Avaliação de Aspectos Técnicos da Governança da Água Subterrânea nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Camila Andréa Ramos[1]; Noemia Bohn[1]; Willian Jucélio Goetten[1]; Kainan Akio Weege[1]; André Guilherme Marchi[1]; Thainá de Souza[1]; Priscila Paula Francisco[1].

Resumo – Devido à crise hídrica enfrentada nos últimos anos, os recursos hídricos subterrâneos são cada vez mais explorados e vistos como uma grande reserva de água doce. O Brasil possui um dos maiores Sistemas Aquíferos Integrados do mundo, o Guarani/Serra Geral (SIAG/SG). O SIAG/SG é um aquífero transfronteiriço que abrange quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. No Brasil ocupa oito Estados, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Dada a importância do SIAG/SG este artigo que apresenta os resultados parciais de pesquisa que vem sendo realizada no âmbito do Projeto Rede Guarani/Serra Geral, tem por objetivo avaliar a governança da água subterrânea nos estados de Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A metodologia consiste na aplicação de um "check list" com oito critérios a serem avaliados nos Estados. Da analise dos resultados, foi possível observar que os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul possuem menor capacidade de implantação da governança da água subterrânea do que os Estados de Minas Gerais e Goiás.

Abstract – Due to the water crisis faced in recent years. Groundwater resources are increasingly exploited and are seen as a large freshwater reserve. Brazil has one of the largest Systems Integrated Aquifers in the world, the Guarani/Serra Geral (SIAG/SG). The SIAG/SG is a transboundary aquifer that comprises four countries: Brazil, Argentina, Paraguay and Uruguay. In Brazil occupies eight states, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais and Mato Grosso do Sul. Given the importance of SIAG/SG this article presents partial research results that have been carried out under the Project Rede Guarani/Serra Geral, which aims to assess the governance of groundwater in the states of Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. The methodology consists of applying a check list of eight criteria to be assessed in the States. From the analysis of the results, it was possible to observe that the states of Santa Catarina and Rio

[1] Universidade Regional de Blumenau, Rua Antônio da Veiga, 140 CEP 89012-900 Blumenau/SC, (47) 3321-0551.

Grande do Sul have lower implementation capacity of governance of groundwater than the Minas Gerais and Goiás states.

Palavras-Chave – Governança, Águas subterrâneas.

1-INTRODUÇÃO

Com o aumento da pressão pelos recursos hídricos, a água subterrânea é vista como uma fonte para suprir a falta de água em muitos lugares. Muitas cidades são abastecidas pela água subterrânea. Na maioria dos casos ela é de fácil acesso e encontra-se em boas condições de uso, além disso, devido ao custo-benefício positivo sua captação torna-se acessível à população.

As águas subterrâneas representam um recurso fundamental para o abastecimento urbano e rural de água potável, agricultura irrigada, e indústria, além de seu papel ambiental natural de sustentar o fluxo dos rios e dos ecossistemas aquáticos (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2012**).** Em nível global, é estimado que as águas subterrâneas podem atender 70% do abastecimento de água potável e industrial e 40% da demanda agrícola (GROUNDWATER GOVERNANCE, 2012).

A forma como é realizada a gestão dos recursos hídricos é determinante para assegurar a sustentabilidade deste recurso, e a boa governança é fundamental neste sentido. Segundo Turton et al. (2007) a governança é definida como o processo que informa os tomadores de decisão possibilitando um maior equilíbrio entre uso e proteção, de forma a mitigar conflitos, assegurando sustentabilidade. A governança consiste na articulação entre os atores envolvidos para formulação e implementação de políticas públicas.

Os aquíferos são densamente explorados no Brasil. A água de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins, como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. Apesar da relevância da água subterrânea para o desenvolvimento socioeconômico, o Brasil ainda apresenta uma grande deficiência no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, a qualidade de suas águas e seu estágio de exploração. Os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados (ZOBY, 2008).

O Brasil possui um dos maiores sistemas aquíferos integrados do mundo, o Guarani/Serra Geral (SIAG/SG). Quatro países estão situados na área de ocorrência do SIAG/SG, Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Especificamente no Brasil oito estados estão em sua área de abrangência, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Devido as suas proporções o SIAG/SG é considerado uma grande reserva estratégica de água doce na Região da Bacia do Prata.

Dada à importância da água subterrânea e do Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral no Brasil, faz-se necessário avaliar a governança deste recurso. Assim, este artigo que apresenta os resultados parciais de pesquisa que vem sendo realizada no âmbito do Projeto Rede Guarani/Serra Geral, tem por objetivo avaliar a governança da água subterrânea nos estados de Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

2-METODOLOGIA

Para avaliar a governança foi utilizada metodologia proposta por Foster et al (2009). Estudos de caso já foram realizados utilizando esta metodologia na África do Sul, Índia e Quênia (PIETERSEN et al, 2012; MUMMA et al, 2011; GARDUÑO et al, 2011). No Brasil esta metodologia foi adaptada à realidade brasileira por Bohn; Goetten; Primo(2014) em seu estudo "Governança da Água Subterrânea no Rio Grande do Sul".

A metodologia consiste num um "check list" com 20 critérios para avaliar a governança da água subterrânea. O método propõe que o desempenho em relação à água subterrânea seja avaliado pela verificação da existência ou inexistência de critérios técnicos, institucionais e operacionais relacionados à governança.

Os resultados parciais apresentados nesta pesquisa são referentes a oito critérios pertencentes ao domínio técnico (Quadro 1). Os critérios receberam pontuações que variaram de 0 a 3 (0-inexistente, 1- existe previsão, 2- em elaboração, 3- implantado), sendo que cada critério recebeu apenas uma pontuação, não sendo a mesma cumulativa.

Quadro 1 – Identificação dos critérios para avaliação da governança da água subterrâneae seu contexto.

Nº	Critérios técnicos	Contexto
1	Existência de mapashidrogeológicos básicos.	Verificar a existência de mapas que identifiquem as águas subterrâneas.
2	Caracterização das águas subterrâneas.	Verificar a existência de estudos que classifiquem a tipologia das águas subterrâneas.
3	Rede de monitoramento piezométrico.	Verificar a existência de uma rede de monitoramento piezométrico que estabeleça o status do recurso.
4	Rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea.	Verificar a existência de uma rede de monitoramento que identifique a qualidade das águas subterrâneas.
5	Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas.	Verificar a existência de estudos que identifiquem atividades e situações que possam colocar em risco a qualidade das águas subterrâneas.

6	Base de dados referente à prospecção geofísica.	Verificar a existência de dados que identifiquem os locais mais propícios à perfuração de poços.
7	Existência de um mapa potenciométrico.	Verificar a existência de mapas potenciométricos que identifiquem zonas de recarga, fluxo e descarga de aquíferos.
8	Disponibilidade de modelos numéricos de gestão de aquíferos.	Verificar a existência de modelos numéricos de gestão ao menos preliminares dos aquíferos críticos e estratégicos.

Fonte: Adaptado de Bohn; Goetten; Primo (2014).

O levantamento das informações ocorreu por meio de coleta de dados e informações disponibilizadas pelos sítios eletrônicos oficiais do Governo dos Estados pesquisados. Para os Estados de Goiás e Minas Gerais foram extraídas apenas as informações dispostas pelos Estados no período de Março a Junho de 2016. Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram extraídas apenas as informações dispostas pelos Estados até 30 de novembro de 2014. Para que o levantamento das informações ocorresse de forma semelhante, os dados inventariados passaram por uma sistematização, para então serem aplicados os critérios de avaliação. O processo consistiu no desenvolvimento de uma ficha para cada critério, que uma vez preenchida, foi armazenada para futuras consultas e formação de um banco de dados. As fichas estão armazenadas em banco de dados denominado Sistema Integrado de Compartilhamento de Dados (SICoD).

2.1- CARACTERIZAÇÃO DOS ESTADOS

2.1.1- Goiás

O Estado de Goiás está localizado na região Centro-Oeste do território brasileiro e sua área se estende por aproximadamente 340.111,376 km² (IBGE, 2010). Sua população estimada em 6.610.681 pessoas distribuídas em 246 municípios, constituindo uma densidade demográfica (hab/km²) de 19,43. Sua capital, Goiânia, é a segunda maior cidade da Região Centro-Oeste, comportando uma população de 1.430.697 pessoas (IBGE, 2015).

Da distribuição desses recursos, em relação às sedes urbanas, 62% têm o seu abastecimento por mananciais superficiais. Nas cidades com menos de 50 mil habitantes, predominam os sistemas de abastecimento exclusivamente subterrâneo. A maioria dos municípios é abastecida por sistemas isolados (97% das sedes). Contudo, os sistemas integrados são responsáveis pelo abastecimento de 30% da população (ANA, 2010).

2.1.2- Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais está localizado na região Sudeste do território brasileiro e sua área se estende por aproximadamente 586.522,111 km² (AMARANTE et al, 2010). Sua população estimada em 20.869.101 pessoas distribuídas em 853 municípios, constituindo uma densidade demográfica (hab/km²) de 33,41(IBRAM, 2014).

O uso da água para abastecimento no Estado de Minas Gerais é predominante pelas aguas superficiais, aproximadamente, 60% dos municípios são abastecidos por mananciais superficiais, outros 20% mananciais subterrâneos, e o restante são abastecidos de forma mista. (ANA, 2010).

2.1.3- Santa Catarina

O Estado de Santa Catarina, conta com 295 municípios e 6,6 milhões de habitantes, localizado na Região Sul do País com uma área de 95.736,165 km² e densidade demográfica de 69,3 hab/km² (IBGE, 2010).

Quanto ao abastecimento de água no Estado, os municípios localizados na porção oeste têm como principal fonte de abastecimento os mananciais subterrâneos, com predomínio do sistema aquífero Serra geral, ao passo que, nas demais regiões, o uso de mananciais superficiais é preponderante. No total, 57% das sedes urbanas são abastecidas somente por mananciais superficiais, 23% são abastecidas exclusivamente por mananciais subterrâneos e 20% de forma mista (mananciais superficiais e subterrâneos) (ANA, 2010).

2.1.4- Rio Grande do Sul

O Estado do Rio Grande do Sul, cuja capital é Porto Alegre, está localizado no extremo Sul do Brasil. O Estado é composto por 497 Municípios e por uma população de aproximadamente 11.164.043 milhões de habitantes. O Estado possui uma área de 281.730,223 km² com densidade demográfica de 37,96 hab/km² (IBGE, 2014).

O Estado do Rio Grande do Sul se destaca no uso dos recursos hídricos subterrâneos no abastecimento de suas cidades. Dentre seus municípios, 286 (59%) são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas, enquanto que as águas de superfície são utilizadas para o abastecimento de 134 sedes urbanas (28%) . Os demais municípios (13%) são abastecidos de forma mista (mananciais superficiais e subterrâneos). Na porção Noroeste do Estado, na região do rio Uruguai, ocorre uso significativo da água subterrânea. Esta região caracteriza-se por abundancia dos recursos hídricos superficiais, porém a agricultura consome muita água e em períodos de estiagem, típicos na região, são utilizados mananciais subterrâneos. Além disso, esta é uma região de ocorrência de dois aquíferos sobrepostos de grande importância: Guarani e Serra Geral (ANA, 2010).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Mapa Hidrogeológico

A hidrogeologia é a ciência que estuda os aspectos relacionados à água subterrânea, incluindo a caracterização das unidades hidrogeológicas, distribuição, composição química natural,definição de parâmetros hidrodinâmicos, controle geológico da disponibilidade, tipos e padrões de fluxo, potencial dos aquíferos, cartografia, além dos demais aspectos relacionados aos controles da presença de água em subsuperfície (ALMEIDA, 2006).

Goiás possui dois documentos que caracterizam este critério, o primeiro é o Atlas do Estado de Goiás (2014), onde está inserido o mapa hidrogeológico, o segundo é o livro Hidrogeologia do Estado de Goiás (2006). O atlas está na escala 1:100.000 e foi elaborado pela Secretaria de Gestão e Planejamento (SEGPLAN), por meio do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB). O livro Hidrogeologia do Estado de Goiás foi elaborado pela Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria de Estado da Indústria e Comércio, que se encontra dentro do Programa de Geologia e Mineração do Governo do Estado de Goiás. O livro apresenta além das informações hidrogeológicas, informações complementares referentes ao clima, solo, usos da água, qualidade e quantidade. As informações encontradas para este critério são complementares, enquanto o atlas apresenta o mapa hidrogeológico, o livro apresenta as informações sobre a hidrogeologia dos aquíferos, porém a integração entre as informações de água subterrânea e superficial são fracas. Desse modo, o Estado atende ao critério, recebendo pontuação máxima 3 (três) pontos.

Minas Gerais disponibiliza seu mapa hidrogeológico no Portal Info-Hidro (Informações sobre Recursos Hídricos), no site do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). O mapa hidrogeológico realizado pela CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais) feito no ano de 1981. Além do mapa hidrogeológico, o trabalho realizado pela CETEC apresenta informações sobre litologia, características dimensionais e hidrodinâmicas, produtividade, capacidade de infiltração e qualidade das águas das unidades hidrogeológicas. A partir da pesquisa, não foi identificada nenhuma proposta de elaboração para um novo mapa hidrogeológico ou atualização do mesmo. Minas Gerais possui mapa hidrogeológico atendendo ao critério, e recebe pontuação máxima 3 (três) pontos.

No Estado de Santa Catarina a pesquisa identificou dois mapas hidrogeológicos, o primeiro feito em 2007, resultou de uma parceria do Governo do Estado de Santa Catarina e a Agência Nacional de Águas, está disposto em escala 1:1.000.000 e está disponível no sítio eletrônico do Sistema de Informação de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina. O outro mapa

hidrogeológico de Santa Catarina está disposto na escala 1:500.000, e foi desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em convênio com o governo do Estado de Santa Catarina, por intermédio da Diretoria de Recursos Hídricos, da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Ambos os mapas identificam os recursos hídricos do Estado e realizam a integração com informações de água superficial através da representação espacial dos principais rios e/ou bacias hidrográficas. O Estado de Santa Catarina atende ao critério, recebendo pontuação máxima 3 (três) pontos.

No Rio Grande do Sul a pesquisa identificou o mapa hidrogeológico, que foi publicado no ano de 2007 em escala 1:750.000, acompanha o mapa um relatório técnico que apresenta a metodologia utilizada e dá outros indicativos pertinentes. A ferramenta identifica os sistemas aquíferos do Estado, assim como faz uma breve explanação de suas formações geomorfológicas, realiza apontamentos sobre a potencialidade e as características químicas das águas, porém não apresenta a área dos aquíferos. Além disso, outro fator importante é que suas informações apresentam integração com as informações referentes às águas superficiais. Tanto o mapa quanto o relatório estão disponíveis apenas no sítio eletrônico da CPRM e não no sítio do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH), como deveria ser. Rio Grande do Sul atende ao critério, recebendo pontuação máxima 3 (três) pontos.

2. Caracterização das águas subterrâneas

A classificação das águas de um sistema aquífero pode ser feita com base em sua composição química, a esta classificação utiliza-se o termo “fácies hidroquímicas. A classificação é realizada com base nos íons dominantes por meio de diagramas triangulares, como o diagrama de Piper (CUSTÓDIO; LIAMAS, 1983). O diagrama de Piper representa uma ferramenta bastante consistente na análise de conjuntos de dados hidroquímicos, capazes de classificar várias amostras por vez, possibilitando a distinção de grupos hidroquímicos e a avaliação da evolução hidroquímica ocorrida em determinado aquífero, função de processos hidroquímicos ocorridos, ou da ocorrência de misturas de águas (GASTMANS, 2004).

No Estado de Goiás, a caracterização das águas subterrâneas está no livro Hidrogeologia do Estado de Goiás (2006). As águas subterrâneas do Estado foram caracterizadas de acordo com sua litologia e características químicas. Quanto à litologia, o estudo apresentou no formato de tabela a classificação dos 25 sistemas aquíferos do Estado. A classificação química natural das águas subterrâneas foi apresentada no estudo pelo diagrama de Piper. As águas são predominantemente do tipo bicarbonatada cálcica, com certa contribuição de águas bicarbonatadas magnesianas e sódicas. As águas sulfatadas e cloretadas são restritas, sendo controladas pela presença de rochas específicas

como evaporitos e rochas ricas em sulfetos. Outro estudo que a pesquisa identificou foi o Relatório Diagnóstico – Aquífero Furnas e Vale do Rio do Peixe – Bacia Sedimentar do Paraná – Volume 11, de 2012, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que caracteriza o aquífero Furnas no Vale do Rio do Peixe. Os dois estudos são convergentes apresentando o mesmo resultado sobre a caracterização das águas subterrâneas. O Estado de Goiás atende ao critério recebendo pontuação máxima 3 (três) pontos.

Em Minas Gerais a caracterização química das águas subterrâneas foi feita pelo IGAM juntamente com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), e está disponível no Plano Estadual de Recursos Hídricos. A classificação das águas subterrâneas foi feita utilizando o Diagrama Triangular de Piper, bem como as suas relações iônicas características. A caracterização litológica e hidrogeológica foram realizadas sendo caracterizados 10 sistemas aquíferos distintos, também apresentados em formato de tabela. Para cada sistema aquíferofoi feita uma descrição juntamente com a classificação química de suas águas. As águas do Estado são predominantemente do tipo bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatadas calco-magnesianas e bicarbonatadas sódicas. O Estado atende ao critério recebendo pontuação máxima3 (três) pontos.

Santa Catarina dispõe de alguns estudos, porém não possui a caracterização da água subterrânea em todo o Estado. O principal estudo de verificação de tipologia de água já executado no Estado foi o Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC) (PROESC, 2003). Este estudo abrangeu 23% do território catarinense, e a partir de suas análises foi possível identificar a tipologia das águas do Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SIAG/SG) na Região Oeste do Estado, que são bicarbonatadas com predominância do cátion sódio. Além do PROESC existem pesquisas conduzidas por Krebs (2003) na Região Sul catarinense que indicam a existência de águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, sulfatadas ou cloretadas sódicas e bicarbonatadas sódicas. Santa Catarina apresenta estudos que caracterizem suas águas subterrâneas, porém, a pesquisa concluiu que Santa Catarina está em fase de construção de um estudo mais abrangente que caracterizará as águas de todo seu território, dessa forma foi atribuído 2(dois) pontos ao Estado neste critério.

No Rio Grande do Sul verificou-se a existência da caracterização das águas subterrâneas no "Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul" executado pela CPRM e pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA). A metodologia de amostragem e análise, assim como os parâmetros analisados e os resultados dispostos no diagrama de Piper, estão disponíveis no relatório do projeto do mapa hidrogeológico (COMPANHIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005). No relatório são caracterizados todos os sistemas aquíferos do Estado, cujas águas são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas a cloretadas sódicas, além disso são

apresentados também dados sobre a salinidade dos sistemas aquíferos. O Estado atende ao critério recebendo pontuação máxima 3 (três) pontos.

3. Rede de Monitoramento piezométrico

Uma rede de monitoramento piezométrico tem por objetivo geral fornecer umconhecimento mais detalhado sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas. O nívelpiezométrico é o nível a que a água de um aquífero se encontra à pressão atmosférica. Coincide com a superfície freática de um aquífero livre (DANTAS, 2002).

No Estado de Goiás a pesquisa identificou nos programas de ação do Plano Estadual de Recursos Hídricos, a proposta de implantação de uma rede de monitoramento piezométrico. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), a partir das redes de monitoramento serão obtidos dados de forma regular que permitirão fazer um controle da evolução dos aquíferos, e estabelecer um indicador de níveis piezométricos, possibilitando a definição de índices ou parâmetros que indiquem situações críticas. A pesquisa também identificou no Estado documentos que poderiam constituir um banco de dados contribuindo para a elaboração da rede de monitoramento piezométrico, tais como : Relatório das Vazões exploradas e nível Piezométrico do lençol freático, que deve ser apresentado para renovação da Licença Termal de empreendimentos; Relatório de Monitoramento de Nível Piezométrico, que as Usinas Hidroelétricas devem apresentar; e estudos realizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás (AMAT) elaborados em áreas de densa exploração das águas termais. A proposta presente no PERH caracteriza a previsão de implantação da rede de monitoramento piezométrico, desta forma foi atribuído 1(um) ponto ao Estado.

Em Minas Gerais, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) apresenta propostas de ações para melhoria da gestão das águas subterrâneas. Uma das propostas é a “Rede Estratégica de Monitoramento Subterrâneo do Estado de Minas Gerais”, dentre os parâmetros que serão analisados, será feita a medição do nível d’água, que caracteriza o nível piezométrico. A rede será implementada a partir dos poços existentes e conterá áreas prioritárias para monitoramento. Nas áreas de alto risco todos os poços existentes devem ser avaliados, e nas áreas sem risco de vulnerabilidade, a densidade deve ser de 5.000 km²/poço. A avaliação dos poços foi feita com base nos dados do Atlas de Abastecimento de Água e complementado com o cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). A rede estratégica contará, preliminarmente, com 381 poços piezométricos, espalhados conforme a distribuição das áreas prioritárias de monitoramento. Desta forma, a pesquisa concluiu que existe previsão de implantação deste critério atribuindo 1(um) ponto ao Estado.

Por não dispor de uma rede de monitoramento piezométrico, tão pouco a previsão de sua estruturação em qualquer documento oficial, atribuiu-se ao Estado de Santa Catarina pontuação 0 (zero).

No Rio Grande do Sul a implementação da rede de monitoramento piezométrico está prevista. Tal previsão consta do "Relatório da Fase C do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul" (COMPANHIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005) que faz menção sobre a instalação de uma rede de monitoramento de quantidade e qualidade de água no Estado. Esse relatório juntamente com o termo de referência e os outros relatórios divulgados através do sítio oficial do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH) são indícios da intenção do Estado de implantar uma rede piezométrica e realizar o monitoramento qualitativo e quantitativo da água subterrânea. Assim, a pesquisa identificou que existe a previsão para implementação deste critério, atribuindo 1(um) ponto.

4. Rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea

As alterações na quantidade e qualidade das águas subterrâneas ocorrem lentamente, sendo identificadas apenas por meio de um monitoramento bem elaborado ede longo termo. O monitoramento fornece informações para o controle de impactoscausados pela extração de água e pela carga de poluentes no aquífero (Tundisi, 2009). A implantação de uma Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas é feita a partir da apreciação de dados físicos, químicos e biológicos, sendo essencial para o planejamento e gestão das águas (CPRM, 2012).

O monitoramento da qualidade da água subterrânea de Goiás, assim como o monitoramento piezométrico, está previsto em dois programas de ações do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Estado. A partir de alguns critérios (Aquíferos sedimentares; Importância socioeconômica da água; Uso da água para abastecimento público; Aspectos de vulnerabilidade natural e riscos; Representatividade espacial do aquífero; e Existência de poços para monitoramento) foram definidas áreas prioritárias para o monitoramento. A implementação do monitoramento da qualidade da água subterrânea está prevista entre 5 e 20 anos após a conclusão do PERH, em 2015. Desta forma, a pesquisa concluiu que existe a previsão para implementação deste critério, atribuindo 1(um) ponto.

O Projeto Águas de Minas, desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais. Em execução desde 1997, somente em 2005 começou a realizar o monitoramento da qualidade da água subterrânea. Três áreas são monitoradas: área do Sistema Aquífero Guarani, Aquífero Baurú, e a maior de todas, a região do Norte de Minas Gerais onde há predominância do

Aquífero Bambuí. Os resultados obtidos por meio das campanhas de amostragem semestrais constituem o banco de dados do monitoramento das águas subterrâneas do IGAM, cujos dados são tratados estatisticamente a cada biênio, e dispostos em formato de relatório. O IGAM vem buscando ampliar a rede de monitoramento das águas subterrâneas por meio de parcerias e convênios, inclusive com instituições públicas federais, para no futuro, cobrir todo o Estado. Minas Gerais não possui o monitoramento da qualidade da água subterrânea em todo o Estado, porém na região onde ocorrem mais conflitos pelo uso deste recurso (região Norte), e em outras duas regiões (Sistema Aquífero Guarani e Sistema Aquífero Baurú) já existe o monitoramento. Ficou evidente nos documentos dispostos nos sítios eletrônicos do Estado a intenção de ampliação da rede já existente,desta forma a pesquisa concluiu que a rede está em elaboração no Estado, atribuindo 2(dois) pontos.

Em Santa Catarina, quanto ao monitoramento da qualidade de água, não foi identificada a existência ou previsão de sua instalação para o monitoramento da qualidade das águas subterrânea, motivo pelo qual foi atribuída pontuação 0 (zero) ao Estado neste critério.

No Rio Grande do Sul, assim como no monitoramento piezométrico da água subterrânea, o documento “Relatório da Fase C” descreve a previsão da instalação e operação de uma rede de monitoramento de qualidade da água subterrânea no Estado. A rede tem por objetivo acompanhar a evolução e tendências da quantidade e qualidade da água do manancial, e determinar as variações da quantidade e qualidade da água de modo a propor ações preventivas e corretivas. Além disso, entre os anos de 2002 e 2006 o Estado implementou uma rede básica de monitoramento na Região Hidrográfica U30 com recursos do Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II), que demonstra que o Estado possui informações preliminares e conhecimento técnico para a instalação de uma rede de maior abrangência em todo o Estado. Assim, a pesquisa identificou que existe a previsão para implementação deste critério, atribuindo 1(um) ponto ao Estado.

5. Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas

Os mapas de vulnerabilidade ambiental são de grande importância para a gestão de recursos hídricos, de modo que auxiliam na prevenção e no acompanhamento da qualidade ambiental, especialmente sobre as práticas de conservação do solo e águas nos diferentes níveis (graus) de vulnerabilidade que se encontram. Os efeitos da liberação e da propagação dos contaminantes no meio ambiente incluem a alteração das características naturais de qualidade, que acarretarestrições ao uso dos recursos hídricos, especialmente, das águas subterrâneas, bem como também, restrições ao uso do solo (FEAM, 2015).

O Estado de Goiás dispõe de documentos que apontam os principais agentes causadores de degradação da qualidade da água subterrânea, e os riscos atrelados às diversas atividades econômicas. O primeiro documento é o Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Aquíferos, que está inserido no Plano Estadual de Recursos Hídricos concluído em 2015. O Mapa leva em consideração a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas no que diz respeito aos parâmetros físicos do meio. O outro documento é o Mapa de Vulnerabilidade Geoambiental, elaborado peloZoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás (ZAEE-GO). Este mapa foi obtido por meio da integração espacial entre os zoneamentos e diagnósticos ambientais previamente elaborados em Goiás, com o mapa de vulnerabilidade ambiental elaborado no âmbito do Projeto de Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação.As informações dos mapas são convergentes e deixam clara a situação em relação à vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Goiás. Desse modo o Estado atende ao critério, de modo que lhe foi atribuído 3 (três) pontos.

No Estado de Minas Gerais foram identificados dois mapas elaborados pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG) que estão disponíveis no site oficial do ZEE-MG. O primeiro mapa apresenta a distribuição dos locais com teores anômalos de metais pesados e as falhas geológicas no Estado de Minas Gerais. Já o segundo é referente à potencialidade de contaminação dos sistemas aquíferos, referente à suas características naturais (elevada profundidade, baixa permeabilidade, concentração de sais na água). Cumpre esclarecer que os dois mapas apresentam a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos quanto aos aspectos naturais, de modo queo Estado recebeu 3 (três) pontos neste critério.

Em Santa Catarina a pesquisa identificou que existe a previsão de avaliação de risco das águas subterrâneas. A estimativa da realização dessa avaliação está prevista no “Caderno 6” do “Relatório temático de Concepção de Plano Estadual e Diretriz de Planos de Bacias”, publicados em 2006. O Caderno 6 é composto por quatro grandes atividades: sendo que uma delas trata de um panorama dos recursos hídricos em Santa Catarina. Os produtos dessa atividade constituem-se numa série de indicativos de grande interesse para o Estado, nele foram editadas sugestões para a implementação do PERH, e dentro dele está a realização de uma avaliação das vulnerabilidades relacionadas à poluição, exclusivamente para a água subterrânea. Desse modo, a pesquisa identificou que existe a previsão para implementação deste critério, atribuindo 1(um) ponto ao Estado.

No Estado do Rio Grande do Sul a única menção a este assunto, está no relatório do projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul (COMPANHIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005), que apresenta resumidamente a vulnerabilidade natural dos aquíferos do Estado. De acordo com o relatório, os estudos sobre a determinação da vulnerabilidade natural a contaminação dos aquíferos se encontram muito restritos, fazendo-se necessário um estudo

especifico a respeito. Como não foi identificada a existência ou previsão de elaboração de mapas de avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas, foi atribuída pontuação 0 (zero) ao Estado neste critério.

6. Base de dados referente à prospecção geofísica

Prospecção geofísica é uma técnica que utiliza instrumentos na superfície para determinar a localização de depósitos minerais subterrâneos. Em relação à água subterrânea, os métodos geofísicos permitem identificar os melhores locais para a implantação e perfuração de um poço profundo (ELLERT, 2006). As metodologias de prospecção geofísica proporcionam uma visão global da subsuperfície, por meio detécnicas não invasivas, que complementam as informações pontuais de testemunhos de furos de sondagens ou de amostras de poços de água subterrânea (MOURA; MALAGUTTI FILHO, 2003).

Uma base de dados referente à prospecção geofísica é uma ferramenta muito importante na gestão das águas subterrâneas, entretanto a pesquisa não encontrou documentos indicativosda existência de dados sobre os locais mais propícios à perfuração de poços para os estados de Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Portantofoi atribuída pontuação 0(zero) neste critério para todos os quatro Estados avaliados.

7. Existência de um mapa potenciométrico

Por meio da elaboração de um mapa potenciométrico é possível obter dados de zonas de descarga, recarga e sentido do fluxo subterrâneo em um aquífero (LUCENA et al, 2004).A utilização de um mapa potenciométrico é de grande importância para os hidrogeólogos, pois, a partir do mesmo é possível obter dados como as cotas de poços e,assim, determinar a carga hidráulica da região. Em grande medida, a dificuldade para a elaboração dosmapas potenciométricos reside na necessidade de exaustivo trabalho de campo, equipamentos caros e pessoal especializado, tornando onerosa a sua realização. (DEMETRIO; CORREIA; SARAIVA, 2006).

Quanto a existência de um mapa potenciométrico não foi identificada a existência ou previsão de suarealização, motivo pelo qual foi atribuída pontuação 0 (zero) aos quatro Estados neste critério.

8. Disponibilidade de modelos numéricos de gestão de aquíferos

O modelo numérico de fluxo de águas subterrâneas consiste na representação de condições hidrogeológicas, em intervalo de tempo determinado, com o objetivo de prever a resposta do aquífero perante as interferências que podem acontecer nele, através de análise matemática de características hidrogeológicas, sob uma determinada condição inicial (PAULA; VELÁSQUEZ, 2016).

Em Goiás Atualmente o DNPM com a parceria da Associação das Empresas Mineradoras das Águas Termais de Goiás (AMAT) realiza o controle mensal da vazão, da temperatura e dos níveis das águas. A partir de 2006 a AMAT iniciou um trabalho denominado de Projeto de Preservação das Águas Termais, visando melhor conhecimento e realização da modelagem e da recarga artificial dos aquíferos. O projeto cuidará da geração de um modelo geológico/matemático, capacitando as empresas para um gerenciamento adequado da exploração de suas águas. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Goiás a implantação do gerenciamento conjunto dos aquíferos seria iniciada em 2015, usando o modelo matemático/hidrogeológico, porém a pesquisa não identificou nenhum indício de que tenham elaborado ou começado o uso do modelo matemático. Desse modo, a pesquisa identificou que existe apenas a previsão para implementação deste critério, atribuindo 1(um) ponto.

Nos demais Estados, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a pesquisa não identificou a existência de modelos numéricos para a gestão de aquíferos, tão pouco existe a previsão ou implantação dos mesmos, assim foi atribuído pontuação 0 (zero) para este critério.

Quadro 2 – Síntese da pontuação dos Estados.

Critérios	Pontuação			
	Goiás	Minas Gerais	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
1-Existência de mapas hidrogeológicos básico.	3	3	3	3
2-Caracterização das águas subterrâneas.	3	3	2	3
3-Rede de monitoramento piezométrico.	1	1	0	1
4-Rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea.	1	2	0	1
5-Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas.	3	3	1	0
6-Base de dados referente à prospecção geofísica.	0	0	0	0
7-Existência de um mapa potenciométrico.	0	0	0	0
8-Disponibilidade de modelos numéricos de gestão de aquíferos.	1	0	0	0
Total	12	12	6	8

Fonte: Autora, 2016.

4- CONCLUSÕES

Em relação ao primeiro critério todos os quatro Estados têm implementado o mapa hidrogeológico, atribuindo-se três pontos. Os mapas hidrogeológicos são instrumentos básicos de reconhecimento dos aquíferos, essenciais para a gestão do recurso. Os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul estabeleceram parceria com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para elaboração de seus mapas. A articulação entre os órgãos estaduais e nacionais é importante para os Estados e ajuda a fortalecer o conhecimento sobre as águas subterrâneas. Porém esta articulação muitas vezes destaca uma fragilidade na competência técnica dos Estados e demonstra uma falta de esforço para buscar a autonomia técnica.

Em relação ao segundo critério, Goiás, Minas Gerais e Rio Grande do Sul têm implementado a caracterização das águas subterrâneas atribuindo-se 3 pontos, enquanto Santa Catarina está em elaboração da caracterização, atribuindo-se dois pontos. A caracterização das águas subterrâneas também é requisito básico de conhecimento técnico dos aquíferos necessários para a gestão. Além disso, a classificação é necessária para posterior enquadramento das águas subterrâneas.

Em relação ao terceiro critério Goiás Minas Gerais e Rio Grande do Sul têm previsão para implementação do monitoramento piezométrico atribuindo-se um ponto, enquanto Santa Catarina não apresentou nenhum documento que expressasse interesse do Estado no monitoramento piezométrico atribuindo-se zero ponto. A pesquisa identificou alguns estudos realizados pela iniciativa privada e pelas universidades presentes nos Estados que poderiam auxiliar no monitoramento formando uma base de dados, porém a sistematização e apropriação destas informações ainda não são feitas.

Em relação ao quarto critério em Minas Gerais a rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea está em fase de elaboração, atribuindo-se dois pontos, nos Estados de Goiás e Rio Grande do Sul a rede está prevista, atribuindo-se um ponto e em Santa Catarina a pesquisa não identificou nenhum documento que expressasse a previsão da rede, atribuindo-se zero ponto. Minas Gerais avança na gestão de seus aquíferos tendo implantado o monitoramento na área do Estado em que mais ocorrem conflitos pela água subterrânea, e deixa clara a intenção de ampliação da rede.

Em relação ao quinto critério Goiás e Minas Gerais apresentaram implantada a avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas, atribuindo-se três pontos, para Santa Catarina existe previsão de implementação, atribuindo-se um ponto, e no Rio Grande do Sul a pesquisa não identificou nenhum documento que expressasse a previsão de cumprimento do critério, atribuindo-se zero ponto. Realizar a avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas contribui principalmente para a elaboração de Normas e Leis de uso e ocupação do solo nas áreas de abrangência dos aquíferos, garantindo maior proteção de áreas mais sensíveis como áreas de recarga dos aquíferos.

Em relação ao sexto e sétimo critérios, todos os quatro Estados receberam pontuação zero, não sendo encontrados documentos que expressassem a previsão de implementação destes critérios. A prospecção geofísica ainda é muito utilizada nos Estados apenas na mineração, poucos estudos são realizados referentes à água subterrânea. Com esta ferramenta é possível identificar as melhores áreas para perfuração de poços, evitando muitas vezes a perfuração em vão do solo, criando possíveis lugares de contaminação dos aquíferos. Quanto aos mapas potenciométricos, alguns estudos foram identificados pela pesquisa nos Estados, porém os estudos caracterizam a potenciometria apenas de uma área, e não abrangem o Estado num todo.

Em relação ao oitavo critério com exceção de Goiás que tem previsão de implementação de modelos numéricos utilizados na gestão dos aquíferos, atribuindo-se um ponto, a todos os outros três Estados foi atribuída pontuação zero, não sendo encontrados documentos que expressassem a previsão de implementação deste critério. Este critério é essencial para previsões futuras e elaboração de cenários, sendo fundamental na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Porém para sua execução são necessárias informações básicas referentes aos aquíferos que muitas vezes os Estados ainda não possuem.

Destaca-se na pesquisa a importância dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH). Muitas das informações levantadas na pesquisa estavam presentes nos diagnósticos dos recursos do PERH, outras informações também foram encontradas na forma de propostas e planos de ações dos referidos Planos. Foi possível observar que Estados como Goiás e Minas Gerais que possuem seus Planos implementados avançaram no conhecimento técnico e gestão de seus Sistemas Aquíferos, sendo os dois Estados que obtiveram a maior pontuação. Além do diagnóstico presente nos Planos, os programas de ações propostos direcionam o gerenciamento dos recursos hídricos.

A falta de integração das informações das águas subterrâneas e superficiais foi evidenciada em quase todos os critérios levantados. A gestão dos recursos hídricos como um todo (águas superficiais e subterrâneas) costuma ser uma dificuldade para os gestores. As águas superficiais são geridas, na maioria das vezes, por bacias hidrográficas, enquanto as águas subterrâneas são geridas por Sistemas Aquíferos, o que dificulta a sincronização de informações e de tomadas de decisões. Além disso, o conhecimento sobre os recursos hídricos superficiais ainda é uma prioridade na gestão de recursos hídricos, por se tratar de um recurso invisível, muitas vezes a gestão e o próprio conhecimento sobre as águas subterrâneas são negligenciados.

Os estados de Minas Gerais e Goiás obtiveram a maior pontuação (12 pontos). Minas Gerais é o único dos Estados avaliados que possui um órgão gestor como o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), responsável por planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas do Estado. Além disso, tem seu Plano Estadual de Recursos Hídricos implementado desde 2011. Estas características podem contribuir significativamente para

o conhecimento técnico do Estado. Mesmo possuindo sua diretoria de recursos hídricos vinculada a uma Secretaria de Estado, Goiás possui o Plano Estadual de Recursos Hídricos implementado desde 2015. O referido Plano possui programas de ações para as águas subterrâneas consistentes e com horizonte de tempo para implementação definidos, sendo um grande avanço na gestão dos recursos hídricos. O conhecimento das águas subterrâneas no Estado pode ser resultado da grande pressão que existe na gestão deste recurso. Goiás é nacionalmente conhecido por suas atividades de turismo relacionadas às águas termais, exigindo uma boa governança deste recurso.

Rio Grande do Sul e Santa Catarina foram os Estados que obtiveram a menor pontuação (8 e 6 pontos respectivamente). O Estado do Rio Grande do Sul tem uma grande dependência da água subterrânea tanto para abastecimento público como para irrigação devido a períodos de estiagem frequentes no Estado. Mesmo assim o Estado, que também não possui um órgão gestor de águas independente, ainda não tem implementado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e apresentou uma grande lacuna na produção de conhecimento técnico sobre suas águas subterrâneas. Santa Catarina apresentou o menor desempenho dentre os quatro Estados avaliados. O Estado não apresenta grande dependência da água subterrânea, não exercendo pressão sobre a gestão deste recurso. Santa Catarina também tem sua diretoria de recursos hídricos vinculada a uma Secretaria do Estado, e ainda não tem seu Plano Estadual de Recursos Hídricos elaborado. Observa-se através da pontuação que estes Estados ainda têm um longo caminho de conhecimento de seus recursos hídricos subterrâneos para percorrer, buscando assim a implantação de uma boa governança.

5- REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Atlas Brasil. **Abastecimento urbano de água**: resultados por Estado. Agência Nacional de Águas, vol. 2. Brasília/DF: ANA, 2010.

ALMEIDA, L. et. al. Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás. Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.

AMARANTE, O. A. C. et. al. Atlas Eólico: Minas Gerais. Cemig, 2010. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/atlas%20eolico%20MG.pdf>. Acesso em: 23 de Maio de 2016.

BOHN, N.; GOETTEN, W. J.; PRIMO, A. P. Governança da água subterrânea no Estado do Rio Grande do Sul. **REGA**, v. 11, no. 1, p. 33-43, jan./jun. 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Mapa Hidrogeólogico do Rio Grande do Sul.2005. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=114&sid=23>. Acesso em 20 maio 2014.

CPRM. Coleção de Relatórios-Diagnóstico dos Aquíferos Sedimentares do Brasil. Relatório Diagnóstico Aquíferos Furnas E Vale Do Rio Do Peixe Nos Estados De Mato Grosso E Goiás Bacia Sedimentar Do Paraná. 2012. Disponível em: http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMASVOLUME11_Aquiferos_Furnas_Vale%20do %20Rio %20do%20Peixe_MT_GO.pdf. Acesso em 01 de junho de 2016.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.S. Hidrologia subterrânea. Barcelona, Omega. 1983.

DANTAS, F. B. Proposta De Gerenciamento Integrado Das Atividades Desenvolvidas Em Terra Na Bacia Do São Francisco: Subprojeto 4.7.B - Proposta de uma Rede Monitoramento Piezométrico na Sub-Bacia do Rio Verde Grande. Belo Horizonte,2002. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefsf/arquivos/ResumoExecutivo4-7B.pdf. Acesso em: 12 de maio de 2016.

DEMETRIO, J. G. A.; CORREIA, L. C.; SARAIVA, A. L.. Utilização de Imagens SRTM na Confecção de Mapas Potenciométricos. 2006. Disponível em: http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23191.Acesso em 08 de junho de 2016.

ELEERT, N. Prospecção geofísica. In: GONÇALVES, V. G.; GIAMPÁ, C. E. Q. (Org) Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. 1º ed. São Paulo: Signus Editora, 2006.

FEAM. Inventário de áreas contaminadas do Estado de Minas Gerais: 2015 - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 2015.

FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; TUINHOF, A.; TOVEY, C. **Groundwater governance:** conceptual framework for assessment of provisions and needs. GW-Mate Strategic Overview Series Nº. 1, World Bank, 2009.

GARDUÑO, H.; ROMANI, S.; SENGUPTA, B.; TUINHOF, A.; DAVIS, R. **India groundwater governance: case study**. Water papers. Washington: World Bank, 2011.

GASTMANS, D et al. Implicações hidroquímicas da interação rocha–água: interpretações através da representação gráfica de análises químicas de águas subterrâneas. Rio Claro, Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente do IGCE, 2004.

GEF. Groundwater governance. Synthesis of thematic papers/case studies, groundwater governance: A Global Framework for Country Action, 2012.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP, Groundwater resources and irrigated agriculture-making a beneficial relation more sustainable, Perspectives Paper, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Perfil. Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=go>. Acesso em: 28 abr. 2016.

_____. Cidades. Perfil. Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=go>. Acesso em: 28 abr. 2016.

_____. Cidades. Perfil. **Rio Grande do Sul**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=rs. Acesso em: 31 maio 2014.

_____. Cidades. Perfil. **Santa Catarina**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=rs. Acesso em: 31 maio 2014.

_____. Cidades. Perfil. Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>. Acesso em: 21 de Maio de 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS (IGAM). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Resumo Executivo volume I. Belo Horizonte: IGAM, 2011. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planosderecursoshidricos/resumo-executivo- vol-1.pdf;. Acesso em: 01 de Junho de 2016.

KREBS, A. S. J. Subsídio ao planejamento territorial e definição de medidas para minimização dos efeitos das cheias urbanas no município de Criciúma, SC. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003, Curitiba.

LUCENA, L. R. F. ; ROSA FILHO, E. F. ; BITTENCOURT, A. V. L., 2004. A Potenciometria do Aqüífero Barreiras no Setor Oriental da Bacia do Rio Pirangi-RN e Considerações sobre a Relação com Mananciais Superficiais. Revista Águas Subterrâneas, número 18, Janeiro 2004. Disponível em: http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/1345/1102. Acesso em 11 de junho de 2016.

MOURA, H. P.; MALAGUTTI FILHO, W. Métodos de eletrorresistividade e de polarização induzida aplicados na área de disposição de resíduos urbanos: Aterro controlado de Rio Claro – SP. Revista de Geociências, v. 22, nº Especial, UNESP, p. 129-139, São Paulo, 2003.

MUMMA, A.; LANE, M.; KAIRU, E.; TUINHOF, A.; HIRJI, R. **Kenya groundwater governance: case study**. Water papers. Washington: World Bank, 2011.

PAULA, R. S.; VELÁSQUEZ, L. N. M. Modelagem numérica de fluxo de um aquífero cárstico-fissural. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2013. Disponível em:https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27321/17711. Acesso em: 18 de maio de 2016.

PIETERSEN, K.; BEEKMAN, H. E.; HOLLAND, M.; ADAMS, M. Groundwater governance in South Africa: a status assessment. Water S.A.In: International Conference on Groundwater Special Edition, v. 38, n. 3, Pretória, 2012. **Anais…,** Pretória: Water S. A., 2012.

PROESC. Projeto Oeste de Santa Catarina. (org.) FREITAS, M.A. Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-

SC/EPAGRI. 2003. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/sureg-pa/prodesc/relatorios/TEXTO5O.pdf Acesso em 28 fev 2014.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI enfrentando a escassez. 3ed. Rima: São Carlos - SP, 2009.

TURTON, A. R.; HATTINGH, J.; CLASSENS, M.; ROUX, D. J.; ASHTON, P. J. Towards a model for ecosystem governace: An integrated water resource management example. In: TURTON, et al(Orgs.). **Governance as a trialogue:** Government– Society-Science in transition. Berlin: Springer, 2007.

ZOBY, J. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal/RN. **Anais**... Natal/RN: ABAS, 2008.