de recarga e descarga do SAG nesse compartimento não permitem classificá-lo como um aquífero transfronteiriço.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), os poços construídos na porção confinada e que captam as litologias da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, possuem valores médios de 200 mg/L. Quando captam litologias da Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas 2 a salinidade aumenta significativamente. Nas áreas aflorantes, a variação do conteúdo de sais é mais acentuada,

com os valores de STD abaixo de 100 mg/L aumentando para mais de 6000 mg/L, dependendo da unidade hidroestratigráfica captada ou sua posição no trajeto recarga - circulação - descarga.

Apenas localmente, na região confinada das Missões e na porção aflorante da região Central, o SAG apresenta uma grande potencialidade hidrogeológica.

c) O Compartimento Leste apresenta espessuras do SAG que variam entre 100 e 200 m, dependendo da presença conjunta das unidades hidroestratigráficas Botucatu e Pirambóia. A espessura das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e sedimentos cenozóicos) varia de poucas dezenas de metros até mais de 700 m na maior parte do compartimento, estando as litologias vulcânicas predominantemente em cotas acima do nível do mar, atingindo valores de cotas maiores de + 600 m na divisa com o Estado de Santa Catarina.

As linhas de fluxo nesse compartimento estão predominantemente direcionadas para sul e sudeste, onde estão as áreas de afloramento. Entretanto, não podem ser considerados como contínuos os fluxos, pois os vários falhamentos localizados podem truncar a continuidade das camadas aquíferas. Somente os fluxos não capturados pelas drenagens superficiais alcançam as áreas de descarga na zona litorânea.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), os poços perfurados apresentam valores entre 200 e pouco mais de 300 mg/L. Esse compartimento caracteriza-se pela insuficiência de dados químicos para a área confinada pelas grandes espessuras de derrames, desconhecendo-se o conteúdo de sais do SAG nessas áreas.

Devido aos efeitos do levantamento estrutural desse compartimento, o SAG possui seu comportamento hidrodinâmico relacionado com as condições impostas pelas altitudes encontradas nas regiões da divisa com o Estado de Santa Catarina e a região de São Joaquim.

As condições estruturais e potenciométricas do SAG nesse compartimento fazem com que não se comporte como um aquífero transfronteiriço, pois existe uma falta de continuidade hidráulica com as litologias presentes nos países limítrofes. Essas mesmas condições, aliadas ao seu arcabouço hidroestratigráfico, fazem com que esse compartimento possua baixa a média potencialidade hidrogeológica.

d) O Compartimento Norte - Alto Uruguai apresenta espessuras do SAG que em média situa-se em 100 m, podendo as litologias que o compõem estar completamente ausentes ou

localmente alcançar valores superiores a 200 m. As espessuras das rochas confinantes (Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral) variam de 300 até mais de 1200 m. Os maiores valores localizam-se na divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e a fronteira noroeste com a Argentina. Valores de espessura de 1000 m ou superiores também são encontrados entre o Domo de Lages e o nordeste do compartimento. A região entre Aratiba (RS) e Itá (SC) apresenta valores reduzidos de rochas basálticas, quando comparados com o restante do compartimento.

As linhas de fluxo dirigem-se do nordeste do compartimento, na região de Lagoa Vermelha, e do norte do estado (já nas proximidades da cidade de Chapecó em Santa Catarina) para a região sul, onde se situa o Sistema de Falhas Terra de Areia - Posadas. Apenas pequena parte do fluxo, na região noroeste alcança o limite do Estado do Rio Grande do Sul e a Argentina, sendo que as áreas de descarga devem situar-se também junto da calha do rio Uruguai.

Com relação ao conteúdo de sais (STD), o estudo de sua distribuição em área é dificultado pelo escasso número de perfurações profundas e análises químicas de água. Entretanto, com o compartimento é totalmente confinado são esperadas grandes mineralizações nas águas. Os valores correspondentes a maiores salinidades, variam de 800 a mais de 3500 mg/L. Em áreas de menor cobertura os valores situam-se entre 400 e 500 mg/L.

Devido ao fato desse compartimento estar totalmente confinado por rochas vulcânicas, com espessuras que localmente alcançam a mais de 1000 m, é nele que são encontradas as melhores condições para a ocorrência de águas minerais termais. Também devido ao fato de suas áreas de descarga estarem restritas praticamente dentro do perímetro do compartimento, o SAG não se comporta como um típico aquífero transfronteiriço. Apesar da espessura reduzida em relação a outros compartimentos, o SAG apresenta média a alta potencialidade hidrogeológica, porém localmente com severas restrições a potabilidade e uso na irrigação e atividades industriais.

PARÂMETROS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE AGRONÔMICA DAS ÁGUAS

A definição da qualidade da água utilizada na irrigação é obtida através de vários métodos, alguns com resultados bastante distintos. As autoridades no assunto ainda não chegaram a uma classificação definitiva, que seja um padrão universal, pois as culturas reagem de acordo com muitos fatores e não somente com a química da água para a irrigação. A análise dos parâmetros foi baseada nos autores Logan (1965), Ayers (1977), Bernardo (1978), Canovas (1990) e Teissedre (1997).

As culturas e o solo não reagem diretamente com a água de irrigação e sim com a solução do solo resultante da mesma. A água está sujeita a evapotranspiração e a evaporação através do solo. Geralmente a salinidade do solo aumenta após irrigações sucessivas, porque raras plantas utilizam qualidades substanciais de sais.

Além da salinização do solo, com resultados nefastos para a maioria das culturas, outro fator deve ser levado em consideração: a alcalinização. A sodificação de um solo é extremamente grave, pois o efeito do sódio é intenso sobre a permeabilidade, degradando a estrutura do solo.

Em geral, a qualidade da água usada na irrigação deve ser analisada de acordo com as características básicas seguintes:

- 1) Concentrações totais de sais;
- 2) Proporção relativa do sódio em relação aos outros cátions;
- 3) Concentração de bicarbonatos e carbonatos;
- 4) Concentração de elementos tóxicos;
- 5) Reação sobre os equipamentos de irrigação;
- 6) Aspectos sanitários.

O dados analíticos podem ser índices de primeiro grau, ou então, quando em combinação com vários dados, serem considerados índices de segundo grau para a interpretação da qualidade agrônômica das águas de irrigação.

Índices de primeiro grau

pH: Não é um índice muito importante, porém, em águas contaminadas por resíduos industriais pode ser um bom indicativo.

Sólidos totais dissolvidos: O conteúdo de sais é um dos aspectos mais importantes a ser considerado na irrigação. Pode ser muito perigoso acima de 1 g/L. Seu conteúdo pode ser obtido através da análise química, ou então através da medida da condutividade elétrica (C.E.). A condutividade elétrica se expressa através de micromhos/cm referida a uma temperatura de 25 °C.

Na prática, os sólidos totais dissolvidos correspondem a esta relação prática:

$$\text{STD} = \text{C.E.} \times K$$

Sendo K uma constante de proporcionalidade de valor aproximado de 0,65.

A pressão osmótica, que influencia diretamente na absorção de água pelas plantas, possui também relação com a condutividade elétrica:

$$P_o = 0.36 \times \text{C.E.}$$

Temperatura: É um dos parâmetros menos estudado, entretanto, apresenta interesse, pois a capacidade de dissolução da água depende dela. A água em temperatura ambiente é mais eficaz que aquela aplicada logo após o bombeamento.

Conteúdo de sódio: É um íon responsável por importantes efeitos tóxicos específicos nos cultivos. Além dos efeitos sobre os vegetais, ele degrada a estrutura do solo, alterando a sua permeabilidade.

Conteúdo de cloreto: De todos os íons salinos é um dos mais conhecidos por seus efeitos nos cultivos. Em geral ataca as folhas levando-as a necrose. É um dos principais responsáveis pela salinização dos solos.

Conteúdo de sulfatos: A presença desse íon, além de influenciar na salinização do solo, também afeta conduções de água nas quais houve utilização de cimento na construção.

Conteúdo de boro: O boro encontrado nas águas naturais em concentrações elevadas pode ser tóxico para as plantas. Os suprimentos de água adequados devem conter entre 0,1 e 0,2 mg/L, não sendo aconselhável utilizar águas com teores superiores a 2,5 mg/L.

Índices de segundo grau

Porcentagem de sódio: A porcentagem de sódio foi muito utilizada para definir a qualidade da água. O numerador dessa relação é a concentração do íon sódio em miliequivalentes, e o denominador a soma das concentrações de cálcio, sódio e magnésio em miliequivalentes:

$$\text{Na \%} = \{ (\text{Na}) / (\text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg}) \} \times 100$$

Razão de Adsorção de Sódio – SAR: A partir de 1954 gradativamente a % de Na foi substituída por uma unidade mais significativa, denominada de *razão de adsorção de sódio* ou SAR. Ela é definida como a proporção de sódio, em meq/l, dividida pela raiz quadrada de metade da soma de cálcio e magnésio em miliequivalentes:

$$\text{SAR} = \text{Na} / \{ (\text{Ca} + \text{Mg}) / 2 \}^{1/2}$$

Carbonato de Sódio Residual – CSR: O índice mede a tendência de precipitação do cálcio e magnésio sob a forma de carbonatos no solo, aumentando assim a concentração de sódio. O CSR é a diferença entre a soma dos íons de carbonato e bicarbonato e a soma dos íons de cálcio e magnésio:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

Se a soma de Ca + Mg é maior do que a soma de CO₃ + HCO₃, o valor de CSR será negativo, nesse caso não se calcula o resultado, anotando-se simplesmente “negativo”.

Atualmente também é utilizada a *razão de adsorção de sódio ajustada*, combinando os conceitos do SAR e CSR.

Dureza: Outro índice que é comum nos estudos de águas subterrâneas se refere ao conteúdo de sais de cálcio e magnésio. Águas muito duras não são recomendadas para solos compactos. Já no caso de reabilitação de solos com excessivo conteúdo de sódio é conveniente o uso de águas duras. O cálculo é feito através da fórmula:

$$Dureza = \text{mg/L de Ca} \times 2.5 + \text{mg/L de Mg} \times 4,12$$

Classificação das águas para a irrigação:

A classificação deve levar em consideração o efeito da água de irrigação nas plantas e no solo. Desse modo, não existe um esquema de classificação que seja adequado para todas as condições, havendo para tanto vários modelos, desde alguns muito empíricos até outros mais elaborados. Abaixo estão listados alguns dos mais conhecidos:

- Classificação de Scofield.
- Classificação de Wilcox e Magistad.
- Classificação de Thorne e Peterson
- Classificação de Doneen
- Classificação de Christiansen e Olsen
- Classificação de Ayers e Branson
- Classificação de H. Greene
- Classificação do USS Laboratory

ALGUNS EXEMPLOS RELACIONADOS COM ÁGUAS DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI NO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA

Os poços escolhidos são nomeados de acordo com os municípios a que pertencem, possuem profundidades superiores a 300 metros e em geral apresentam valores altos de salinidade. Apesar de ser um índice em desuso, a porcentagem de sódio nos dá indicações preliminares sobre a importância do conteúdo deste cátion na água de irrigação. Os valores de porcentagem de sódio calculados são os seguintes:

São João do Oeste (SC) = 76,4 %

Machadinho = 97,9 %

Vicente Dutra (Águas do Prado) = 81,6 %

Três Arroios = 96,2 %

Itá (SC) = 97,9 %

Concórdia (SC) = 98,2 %

Cotiporã = 96,3 %

Piratuba (SC) = 99 %

Os valores altos da porcentagem de sódio indicam que estas águas podem apresentar risco de alcalinização do solo. O conceito de porcentagem de sódio como um critério de adequabilidade foi substituído por uma unidade mais significativa, a razão de adsorção de sódio (SAR):

São João do Oeste (SC) = 17,76

Machadinho = 41,04

Vicente Dutra (Águas do Prado) = 14,20

Três Arroios = 21,22

Itá (SC) = 30,90

Concórdia (SC) = 26,5

Cotiporã = 15,06

Piratuba (SC) = 58,53

Os valores de SAR superiores a 10 indicam que a água pode ser alcalinizante. As águas com valores acima de 18 apresentam alto risco de salinização do solo.

O carbonato de sódio residual (CSR) é uma tentativa de prever a probabilidade de aumento de sódio na solução de solo e foi à base do primeiro sistema de classificação. Os valores encontrados foram os seguintes:

São João do Oeste (SC) = negativo

Machadinho = 11,14

Vicente Dutra (Águas do Prado) = negativo

Três Arroios = 2,33

Itá (SC) = 3,12

Concórdia (SC) = 3,48

Cotiporã = 1,82

Piratuba (SC) = 8,76

Os resultados de CSR indicam que as águas dos poços em São João do Oeste e Vicente Dutra, não formam carbonato de sódio. As águas de Itá, Concórdia, Machadinho e Piratuba não são adequados para irrigação segundo este índice.

Em geral, águas muito duras não são recomendáveis para a irrigação de solos compactos. Os valores de dureza estão determinados abaixo:

São João do Oeste (SC) = 749,37

Machadinho = 18,14

Vicente Dutra (Águas do Prado) = 410,19

Três Arroios = 16,98

Itá (SC) = 14,04

Concórdia (SC) = 5,32

Cotiporã = 12,47

Piratuba (SC) = 6,98

De acordo com os valores de dureza, as águas dos poços de São João do Oeste e Vicente Dutra, apresentam-se muito duras, necessitando precipitação de cálcio.

Classificação das águas

Para efeitos de classificação das águas do SAG com relação à salinização e alcalinização, entre aos vários métodos existentes foi escolhida a classificação do USS Laboratory, pois a além de fazer uma relação bem detalhada entre a razão de adsorção de sódio (SAR) e a salinidade baseada nos valores de condutividade elétrica, trata-se é um método de ampla utilização. Deve se salientar também que esse método é bastante restritivo e, portanto possui um grande coeficiente de segurança, o que não ocorre com outros métodos que são bastante conflitantes (Figura 3).

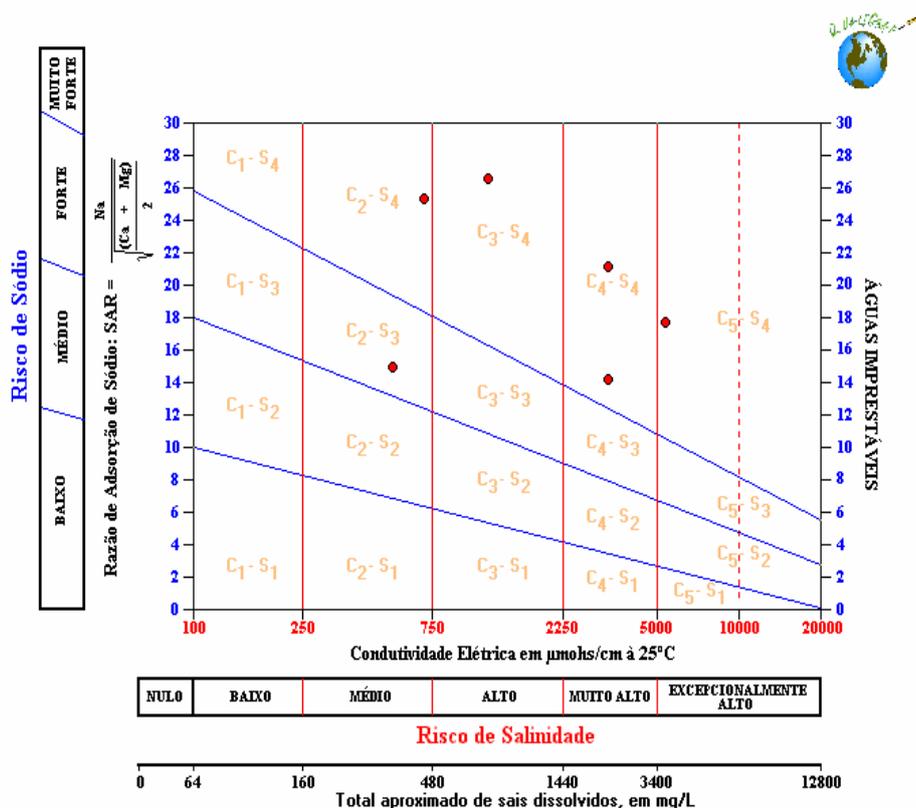


Figura 3 Resultados obtidos para oito amostras de águas do SAG, observando-se que em dois valores o SAR ultrapassou os limites do gráfico (Machadinho e Piratuba).

Do ponto de vista de classificação C (Salinização) e S (Alcalinização), as águas do poço de Cotiporã enquadra-se em C2 – S3, o que significa água de salinidade média, que pode ser usada se uma quantidade moderada de lixiviação ocorrer. O conteúdo de sódio é alto, pode causar dano por sódio à maioria dos solos.

As águas restantes apresentam altos conteúdos de sódio, inclusive podendo ultrapassar aos limites do gráfico. Como seus valores de salinidade também são predominantemente altos, elas podem ser classificadas como imprestáveis, não sendo recomendado o seu uso na irrigação.

CONCLUSÕES

O Sistema Aquífero Guarani é um conjunto de camadas aquíferas muito heterogêneas e que não apresenta continuidade espacial. No caso do estado do Rio Grande do Sul, ele pode ser dividido em pelo menos quatro grandes compartimentos: Central-Missões, Oeste, Leste Norte-Alto Uruguaí.

Com relação à sua utilização em projetos de irrigação, em geral os compartimentos Central-Missões, Oeste e Leste apresentam águas de boa qualidade, porém com exceção do compartimento Oeste, que possui grande potencialidade para altas vazões, os dois compartimentos restantes não são viáveis para grandes projetos de irrigação. O compartimento Norte-Alto Uruguaí pode apresentar poços de grande vazão, porém suas águas apresentam pior qualidade e em grande parte são imprestáveis para a irrigação.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. (1977) Quality of Water for Irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, New York, 103(2): 135-154.

BERNARDO, S. (1978) Qualidade d'água para irrigação. Imprensa Universitária da UFV. Viçosa. 2p. (Boletim de extensão nº 13).

CANOVAS, J. (1990) Calidad Agronômica de las Águas de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 51p.

LOGAN, J (1965) Interpretação de análises químicas de água. U.S. Agency of International Development – Recife.

MACHADO, J. L. F. 2005 Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia. UNISINOS. São Leopoldo. 237 p. ilustr.

TEISSEDRE, J-M. (1997) Água Subterrânea na Irrigação. X Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Anais, ABAS. Campo Grande. p. 5 -19.