



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RISCO E VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO FURNAS NA BAIXA BACIA DO RIO CLARO-GO

Larissa Veridiane Coutinho^(a), Chrystiano Alves de Souza^(b) Maximiliano Bayer^(c)

^(a) Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF - Universidade Federal de Goiás, larissavv2@gmail.com

^(b) Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF - Universidade Federal de Goiás, chfetgeo@gmail.com

^(c) Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF - Universidade Federal de Goiás, maxbayer@ufg.br

Eixo: Dinâmica e gestão de bacias hidrográficas.

Resumo

Pesquisa realizada na baixa bacia do rio Claro com objetivo de avaliar a vulnerabilidade e risco à contaminação do Sistema Aquífero Furnas (SAF) através do método G.O.D, possibilitando assim identificar as distintas classes de vulnerabilidade de acordo com o índice: baixa, moderada e alta. De acordo com as análises, foi identificado que 66% da área possui vulnerabilidade alta; 30% extrema e 4% média. Os dados analisados demonstram que existem áreas que requerem bastante atenção, por isso, recomenda-se cuidados, sobretudo preventivos, com estudos prévios sobre impactos dos usos e ocupação do solo e estabelecendo regras para atividades potencialmente contaminantes.

Palavras chave: Sistemas Aquíferos, Vulnerabilidade de Aquíferos, Método G.O.D;

1. Introdução

A água é o elemento mais abundante na superfície da Terra, participa expressivamente dos processos e fenômenos responsáveis pela evolução do planeta (GOIÁS, 2006, p.19). É um recurso natural renovável, porém finito (GOIÁS, 2006, p.17). Contudo, cerca de 70% da água do mundo não está disponível para o consumo humano por se tratar de águas dos oceanos, e grande parte da água doce, quase 30%, situa-se em lençóis subterrâneos cujo consumo vem aumentando rapidamente (ANA, 2010, p.25).

No Brasil, especificamente, os recursos hídricos subterrâneos contribuem com 39% da demanda para o abastecimento humano (ANA, 2010, P.34), os recursos hídricos subterrâneos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ou águas subterrâneas representam um estratégico recurso natural, apresentando-se, muitas vezes, como a única fonte de água potável disponível para parcelas consideráveis da população mundial (UNESCO, 2012, p.3).

As águas subterrâneas são, normalmente, águas que preenchem os poros e fraturas das rochas abaixo do nível freático, essas rochas são caracterizadas como aquíferos e, de modo geral, possuem água pura, logo sem poluentes ou contaminantes, podendo assim serem utilizadas diretamente para o consumo, por estarem mais profundas e, a princípio, mais protegidas (UNESCO, 2012, p.34). Os aspectos da qualidade do recurso hídricos subterrâneos têm sido cada vez mais estudadas nos últimos anos com o propósito de prever riscos e contribuir para uma qualidade de água (SETTI et. al. 2001, p. 154). Há diversas causas da contaminação de água subterrânea ou aquífero, que se distinguem entre as atividades urbanas, rurais e industriais (FOSTER et. al. 2002, p.16).

Nesse segmento existem importante estudos que se beneficiam de métodos para a classificação da vulnerabilidade de aquíferos dentre, os quais destaca-se o G.O.D (FOSTER et. al., 1988, p. 180), procedimento para avaliação da vulnerabilidade à contaminação através de aspectos hidrogeológicos naturais (FOSTER et al., 2002, p. 19), método este que será utilizado nesta pesquisa para análise do Aquífero Furnas.

A Região da bacia hidrográfica do rio Claro está situada na parte oeste do estado de Goiás, abrangendo uma área de aproximadamente 12.062,18km² segundo Faria (2012, p.113), na figura 1 abaixo demonstra que a bacia do rio Claro compreende 14 municípios goianos, entre os quais Mossâmedes, São Luís de Montes Belos e Sanclerlândia são os mais representativos da região.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

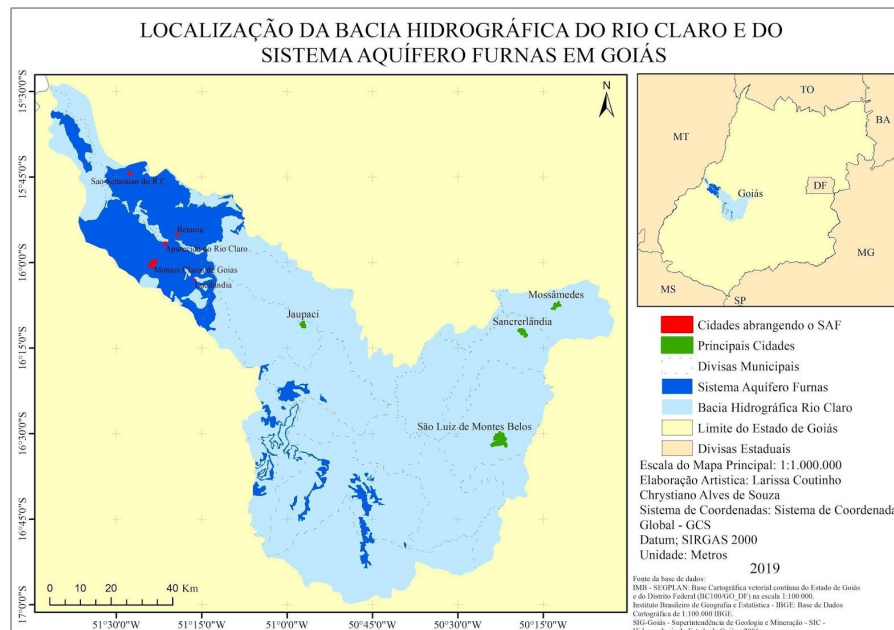


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Claro e do SAF.

O sistema aquífero Furnas, SAF, de acordo com Goiás (2006, p. 157), estende-se dentro da Bacia do rio Claro na microrregião de Aragarças em Goiás, mais especificamente entre os municípios de: Montes Claros de Goiás, São Sebastião do rio Claro, Lucilândia, Aparecida do Rio Claro e Betânia. De acordo com a figura, pode-se observar dois cenários para o SAF, pois o mesmo encontra-se subdividido em duas regiões, Noroeste e Sudeste, cada uma com uma composição geológica distinta, mas composta por grande parte em arenitos, correspondendo a mais de 95% do total da área do aquífero como apresenta a figura 2 abaixo.



XVIII
SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

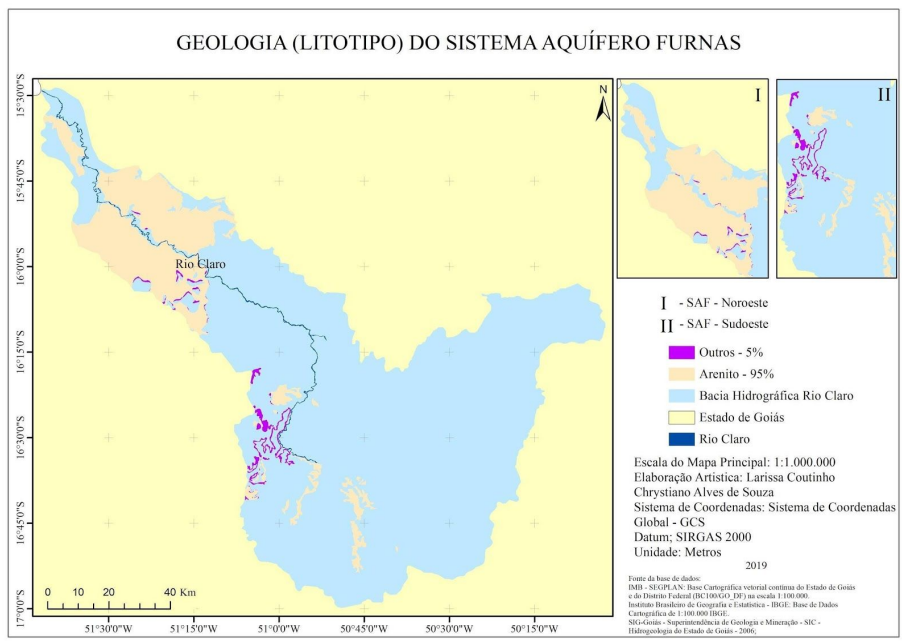


Figura 2: Caracterização Litológica do SAF.

A formação Furnas foi originada no período Devoniano, composta por sedimentos flúvio-marítimos (areias, calcários conchíferos, etc.), aluviais (areias, siltes e argilas), com fácies pseudo-lamíticas em algumas regiões, mas representada principalmente por arenitos quartzosos, brancos, de granulometria média a grossa e que exibem estratificações cruzadas de diversas naturezas e porte, podendo chegar a mais de 300 metros de profundidade em algumas regiões. (Milani, E. J. et. al; 2007, p. 188) e (Cutrim, et al. 2010, p. 402).

Dentre os poços cadastrados, diversos foram encontrados com falta de informações, dados erráticos e repetidos, assim foi realizada uma conferência e correção para que somente os poços com as informações necessárias à análise fossem selecionados. Portanto, foram identificados ao todo 45 poços cadastrados no sistema de informações de águas subterrâneas, SIAGAS, com a profundidade da água no aquífero (ND), permitindo assim a interpolação dos pontos de poços, com base no nível de profundidade da água a partir do método IDW, ferramenta do Arcgis, gerou-se a figura 3 abaixo, que corresponde à interpolação entre cada



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ponto como uma influência local, diminuindo à medida que a distância entre os pontos aumenta, este método apresentou valores mais próximos entre o dado observado e o medido gerando o resultado final de profundidade do aquífero para toda a bacia.

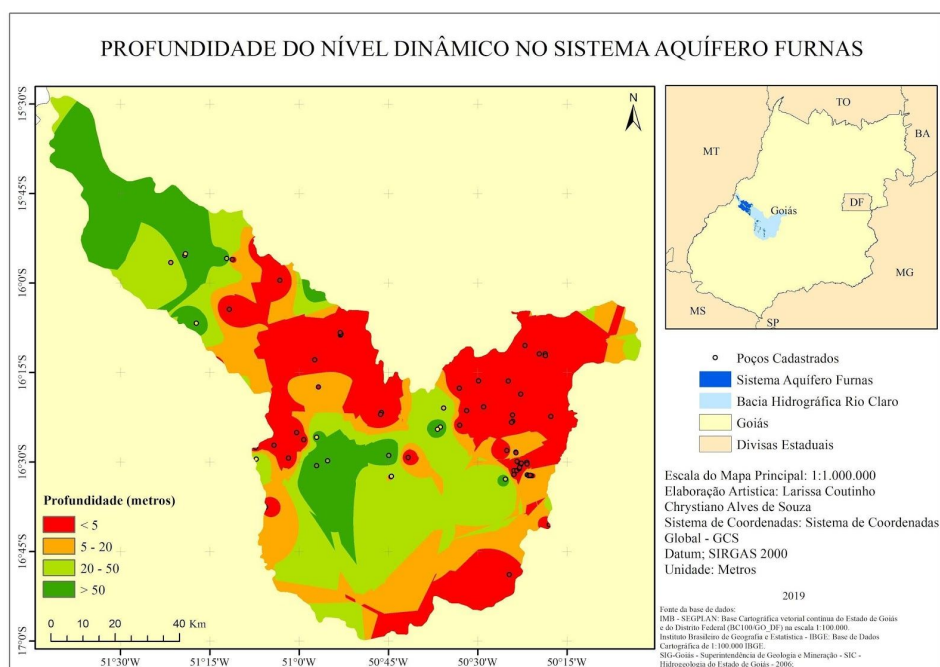


Figura 3: Profundidade da água no SAF e localização dos poços cadastrados.

Diante disso, o objetivo do presente estudo é analisar o grau de vulnerabilidade a contaminação do aquífero Furnas na baixa bacia hidrográfica do rio Claro/GO, delimitando as áreas com maior ou menor grau de vulnerabilidade à contaminação e portanto fornecer dados ambientais para auxiliar o ordenamento de uso e ocupação do solo.

2. Justificativa

No mundo inteiro, os aquíferos estão sob perigo cada vez maior de contaminação em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e das empresas de mineração (FOSTER et. al. 2002, p.68) e, de acordo com Faria (2012, p.114) a bacia do rio Claro, objeto do estudo, encontra-se altamente degradada, com predomínio



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de atividades antrópicas e fragmentos remanescentes dispersos, ou restritos a grandes manchas associados a particularidades do meio físico.

Para se desenvolver e consolidar a conservação de reservas hídricas, mais especificamente de aquíferos, é preciso a realização de estudos e monitoração da área (FOSTER et. al. 1988, p. 175), com essa preocupação a pesquisa busca analisar informações sobre o índice de vulnerabilidade do sistema aquífero Furnas na bacia hídrica do rio Claro, importante afluente do Rio Araguaia (ASSIS e BAYER, 2017, p. 927), localizado no estado de Goiás, para colaborar com proteção dos recursos hídricos presentes.

Apesar do Sistema Aquífero Furnas (SAF) localizar-se na bacia do rio Claro e contar com diversos estudos sobre a sua caracterização, como os realizados por Faria (2012), Assis e Bayer (2017) e Goiás (2006), ainda há carência, principalmente, na análise específica do aquífero da sua vulnerabilidade e dos possíveis riscos à contaminação.

3. Materiais e Métodos

A pesquisa é um estudo de caso através do levantamento de dados e a elaboração de mapas por meio de equações de imagens e análises de informações geográficas a partir do método G.O.D utilizando para isto, as referências descritas nos livros: Proteção da Qualidade da Água Subterrânea, (FOSTER ET. AL. 2006); Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos (POLETO, 2014).

3.1. Método GOD

Em inglês G.O.D caracteriza os três parâmetros fundamentais: 1. Ocorrência de água subterrânea (Groundwater occurrence). Classificação dos estratos acima da zona saturada do aquífero em termos do grau de consolidação e caráter litológico (Overall aquifer class). Profundidade do topo do aquífero (Depth to groundwater table) como demonstra a figura 4



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

abaixo. O índice de vulnerabilidade é definido através da multiplicação dos valores obtidos em cada fator para posteriormente serem feitas as devidas interpretações.

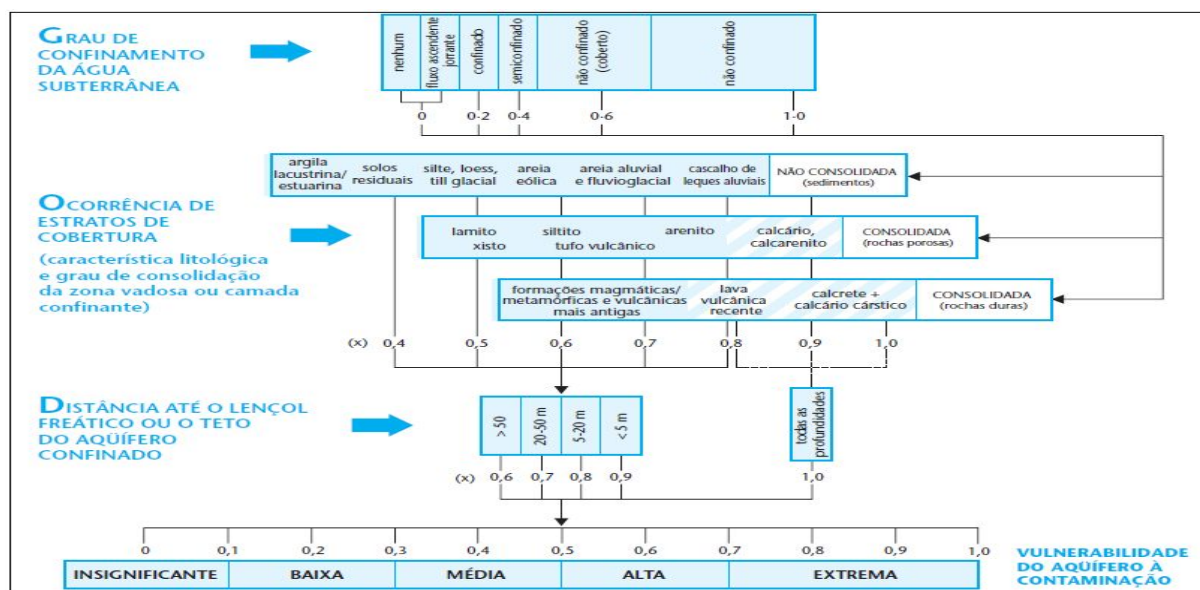


Figura 4. Método GOD para análise de vulnerabilidade

Fonte: Foster et. al. (2006)

3. Resultados e Discussões

De acordo com os dados geológicos do aquífero, mais de 95% da composição litológica do SAF é composta por arenitos, principalmente na região Noroeste, onde se localiza sua maior área, outras composições litológicas representadas na figura acima no recorte Sudoeste, representam no total menos de 5% do total da área do SAF, mas individualmente não possuem representatividade para a análise pois dentre estes o que possui a maior área são os granitos, com uma representatividade de no máximo 1,2% do total da área, que para a escala de trabalho é praticamente desprezável.

Tabela I: Relação Litologia do SAF de acordo com padrões estabelecidos do GOD.

LITOLOGIA DO AQUIFERO FURNAS	VULNERABILIDADE
Arenito	0,8



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Outros Litotipos	0,6
------------------	-----

Fonte: O autor.

O grau de confinamento do SAF é não coberto (livre) e possui uma alta condutividade hidráulica tanto lateral como vertical, devido à elevada porosidade primária intergranular e secundária, muito fraturado, caracterizando-o como um aquífero de dupla porosidade (GOIÁS, 2006, p.157), desta forma, de acordo com o método GOD, foi atribuído o valor 1, grau de vulnerabilidade máximo para o tipo de confinamento não coberto.

O mapa de vulnerabilidade foi gerado a partir da sobreposição dos três mapas referentes aos parâmetros da metodologia “G.O.D”. A Figura 4 ilustra, então, o mapa final realizado a partir do software ARCGIS, utilizando para isto a álgebra de mapas onde os fatores Profundidade, Geologia e Confinamento foram multiplicados, gerando uma imagem índice final.

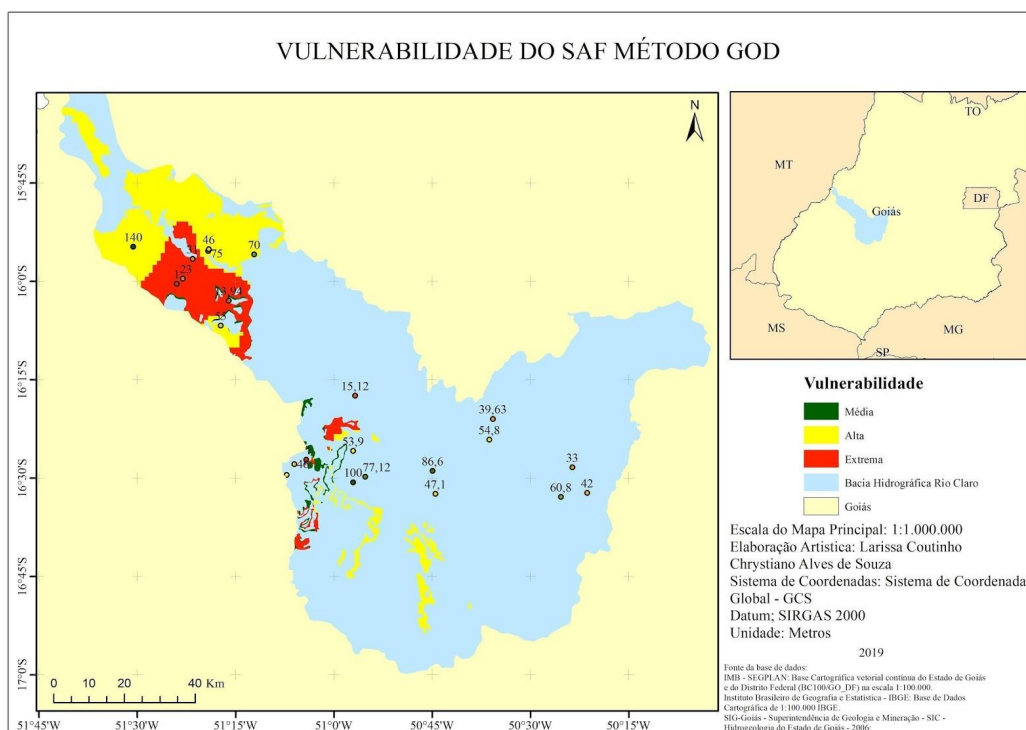




Figura 5: Vulnerabilidade do SAF pelo método GOD.

4. Considerações finais

A análise da vulnerabilidade e do risco de um sistema aquífero é muito importante pois identifica áreas prioritárias no sistema onde as atividades consideradas poluidoras ou com grande potencial de contaminação devem ser limitadas ou até mesmo proibidas, como é o caso do SAF, onde a geologia é praticamente sedimentar, composta por mais de 95% de arenitos com granulometria média a grossa, mal selecionados e muito friáveis, ou seja, inconsolidados, a porosidade do sistema é variável, mas em grande parte é definida como sendo de dupla porosidade, em pequenos trechos o sistema encontra-se confinado, mas na grande área relativa aos arenitos é caracterizado como sendo um sistema aberto, o confere ao aquífero uma grande vulnerabilidade e alto risco de contaminação como se pode ver na tabela II abaixo:

Tabela II: Percentuais de Vulnerabilidade do SAF.

VULNERABILIDADE	%
Extrema	30
Alta	66
Média	4

Fonte: O autor.

Desta forma, analisando todos os aspectos ambientais foi possível definir que 96% do total da área do SAF encontra-se em alto e extremo grau de vulnerabilidade, porém com regiões mais críticas como noroeste onde predominam valores de vulnerabilidade extrema e alta, justamente na maior porção do SAF, indicando assim esta região como de alta prioridade para restrições de uso e ocupação, bem como de gerenciamento e ordenamento.



GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Ressalta-se a importância da proteção dos recursos hídricos subterrâneos de forma geral, com o intuito de minimizar os riscos e possíveis atividades que gerem grandes impactos ambientais em áreas com alta e/ou extrema vulnerabilidade, também recomenda-se um planejamento do uso e ocupação do solo de forma sustentável, principalmente por se tratar de uma área com alto índice de uso do solo em agricultura e pastagem extensiva (FARIA, 2012, p. 114).

A utilização de geoprocessamento e do método GOD foi muito eficaz, visto que somente foram utilizados três tipos de informações ambientais, geologia, profundidade e confinamento, resultando assim um mapa de vulnerabilidade com delimitações de áreas conforme seu grau de vulnerabilidade, importante salientar que para se obter informações mais confiáveis em qualquer método, deveria-se utilizar um maior quantidade de componentes ambientais e de dados mais confiáveis visto a escassez de informações ambientais no panorama brasileiro.

4.1 Agradecimentos

Os autores agradecem ao laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF e a Universidade Federal de Goiás por colaborarem e permitirem a realização da pesquisa.

4.2 Referências

- ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2010.
- ASSIS, P. C. . & B. M. **Análise dos Paramêtrios Morfométricos da Bacia do Rio Claro - Sub Bacia do Rio Araguaia-Goiás**. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas - SP: [s.n.]. 2017. p. 926-931.
- CUTRIM, A. O. C. J. G. **Avaliação da Vulnerabilidade e Perigo à Contaminação do Aquífero Furnas na Cidade de Rondonópolis (MT) com Aplicação dos Métodos G.O.D e P.O.S.H**. Geociências, v. 29, n.3. São Paulo, UNESP,: [s.n.]. 2010. p. 401-411.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DE FARIA, K. M. S. E. A. Análise Geoecológica da Conservação Ambiental das Sub-bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). **Revista Nordestina de Ecoturismo**, Aquidabã - SE, v. 5, n. 1, p. 111-118, maio 2012.

FOSTER, E. S. D.; HIRATA, R. C.; ROCHA, A. **Riscos de Poluição de Águas Subterrâneas; Uma proposta de avaliação regional**. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo: ABAS. 1988. p. 175-185.

GOIÁS (ESTADO), SECRETARIA DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO E ALMEIDA, L. **Hidrogeologia do Estado de Goiás**. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.

HIRATA, R. C. A. et al. Groundwater Pollution Risk and Vulnerability Map of the State of São Paulo, Brazil. **Water Science and Technology**, São Paulo, v. 24, n. 11, p. 159-169, 1991.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. IN: Cartas Estratigráficas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 188-287, 2007.

POLETO, C. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos**. [S.l.]: INTERCIENCIA, 2014.

SETTI, A. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001.

UNESCO. **Groundwater and Global Change: Trends, Opportunities and Challenges**. Paris, França: UNESCO, 2012.