

Pedro Paulino Borges

Universidade Estadual de Goiás
pedropaulinoborges_@hotmail.com

Karine Borges Machado

Universidade Estadual de Goiás
machadokb@gmail.com

Hélida Ferreira da Cunha

Universidade Estadual de Goiás
cunhahf@gmail.com

João Carlos Nabout

Universidade Estadual de Goiás
joao.nabout@ueg.br



EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR MEIO DE POÇOS TUBULARES NO ESTADO DE GOIÁS: RELAÇÕES DEMOGRÁFICAS, SOCIOECONÔMICAS E TENDÊNCIAS DE USO

EXPLORATION OF GROUNDWATER BY MEANS OF TUBULAR WELLS IN THE STATE OF GOIÁS: RELATIONS DEMOGRAPHIC, SOCIOECONOMIC AND TRENDS OF USE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os principais aspectos do uso de águas subterrâneas em Goiás, através do estudo de poços tubulares. Os dados foram obtidos do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. Foram encontrados 2.791 poços cadastrados. Destes, 654 são de uso múltiplo, 1.021 são de pessoas físicas e 947 estão equipados. Além disso, foi constatado um aumento temporal no número de poços para o estado de Goiás. Foram encontradas correlações positivas e significativas entre o número de habitantes, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) e o número de poços. Diante dos resultados obtidos sugere-se cautela com relação à exploração das águas subterrâneas, pois uma vez poluídas demoram muito tempo para renovar o seu reservatório do que as águas superficiais.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica, Cerrado, Recursos Naturais.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the key aspects of the use of groundwater in Goiás, through the study of tube wells. Data were obtained from the Information System of Groundwater. There were found 2.791 registered wells. Of these, 654 are multi-purpose, 1.021 are individuals and 947 are equipped. Furthermore, it was found a time increase in the number of wells for the state of Goiás. Significant positive correlations were found between the number of inhabitants, Municipal Human Development Index (HDI-M) and the number of wells. Based on these results suggests caution regarding exploitation of groundwater, because once polluted take a long time to renew your reservoir.

Keywords: Cerrado, Natural Resources, Watershed.

INTRODUÇÃO

O planeta terra é constituído principalmente por água, com uma representatividade aproximadamente 70% de toda a sua superfície (ALBURQUERQUE-FILHO et al. 2011). Entretanto, apenas uma pequena quantidade potencialmente pode ser utilizada pelos humanos (BARROS, 2008), já que somente aproximadamente 3% são constituídas de água doce. Dessa pequena quantidade, apenas 0,3% está disponível de fato para o consumo, sendo que mais de 95% são águas subterrâneas e uma pequena parcela é composta por águas superficiais (CAPUCCI, 2001; TUNDISI, 2003; BARROS, 2008).

Apesar da pequena parcela de água doce disponível, os recursos hídricos tanto superficiais, quanto subterrâneos deterioram-se rapidamente devido principalmente às diversas atividades humanas que se desenvolvem com grande intensidade em todo o planeta (TUNDISI, 2003). Este fato torna preocupante a forma como os recursos hídricos estão sendo e serão utilizados. O Brasil apresenta um amplo potencial hídrico e se configura como um dos países com maior quantidade de água doce disponível (REBOUÇAS, 2003).

O país funciona como um importante reservatório de água doce superficial e subterrânea diante da crise de abastecimento esperada para os próximos anos. Apesar da grande disponibilidade de mananciais superficiais no Brasil, estes se distribuem de maneira desigual (BARROS, 2008; SOUZA & CASTRO, 2013), o que torna ainda maior a utilização de águas subterrâneas, principalmente em locais com escassez de água superficial, como por exemplo, a região nordeste (SOUZA & CASTRO, 2013).

As águas subterrâneas são exploradas de forma intensa no Brasil e com diferentes finalidades, tais como: abastecimento urbano, industrial, lazer, entre outros. Em Estados como São Paulo, Tocantins, Maranhão e Piauí, mais de 70% dos municípios utilizam águas de poços tubulares (ANA, 2007). A lei nº 13.583 de 11 de janeiro de 2000 em seu artigo 1º define que “são consideradas subterrâneas as águas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, de forma suscetível de extração e utilização pelo homem” (GOIÁS, 2000).

O aumento no consumo de águas subterrâneas tem ocorrido devido a crescente demanda pelo uso das águas superficiais na construção de hidroelétricas

para a produção energética e também pelo fato destes corpos hídricos estarem muitas vezes poluídos (LEAL, 1999), além disso, houve aumento dos estudos em hidrogeologia e perfuração de poços (MENDONÇA & SOUZA, 2011). Nesse sentido, as águas subterrâneas tornam-se importantes fontes de abastecimento (CAPUCCI, 2001) tanto para as atuais gerações, quanto para as próximas (ALBURQUERQUE-FILHO et al. 2011).

Devido ao elevado aumento no número de poços, as questões dos usos e da qualidade das águas do subsolo estão se tornando cada vez mais importantes para a gestão desse recurso no Brasil (MENDONÇA & SOUZA, 2011). A gestão de águas subterrâneas exerce um papel importante no gerenciamento dos recursos hídricos, pois com o aumento no número de poços aumentam as chances de poluição dos aquíferos (ANA, 2005). Assim, torna-se crescente a preocupação em monitorar as águas subterrâneas, procedimento que era realizado somente para as águas superficiais (NEIRA et al. 2008).

O estado de Goiás se localiza na região central do Brasil na área core do Bioma Cerrado. Possui um rico potencial hídrico superficial e subterrâneo, pois abriga as nascentes de três importantes bacias hidrográficas brasileiras, Paraná, Tocantins - Araguaia e São Francisco (BARBALHO & CAMPOS, 2010; ANA, 2010). Estas são de grande importância para a manutenção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no Brasil como um todo, já que contribuem para a manutenção de águas de outras bacias, alimentando rios de outros Estados brasileiros.

O trabalho teve por objetivo avaliar os principais aspectos do uso de águas subterrâneas dentro do estado de Goiás, através do estudo de poços tubulares abastecidos por três importantes bacias que estão inseridas no Cerrado (Tocantins - Araguaia, São Francisco e Paraná). Especificamente buscou-se: i) verificar quais bacias e sub-bacias hidrográficas abastece os poços tubulares; ii) identificar os principais municípios onde a água subterrânea é explorada por meio de poços tubulares no estado de Goiás; iii) verificar se há um aumento no número de poços ao longo dos anos; iv) indicar os principais proprietários de poços tubulares no estado de Goiás; v) indicar os tipos de uso das águas subterrâneas; vi) determinar a situação atual dos poços tubulares (i.e. abandonado, equipado, seco, entre outras); vii) quantificar a vazão dos poços em m³/h; viii) quantificar a

profundidade dos poços tubulares; ix) evidenciar os principais componentes litológicos presentes nos solos nos quais os poços artesianos foram perfurados; x) verificar se há relação entre o número de poços e os indicadores demográficos e sócio econômicos dos municípios (i.e. Número de habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDH-M, respectivamente).

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Coleta de dados

Os dados referentes ao uso da água por meio de poços tubulares foram obtidos através do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) que foi desenvolvido pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB) (SIAGAS, 2013). Essa base de dados é constantemente atualizada com registros de poços tubulares (MAGALHÃES - JUNIOR, 2000). Ela é adotada pelas secretarias dos governos, órgãos gestores estaduais, Agência Nacional das Águas (ANA) e pelos usuários dos recursos hídricos subterrâneos (CNRH, 2006).

A busca de dados foi realizada para as três bacias hidrográficas que estão inseridas no estado de Goiás (São Francisco, Tocantins - Araguaia e Paraná) de maneira individualizada. Após definição prévia, foram coletadas as seguintes informações: município, proprietário (i.e. pessoa física, indústria, entre outros), tipo de uso da água (i.e. doméstico, industrial, entre outros), bacia hidrográfica, sub-bacia, situação do poço (i.e. equipado, abandonado, seco, entre outros), profundidade, tipo de solo e vazão. Os dados foram obtidos a partir do SIAGAS (Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>, acesso em: abril de 2013).

O IDH-M das cidades que contém poços cadastrados na base de dados do SIAGAS foi obtido do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU), os dados são referentes ao censo de 2000 (Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Default.aspx>, acesso em: maio de 2013). Enquanto que os dados do tamanho da população de cada município com poços cadastrados foram obtidos do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estes são referentes ao ano de 2010 (Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em: maio de 2013).

2.2. Análise de dados

As informações foram coletadas e organizadas em diferentes categorias de uso. São elas: doméstico/animal (refere-se aos poços destinados ao abastecimento de uma única residência ou para manutenção de animais), urbano (indica os poços utilizados no abastecimento de várias residências dentro das cidades), industrial (refere-se aos poços que abastecem indústrias), sem uso (refere-se aos poços perfurados, mas que atualmente estão inutilizados), outros (indica os poços utilizados para pecuária, irrigação e lazer) abastecimento múltiplo (indica os poços que podem ser utilizados para diversos fins).

Quanto aos proprietários, após a coleta dos dados, foram definidas categorias, são elas: pessoa física (qualquer nome de pessoas cadastradas), comércio (estabelecimento que vende algum produto), indústria (estabelecimento que produz um bem de consumo, seja qual for), indústria e comércio (estabelecimento que produz e vende um bem de consumo), prefeitura (órgãos municipais públicos), outros proprietários que tiveram grande representatividade foram mantidos, são eles: Saneago, condomínio, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). Para a situação dos poços, foram adotadas as categorias já definidas na base de dados do SIAGAS. São elas: equipado, precário, fechado, abandonado, colmatado, não utilizável, não instalado, seco e bombeando.

Os dados de vazão e profundidade foram analisados por meio de estatística descritiva (Média e coeficiente de variação). A correlação de Pearson (r) com 1.000 permutações foi utilizada para avaliar a tendência temporal do número de poços ao longo dos anos; a relação do número de poços por municípios com o IDH-M e com o número de habitantes. As análises foram realizadas usando o pacote *vegan* (OKSANEN et al. 2013) do programa R (R CORE TEAM, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. NÚMEROS DE POÇOS, DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES E SUA LOCALIZAÇÃO

No Sistema Nacional de Águas Subterrâneas (SIAGAS) foi encontrado um total de 2.791 poços registrados no estado de Goiás. A plataforma do SIAGAS não apresentou informações de vazão, profundidade, data de instalação, uso da água,

proprietários e componentes litológicos para todos os poços cadastrados no sistema. Nesse sentido, os resultados obtidos para estas categorias correspondem apenas ao número de poços para os quais foi possível obter estes dados (Tabela 1). Para as categorias município, bacia hidrográfica e sub-bacia foram encontradas informações para todos os 2.791 poços cadastrados.

Tabela 1 - Número de poços para os quais foram obtidas informações considerando as três bacias hidrográficas existentes no Cerrado do estado de Goiás.

Informação	Número de poços	Porcentagem
Bacia hidrográfica	2.791	100%
Sub-bacia	2.791	100%
Município	2.791	100%
Vazão	2.040	73,09%
Profundidade	2.700	96,73%
Data de instalação	1.356	48,58%
Uso da água	2.242	80,32%
Proprietário	2.709	97,06%
Componentes litológicos	1.509	54,06%

O número de poços obtidos para Goiás refere-se aqueles que estão devidamente cadastrados e não considera os perfurados de maneira ilegal. Desde a publicação da Lei 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, a água é considerada como um bem natural de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Desta forma, é necessário a obtenção da outorga para sua exploração (BRASIL, 1997). Por meio da Lei 13.583/2000 que regulariza a conservação e proteção da água subterrânea no estado de Goiás, fica a cargo do órgão gestor, representado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) a concessão de licença, outorga, bem como a fiscalização dos poços artesianos e suas sanções (GOIÁS, 2000).

A falta de informações em bases de dados é constantemente encontrada por pesquisadores, já que por mais que os bancos de dados sejam confiáveis, estes nem sempre apresentarão informações completas (NEVES, 2005). Além disso, alguns estudos ainda destacam que muitas vezes os perfuradores não oferecem todos os dados referentes aos poços para que sejam cadastrados (NEVES, 2005). Apesar disto, com exceção da data de instalação e componentes litológicos, todas

as demais categorias pesquisadas neste estudo contemplaram mais de 73% dos poços, indicando uma boa representatividade de informações.

Dentre os 2.791 poços, 2.507 pertencem a Bacia do Paraná, 248 a Bacia do Tocantins e 36 a Bacia do São Francisco. Os poços estão situados em 10 sub-bacias. A sub-bacia do Rio Paranaíba localizada na bacia do Rio Paraná mostrou-se como a mais abrangente com 2.507 poços (Figura 1). As demais sub-bacias representam os poços tubulares da Bacia do Rio Tocantins - Araguaia e do São Francisco.

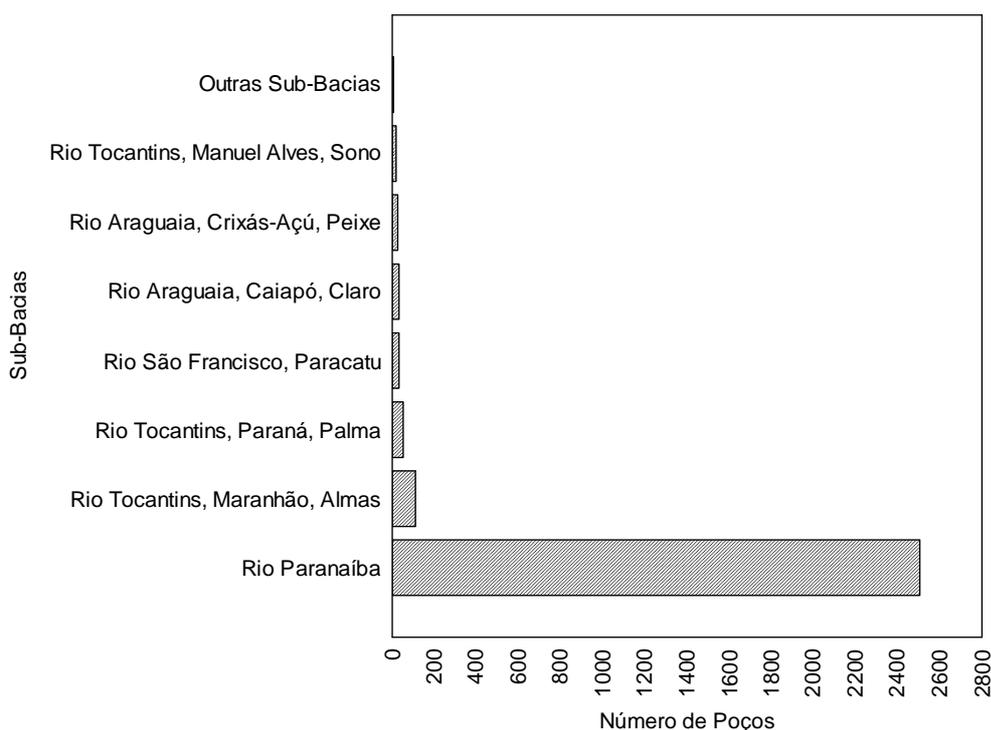


Figura 1 – Número de poços artesianos por sub-bacias hidrográficas que cortam o Cerrado no estado de Goiás.

O Bioma Cerrado destaca-se por abrigar nascentes de rios que drenam para importantes bacias brasileiras (LIMA & SILVA, 2006). Dentre elas encontram-se a bacia do Paraná, Tocantins-Araguaia e São Francisco (BARBALHO & CAMPOS, 2010), responsáveis por abastecer de maneira direta todo o estado de Goiás. Nesse sentido, as águas subterrâneas funcionam como fonte de recarga para estes mananciais (REZENDE, 2002). A bacia do Paraná, no estado de Goiás é totalmente representada pela sub - bacia do Paranaíba. Esta por sua vez, é considerada a maior em área drenada e em ocupação humana, abrange 125

municípios dentre os quais estão incluídos as maiores cidades de Goiás (SEPLAN, 2005).

Goiás possui 246 municípios (ANA, 2010), destes 165 tem cadastro no SIAGAS e exploram as águas subterrâneas por meio de poços tubulares. Goiânia apresentou o maior número de poços dentre todas as cidades analisadas, com 551 registros (representado 20% do total de poços). Em seguida, aparecem Rio Verde e Aparecida de Goiânia com 303 e 244 poços, respectivamente (Figura 2). Essas três cidades somadas correspondem a 40% do número total de poços. Quarenta cidades possuem um único poço tubular cadastrado.

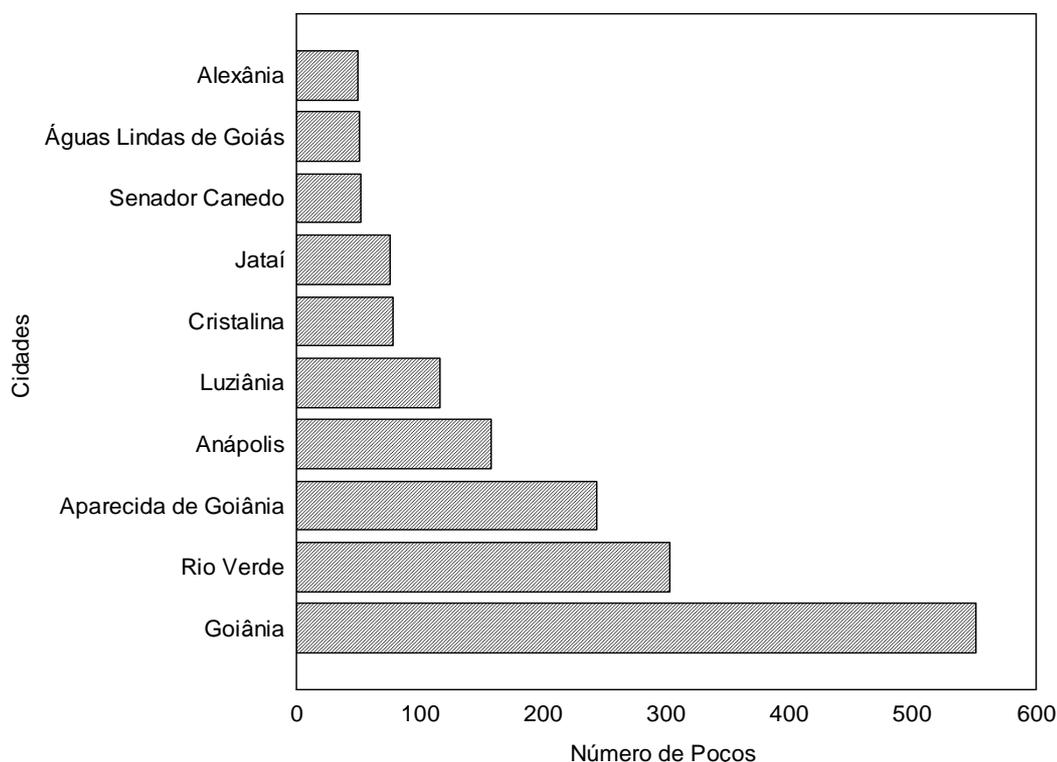


Figura 2 – Principais municípios do estado de Goiás que exploram as águas subterrâneas considerando o número de poços para as três bacias hidrográficas (Rio Paraná, Tocantins - Araguaia e São Francisco).

Goiânia é a capital do estado de Goiás, por sua vez apresenta o maior número de habitantes e requer grande disponibilidade de recursos hídricos para suprir toda a demanda da população. O município é abastecido em sua maior parte por águas superficiais provenientes do rio Meia Ponte e ribeirão João Leite (ANA, 2010). Devido ao crescimento populacional nas cidades, o uso de águas subterrâneas passou a ser mais frequente, visto que muitas vezes as fontes superficiais de abastecimento já não dão conta de suprir a demanda, é necessário então recorrer às fontes subterrâneas (BATISTA et al. 2011). Esse cenário é

observado em Goiânia, que apresenta o maior número de poços cadastrados no SIAGAS para o estado de Goiás.

3.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS POÇOS

A tendência temporal do número de poços indicou que a quantidade de poços registrados no estado de Goiás tem aumentado ao longo dos anos ($r = 0,77$ e $P < 0,01$). Os dois primeiros poços instalados datam de 1905. A partir deste período novos poços só foram registrados em 1965. O número de poços artesianos instalados no estado de Goiás se manteve relativamente estável entre meados da década de 60 e início da década de 90. Desde 1995 foi observado um crescimento contínuo ao longo dos anos, porém uma redução foi observada a partir do ano de 2000 (Figura 3).

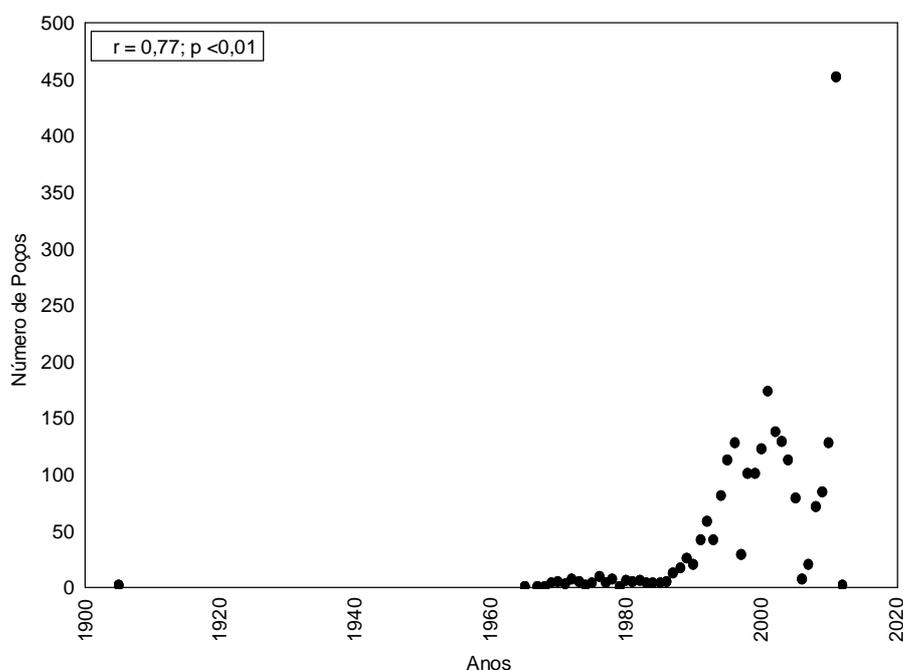


Figura 3 – Número de poços artesianos instalados ao longo dos anos no estado de Goiás.

Nas últimas décadas, com o avanço nos estudos de vários campos da ciência relacionados ao uso de água, tais como hidrogeologia e geologia e também a utilização de bombas submersas, a exploração de águas subterrâneas por meio de poços tubulares tem aumentado (MENDONÇA & SOUZA, 2011; REZENDE, 2002). Acredita-se que a diminuição do número de poços a partir de 2000, se deu devido à lei 13.583/2000 sobre exploração de águas subterrâneas no Estado, que entrou em vigor neste ano. De acordo com ela é necessária à obtenção de outorga

para a exploração de águas subterrâneas, dificultando assim, a perfuração de poços (GOIÁS, 2000).

Uma correlação realizada entre os anos e o número de poços, antes e depois da lei, mostrou diferença quanto à significância do resultado. A correlação realizada utilizando os dados referentes até o ano 2000 foi significativa ($r=0,56$; $p<0,01$), enquanto que depois deste ano, não houve significância ($r=0,08$; $p=0,7$). Isto reflete a importância de políticas públicas para a contenção da utilização de forma desordenada das águas subterrâneas. Uma das hipóteses para explicar a drástica redução no ano de 2012, é a falta de informações referentes à data de instalação dos poços, visto que para apenas 48,58% deles, este dado foi obtido. Ou seja, estima-se que o número de poços para 2012 esteja subestimado, já que não foi possível confirmar a data de instalação para 51,42% dos poços. Neves, (2005) destaca que a falta de informações em bases de dados pode ocorrer e é comum no Brasil. Além do disso, o repasse de dados que são disponibilizados na plataforma depende dos órgãos gestores. É possível que até a data da pesquisa, alguns desses órgãos ainda não tenham repassado as informações referentes ao ano de 2012.

A maioria dos poços tem como proprietários pessoas físicas (1.021 poços), seguido de comércio com 536 poços. A companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO) possui 437 poços cadastrados. Indústria e comércio apresentaram o menor número de poços cadastrados, um total de 31 registros na base de dados. (Figura 4). De acordo com a lei 13.583/2000 os proprietários de terrenos podem usar água proveniente de poços desde que não prejudique às captações que existem na área (GOIÁS, 2000). Isto pode explicar o fato da companhia de saneamento de Goiás, responsável pelo abastecimento público no Estado, possuir um menor número de poços que as pessoas físicas e o comércio.

Dos poços analisados quanto ao tipo de uso (2.242 poços), 654 se enquadram na categoria de abastecimento múltiplo, seguido de uso doméstico/animal (596 poços) e uso urbano (332 poços) (Figura 5). Devido ao baixo custo de exploração e menor risco de contaminação quando comparado aos mananciais superficiais (ECKHARDT et al. 2009) as águas subterrâneas são utilizadas com diferentes finalidades, dentre elas o abastecimento, tanto público quanto privado, o uso na indústria, agricultura, lazer, entre outros (RIBEIRO, 2001). A categoria abastecimento múltiplo é a mais indicada de acordo com a lei 9.433/1997 para o

uso de poços em todo território nacional (BRASIL, 1997). O abastecimento do tipo doméstico/animal teve grande representatividade, visto que esse tipo uso é feito principalmente por pessoas físicas e por comerciantes que foram os principais proprietários dos poços.

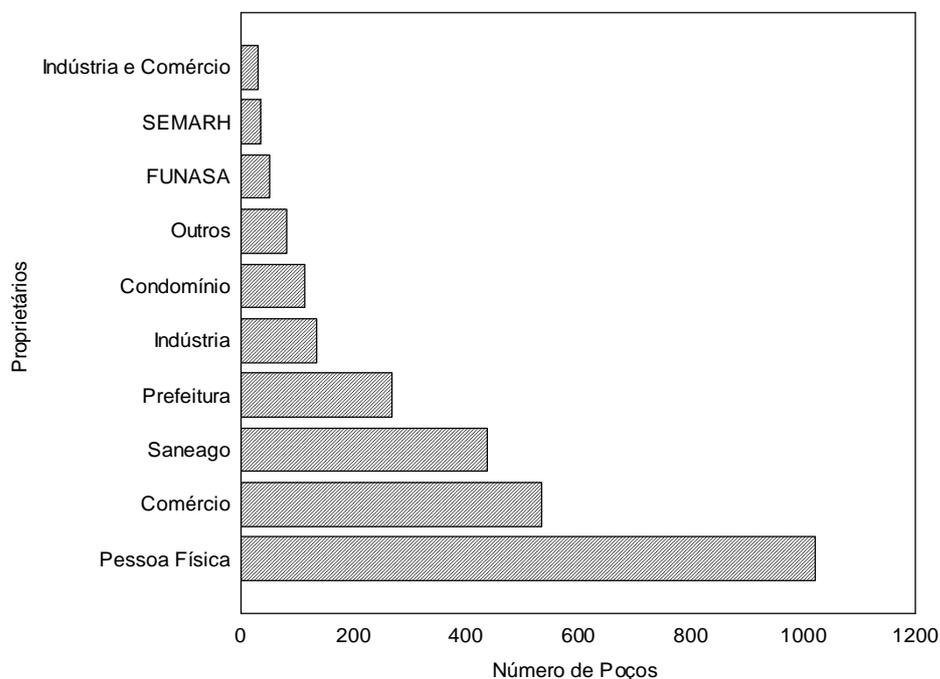


Figura 4- Principais proprietários de poços artesanais perfurados nas três bacias hidrográficas presentes no Cerrado do estado de Goiás.

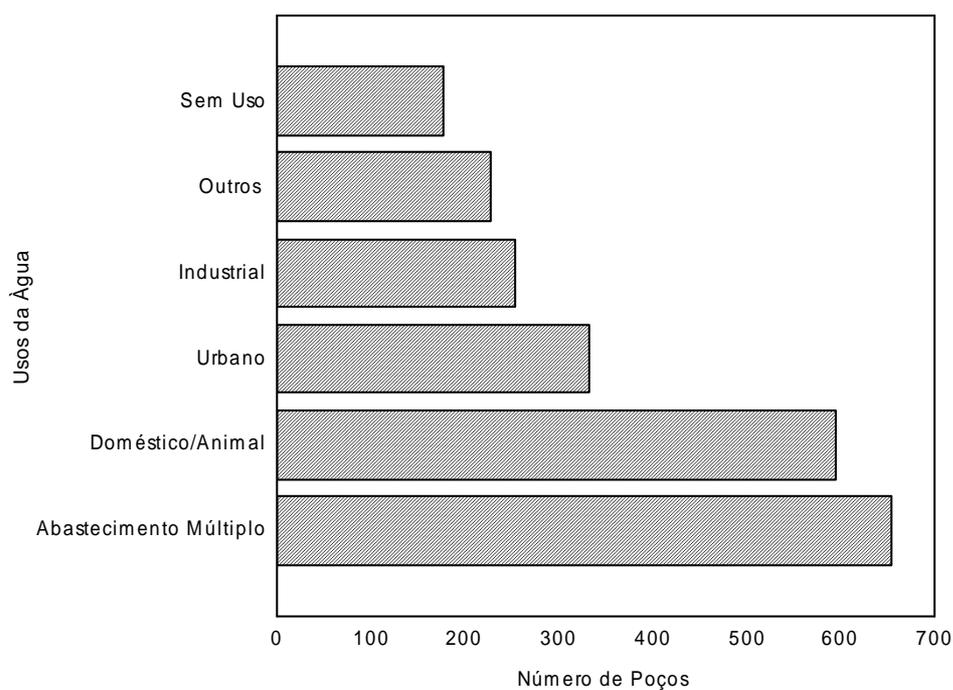


Figura 5 – Principais tipos de uso da água para os poços artesanais no Cerrado do estado de Goiás.

Os poços tubulares encontram-se atualmente em diferentes situações para o uso. Entre os analisados 947 estão equipados, 130 já foram abandonados, 22 funcionam de forma precária e 23 já estão secos. Os demais poços encontram-se bombeando, fechados e colmatados. Alguns foram perfurados, mas não instalados e uma pequena parcela não possui condições favoráveis para o uso (Figura 6).

Os poços são perfurados com várias finalidades e com o passar do tempo podem apresentar-se em diferentes situações. Devido a maior demanda de utilização de águas subterrâneas (BATISTA et al, 2011) e pela melhoria nas formas de manutenção (CAPUCCI et al. 2001), estes funcionam de maneira mais eficiente e por um tempo maior. No entanto, alguns poços que apresentam problemas de difícil solução, tais como a obstrução da cavidade, redução da quantidade de água podem ser abandonados pelos proprietários (NEVES, 2005). Além disso, eles podem ser perfurados e por algum motivo não são instalados, principalmente se a produtividade encontrada não condizer com a esperada, ou ainda se não houver água disponível no local.

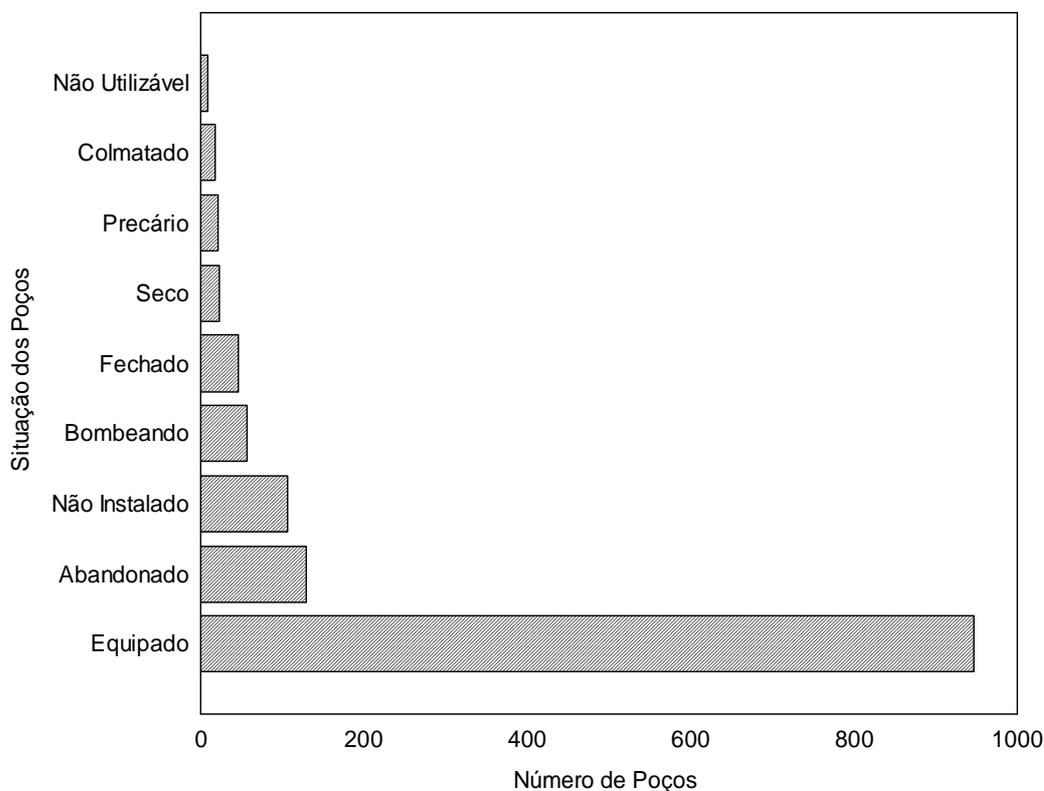


Figura 6– Situação atual dos poços artesianos perfurados nas três bacias hidrográficas existentes no Cerrado do estado de Goiás.

3.3 PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS

A maior parte dos poços analisados foram classificados com vazão entre 0 e 12 m³/h. Apenas cinco poços possuem vazão superior a 90 m³/h. A média geral de vazão foi de 9,8 m³/h com um coeficiente de variação de 130%. A vazão pode ser definida como a quantidade de água que flui de um poço por determinada unidade de tempo (FREITAS et al. 2001). A vazão média obtida para os poços de Goiás se mostrou mais alta que a encontrada para uma bacia hidrográfica do estado de São Paulo, utilizando a mesma base de dados do SIAGAS (NEVES, 2005). A ampla variação nos valores de vazão se dá pelo fato de os poços serem perfurados em diferentes localidades, que apresentam características variadas e com diferentes finalidades de uso (NEVES, 2005).

A categoria de profundidade com maior número de representantes esteve entre 57 e 106 metros. Para apenas dois poços artesianos foi registrada profundidade superior a 500 metros. A média geral de profundidade foi de 95 m com um coeficiente de variação de 63%. No momento da perfuração, a escolha da profundidade depende da necessidade do cliente, tipo de uso e empresa contratada para realizar a construção (NEVES, 2005), desse modo, não é possível encontrar um padrão de profundidade para os poços. De maneira geral, os poços amostrados neste trabalho apresentaram uma ampla variação quanto à profundidade. No entanto, a profundidade média mostrou-se semelhante à encontrada em outros trabalhos (FREITAS et al. 2001).

O número de poços com informações de constituintes litológicos foi de 1.509 poços, além disso, foram encontrados 49 constituintes litológicos diferentes para os solos nos quais os poços tubulares estão situados. Argiloso foi o mais abundante, presente em 805 poços. Em seguida aparecem rochas intemperizadas e basalto em 455 e 402 poços, respectivamente (Figura 7). Dez componentes litológicos foram registrados apenas uma vez.

Os latossolos recobrem 46% do Cerrado brasileiro (REATTO & MARTINS, 2006). Este tipo de solo é altamente intemperizado e constituído em sua maior parte por minerais de argila (MOTTA et al. 2002). O estado de Goiás situa-se em quase toda sua totalidade dentro do Bioma Cerrado (IBGE, 2004). Nesse sentido, é

comum a maior parte dos poços tubulares sejam perfurados sobre argila ou rochas intemperizadas.

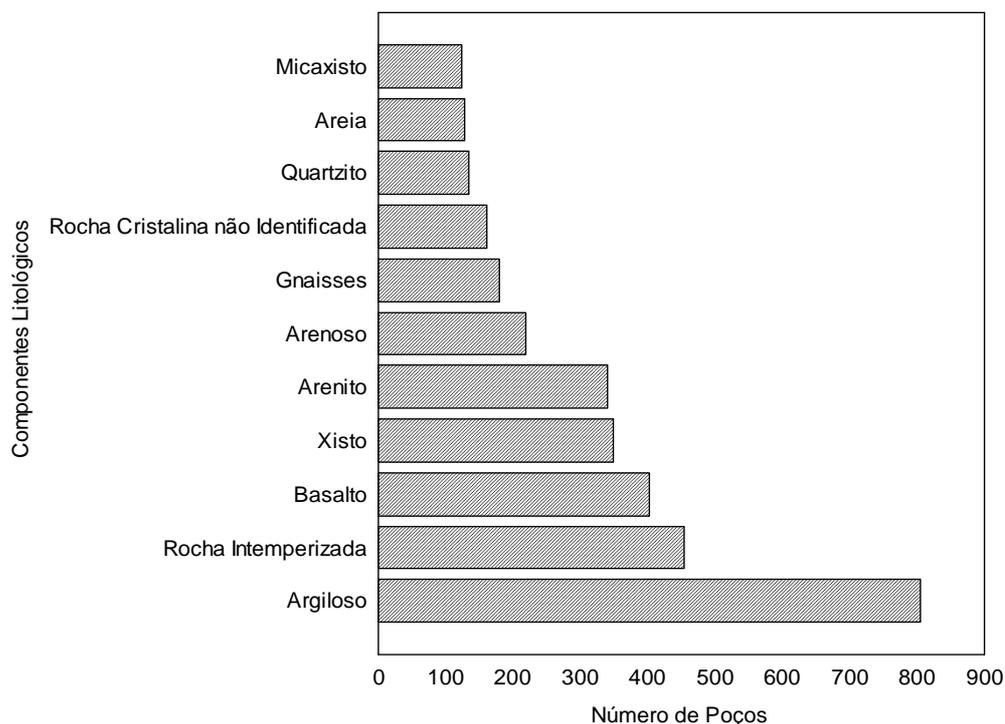


Figura 7 – Componentes litológicos mais abundantes presentes nos solos em que os poços artesianos foram perfurados no Cerrado do estado de Goiás.

3.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS

As correlações entre os componentes demográficos e sócio-econômicos dos municípios e número de poços apresentaram valores positivos e significativos. Isso indica que municípios com mais habitantes tendem a ter um maior número de poços ($r= 0,68$; $P= <0,01$). Da mesma forma, cidades com IDH-M elevado também tendem a apresentar um maior número de poços ($r= 0,29$; $P= <0,01$).

A água subterrânea tem sido utilizada em muitas regiões como fonte alternativa para suprir a carência da população, principalmente em locais com escassez de mananciais superficiais (SILVA et al. 2002) e também pelo fato de muitas vezes ser melhor com relação a sua qualidade (CAVAZZANA et al. 2012; ALBURQUERQUE-FILHO, 2011). A deterioração da água disponível para o consumo depende em muitos casos, do aumento populacional, do tipo de uso e ainda da poluição deste recurso (KEMERICH et al. 2010). Nesse sentido, a análise do número de habitantes e do índice de desenvolvimento humano dos municípios nos quais os poços são explorados pode sugerir padrões demográficos e socioeconômicos da população.

No Brasil, o tamanho populacional dos municípios é avaliado no final de cada década por meio do censo (IBGE, 2000). A correlação positiva e significativa obtida para o número de poços e habitantes demonstra que de fato, com o aumento da população os mananciais superficiais têm se esgotado ou passado por um intenso processo de poluição (REBOUÇAS et al. 2006). Nesse sentido, as águas subterrâneas podem funcionar como uma estratégia para garantir o abastecimento urbano e rural (TAVARES et al. 2009).

Apesar das vantagens apontadas para o uso das águas subterrâneas em detrimento ao crescimento populacional, sua utilização deve ser avaliada com cautela. A ocupação e o uso do solo de maneira desordenada podem levar a perfuração de poços com condições inadequadas, gerando verdadeiros focos de contaminação para o lençol freático e riscos para a saúde da população que a consome (REBOUÇAS, 2004; ANA, 2005). Além disso, a intensa extração de água do subsolo desvia o fluxo que alimentaria as nascentes de córregos e rios, prejudica a descarga em pantanais e açudes e ainda provoca rebaixamento da superfície no terreno (REBOUÇAS, 2004). A exploração indiscriminada de águas subterrâneas pode levar ainda a diminuição do lençol freático. Em regiões costeiras, o uso da água através dos poços, pode levar a entrada de água salgada nos aquíferos, o que ocasiona a salinização dessas águas, que podem se tornar impróprias para o consumo humano (ANA, 2005; BATISTA et al. 2011).

O IDH-M avalia a qualidade de vida dos habitantes de um município considerando três aspectos principais: educação, longevidade e renda (ANGELO et al. 2009). A análise indica que algumas cidades com maior IDH-M tendem a apresentar um maior número de poços. De fato, nos municípios com alta renda espera-se que tanto o poder público quanto os próprios habitantes tenham condições financeiras de perfurar uma quantidade maior de poços tubulares. Além disso, as águas subterrâneas muitas vezes se encontram em melhores condições de qualidade se comparado as superficiais (ALBUQUERQUE -FILHO, 2011) o que pode representar melhores condições de saúde.

Entretanto, não é possível indicar que o número de poços nos municípios é explicado unicamente pelo tamanho populacional e IDH-M. Outros fatores como ausência de água superficial, poluição dos reservatórios de abastecimento (SILVA et al. 2002), intensa atividade industrial e agropecuária, dentre outros, também

podem influenciar na presença de poços. Estes, porém, não foram analisados no presente trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas subterrâneas constituem uma importante fonte alternativa para o abastecimento da população. Apesar do estado de Goiás estar localizado na região central do Bioma Cerrado, que por sua vez é banhado por vários rios de três importantes bacias hidrográficas, a utilização de águas subterrâneas por meio de poços tubulares tem crescido nos últimos anos. Além disso, tendo em vista que Goiás apresenta-se como uma importante zona de desenvolvimento e expansão agropecuária do país, a caracterização do uso das águas subterrâneas para esta região ajuda a montar um cenário da atual necessidade e utilização deste recurso e melhores maneiras de gestão do mesmo. Nesse sentido, é necessário cautela com a exploração de águas subterrâneas do Bioma Cerrado como um todo, já que a crescente demanda associada à exploração inadequada pode trazer sérias consequências, pois uma vez poluídas, demoram muito mais tempo para renovar o seu reservatório do que as águas superficiais. Por fim, esse trabalho descreveu uma avaliação geral do uso dos poços no estado de Goiás, e poderá dar suporte para tomadas de decisão políticas e ainda direcionamento para estudos científicos.

AGRADECIMENTOS

Pedro Paulino Borges e Karine Borges Machado agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pós-graduação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado). João Carlos Nabout agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade (306719/2013-4).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE - FILHO, J. L.; BARBOSA, M. C.; AZEVEDO, S. G.; CARVALHO, A. M. O papel das águas subterrâneas como reserva estratégica de água e diretrizes para a sua gestão sustentável. **Revista Recursos Hídricos**, v. 32, n. 2, p. 53-61, 2011.
- ANA. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 56p.
- ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**, 5ª edição. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 124p.

- ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água: Resultado por Estado**, 2ª edição. Brasília, 2010. 62 p.
- ANGELO, L. C.; ANGELO, L. C.; RAMOS, F. S.; SOUZA, H. R. Fatores explicativos do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para os municípios de Alagoas. **Economia política do desenvolvimento**, v. 1, n. 6, p. 31-47, 2009.
- BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Vulnerabilidade natural dos solos e águas do Estado de Goiás à contaminação por vinhaça utilizada na fertirrigação da cultura de cana de açúcar. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 115-170, 2010.
- BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: Um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008.
- BATISTA, M. L. C.; REGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. Modelagem do fluxo subterrâneo na bacia sedimentar costeira do baixo curso do rio Paraíba como subsídio à gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 163-175, 2011.
- BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União DOU, Brasília, DF, 09 jan. 1997, Seção 1, p. 470-474.
- CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas - orientação aos usuários**. Rio de Janeiro: Semades, 2001. 70 p.
- CAVAZZANA, G. H.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; BEZERRA, C. M. P. Análise de agressividade e incrustação das águas subterrâneas na região urbana de Campo Grande - MS. **Águas Subterrâneas**, v. 26, n. 1, p. 83-97. 2012.
- CNRH. **Moção nº 38- Recomenda a adoção do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas - SIAGAS pelos órgãos gestores e os usuários de informações hidrogeológicas**. 2006. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=101&Itemid=9>. Acesso em: 27 de março de 2014.
- ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L.; FERREIRA, E. R. F.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lageado, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2009.
- FREITAS, M. A.; ECKERT, R. M.; CAYE, B. R. **Captações de água subterrânea no oeste do Estado de Santa Catarina**, 1ª edição. Porto Alegre: Cprm/Sdm/Epagri, 2001. 23p.
- GOIÁS. **Conservação e proteção ambiental dos depósitos de água subterrânea no Estado de Goiás**. 2000. Lei Nº 13.583 de 11 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leisordinarias/2000/lei13583.htm>>. Acesso em: 13 de maio de 2013.
- IBGE. **Censo Demográfico 2000: Características da População e dos Domicílios, resultados do universo**. 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em: 16 de maio de 2013.
- IBGE. **Mapa dos biomas brasileiros**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/defaultprod.shtm#MAPAS>>. Acesso em: 15 de maio de 2013.
- KEMERICH, P. D. C.; DESCOVI-FILHO, L. L. V.; UCKER, F. E.; CORREIO, C. V. F. Influência dos cemitérios na contaminação da água subterrânea em Santa Maria - RS. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n.1, p. 115-127, 2010.
- LEAL, A. S. **As águas subterrâneas no Brasil. Ocorrências, disponibilidades e usos. O Estado das Águas no Brasil**. Brasília: ANEEL, 1999.
- LIMA, J. E. R. W.; SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: SCARIOT, A.; SOUZA - FILHO, J. C.; FELFILL, J. M (Ed.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. Cap. 2, p. 61-72.
- MAGALHÃES - JUNIOR, A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil - Instituições e iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 113-135, 2000.
- MENDONÇA, E. C. C. N.; SOUZA, P. S. Aplicação da técnica de análise de componentes principais para caracterização de águas de poços artesianos de áreas urbanas de Goiânia e Aparecida de Goiânia. **Revista Plurais**, v. 1, n. 1, p. 19-36, 2011.
- MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; FRANZMEIER, D. P. Relation of soils and geomorphic surfaces in the brazilian Cerrado. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **Cerrados of Brazil, the ecology and natural history of neotropical savanna**. Columbia University Press, 2002. p. 13-32.

- NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; BARBIÉRI, R. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Brasil natureza online**, v. 6, n.1, p. 36-41. 2008. Disponível em: <<http://www.naturezaonline.com.br>>. Acesso em: 17 de maio de 2013.
- NEVES, M. A. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiá (SP)**. Rio Claro, 2005, 200p. Tese (Doutorado em Geologia Regional), Universidade Estadual de São Paulo.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.0-6. 2013. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 19 de maio de 2013.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 de maio de 2013.
- REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solos em relação aos controles da paisagem do bioma cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA - FILHO, J. C.; FELFILI, J. M (Ed.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 49-59.
- REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v. 13, n° especial, p. 341-345, 2003.
- REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**, 1ª edição. Editora Escrituras, 2004. 206p.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil - Capital ecológico, uso e conservação**, 3ª Edição. Editora Escrituras, 2006. 768p.
- REZENDE, A. V. **Agricultura e qualidade de Água: contaminação da água por nitrato**, 2ª edição. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29p.
- RIBEIRO, L. Águas subterrâneas. In: PEREIRA, H. M.; DOMINGOS, T.; VICENTE, L.; PROVÊNCIA, V (Ed.) **Ecosistemas e Bem Estar Humano**. Portugal: Escolar Editora, 2001, p. 381-411.
- SEPLAN. **Anuário estatístico do Estado de Goiás**. 1ª edição. Goiânia: Seplan, 2005. 823p.
- SIAGAS. **Sistema de informação de águas subterrâneas**. 2013. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 15 de maio de 2013.
- SILVA, R. L. B.; BARRA, C. M.; MONTEIRO, T. C. N.; BRILHANTE, O. M. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Ca. Saúde Pública**, v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002.
- SOUZA, C. D.; CASTRO, M. A. H. Simulação do fluxo hídrico subterrâneo por estimativa de parâmetros usando cargas hidráulicas observadas: caso do Cariri Cearense, Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, v. 34, n. 1, p. 43-61, 2013.
- TAVARES, P. R. L.; CASTRO, M. A. H.; COSTA, C. T. F.; SILVEIRA, J. G. P.; JÚNIOR, F. J. B. A. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. **R. Esc. Minas**, v. 62, n. 2, p. 227-236, 2009.
- TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI**. São Carlos, 2003. 248 p.