

Ar@cne

REVISTA ELECTRÓNICA DE RECURSOS EN INTERNET
SOBRE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES

Universidad de Barcelona.

ISSN 1578-0007

Depósito Legal: B. 21.743-98

208, mayo de 2016



SISTEMA AQUÍFERO GUARANI EM BASES ELETRÔNICAS DE ARTIGOS CIENTÍFICOS

Cíntia Leone Silva dos Santos

Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM)

Universidade de São Paulo (USP), Brasil

cinthialeone@usp.br

Wagner Costa Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana

Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM)

Universidade de São Paulo (USP)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil

wribeiro@usp.br

Sistema Aquífero Guarani em bases eletrônicas de artigos científicos (Resumo)

O presente artigo analisou as principais publicações científicas sobre o Sistema Aquífero Guarani (SAG) apresentadas por buscas em português, espanhol e em inglês nas seguintes bases eletrônicas de pesquisas: Google Acadêmico, Periódicos Capes e Scopus. A pesquisa identificou a origem de cada artigo e a área disciplinar de concentração de cada estudo para determinar o alcance geográfico e a abordagem científica predominante no tocante ao SAG. Foram criados também gráficos-nuvem das palavras-chaves em cada idioma. O resultado mostra um predomínio da ciência brasileira na produção de conhecimento sobre o SAG e uma prevalência de abordagens hidrogeológicas e físico-químicas em detrimento de outras áreas disciplinares.

Palavras-Chave: Aquífero Guarani; análise de conteúdo; divulgação científica.

Recibido: 16 de noviembre de 2015

Devuelto para correcciones: 18 de marzo de 2016

Aceptado: 30 de marzo de 2016

El sistema Acuífero Guaraní en las bases electrónicas de artículos científicos (Resumen)

Este artículo analiza las principales publicaciones científicas sobre el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) presentado por búsquedas en portugués, español e inglés en las siguientes bases de datos científicas electrónicas: Google Académico, Capes y Scopus. La investigación identificó el origen de cada elemento y la zona objeto de concentración de cada estudio para determinar el alcance geográfico y el enfoque científico que prevalece con respecto a la SAG. También se ha creado una nube de palabras clave en cada idioma. El resultado muestra un predominio de la ciencia brasileña en la producción de conocimiento sobre el SAG y la prevalencia de métodos hidrogeológicos y fisicoquímicas a expensas de otras disciplinas.

Palabras clave: Acuífero Guaraní; análisis de contenido; divulgación científica.

The Guarani Aquifer System in the electronic databases of scientific papers (Abstract)

This article analyzed the main scientific publications on the Guarani Aquifer System (SAG in Portuguese) presented by searches in Portuguese, Spanish and English in the following electronic databases of research: Google Scholar, Capes and Scopus. The research identified the origin of each item and the subject area of concentration of each study to determine the geographic scope and the prevailing scientific approach regarding the SAG. They were also created a word cloud in each language. The result shows a predominance of Brazilian science in the production of knowledge about the SAG and prevalence of hydrogeological and physicochemical approaches at the expense of other disciplines.

Keywords: Guarani Aquifer; content analysis; scientific divulgation.

Cada vez mais os recursos hídricos subterrâneos ocupam lugar de destaque como fonte de abastecimento humano. Esse é o caso também do Sistema Aquífero Guaraní (SAG), um conjunto de corpos de água subterrânea que ocorre em quatro países da América do Sul: Argentina, Brasil Paraguai e Uruguai. Dadas suas dimensões, ele ganha destaque junto a pesquisadores de diversas áreas. Nesse artigo, objetiva-se apresentar os textos mais frequentes em bases eletrônicas que podem ser utilizados para aprofundar o conhecimento sobre diferentes aspectos do SAG.

Para atingir tal objetivo, partiu-se de uma análise de conteúdo dos resultados obtidos para a busca pelo termo “Aquífero Guaraní” em três das principais bases de busca por publicações científicas. A pesquisa nas fontes eletrônicas ocorreu no mês de agosto de 2014, nas bases *Google*, *Periódico Capes* e *Scopus*. A localização geográfica das buscas foi o município de São Paulo, utilizando-se três línguas: Português, Inglês e Espanhol, idiomas correntes nos países em que o SAG ocorre e, no caso do inglês, a língua mais utilizada pela ciência.

Sistemas de busca funcionam por meio de algoritmos que, além das palavras-chave, usam, a localização geográfica e o perfil de cada usuário da internet para hierarquizar os resultados apresentados em uma determinada data de procura. Conscientes dessas variabilidades, os autores do presente artigo objetivam dar aqui não um retrato

incontestemente do cenário de pesquisas sobre o SAG, mas um recorte temporal daquilo que pode ser acessado por um usuário da Internet que pesquise sobre o mencionado tema, sem qualquer prejuízo do restante do corpo acadêmico que tem se dedicado ao Aquífero Guarani. Em outras palavras, o estudo aqui apresenta um retrato do que o usuário da Internet pode encontrar em uma procura por produções acadêmicas sobre SAG.

As palavras-chaves de cada artigo foram disponibilizadas em gráficos-nuvem de cada idioma. Esse tipo de gráfico hierarquiza os temas mais recorrentes, destacando-os em tamanho maior.

Antes de expor os resultados da pesquisa, por base eletrônica, apresentam-se características do SAG para que o leitor possa conhecer mais do que se trata, bem como relacionar os resultados das buscas à determinados interesses de investigação que o SAG possa despertar.

O Sistema Aquífero Guarani

O SAG está localizado no Noroeste e Sul da América do Sul, sob os territórios de Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – uma superfície total estimada em 1.190.000 km² quadrados, sendo 225.000 km² na Argentina, 850.000 km² no Brasil, 70.000 km² no Paraguai e 45.000 km² no Uruguai (OAS). Trata-se de um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, com 46.280 quilômetros cúbicos de água¹

Os primeiros estudos sobre o Aquífero Guarani são da década de 1990. Eles foram financiados pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, Banco Mundial e Fundo Monetário Internacional, num contexto ainda não totalmente interrompido de promoção de políticas neoliberais para a gestão da água na América Latina,² com foco nos recursos naturais e destaque para os recursos hídricos.

Na época, os estudos do Projeto SAG indicaram que o Guarani era o maior aquífero do mundo, capaz de abastecer toda a população mundial por muitos séculos. Hoje se sabe que o SAG é o terceiro maior aquífero do mundo, atrás do Sistema Aquífero Alter do Chão, sob os estados brasileiros de Pará e Amazonas e Amapá, e também da Grande Bacia Artesiana, localizada na Austrália. Estudos mais recentes realizados por universidades brasileiras, como exemplificam Ondra Sracek e Ricardo Hirata (2002) refutaram conceitos equivocados, ainda presentes no imaginário popular, de que o Guarani é uma fonte quase inesgotável de água.

José Roberto Borghetti e Nádia Rita Boscardin Borghetti (2004) ensinam que o surgimento do SAG está associado à penetração de água em sedimentos arenosos que, depositados durante o período Triássico (há aproximadamente 220 milhões de anos), sofreram o impacto da ação da água, da temperatura e da pressão e se transformaram em uma rocha sedimentar chamada arenito. Essa rocha permeável permite a acumulação de água em seu interior, constituindo as reservas de água subterrânea. Entretanto, quase a

¹ Rosa Filho e outros, 2003, pg. 14.

² Scantimburgo, pg. 16 - 17, 2013.

totalidade do aquífero é recoberta por extrusões de basalto, que tem baixa permeabilidade, depositada durante o período Cetáceo, na fase do vulcanismo fissural.

É essa característica que torna o SAG um modelo aquífero, ou seja, semipermeável e, portanto, com baixas taxas de transmissão e água, o que dificulta seu reabastecimento. Ainda assim, essa cobertura de basalto o isola da zona mais superficial e porosa do solo, prevenindo a evaporação e evapotranspiração da água nele contida.

Acredita-se que sua capacidade natural de reposição de água seja de 166 quilômetros cúbicos por ano. Sua água pode ser encontrada entre 50 e 1500 metros do solo, com temperaturas que podem variar de 33°C e 65°C.³

A modelagem geoquímica da água de grandes aquíferos é complexa, sobretudo, pela necessidade de considerar múltiplas fontes de materiais orgânicos presentes nas formações rochosas que compõem a dinâmica de reabastecimento desses reservatórios⁴. Nem todos os pontos de afloração do Aquífero Guarani oferecem à população água potável dentro dos parâmetros determinados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como exemplifica o Corredor Termal do Rio Uruguai, que apresenta águas com alta concentração de arsênio⁵ (sabe-se que a origem desse acúmulo de arsênio, embora ainda controversa, não é antrópica). Ela está associada à intensa atividade magmática ocorrida no final do Permiano e início do Triássico, que contribuiu com quantidades expressivas de material vulcânico, especialmente cinzas vulcânicas, reconhecidas nas unidades subjacentes ao SAG, as quais se associam frequentemente concentrações anômalas de arsênio⁶

No estado de São Paulo, o Aquífero Guarani foi abastecido sob vários regimes climáticos, incluindo um clima mais úmido e frio no caso de águas de zonas próximas ao Rio Paraná; e um clima mais próximo ao atual, no caso de regiões de reabastecimento mais recentes.⁷ Nesse estado encontram-se afloramentos de rocha que permitem seu reabastecimento, como ocorre em Ribeirão Preto. Entretanto, a ocupação urbana sem controle pode levar à contaminação das reservas de água subterrânea, como alertam Pilar Villar e Wagner Ribeiro.

No Brasil, os recursos hídricos do SAG são usados tanto para abastecimento urbano quanto para uso industrial e agrícola. No estado de São Paulo, Ribeirão Preto tem no SAG a principal fonte de abastecimento de água. Já no estado do Paraná as águas são usadas para a produção agrícola.

Resultados

A seguir são apresentados os resultados das buscas, por base eletrônica, a saber: *Google Acadêmico*, *Periódico Capes* e *Scopus*. Em cada base, são apresentados os resultados em três línguas (português, espanhol e inglês). Os artigos foram elencados por ordem de

³ Borghetti, pg. 115 - 116, 2004.

⁴ Sracek e Hirata, pg. 644, 2002.

⁵ Gastmans D, Veroslavsky G., Chang H.K, 2010.

⁶ Gastmans D, Veroslavsky G., Chang H.K, 2010.

⁷ Hirata e outros, pg. 447, 2011.

aparição, o que indicaria sua maior presença em buscas. Eles são listados, com um resumo para que o leitor conheça sua abordagem.

Google Acadêmico⁸

Português: 2.540 resultados para a busca pelo termo 'Aquífero Guarani' em português. Os dez primeiros trabalhos são:

1. Giardin A e Faccini U. *Heterogeneidades Faciológicas e hidroestratigrafia do Aquífero guarani na região central do Rio Grande do Sul. [Heterogeneities Facies and hidroestratigrafia of the Guarani Aquifer in the central area of the Rio Grande do Sul.]. [Heterogeneidades facies y hidroestratigrafia del Acuífero Guaraní em la región central del Río Grande do Sul]. Águas Subterrâneas, 2002.* O estudo feito por pesquisador do Rio Grande do sul com apoio da Finep avalia a formação geológica de diferentes aquíferos individuais que compõem o Sistema Aquífero Guarani na região de Santa Maria (RS), classifica a formação como aquífera, identifica depressões e falhas e afirma que o papel dessas fraturas no sistema de recarga ainda não está totalmente esclarecido. A pesquisa reúne dados especificamente sobre dois aquíferos: o Passo das Tropas e o Caturrita, e afirma que o segundo participa da recarga do primeiro. O artigo critica abordagens científicas que apontam as rochas do Grupo Rosário do Sul como um único aquífero e indica necessidade de mais estudos sobre cada aquífero que compõem o SAG.

2. Oliveira LA. *O Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás: distribuição, caracterização hidrodinâmica, hidroquímica, composição isotópica e CFCs. [The Guarani Aquifer System in the state of Goiás: distribution, characterization hydrodynamics, hydrochemistry, isotopic composition and CFCs.]. [El Sistema Acuífero Guaraní en el estado de Goiás: distribución, caracterización hidrodinámica, hidroquímica, la composición isotópica y CFC.]. 2011.* Tese produzida no Instituto de Geociências da Universidade de Goiás, sob a orientação de José Elói Campos, apresenta caracterização do SAG no estado de Goiás, detalhamento da estrutura do aquífero, definição de sua extensão da porção nordeste e redefinição dos limites do SAG. O trabalho também indica a origem não antrópica de componentes químicos contaminantes na água, além de datação, sendo que este recurso revelou que não há recarga indireta em anos recentes (últimos 50 anos) nas regiões em que o SAG está sobreposto pelo Aquífero Serra geral e por camadas de basalto.

3. Borghetti NRB, Borghetti JR e Rosa Filho EF da. *Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. [Guarani Aquifer: the true integration of Mercosur countries]. [Acuífero Guaraní: la verdadera integración de los países del Mercosur]. Ed. dos Autores, 2004.* Livro reeditado sobre o Aquífero Guarani apresenta aspectos relacionados a importância estratégica dessa reserva hídrica para a integração regional brasileira, além de tratar de aspectos relacionados a soberania dos estados no tocante a exploração de seus recursos naturais em geral e especificamente cursos d'água compartilhados.

⁸ <<https://scholar.google.com.br/>>.

4. Machado JLF. *Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. [Space Partitioning and hidroestratigráfico framework of the Guarani Aquifer System in Rio Grande do Sul]. [La partición de espacio y un marco hidroestratigráfico del Sistema Aquífero Guarani en Rio Grande do Sul].* Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2005. Tese apresenta detalhes sobre a compartimentação do SAG no estado do Rio Grande do Sul, espessura e condições de confinamento e características hidrodinâmicas. O trabalho descreve por fim o aquífero como um recurso com alta potencialidade hídrica, porém, como severas restrições de potabilidade e uso para irrigação ou emprego industrial devido a profundidades e outras dificuldades de extração.

5. Bittencourt AVL, Rosa Filho EF, Hindi E, Pieres S, Fonseca JF. *Sistema Aquífero Guarani - Considerações Preliminares sobre a Influência do arco de Ponta Grossa no Fluxo das Águas. [Guarani Aquifer System - Preliminary considerations of Ponta Grossa Arch Influence in the Water Flow]. [Sistema Aquífero Guarani. Consideraciones preliminares acerca de la influencia del Arco de Ponta Grossa en el flujo de agua].* Rev. da Associação Bras. de Água Subterrâneas. 2003. Artigo avalia dados geológicos e aerogeofísicos com o objetivo projetar um modelo conceitual do SAG que permita estabelecer os condicionantes que regem o movimento das águas subterrâneas e suas reações termodinâmicas. Trabalho apresenta dados sobre a relação do SAG com o aquífero Serra Geral e o rio Iguaçu e coloca-se como um estudo de caso que pode servir de base para o entendimento do funcionamento do SAG em outras regiões.

6. Gastmans D, Kiang CH. *Avaliação da hidrogeologia e hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul. [Evaluation of hydrogeology and hydrochemistry of the Guarani Aquifer System (SAG) in the state of Mato Grosso do Sul]. [Evaluación de la hidrogeología y la hidroquímica del Sistema Aquífero Guarani (SAG) en el estado de Mato Grosso do Sul].* Águas Subterrâneas, aguassubterraneas.abas.org.br, 2005. Artigo traz panorama das características hidroquímicas e do comportamento hidrogeológico do SAG no Estado do Mato Grosso do Sul, usando para isso dados de estudos prévios e baseando-se em informações extraídas de estudos anteriores.

7. Rebouças AC., Amore L. *O Sistema Aquífero Guarani – SAG. [The Guarani Aquifer System.]. [El Sistema Aquífero Guarani].* Revista Águas Subterrâneas, 2002. Trabalho faz histórico político-social e hidrogeológico do SAG e faz considerações críticas em relação à gestão tanto no Brasil como nos outros três países do sistema. Artigo foi escrito no decorrer do Projeto sobre o Aquífero Guarani e parece ter sido concebido para subsidiar discussões do próprio projeto.

8. Ribeiro WC. *Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania. [Guarani Aquifer: shared management and sovereignty.]. [Acuífero Guarani: gestión compartida y la soberanía.].* Estudos avançados, SciELO Brasil, 2008. Artigo trata da situação institucional do SAG e da pertinência de sua gestão no âmbito do Mercosul em momento anterior ao acordo do SAG. O estudo analisa as dimensões ambientais do Mercosul e as avalia como insuficientes para gestão compartilhada do aquífero. O texto

termina por apontar a necessidade de uma nova instancia institucional dedicado ao Sistema.

9. Giardin A, Faccini U. *Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do Sistema Aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil.* [Hydrostratigraphic and structural complexity of the Guarani Aquifer System: methodological approach applied to the example of the area of Santa Maria-RS, Brazil]. [Complejidad hidroestratigráfica y estructural del Sistema Aquífero Guarani: enfoque metodológico aplicado al ejemplo de la zona de Santa Maria- RS, Brasil.]. *Águas Subterrâneas*, 2004. Trabalho propõem uma abordagem metodológica que una técnicas de geologia e geofísica aa metodologia clássica de hidrogeologia. Segundo o autor, essa escolha deve sofisticar a compreensão do funcionamento dos fluxos de água subterrânea, dando melhores subsídios aos gestores.

10. Matallo MB, Luchini LC, Gomes MAF, Spadotto CA. *Lixiviação dos herbicidas Tebutiuron e Diuron em colunas de solo.* [Leaching of Tebutiuron and diuron herbicides in soil columns.]. [Lixiviación de Tebutiuron y diuron herbicidas en columnas de suelo]. *Pesticidas, Biblioteca de Ciências da Saúde*, 2003. Estudo aponta potencial de contaminação por herbicidas do lençol freático na região da microbacia do Córrego do Espreado, localizada em área de recarga do SAG, embora dificilmente alcançando a zona saturada do Aquífero Guarani, situada bem abaixo do perfil geológico estudado.

Inglês: Foram apresentados 1.360 resultados para a busca pelo termo 'Guarani Aquifer', em inglês. Os dez primeiros trabalhos encontrados são:

1. Rabelo JL, Wendland E *Assessment of groundwater recharge and water fluxes of the Guarani Aquifer System, Brazil.* [Avaliação da recarga de água subterrânea e água fluxos do Sistema Aquífero Guarani , Brasil.]. [Evaluación de la recarga de las aguas subterráneas y los flujos del Sistema Aquífero Guarani, Brasil.]. *Hydrogeology journal, Springer*, 2009. Estudo investiga os fluxos de água no sistema aquífero Guarani utilizando um determinado modelo numérico de simulação de fluxo subterrâneo, identificando seis zonas de recarga e formações geológicas características de aquíferos semiconfinado e freático. O trabalho destaca o papel da água subterrânea nas trocas laterais de água entre as bacias hidrográficas, e afirma que esse processo somado às descargas profundas no sistema aquífero regional e aa exploração dos poços não constituem retiradas significativas de água do SAG quando comparadas com a recarga. Os resultados indicam ainda que a contribuição de água de um rio para o sistema aquífero é significativa porque o aquífero é potencialmente mais vulnerável nessas zonas de interação.

2. Sracek O, Hirata R. *Geochemical and stable isotopic evolution of the Guarani Aquifer System in the state of São Paulo, Brazil.* [Evolução geoquímica e isotópica do estábulo Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, Brasil.]. [Geoquímica isotópica evolución y estable del Sistema Aquífero Guarani en el estado de Sao Paulo, Brasil.]. *Hydrogeology Journal, Springer*, 2002. Estudo analisa as formações Botucatu e Piramboia do aquífero Guarani no que diz respeito a sua formação geoquímica. As regiões estudadas estão próximas às cidades de Sertãozinho e Águas de Santa Bárbara no interior paulista. A análise tenta identificar se as formações geológicas apresentam

alta capacidade de intercâmbio catiônico, o que poderia estar associado a uma propensão do sistema a realizar trocas de cálcio e sódio que poderiam levar ao incremento dos níveis de nitrogênio na água. O estudo não é conclusivo sobre essa hipótese e sugere novas pesquisas para maior conhecimento do potencial de contaminação do SAG.

3. *Gastmans D, Kiang CH Avaliação da hidrogeologia e hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul. [Evaluation of hydrogeology and hydrochemistry of the Guarani Aquifer System (SAG) in the state of Mato Grosso do Sul]. [Evaluación de la hidrogeología y la hidroquímica del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) en el estado de Mato Grosso do Sul]. Águas Subterrâneas, aguassubterraneas.abas.org, 2005.* Trata-se de uma avaliação do comportamento hidrogeológico e hidroquímico do SAG no Mato Grosso do Sul, apresentando mapas elaborados com base em dados elaborados pela SANESUL. A análise indica a existência de áreas de recarga próximas ao estado de Goiás e na divisa do Mato Grosso do Sul com o Paraguai. As águas foram apontadas como bicarbonadas cálcicas em locais mais próximos à recarga, passando a sódicas com o aumento do grau de confinamento.

4. *Wendland E, Barreto C, Gomes LH. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. [O equilíbrio da água na zona de afloramento do Aquífero Guarani com base no monitoramento hidrogeológico]. [Balance de agua en la zona de afloramiento del acuífero Guaraní basado en el seguimiento hidrogeológico]. Journal of hydrology, Elsevier, 2007.* Trabalho realizado na região de Ribeirão da Onça a partir de um monitoramento hidrogeológico, medição de evapotranspiração e balanceamento hídrico do SAG feito a partir da instalação de equipamentos no lençol freático. Com base em informações coletadas ao longo de um ano hidrogeológico, a pesquisa indicou que a recarga profunda do SAG naquela região foi de apenas 3,5% da infiltração total do solo, o que, de acordo com os autores, coloca em atenção a disponibilidade de água do SAG em longo prazo.

5. *Bonotto DM. Doses from ^{222}Rn , ^{226}Ra , and ^{228}Ra in groundwater from Guarani aquifer, South America. [Doses de ^{222}Rn , ^{226}Ra e ^{228}Ra em águas subterrâneas de aquífero Guarani, América do Sul]. [Las dosis de ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{228}Ra y en el agua subterránea de acuífero Guaraní, América del Sur]. Journal of environmental radioactivity, 2004, Elsevier.* Amostras de água subterrânea do SAG coletadas em diferentes pontos de sua extensão foram analisadas com o objetivo de saber se há diferenças de concentração de determinadas substâncias. A análise indica que a distribuição desses elementos químicos não apresenta diferenças acima do esperado pelos pesquisadores no tocante ao tipo de ocupação do solo na área sobrejacente.

6. *Bonotto DM. Hydro (radio) chemical relationships in the giant Guarani aquifer, Brazil. [Relações hidro (rádio) químicas no gigante aquífero Guarani, Brasil]. [Relaciones Hydro (radio) químicos en el acuífero Guaraní gigante, Brasil]. Journal of hydrology, Elsevier, 2006.* Estudo faz análise hidroquímica e radioquímica de 78 amostras de coletadas na parte brasileira do SAG. Foram identificadas correlações entre a pressão geostática, fluxo, temperatura, nível de oxigênio dissolvido e oxigênio livre, pH, condutividade e níveis de determinadas substâncias, indicando uma influencia importante de sedimentos paleozóicos na composição dessas águas. Os dados indicam

também concordância com estudos anteriores que apontam uma idade bastante avançada para as águas do Guarani.

7. Queiroz SCN, Ferracini VL, Gomes MAF, Rosa MA. *The behavior of hexazinone herbicide in recharge zone of Guarani aquifer with sugarcane cultivated area. [O comportamento do herbicida hexazinone na zona de recarga do aquífero Guarani com cana área cultivada]. [El comportamiento del herbicida hexazinona en zona de recarga del acuífero Guaraní con el área cultivada de caña de azúcar]. Química nova, SciELO Brasil, 2009.* Estudo aponta relação entre o uso de herbicidas usados no cultivo da cana-de-açúcar e contaminação de águas do SAG. Faz um alerta também sobre a falta de monitoramento no uso desse tipo de herbicida no tocante às águas subterrâneas.

8. Gastmans D, Chang HK. *Stable isotopes ($2H$, $18O$ and $13C$) in groundwaters from the northwestern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil). [Los isótopos estables ($2H$, $18O$ y $13C$) en aguas subterráneas de la porción del noroeste del Sistema Acuífero Guaraní (Brasil). [Isótopos estáveis ($2H$, $18O$ e $13C$) em águas subterrâneas a partir da porção noroeste do Sistema Aquífero Guarani (Brasil)]. I Hutcheon, Hydrogeology Journal, 2010, Springer.* Trabalho apresenta dados detalhados sobre a divisão interna que existe no SAG, fazendo com que o fluxo interno de água tenha determinada orientação. A pesquisa analisa o impacto dessa diferença no sentido de fluxo para composição química dessas águas e aponta também variações climáticas que ocorreram no momento da recarga desses fluxos.

9. Gastmans D, Chang HK, Hutcheon I. *Groundwater geochemical evolution in the northern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil) and its relationship to diagenetic features. [Águas subterrâneas evolução geoquímica na porção norte do Sistema Aquífero Guarani (Brasil) e sua relação com características diagenéticas]. [Las aguas subterráneas evolución geoquímica en la porción norte del Sistema Acuífero Guaraní (Brasil) y su relación con las características diagenéticas]. Applied Geochemistry, Elsevier, 2010.* Pesquisa indica que Norte do SAG está relacionado a quatro principais pontos de recarga nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Isso porque o estudo usa como base informações que indicam que a recarga dessa área ao Norte é feita a partir de fluxo vindo da região central da Bacia Sedimentar do Paraná.

10. Bonotto DM Bueno TO. *The natural radioactivity in Guarani aquifer groundwater, Brazil. [A radioatividade natural em águas subterrâneas do aquífero Guarani, Brasil]. [La radiactividad natural en el agua subterránea del acuífero Guaraní, Brasil]. Applied radiation and isotopes, Elsevier, 2008.* Medição de radioatividade em amostras de água do SAG. Níveis são considerados normais em determinadas áreas e em outras há indicação de acumulo de radioelementos. Estudo sugere mais discussão para esse tipo de medição no tocante aos estabelecimentos de parâmetros para água potável.

Espanhol: Foram encontrados 1.270 resultados para a busca pelo termo 'Acuífero Guarani', em espanhol. Os dez primeiros trabalhos listados são:

1. Montañó J. *Sistema acuífero guaraní: Acuíferos regionales en América Latina: capítulo argentino-uruguayo. [Guarani Aquifer System: Regional Aquifer in Latin America: Argentine-Uruguayan chapter. Centro de Publicaciones]. [Sistema Aquífero*

Guarani: Aquífero Regional na América Latina: capítulo argentino-uruguaia. 1998. Livro realizado no contexto dos primeiros estudos acerca do SAG. Indica uso e condições de recarga em cidades argentinas e uruguaias, bem como dados preliminares sobre hidrogeologia e hidroquímica do aquífero nessas regiões.

2. Campos HCNS. *Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guarani*. [Hydrogeological Map of Guarani Aquifer]. [Mapa Hidrogeológico do Acuífero Guarani]. *Águas Subterrâneas*, *aguassubterraneas.abas.org*. 2000. Documento público realizado no contexto do Projeto do SAG. Mapa indica limites geográficos e informa em linhas gerais áreas de recarga, afloramento e tipo de composição do SAG em cada trecho (confinado e semiconfinado).

3. Campos H. *Modelación Conceptual y Matemática del Acuífero Guarani, Cone Sur*. [Conceptual modeling Math and Guarani Aquifer, Southern Cone]. [Modelagem conceitual e Matemática do Aquífero Guarani, Cone Sul]. *Acta Geológica Leopoldinense*, 2000. Apesar de listado, esse trabalho não está disponível na internet.

4. Vives L, Campos H, Candela L, Guarracino L. *Modelación del acuífero Guarani*. [Guarani aquifer modeling]. [Modelagem do aquífero Guarani]. *Boletín Geológico y Minero*, 2001. Modelo preliminar de fluxo do SAG já foi desenvolvido para ser usado juntamente com o mapa hidrogeológico do item 2. Ambos foram desenvolvidos como ferramentas de gestão, ainda inexistentes naquele momento.

5. Fili M, da Rosa Filho EF, Auge M. *El acuífero Guaraní: un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (América del Sur)*. [The Guarani Aquifer: a shared by Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay (South America) resource]. [O Aquífero Guarani: a compartilhada por Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (América do Sul) de recursos]. *Boletín Geológico y Minero*, 1998. Trabalho apresenta aos estudiosos estrangeiro uma visão preliminar sobre o SAG, apontando sua importância estratégica para a América do Sul.

6. Oleaga AB. *Contribución a la hidrogeología del acuífero Guaraní en el sector Uruguay. Un enfoque integral*. [Contribution to the Guarani Aquifer hydrogeology in the Uruguay sector]. [A comprehensive approach]. [Contribuição para a hidrogeologia do Aquífero Guarani no sector do Uruguai. Uma abordagem abrangente]; *Cidade do México*, 2002. Apesar de listado, esse trabalho não está disponível na internet.

7. Pérez A, Rocha L. *Aportes al Conocimiento del Acuífero Guaraní. Área Ciudad de Rivera–Uruguay*. [Contributions to the Knowledge of the Guarani Aquifer. Area City Rivera- Uruguay]. [As contribuições para o Conhecimento do Aquífero Guarani . Área Cidade Rivera- Uruguai.] - *Groundwater and Human Development (OSE, 2002)*. Estudo destaca importância de informações que dêem subsídio à gestão do SAG, sobretudo em área de fronteira, como é o caso da pesquisa feita na cidade de Rivera, na divisa com a cidade brasileira de Santana do Livramento.

8. Campos H. *Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur*. *Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani*. [Conceptual and mathematical modeling of the Guarani Aquifer, Southern Cone. Guarani Aquifer do hydrogeological map].

[*Modelagem conceitual e matemática do Aquífero Guarani, Cone Sul. Aquífero Guarani fazer mapa hidrogeológico*]. *Acta Geológica Leopoldensia*, 1999. Apesar de listado, esse trabalho não está disponível na internet.

9. Auge M. *Acuífero Guarani. [Guarani Aquifer]. [Aquífero Guarani]*. *Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)*, www.cari.org.ar, 2007. Apresentação de slides realizada em 2007, com dados da literatura existente.

10. Gastmans D, Veroslavsky G, Kiang Chang H. *Modelo hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): una herramienta para la gestión. [Conceptual hydrogeologic model of the Guarani Aquifer System (SAG): a tool for management.]*. [*Modelo hidrogeológico conceitual do Sistema Aquífero Guarani (SAG): uma ferramenta para a gestão.*] *Boletín Geológico y Minero*, 2012. Material concebido como um manual de gestão reúne dados hidrogeológicos, hidroquímicos e indicações de áreas críticas de recarga direta ou regional e áreas com risco de contaminação e superexploração.

Periódicos Capes⁹

Português: A busca na base Periódicos Capes detectou 98 resultados em português. Os dez primeiros são:

1. Gomes MAF, Filizola HF, Spadotto C. *Classificação das áreas de recarga do sistema Aquífero Guarani no Brasil em domínios pedomorfoagroclicmáticos – subsídio aos estudos de avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas. Classification of recharge areas of the Guarani Aquifer System in Brazil pedomorfoagroclicmáticos areas - subsidy to studies assessing risk of groundwater contamination.*. [*Clasificación de las áreas de recarga del Sistema Acuífero Guaraní en Brasil pedomorfoagroclicmáticos áreas - subsidio a los estudios de evaluación de riesgo de contaminación de las aguas subterrâneas*] *Revista do Departamento de Geografia, Vol.0 (18), p.67 2011*. Estudo divide as áreas de ocorrência do SAG no Brasil pelo que denomina de domínios pedomorfoagroclicmáticos, que é a junção dos conceitos de domínio de dois pesquisadores: o morfoclimático de Ab'Saber com o conceito de pedobioclimáticos de Resende. Incorporando a isso ainda o uso agrícola dessas áreas e os riscos ambientais associados. O esforço resultou em um mapa que classifica o SAG em nove regiões de recarga do SAG no país: 1) Planalto médio paulista – cana; 2) Nascentes do Araguaia – soja e milho; 3) Nascentes do Araguaia – pastagem; 4) Alto Taquari – Pastagem; 5) Campanha – Arroz irrigado; 6) Serra Gaúcha – uva; 7) Borda do Planalto Médio – Pastagem; 8) Médio Planalto Catarinense – Pastagem e maçã; 9) segundo Planalto Paranaense – Soja, milho e pastagem. Uma outra área segue sem uso ou classificação definida.

2. Reis MM. *Potencial hidromineral das águas hipertermiais do sistema aquífero Guarani no Estado de São Paulo/.* [*Hidromineral potential of hyperthermal waters of the Guarani aquifer system in the State of São Paulo.*]. [*Hidromineral potencial de las aguas hipertermales del sistema acuífero Guaraní en Sao Paulo*]. *Dissertação –*

⁹ <www.periodicos.capes.gov.br>.

Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Instituto De Geociências E Ciências Exatas. 2011. Aponta boa qualidade das águas do SAG, com potencial para usos como água mineral Indica ainda o uso hidrotermal do SAG em SP, destinadas ao abastecimento, a atividades industriais e agroindustriais e, em muito menor escala, ao termalismo recreativo.

3. Villar PC, Ribeiro W. *A busca pela governança dos aquíferos transfronteiriços e o caso do aquífero Guarani. [The search for the governance of transboundary aquifers and the case of the Guarani aquifer]. [La búsqueda de la gobernabilidad de los aquíferos transfronterizos y el caso del Aquífero Guaraní]. Tese – USP. 2012.* Estudo indica que o sistema internacional busca cada vez mais incluir as águas subterrâneas em suas regulações jurídicas e promover a sua governança e gestão, indicando como exemplo dessa agenda o acordo para o SAG. Segundo a tese, o modelo de cooperação adotado no SAG terá efeitos sobre o direito internacional e a ordem ambiental.

4. Guanabara RC, Wendland EC. *Modelo transiente de fluxo em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. [Transient model flow in outcrop of the Guarani Aquifer System]. [Modelo de flujo transitorio en el afloramiento del Sistema Aquífero Guaraní]. TESE, USP. 2011.* Estudo testa a aplicação de modelo transiente para medição do fluxo do SAG na região de Ribeirão da Onça. Modelo mostrou-se satisfatório. Análise indica necessidade de mais monitoramento de fluxos do SAG para gestão.

5. Ribeiro AS, Wendland EC. *Modelagem chuva-vazão utilizando framework JAMS em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. [Modeling rainfall-runoff using JAMS framework in outcrop of the Guarani Aquifer System]. [Modelado de lluvia-escorrentía usando marco JAMS en el afloramiento del Sistema Aquífero Guaraní]. Tese, USP, 2012.* Pesquisa constrói modelo chuva-vazão para análise da disponibilidade hídrica da bacia do ribeirão da Onça e assim garantir uma estimativa correta para a recarga do SAG nessa região específica.

6. Martins SMB; Figueiredo RA. *Diagnóstico sobre o conhecimento da comunidade em uma área de recarga do Aquífero Guarani, região de São Carlos, SP, Brasil. [Diagnosis of community knowledge in a recharge area of the Guarani Aquifer, the region of Sao Carlos, Brazil]. [El diagnóstico de conocimientos de la comunidad en un área de recarga del aquífero Guaraní, la región de San Carlos, SP, Brasil] Ambiência, Vol.6 (3), p.465, 2010.* Estudo denuncia falta de informação de comunidades da cidade de São Carlos (SP) a respeito do SAG. A cidade tem 50% de seu abastecimento garantido pelo aquífero. Pesquisa cria material de educação ambiental sobre o tema a ser utilizado na região.

7. Costa AB, Kaufmann RC, Hansen MAF, Kirst A, Lobo EA. *Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em áreas de preservação permanente (sistema aquífero guarani – sag), bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil. [Quality assessment of groundwater in areas of permanent preservation (Guarani aquifer system - sag), basin of Rio Pardo, RS, Brazil.]. [Evaluación de la calidad de las aguas subterrâneas en áreas de preservación permanente (sistema aquífero Guaraní - SAG), cuenca del Río Pardo, RS, Brasil]. Tecno-Lógica, Vol. 14 (1), p.26, 2010.* Estudo indica que a qualidade das águas de poços menos profundos está mais vulnerável a alterações antrópicas, a qualidade das águas de poços mais profundos depende mais de suas

características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas naturais. Entretanto, a pesquisa aponta poços profundos que também apresentam contaminação por atividade antrópica (aumento de concentração de nitrato).

8. Lucas MC, Wendland EC. *Influência da precipitação e do uso solo sobre a taxa de recarga em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani*. [Influence of precipitation and land use on the recharge rate in outcrop zone of the Guarani Aquifer System.]. [Influencia de la precipitación y uso del suelo en la tasa de recarga en la zona de afloramiento del Sistema Aquífero Guarani]. Tese, USP. 2012. Pesquisa estudou taxa de recarga do SAG na bacia do Ribeirão da Onça e verificou que naquela região essa taxa é de 7% da precipitação. Estudo também verificou que a taxa de recarga é menor em áreas de cultivo de eucaliptos do que em região d cana-de-açúcar, aconselhando planejamento integrado de políticas de abastecimento e atividades agrícolas na região.

9. Oliveira LA, De Campos, JEG. *O sistema aquífero Guarani no Estado de Goiás: distribuição, caracterização hidrodinâmica, hidroquímica, composição isotópica e CFCs*. [The Guarani aquifer system in the State of Goiás: distribution, characterization hydrodynamics, hydrochemistry, isotopic composition and CFCs.]. [El sistema aquífero Guarani en el Estado de Goiás: distribución, caracterización hidrodinámica, hidroquímica, la composición isotópica y CFC]. Universidade de Brasília, Brasília, Tese (doutorado) Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 2009.

10. Wahnfried ID, Hirata, R. *Modelo conceitual de fluxo do Aquitarde Serra Geral e do Sistema Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto, SP*. [Conceptual model of flow aquitard Serra Geral and Guarani Aquifer System in Ribeirão Preto, Brazil.]. [Modelo conceitual de flujo Acuitardo Serra Geral y el Sistema Aquífero Guarani en Ribeirão Preto, SP]. Tese USP. 2010. Por meio dos usos de equipamentos de testes hidráulicos e análises químicas, estudo mostra pouca ou nenhuma conectividade entre o Aquífero Serra Geral e o SAG na região de Ribeirão Preto.

Inglês: A busca retornou 187 resultados para “Guarani Aquifer” em inglês na base Periódicos Capes. Os dez primeiros são:

1. Bonotto, DM. *Hydro(radio)chemical relationships in the giant Guarani aquifer, Brazil*. [Relações hidro (rádio) químicas no gigante aquífero Guarani, Brasil.]. [Relaciones Hydro (radio) químicos en el aquífero Guarani gigante, Brasil] *Journal of Hydrology*, Vol.323(1), pp.353-386, 2006. Estudo faz análise hidroquímica e radioquímica de 78 amostras de coletadas na parte brasileira do SAG. Foram identificadas correlações entre a pressão geostática, fluxo, temperatura, nível de oxigênio dissolvido e oxigênio livre, pH, condutividade e níveis de determinadas substâncias, indicando uma influencia importante de sedimentos paleozóicos na composição dessas águas. Os dados indicam também concordância com estudos anteriores que apontam uma idade bastante avançada para as águas do Guarani.

2. Bonotto, DM. *An underground concordat; Sharing water. (Sharing the Guarani aquifer)*. [Uma concordata subterrânea; Compartilhando da água. (Compartilhando o aquífero Guarani)]. [Un concordato subterrânea; Compartir el agua. (Compartiendo el

acuífero Guaraní)]. *The Economist (US)*, Vol.368(8340), p.34US. Cengage Learning, Inc. Sept 6, 2003. Artigo da revista “The Economist” sobre o SAG como reserva hídrica estratégica.

3. Wendland E, Barreto C, Gomes LH. *Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. [O equilíbrio da água na zona de afloramento do Aquífero Guaraní com base no monitoramento hidrogeológico]. [Balance de agua en la zona de afloramiento del acuífero Guaraní basado en el seguimiento hidrogeológico]. Journal of Hydrology, Vol.342(3), pp.261-269. 2007.* Trabalho realizado na região de Ribeirão da Onça a partir de um monitoramento hidrogeológico, medição de evapotranspiração e balanceamento hídrico do SAG feito a partir da instalação de equipamentos no lençol freático. Com base em informações coletadas ao longo de um ano hidrogeológico, a pesquisa indicou que a recarga profunda do SAG naquela região foi de apenas 3,5% da infiltração total do solo, o que, de acordo com os autores, coloca em atenção a disponibilidade de água do SAG em longo prazo.

4. Hirata R, Ucci MS, Wahnfried I, Viviani-Lima JB *Guarani Aquifer System exploitation in Araraquara. [La explotación del Sistema Acuífero Guaraní en Araraquara]. [A exploração do Sistema Aquífero Guaraní em Araraquara]. Geologia USP: Série Científica, Vol.12(2), p.115, 2012.* Estudo avalia exploração do SAG na cidade de Araraquara (SP). Os resultados mostraram que os níveis de bombeamento estão bons mesmo diante de um aumento do uso da água e dos níveis de rebaixamento do reservatório, o que não aponta para riscos de superexploração.

5. Schmidt, G. *Untersuchungen zu einem der größten Grundwasservorkommen Südamerikas: Der Guaraní-Aquifer in Paraguay. Grundwasser. [Investigations into the largest aquifers in South America: the Guaraní Aquifer in Paraguay . groundwater]. [As investigações sobre os maiores aquíferos na América do Sul: o Aquífero Guaraní no Paraguai . águas subterrâneas]. [Investigations into the largest aquifers in South America: the Guaraní Aquifer in Paraguay. Groundwater]. [1430-483X]. vol:16 fasc:3 pág:187-194 ano: 2011.* Texto que descreve o Aquífero Guaraní e o projeto internacional para o seu estudo, sobretudo os esforços de pesquisa realizados no Paraguai e informa que o governo alemão investiu para que o Paraguai coletasse dados sobre as configurações do SAG no seu território. O serviço geológico alemão desenvolveu um modelo numérico para medir a vazão de pontos de afloramento do SAG no Paraguai e em áreas de fronteira com o Brasil e a Argentina.

6. Favetto A. *Magnetotellurics applied to the study of the Guaraní aquifer in Entre Ríos Province, N–E Argentina. Journal of South American earth sciences [0895-9811]. [Magneto aplicado ao estudo do aquífero guarani na Província de Entre Ríos, N-E Argentina.]. [Magnetotelúrica aplicadas al estudio del acuífero Guaraní, en la provincia de Entre Ríos, Argentina N - E] vol:32 fasc:1 pág:49 -57. ano: 2011.* Pesquisa utiliza método Magnetotelúrico para determinar características dos sedimentos do SAG na região de Entre Rios, na Argentina. Os resultados foram comparados com dados obtidos em local próximo à região estudada por setor de extração de óleo e usinas termais e não divergiram dos mesmos.

7. Marimon M, Roisenberg A, Viero A, Oliveira-Camargo F, Suhogusoff, A. *Evaluation of the potential impact of fluorine-rich fertilizers on the Guarani Aquifer System, Rio*

Grande do Sul, Southern Brazil. [Avaliação do impacto potencial de fertilizantes ricos em flúor no Sistema Aquífero Guarani, Rio Grande do Sul, Sul do Brasil]. [Evaluación del impacto potencial de fertilizantes ricos en flúor sobre el Sistema Aquífero Guarani, Rio Grande do Sul, Sur de Brasil.]. Environmental Earth Sciences, Vol.69(1), pp.77-84, 2013. Pesquisa identifica alta concentração de flúor no Aquífero Santa Maria, integrante do SAG. Como a água do reservatório é usada para abastecimento urbano, estudo sugere associação entre essa concentração e os crescentes casos de fluorose na região. O trabalho também sugere associação entre a concentração de flúor e o uso indiscriminado de agrotóxicos na região fazendo uma ligação entre os materiais usados na cultura do tabaco e também dos produtos químicos administrados no manejo do gado. No solo da região pesquisada foram identificadas, ainda, outras substâncias que contribuem para o carregamento do flúor.

8. *Briao AB, Magoga Jonas, Hemkemeier Marcelo, Briao EB, Girardelli L, Sbeghen L, Favaretto DPC. Reverse for desalination of water from the Guarani Aquifer System to produce drinking water in southern Brazil. [Invertir para la desalinización del agua del Sistema Aquífero Guarani para producir agua potable en el sur de Brasil]. [Reverter para a dessalinização de água do Sistema Aquífero Guarani para produzir água potável no sul do Brasil]. Desalination, July 1, Vol.344, p.402, 2014.* Estudo justificado pelas estiagens constantes no Sudeste avalia a possibilidade de uso do método da osmose reversa para dessalinização da água do SAG em regiões onde ela é predominantemente salobra.

9. *Marimon M, Roisenberg A, Suhogusoff A; Viero A. Hydrogeochemistry and statistical analysis applied to understand fluoride provenance in the Guarani Aquifer System, Southern Brazil. [Hidrogeoquímica e análise estatística aplicada para entender proveniência flúor no Sistema Aquífero Guarani, Sul do Brasil.]. [Hidrogeoquímica y el análisis estadístico aplicado a entender la procedencia de fluoruro en el Sistema Aquífero Guarani, el sur de Brasil]. Environmental Geochemistry and Health, Vol.35(3), pp. 391-403. 2013.* Alta concentração de flúor na formação Santa Maria, parte do SAG coincide com a alta prevalência de fluorose na região. O estudo sugere que essa concentração de flúor está relacionada à interação mineral natural entre as diferentes formações rochosas e suas as composições químicas nessa determinada porção do SAG.

10. *Hirata R, Gesicki A, Sracek O, Bertolo R, Giannini PC, Araven R. Relation between sedimentary framework and hydrogeology in the Guarani Aquifer System in São Paulo state, Brazil. [Relação entre estrutura sedimentar e hidrogeologia no Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, Brasil.]. [Relación entre el marco y la hidrogeología sedimentaria en el Sistema Aquífero Guarani en el estado de Sao Paulo, Brasil]. Journal of South American Earth Sciences, Vol.31(4), pp.444-456, 2011.* Estudo de hidrogeologia usa aspectos físico-químicos para indicar que o SAG é um aquífero semiconfinado e que foi formado durante um período frio.

Espanhol: A busca na base Periódicos Capes encontrou 14 trabalhos usando como busca o termo “Acuífero Guarani”, em espanhol. Os dez primeiros são:

1. *Manziona R. Stochastic simulation of time-series models combined with geostatistics to predict water-table scenarios in a Guarani Aquifer System outcrop area, Brazil.*

[*Simulação estocástica de modelos de séries temporais combinadas com geoestatística para prever água - mesa em uma área de afloramento cenários Sistema Aquífero Guarani, Brasil*]. [*Simulación estocástica de los modelos de series de tiempo combinado con Geoestadística para predecir escenarios del nivel freático en la zona de afloramiento Sistema Aquífero Guarani, Brasil*] *Hydrogeology journal* [1431-2174] vol:20 fasc:7 pág:1239 -1249, ano: 2012. Estudo discute a utilização de simulações estocásticas e modelos de séries históricas combinados para monitoramento de aquíferos com pouca informação disponível e pouca rede de monitoramento, citando o SAG como exemplo.

2. Gómez A. *The Guarani Aquifer System: estimation of recharge along the Uruguay–Brazil border*. [*O Sistema Aquífero Guarani: estimativa de recarga ao longo da fronteira Uruguai- Brasil*]. [*El Sistema Aquífero Guarani: estimación de la recarga a lo largo de la frontera Uruguay - Brasil*]. *Hydrogeology journal* [1431-2174] vol:18 fasc:7 pág:1667 -1684 ano: 2010. Pesquisa mede taxa de recarga na região das cidades vizinhas de Rivera, no Uruguai, e Santana do Livramento, (RS), concluindo que essa taxa é de 8,5% da precipitação, o que confirma estudos anteriores.

3. Gastmans D. *Stable isotopes (2 H, 18 O and 13 C) in groundwaters from the northwestern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil)*. [*Isótopos estáveis (2 H, 18O e 13 C) nas águas subterrâneas a partir da porção noroeste do Sistema Aquífero Guarani (Brasil)*]. [*Los isótopos estables (2 H , 18 S y 13 C) en las aguas subterrâneas de la porción del noroeste del Sistema Aquífero Guarani (Brasil)*]. *Hydrogeology journal* [1431-2174] vol:18 fasc:6 pág:1497 -1513, ano: 2010. Estudo busca analisar as condições climáticas no momento de recarga do SAG na região do Pantanal Matogrossense a partir de um cruzamento entre a composição de isótopos e conclui que a temperatura era 10°C mais fria.

4. Rabelo J. *Assessment of groundwater recharge and water fluxes of the Guarani Aquifer System, Brazil*. [*Avaliação da recarga de água subterrânea e água fluxos do Sistema Aquífero Guarani , Brasil*]. [*Evaluación de la recarga de las aguas subterrâneas y los flujos del Sistema Aquífero Guarani, Brasil*] *Hydrogeology journal* [1431-2174]. vol: 17 fasc:7 pág:1733 -1748, ano: 2009. Estudo analisa contribuição de dois tributários do Rio Tietê para o SAG e indica intensa interação entre o lençol freático desses rios e o aquífero, apontando essa área como de vulnerabilidade ambiental.

5. A Favetto, C Pomposiello, C Sainato, C Dapeña, N Guida..*Estudio geofísico aplicado a la evaluación del recurso geotermal en el sudeste de Entre Ríos*. [*Geophysical survey applied to the evaluation of the geothermal resource in the southeast of Entre Rios*]. [*Levantamento geofísico aplicado à avaliação do recurso geotérmico no sudeste de Entre Rios*]. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Vol.60(1), p.197. 2005*. Estudo de caracterização acerca da profundidade do SAG nas regiões de Entre Rios, Gualeguaychú, Aldea San Antonio, San José y Concepción del Uruguay. Indica grande profundidade variando em cerca de 900 metros.

6. Pacino MC, Pereira A, Cotlier C. *Utilización de datos gravimétricos GRACE e imágenes NOAA en un análisis multitemporal de la masa hídrica de la cuenca del río Paraná (Argentina)*. [*Using GRACE gravimetric data and images NOAA in a multi-*

temporal analysis of the water body basin Paraná (Argentina) river. [Usando dados gravimétricos GRACE e imagens NOAA em uma análise multitemporal da massa de água da bacia do rio Paraná (Argentina)] *Geoacta*, Vol.36(2), p.211. 2011. Não trata especificamente do SAG. Estudo mede a massa hídrica da bacia do rio Paraná em função de diferentes épocas do ano e analisa o balanceamento hídrico das águas superficiais e subterrâneas na região.

7. *Gastmans D. Stable isotopes (2H, 18O and 13C) in groundwaters from the northwestern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil)*. [Isótopos estáveis (2H, 18O e 13C) em águas subterrâneas a partir da porção noroeste do Sistema Aquífero Guarani (Brasil)]. [Los isótopos estables (2H, 18O y 13C) en aguas subterráneas de la porción del noroeste del Sistema Acuífero Guaraní (Brasil)]. (Report). *Hydrogeology journal* [1431-2174] vol:18 fasc:6 pág:1497. ano: 2010.

8. *Sracek O. Geochemical and stable isotopic evolution of the Guarani Aquifer System in the state of São Paulo, Brazil*. [Evolução geoquímica e isotópica do estábulo Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, Brasil]. [Geoquímica isotópica evolución y estable del Sistema Acuífero Guaraní en el estado de Sao Paulo, Brasil]. *Hydrogeology journal* [1431-2174]. vol:10 fasc:6 pág:643 -655. ano: 2002. Estudo busca explicar a geoquímica e as condições dos isótopos estáveis dos aquíferos Botucatu e Pirambóia, unidades do SAG nas regiões de Sertãozinho e Águas de Santa Bárbara, no interior paulista. A pesquisa foca no comportamento de compostos como cloreto e sulfato de sódio, mas não consegue precisar se a dissolução dessas substâncias chega até o SAG ou se estão dissipadas no Aquífero Serra Geral, que lhe sobressalente. Indica necessidade de mais estudos para entendimento do fluxo vertical dessa formação, e potencial de penetração e contaminação do SAG.

9. *Favetto, A, Curcio A, Pomposiello C. Magnetotellurics applied to the study of the Guaraní aquifer in Entre Ríos Province, N–E Argentina*. [Magneto aplicado ao estudo do aquífero guarani na Província de Entre Ríos, N-E Argentina]. [Magnetotelúrica aplicadas al estudio del acuífero Guaraní, en la provincia de Entre Ríos, Argentina N - E]. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol.32(1), pp.49-57. 2011. Pesquisa utiliza método Magnetotelúrico para determinar características dos sedimentos do SAG na região de Entre Rios, na Argentina. Os resultados foram comparados com dados obtidos em local próximo à região estudada por setor de extração de óleo e usinas termais e não divergiram dos mesmos.

10. *Nanni, AS, Roisenberg A, De Hollanda, MHBM, Marimon, MPC, Viero AP, Scheibe LF. Fluoride in the Serra Geral Aquifer System: source evaluation using stable isotopes and principal component analysis*. [Flúor no Sistema Aquífero Serra Geral: avaliação de origem usando isótopos estáveis e análise de componentes principais]. [El flúor en el Sistema Acuífero Geral Serra: Evaluación de origen usando isótopos estables y análisis de componentes principales]. (Research Article Report). *Journal of Geological Research, Annual*, 2013. Estudo é sobre o Aquífero Serra Geral, mas os dados obtidos pela investigação são comparados com informações já conhecidas sobre o SAG. O foco da pesquisa são as anomalias relacionadas à concentração de flúor em pontos do estado do Rio Grande do Sul. Os resultados sugerem uma dinâmica mistura das águas do Serra Geral e do Guarani.

Scopus¹⁰

Português: busca pelo termo “Aquífero Guarani” em português retornou 16 resultados, e os 10 primeiros são:

1. *De Oliveira LA, Campos JEG. Condições de circulação do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás. [Conceptual flow models of the Guarani aquifer system in Goiás state, Brazil]. [Las condiciones del tráfico del Sistema Aquífero Guarani en el estado de Goiás] Revista Brasileira de Geociências. 2012.* Trabalho propõe modelos conceituais de fluxo para o SAG no estado de Goiás, no Brasil. A análise dividiu a região estudada em duas áreas: a confinada e a livre. Os resultados indicam que a existência de um fluxo alimentado por recarga indireta, originado em Cachoeira Dourada, na porção leste do aquífero em Goiás.

2. *De Oliveira LA, Campos JEG. Comportamento estrutural do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás, Brasil. [Structural behavior of the Guarani Aquifer System in Goiás state, Brazil]. [Comportamiento estructural del Sistema Aquífero Guarani en el Estado de Goiás, Brasil]. Revista Brasileira de Geociências. 2012.* Estudo faz um detalhamento da estrutura do SAG no estado de Goiás, inclusive sugerindo novo dimensionamento, com diminuição de sua área de ocorrência e reconfiguração cartográfica. Identifica a extensão nordeste do Rio Paraná e o curso do rio Paranaíba como a principal estrutura de controle de fluxo regional do aquífero no estado, além de algumas considerações sobre a interação de outros aquíferos com o SAG.

3. *Gastmans D., Reis M.M, Kiang, C.H. Geotermometria das águas hipertermais do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo. [Geothermometry of hyperthermal waters of Guarani Aquifer System of the state of São Paulo - Brazil]. [Geotermometría de las aguas hipertermales del Sistema Aquífero Guarani en el Estado de Sao Paulo] Revista Brasileira de Geociências. 2012.* Utilizando geotermômetros, as águas do SAG classificadas como hipertermais (com mais de 38°C) foram analisadas para estabelecer uma relação entre temperatura e profundidade indicando gradiente geotérmico médio de 27,7°C/km. Os geotermômetros apontam ainda para a possibilidade da ocorrência de misturas de águas mais profundas.

4. *Hirata R, Ucci MS, Wahnfried I, Viviani-Lima JB. Exploração do sistema aquífero Guarani em Araraquara. [Guarani aquifer system exploitation in Araraquara]. [La explotación del sistema aquífero Guarani en Araraquara] Geologia USP - Serie Científica. 2012.* Estudo avalia exploração do SAG na cidade de Araraquara (SP). Os resultados mostraram que os níveis de bombeamento estão bons mesmo diante de um aumento do uso da água e dos níveis de rebaixamento do reservatório, o que não aponta para ricos de superexploração.

5. *Albuquerque Filho JL, de Carvalho, AM, Ikematsu, P, Pereira MSM, Theodorovicz A. Diretrizes para o desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo, Brasil. [Guidelines for the development and environmental protection of the outcrop area in the Guarani aquifer*

¹⁰ <www.scopus.com>.

system in São Paulo State, Brazil. [Directrices para el desarrollo y la protección del medio ambiente del afloramiento del Sistema Aquífero Guarani en el estado de Sao Paulo, Brasil]. 2012. *Boletín Geológico y Minero*. Estudo cruza tutelas jurídicas, dados socioeconômicos e também informações físicas do SAG para demonstrar que embora satisfatório no plano regional, a situação legal atual do SAG demanda que a gestão seja disciplinada.

6. *Pedroso MG, Campos HCSN, Nepomuceno O. Tutela jurídica do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto (Estado de São Paulo, Brasil)*. [Legal protection of the Guarani aquifer in Ribeirão Preto (São Paulo State, Brasil)]. [Protección jurídica del Aquífero Guarani en Ribeirão Preto (Sao Paulo, Brasil)] *Boletín Geológico y Minero*, 2012. Estudo analisa rebaixamento do SAG na cidade de Ribeirão Preto do ponto de vista legal e documenta a atuação do Ministério Público local no sentido de disciplinar atividades de risco para o reservatório, como a instalação de lixões.

7. *Fernandes AJ, Nigri FA, Azevedo Sobrinho JM, Varnier C. Análise de fraturas dos basaltos do Aquífero Serra Geral e o potencial de recarga regional do Sistema Aquífero Guarani*. [Analysis of fracturing in the basalts of the Serra Geral Aquifer and the potential regional recharge of the Guarani Aquifer System]. [Análisis de basaltos fractura de la Serra Geral aquífero y la posibilidad de recarga regional del Sistema Aquífero Guarani] *Boletín Geológico y Minero*, 2012. Pesquisa avalia fluxo vertical de água subterrânea do Aquífero Serra Geral na recarga dos do SAG para estimar vulnerabilidade à poluição. Foram identificadas barreiras hidráulicas regionais e fissuras tectônicas em regiões alternadas, que ora favorecem possíveis contaminações, ora previnem.

8. *Lucas MC, Guanabara RC, Wendland E. Estimativa de recarga subterrânea em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani*. [Estimating groundwater recharge in the outcrop area of the Guarani Aquifer System]. [La estimación de la recarga de las aguas subterráneas de afloramiento del Sistema Aquífero Guarani]. *Boletín Geológico y Minero*. 2012. Trabalho estima as taxas anuais de recarga subterrânea na bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, situada em área de afloramento do SAG, durante o período 2004–2011 e em relação a áreas de determinadas culturas agrícolas. A recarga variou de 7% e 20% da precipitação anual, e foram observadas menores estimativas de recarga nas áreas com cultura de citros e eucaliptos, em relação às áreas com pastagem e cana-de-açúcar.

9. *da Conceição FT, Cunha R, Sardinha DS, de Souza, ADG, Sinelli O. Hidrogeoquímica do aquífero guarani na área urbana de ribeirão preto (SP)*. [Hydrogeochemistry of the Guarani Aquifer in the urban area of Ribeirão Preto (SP)]. [Hidrogeoquímica del aquífero Guarani en el área urbana del arroyo Negro (SP)]. *Geociencias*. 2009. Avaliação hidrogeoquímica do SAG em Ribeirão Preto em 2005 indicou que as águas dos pontos coletados apresentam pH ligeiramente ácido, baixa condutividade, além de turbidez, cor e oxigênio dissolvido estão dentro dos limites estabelecidos para águas potáveis. Além disso, é possível concluir que as concentrações de nitrato e fosfato encontradas nas águas subterrâneas na área urbana de Ribeirão Preto são originadas devido às atividades antrópicas.

10. Villar PC, Ribeiro WC. *Sociedade e gestão do risco: O aquífero Guarani em Ribeirão Preto-SP, Brasil. [Society and risk management: The Guarani aquifer in Ribeirão Preto-SP, Brazil]. [Sociedad y gestión de riesgos: El acuífero Guaraní en Ribeirão Preto, Brasil]. Revista de Geografía Norte Grande. 2009.* Trabalho discute a gestão das águas subterrâneas em Ribeirão Preto e reflete sobre os riscos que a contaminação e a superexploração acarretam para a principal fonte hídrica do município. Estudo aponta que em detrimento de uma gestão participativa, atores com maior poder econômico têm tido mais poder de decisão sobre a gestão do SAG na região.

Inglês: a busca na base scopus retornou 105 estudos, sendo os dez primeiros:

1. Brião, V.B., Magoga, J., Hemkemeier, M., Sbeghen, L., Favaretto, D.P.C. *Reverse osmosis for desalination of water from the Guarani Aquifer System to produce drinking water in southern Brazil. [Osmose reversa para a dessalinização de água do Sistema Aquífero Guarani para produzir água potável no sul do Brasil]. [La ósmosis inversa para la desalinización del agua del Sistema Acuífero Guaraní para producir agua potable en el sur de Brasil]. Desalination. 2014.* Estudo justificado pelas estiagens constantes no Sudeste avalia a possibilidade de uso do método da osmose reversa para dessalinização da água do SAG em regiões onde ela é predominantemente salobra.

2. Soler i Gil A, Bonotto DM. *Hydrochemical and stable isotopes (H, O, S) signatures in deep groundwaters of Paraná basin, Brazil. [Isótopos hidroquímicas e estáveis (H, O, S) assinaturas em águas subterrâneas profundas da bacia do Paraná, Brasil]. [Isótopos hidroquímicas e estáveis (H, O, S) assinaturas em águas subterrâneas profundas da bacia do Paraná, Brasil]. Environmental Earth Sciences. 2014.* Estudo cria uma base de dados sobre aspectos hidroquímicos e físicos do SAG, como temperatura e composição da água, confirmando dados de trabalhos anteriores.

3. Gilg HA, Krüger Y, Taubald H, Frenz M, Morteani G. *Mineralisation of amethyst-bearing geodes in Ametista do Sul (Brazil) from low-temperature sedimentary brines: evidence from monophase liquid inclusions and stable isotopes. [Mineralização de geodes portadores de ametista em Ametista do Sul (Brasil) de salmouras sedimentares de baixa temperatura: evidência de inclusões monofásica líquidos e isótopos estáveis]. [La mineralización de geodas de amatista que devengan en Ametista do Sul (Brasil) a partir de salmueras sedimentarias de baja temperatura: evidencia de inclusiones líquidas monofásica e isótopos estables.]. Mineralium Deposita. 2014.* Pesquisa analisa águas salobras do SAG e indica que elas estão relacionadas à mineralização de reservas de ametista na região de Ametista do Sul.

4. Höyng D, D’Affonseca FM, Bayer P, Weiß H, Grathwohl P. *High-resolution aquifer analog of fluvial-aeolian sediments of the Guarani aquifer system. [Sistema analógico de alta resolução de sedimentos flúvio-eólicos do sistema aquífero Guarani]. [Sistema analógico de alta resolución de sedimentos fluvio-eólicos del sistema acuífero Guaraní]. Environmental Earth Sciences. 2014.* Trabalho emprega modelo numérico para estudo de fluxo de transporte de carreamento de substância para o interior do SAG na região da formação Pirambóia do SAG. As investigações foram realizadas na cidade de Descalvado (SP) e foram coletadas diversas informações geológicas que podem

servir de base para o entendimento do fluxo no interior do SAG a partir da adoção do mencionado modelo número.

5. Wendland E, Gomes LH, Porto RM. *Use of convolution and geotechnical rock properties to analyze free flowing discharge test. [Uso de convolução e propriedades de rocha geotécnica para analisar teste de descarga de fluxo livre]. [El uso de convolución y las propiedades de roca geotécnica para analizar prueba de descarga de flujo libre]. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2014.* Artigo descreve um teste de bombeamento e aplicação da técnica de convolução é para reconstrução de curvas de rebaixamento. A ação é empregada para subsidiar decisões para gestão e abastecimento público. Foram feitas também comparações entre um poço jorrante e um poço de observação para determinar parâmetros hidrogeológicos do SAG em regiões confinadas.

6. Peri VG, Barcelona H, Pomposiello, MC, Rossello EA, Favetto A. *Shallow geophysical evaluation of the transition zone between the Guaraní and Yrendá-Toba-Tarijeño aquifer systems (Argentine Gran Chaco). [Avaliação geofísica rasa da zona de transição entre os sistemas aquíferos Yrendá - Toba - Tarijeño Guaraní e (Argentina Gran Chaco)] ./ [Poco profunda evaluación geofísica de la zona de transición entre los sistemas aquíferos Yrenda - Toba - Tarijeño guaraní y (Gran Chaco Argentino)]. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2014.* Estudo analisa camadas profundas do SAG ainda pouco conhecidas das formações Pampa e Chaco, na Argentina e também a relação do SAG com o aquífero Yrenda-Toba-Tarijeño. O principal objetivo do estudo é determinar áreas com potencial para produção de água potável e indica ainda que região tem escassos recursos hídricos que também são mal geridos.

7. Montes ML, Desimoni J. *Inventories of natural radioactivity in groundwater of South. [Os estoques de radioatividade natural em águas subterrâneas de Sul]. [Inventarios naturales de radiactividad en el agua subterránea del Sur] America (Book Chapter) Gamma Rays: Technology, Applications and Health Implications. 2013.* Trabalho não localizado.

8. Mira A, Gómez Dacal ML, Tocho C, Vives L. *3D gravity modeling of the Corrientes province (NE Argentina) and its importance to the Guarani Aquifer System. [Modelagem 3D gravidade da província de Corrientes (NE Argentina) e sua importância para o Sistema Aquífero Guarani]. [Modelado de gravedad 3D de la provincia de Corrientes (Argentina NE) y su importancia para el Sistema Aquífero Guarani]. Tectonophysics. 2013.* O artigo apresenta um modelo geológico de duas áreas da província de Corrientes, na Argentina. Os resultados mostraram que as formações geológicas estão compartimentalizadas em blocos estruturados separados por grossas fissuras. E essa rede de fraturas têm relação com as características de recarga e afloramento do SAG.

9. Kettelhut JTS. *Lessons learned from The Guarani Aquifer System Project Adopted In The La Plata Basin Framework Program. [Lições aprendidas com o Projeto Aquífero Guarani sistema adotado no programa-quadro da Bacia do Prata]. [Las lecciones aprendidas de los guaraníes del Proyecto Sistema Aquífero adoptadas en el Programa Marco de la Cuenca del Plata]. Environmental Development, 2013.* Trabalho aponta ações realizadas durante o projeto do SAG e que poderiam ser empregadas em iniciativa

de pesquisa semelhante na Bacia do Prata para ampliar o conhecimento técnico-científico no tema.

10. Hartmann LA, Baggio SB, Duarte SK. *Decoding geochemical and gamma-spectrometric signatures from lavas and sand injectites at the base of the Paraná volcanic province, Novo Hamburgo, Brazil. [Decodificando assinaturas geoquímicas e gama - espectrometria de lavas e injectites de areia na base da província vulcânica Paraná, Novo Hamburgo, Brasil]. [La decodificación de firmas geoquímicas y gamma - espectrometría de lavas y inyectitas de arena en la base de la provincia volcánica Paraná, Novo Hamburgo, Brasil]. International Geology Review. 2013.* Estudo tenta desvelar as características da província geológica do Paraná na região de Novo Hamburgo, indicando fluxos de lava e areia no interior das formações geológicas e suas relações com águas termais.

Espanhol: a busca na base Scopus nesse idioma retornou cinco (5) resultados. São eles:

1. Gastmans D, Reis MM, Kiang CH. *Geotermometria das águas hipertermais do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo. [Geothermometry of hyperthermal waters of Guarani Aquifer System of the state of São Paulo - Brazil]. [Geotermometría de las aguas hipertermales del Sistema Aquífero Guarani en el Estado de Sao Paulo] Revista Brasileira de Geociencias. pp. 208-225. 2012.* Utilizando geotermômetros, as águas do SAG classificadas como hipertermais (com mais de 38°C) foram analisadas para estabelecer uma relação entre temperatura e profundidade indicando gradiente geotérmico médio de 27,7°C/km. Os geotermômetros apontam ainda para a possibilidade da ocorrência de misturas de águas mais profundas.

2. De Oliveira LA, Campos JEG. *Comportamento estrutural do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás, Brasil. [Structural behavior of the Guarani Aquifer System in Goiás state, Brazil]. [Comportamiento estructural del Sistema Aquífero Guarani en el Estado de Goiás, Brasil]. Revista Brasileira de Geociencias. 2012.* Estudo faz um detalhamento da estrutura do SAG no estado de Goiás, inclusive sugerindo novo dimensionamento, com diminuição de sua área de ocorrência e reconfiguração cartográfica. Identifica a extensão nordeste do Rio Paraná e o curso do rio Paranaíba como a principal estrutura de controle de fluxo regional do aquífero no estado, além de algumas considerações sobre a interação de outros aquíferos com o SAG.

3. Albuquerque Filho JL, de Carvalho AM, Ikematsu P, Militão da Silva MP., Theodorovicz A. *Diretrizes para o desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo, Brasil. [Guidelines for the development and environmental protection of the outcrop area in the Guarani aquifer system in São Paulo State, Brazil]. [Directrices para el desarrollo y la protección del medio ambiente del afloramiento del Sistema Aquífero Guarani en el estado de Sao Paulo, Brasil] Boletín Geológico y Minero. 2012.* Estudo cruza tutelas jurídicas, dados socioeconômicos e também informações físicas do SAG para demonstrar que embora satisfatório no plano regional, a situação legal atual do SAG demanda que a gestão seja disciplinada.

4. *Pedroso Goulart M, Campos HCNS, Nepomuceno O. Tutela jurídica do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto (Estado de São Paulo, Brasil). [Legal protection of the Guarani aquifer in Ribeirão Preto (São Paulo State, Brasil)]. [Protección jurídica del Acuífero Guaraní en Ribeirão Preto (Sao Paulo, Brasil). Boletín Geológico y Minero. 2012. Estudo analisa rebaixamento do SAG na cidade de Ribeirão Preto do ponto de vista legal e documenta a atuação do Ministério Público local no sentido de disciplinar atividades de risco para o reservatório, como a instalação de lixões.*

5. *Ribeiro WC. Aquífero Guarani: Gestão compartilhada e soberania. [Guarani Aquifer: Shared management and sovereignty]. [Acuífero Guaraní: La gestión compartida y la soberanía]. 2008. Estudos Avançados. Artigo trata da situação institucional do SAG e da pertinência de sua gestão no âmbito do Mercosul em momento anterior ao acordo do SAG. O estudo analisa as dimensões ambientais do Mercosul e as avalia como insuficientes para gestão compartilhada do aquífero. O texto termina por apontar a necessidade de uma nova instancia institucional dedicado ao Sistema.*

Nuvem de palavras-chave

A seguir apresentamos gráficos nuvem feitos a partir das palavras-chave de cada artigo por idioma.

Figura I. Nuvem de palavras-chave em Português



Análise dos resultados e considerações finais

Há um predomínio de abordagens da área de hidrogeologia e química analítica, sobretudo dos resultados obtidos pela busca em inglês. Isso foi comprovado na análise de cada artigo e também na observação das palavras-chave por meio dos gráficos nuvem. A maior parte dos autores dos trinta artigos selecionados são latino-americanos, e destes a maioria é de brasileiros. A base Periódicos Capes entregou 16 resultados de trabalhos escritos em inglês, 11 em português, 2 em espanhol e 1 em alemão (houve menos de 10 resultados para a busca em espanhol). Na base Google Acadêmico os resultados entregues somam 12 trabalhos em português, 8 em inglês e 4 em espanhol. A busca na base Scopus não retornou nenhum resultado em língua espanhola, sendo os cinco resultados obtidos para a pesquisa em espanhol nessa base trabalhos escritos em português. No Scopus, foram 15 resultados em português e 9 em inglês.

Ao todo foram 38 resultados para trabalhos em português, 33 em inglês, 6 em espanhol e 1 em alemão. A busca na base Google Acadêmico em espanhol retornou resultados sem o link da publicação, indicando possivelmente que o artigo não foi indexado num repositório acadêmico regular, o que levanta questões sobre a regularidade da produção científica sobre o SAG naquele idioma e conseqüentemente nos países de língua espanhola da América do Sul.

No tocante às áreas disciplinares, a maioria dos artigos é fruto de pesquisas da área de hidrogeologia e química analítica, o que mostra uma abordagem mais técnica do que crítica na cobertura do tema pelo mundo acadêmico.

Sobre a origem dos trabalhos, quase a totalidade dos resultados obtidos apontam para pesquisas produzidas por cientistas do Brasil. Dos 78 resultados totais das buscas, apenas 10 são de pesquisas realizadas sem cooperação nenhuma com pesquisadores do Brasil, sendo 1 estudo alemão, 1 estudo do Uruguai e os outros 8 da Argentina. Entre os 68 trabalhos analisados, somente 7 foram feitos em cooperação internacional, sendo 3 deles com o Canadá, 1 com a República Checa e os outros 3 com a Argentina. Foram 61 trabalhos encontrados nas bases de busca com origem apenas em pesquisa feitas por instituições brasileiras – o que dá 78% do universo total.

Sendo os aquíferos as principais fontes de água doce do mundo, o conhecimento acumulado pelo Brasil em pesquisa sobre um dos maiores aquíferos do mundo, o SAG, coloca a comunidade científica brasileira e o próprio país por consequência em posição de destaque na discussão mundial do tema da água.

Silvio Funtowicz e Jerome Ravetz (1993), escrevem que é imperativo desenvolver novos modelos de atividade científica que consigam ir além das oposições tradicionais entre as disciplinas pertencentes ao campo das ciências sociais e das ciências naturais. Insistem na necessidade de substituir a especialização crescente por enfoques sistêmicos e ressaltam os benéficos para a construção do conhecimento que outras formas de conhecimento (diferentes daqueles enfatizados pela ciência normal) podem trazer para a compreensão dos fenômenos.

Dessa forma, há um desafio para os grupos dedicados aos estudos do SAG para que busquem mais pluralidade de visões e a busca por enfoques que integrem mais as abordagens disciplinares e técnicas com as análises mais conjunturais, sistêmicas e interdisciplinares. Desse movimento depende o avanço em temas cujas dificuldades estão na ordem do dia: o incremento do estresse hídrico; a diplomacia e paradiplomacia para a agenda ambiental; e gestão compartilhada internacional de recursos naturais de interesse econômico, temas que, de acordo com o levantamento que esse artigo apresentou, estão marginalizados nas pesquisas mais difundidas nas bases eletrônicas.

Referências e recursos digitais

AUGE M. Aquífero Guaraní. *Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)*, <www.cari.org.ar>. 2001.

BITTENCOURT A.V.L., ROSA FILHO E.F., HINDI E., PIERES S., FONSECA J.F. Sistema Aquífero Guaraní – Considerações Preliminares sobre a Influência do arco de Ponta Grossa no Fluxo das Águas; *Revista da Associação Bras. de Águas Subterrâneas*, 2003.

BONOTTO D.M. Doses from ^{222}Rn , ^{226}Ra , and ^{228}Ra in groundwater from Guaraní Aquifer, South America. *Journal of Environmental Radioactivity*, Elsevier, 2004.

BONOTTO D.M. Hydro (radio) chemical relationships in the giant Guaraní aquifer, Brazil. *Journal of Hydrology*, Elsevier, 2006.

BONOTTO D.M.; BUENO T.O. The natural radioactivity in Guaraní Aquifer groundwater, Brazil. *Applied Radiation and Isotopes*, Elsevier, 2008.

BORGUETTI, N. R. B.; BORGUETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. “Aquífero Guaraní– A Verdadeira Integração dos Países do Mercosul”, Curitiba, 2004.

CAMPOS H.C.N.S. Mapa Hidrogeológico del Aquífero Guaraní. *Águas Subterrâneas* <aguassubterraneas.abas.org>. 2000.

CAMPOS H. Modelación conceptual y matemática del Aquífero Guaraní, Cono Sur. Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guaraní. *Acta Geológica Leopoldensia*, 1999.

CAMPOS H. Modelación Conceptual y Matemática del Aquífero Guaraní, Cone Sur. *Acta Geológica Leopoldinense*, 2000.

COSTA Adilson Ben da; KAUFMANN Roberta Cristina; HANSEN Marco Antonio Fontoura; KIRST Alcido; LOBO Eduardo Alexis. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em áreas de preservação permanente (sistema aquífero guarani – sag), bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil. *Tecno-Lógica*, Vol.14(1), p.26. 2010.

FILI M.; FILHO E.F.D.R.; AUGE M.; e outros. El acuífero Guaraní: un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (América del Sur). *Boletín Geológico*. 1998.

FUNTOWICZ, S. e RAVETZ, J J. Science for the post-normal Age. *Futures*, n. 25,1993.

GASTMANS D., CHANG H.K. Avaliação da hidrogeologia e hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul. *Águas Subterrâneas*, <aguassubterraneas.abas.org.br>, 2005.

GASTMANS D.; CHANG H.K.; HUTCHEON I.; Stable isotopes (2H, 18O and 13C) in groundwaters from the northwestern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil). *Hydrogeology Journal*, Springer. 2010.

GASTMANS D.; CHANG H.K.; HUTCHEON I.; Groundwater geochemical evolution in the northern portion of the Guarani Aquifer System (Brazil) and its relationship to diagenetic features. *Applied Geochemistry*, Elsevier. 2010.

GASTMANS, D.; VEROSLAVSKY, G.; CHANG, H.K.; Massoli, M; Oleaga, A. Influência do Arcabouço Hidroestratigráfico nas Ocorrências de Arsênio em Águas Subterrâneas ao Longo do Corredor Termal do Rio Uruguai (Argentina-Brasil-Uruguai). *Geociências* (UNESP. Impresso), v. 29, p. 105-120, 2010.

GASTMANS, D.; CHANG, H.K.; HUTCHEON, I. Stable Isotopes (2H, 18O and 13C) in Groundwaters from the Northwestern Portion of the Guarani Aquifer System(Brazil). *Hydrogeology Journal*, v. 18, p. 1497-1513, 2010.

GASTMANS, D.; VEROSLAVSKY, G. ; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M. R.; Pressinotti, M. Modelo Hidrogeológico Conceptual del Sistema Acuífero Guaraní(SAG): Una Herramienta para la Gestión. *Boletín Geológico y Minero*, v. 123, p. 249-265, 2012.

GASTMANS, D; MENEGARIO, A. A.; MOURA, C. C. Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas do Aquífero Serra Geral na Porção Centro Sul do Estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas* (São Paulo), v. 27, p. 27-44, 2013.

GIARDIN A., FACCINI U. Heterogeneidades Faciológicas e hidroestratigrafia do Aquífero guarani na Região Central do Rio Grande do Sul. *Águas Subterrâneas*, 2002.

GIARDIN A.; FACCINI U. Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do Sistema Aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil. *Águas Subterrâneas*, 2004.

GOMES Marco A F.; FILIZOLA Heloisa F.; SPADOTTO Cláudio. Classificação das áreas de recarga do sistema Aquífero Guarani no Brasil em domínios pedomorfoagroclicmáticos – subsídio aos estudos de avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas. *Revista do Departamento de Geografia*, 2011, Vol.0(18), p.67

GUANABARA Rafael Chaves; WENDLAND Edson CEZAR. Modelo transiente de fluxo em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. TESE. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP. 2011.

HIRATA R., GESICKI, A., SRACEK, O., BERTOLO, R., GIANNINI, P.C. & ARAVENA, R. Relation between sedimentary framework and hydrogeology in the Guarani Aquifer System in São Paulo state, Brazil. *J. South Amer. Earth Sci.* 31, pp. 444–456. 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo, 2010. Dados por motor de busca em <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>.

JACOBI, Pedro Roberto. Governança da Água e Aprendizagem Social no Brasil. *Sociedad Hoy*, v. 15, p. 25-44, 2008.

LUCAS Murilo Cesar; WENDLAND Edson Cezar. Influência da precipitação e do uso solo sobre a taxa de recarga em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. TESE. Universidade de São Paulo. 2012.

MACHADO J.L.F. Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2005.

MARTINS, Sandra Maria Barbosa; FIGUEIREDO Rodolfo Antônio de. Diagnóstico sobre o conhecimento da comunidade em uma área de recarga do Aquífero Guarani, região de São Carlos, SP, Brasil / Diagnosis of community knowledge in a recharge area of the Guarani Aquifer, the region of Sao Carlos, Brazil. *Ambiência*, Vol.6(3), p.465. 2010.

MATALLO M.B.; LUCHINI L.C.; GOMES M.A.F.; SPADOTTO C.A. Lixiviação dos herbicidas Tebutiuron e Diuron em colunas de solo. *Pesticidas, Biblioteca de Ciências da Saúde*, 2003.

OLEAGA A.B. Contribución a la hidrogeología del acuífero Guaraní en el sector Uruguay. Un enfoque integral. Cidade do México, 2002.

OLIVEIRA Luiz Antônio De Campos, GUIMARÃES José Eloi. O sistema aquífero Guarani no Estado de Goiás: distribuição, caracterização hidrodinâmica, hidroquímica, composição isotópica e CFCs. Universidade de Brasília, Brasília, Tese, Instituto de Geociências, 2009.

PEREZ A.; ROCHA L. Aportes as Conocimiento del Acuífero Guaraní. Área Ciudad de Rivera – Uruguay. *Groundwater and Human Development OSE*. <alhsud.com>. 2002.

QUEIROZ S.C.N.; FERRACINI V.L.; GOMES M.A.F.; ROSA M.A. The behavior of hexazinone herbicide in recharge zone of Guarani Aquifer with sugarcane cultivated area. *Química Nova*, SciELO Brasil. 2009.

RABELO J.L.; WENDLAND E; Assessment of groundwater recharge and water fluxes of the Guarani Aquifer System, Brazil. *Hydrogeology journal*, Springer. 2009.

REBOUÇAS A.C., AMORE L. O Sistema Aquífero Guarani – SAG. *Revista Águas Subterrâneas*, 2002.

REIS, M. M. Potencial hidromineral das águas hipertermiais do sistema aquífero Guarani no Estado de São Paulo. TESE. Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Instituto De Geociencias E Ciencias Exatas. 2011.

RIBEIRO Aline da Silva; WENDLAND, Edson Cezar. Modelagem chuva-vazão utilizando framework JAMS em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. TESE. 2012.

RIBEIRO, W.C. Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania. Estudos Avançados, SciELO Brasil. 2008.

RIBEIRO, Wagner Costa. Soberania: conceito e aplicação para a gestão da água. *Scripta Nova* (Barcelona), v. XVI, p. 01-11, 2012.

SILVA, S.R.; CHANG, H.K. Hidroquímica dos Sistemas Aquíferos Bauru e Guarani na Região Metropolitana de Bauru (SP). *Águas Subterrâneas* (São Paulo), v. 24, p. 69-84, 2010.

SRACEK, O; HIRATA, R. Geochemical and stable isotopes evolution of the Guarani Aquifer System in the State of São Paulo, Brazil. *Hydrogeology Journal*, Heidelberg, Alemanha, v. 10, n.6, p. 643-655, 2002.

SCANTIMBURGO, AL. O Banco Mundial e a política nacional de recursos hídricos- Coleção PROPG Digital (UNESP), 2013.

VILLAR, Pilar Carolina. Governança dos riscos e os aquíferos transfronteiriços. *GEOUSP: espaço e tempo*, v. 31, p. 93-107, 2012.

VILLAR, Pilar Carolina. A busca pela governança dos aquíferos transfronteiriços e o caso do aquífero Guarani. TESE. Universidade de São Paulo. 2012.

VILLAR, Pilar Carolina; RIBEIRO, Wagner Costa. The Agreement on the Guarani Aquifer: a new paradigm for transboundary groundwater management? *Water International*, v. 36, p. 646-660, 2011.

VIVES L.; CAMPOS H.; CANDELA L.; GUARRACINO L. Modelación del acuífero Guarani. *Boletín Geológico y Minero*. <igme.es>, 2001.

WAHNFRIED Ingo Daniel; HIRATA Ricardo Cesar Aoki. Modelo conceitual de fluxo do Aquífero de Serra Geral e do Sistema Aquífero Guarani na região de Ribeirão Preto, SP. TESE Universidade de São Paulo. 2010.

WENDLAND E.; BARRETO C.; GOMES L.H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. *Journal of hydrology*, Elsevier 2007.

© Copyright: Cíntia Leone Silva dos Santos, 2016

© Copyright: Wagner Costa Ribeiro, 2016

© Copyright: Ar@cne, 2016

Ficha bibliográfica:

LEONE SILVA DOS SANTOS, Cíntia; COSTA RIBEIRO, Wagner. Sistema Aquífero Guarani em bases eletrônicas de artigos científicos. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, n° 208, 1 de mayo de 2016. <<http://www.ub.edu/geocrit/ aracne/ aracne-208.pdf>>. ISSN: 1578-0007.