

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS POTENCIAIS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS URBANAS DE SINOP (MT) USANDO A MATRIZ DE LEOPOLD

Mirtes Tatiane Neisse Boldrin¹ & Alterêdo Oliveira Cutrim¹

(1) Universidade Federal do Mato Grosso – Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Bairro Boa Esperança. CEP 78060-900. Cuiabá, MT. Endereço eletrônico: mirtes.boldrin@gmail.com; alteredo@ufmt.br.

Introdução
Caracterização da Área de Estudo
 Características Socioeconômicas
 Geologia e Pedologia da área
 Hidrologia
 Hidrogeologia
Matriz de Leopold
Metodologia
Resultados e Discussões
 Adaptação da Matriz de Leopold
 Impactos na qualidade das águas subterrâneas
 Impactos na quantidade das águas subterrâneas
Considerações Finais
Referências Bibliográficas

RESUMO – Este trabalho foi realizado na cidade de Sinop, estado de Mato Grosso e teve como objetivo identificar e quantificar os possíveis impactos nas águas subterrâneas causados pelo processo de urbanização. Para isso foi elaborada uma adaptação da Matriz de Leopold, método altamente utilizado na identificação e avaliação de impactos ambientais em geral. O método foi aplicado na identificação e quantificações dos possíveis impactos qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas urbanas de Sinop. Foi constatado que a qualidade desse recurso tem um alto risco de contaminação microbiológica, sendo que as principais fontes de contaminação são: as cacimbas; cemitério; comércio de combustível; culturas agrícolas; fossas negras e o lixão da cidade. Quanto à sua quantidade, os maiores impactos estão relacionados às reservas permanente e renovável do aquífero, que são impactadas principalmente nos períodos de estiagem e pelo processo de asfaltamento das vias públicas. A adaptação da Matriz de Leopold proposta neste trabalho constitui importante ferramenta de apoio aos gestores de recursos hídricos urbanos.

Palavras-Chave: Água Subterrânea, Matriz de Leopold, Impactos Urbanos, Sinop/MT.

ABSTRACT - This work was carried out in the Sinop city, Mato Grosso State and aimed to identify and quantify the possible impacts caused by urbanization process in their groundwater. For this was elaborate an adaptation of Leopold Matrix, method highly used in the identification and assessment of environmental impacts in general. Application of the method was performed on the identification and quantification of potential impacts on the quality and quantity of urban groundwater of Sinop. By applying this method it was found that the quality of this resource has a high risk of microbiological contamination, and the main sources of contamination are: the wells rudimentary, the cemetery; trade in fuel, agricultural crops; cesspools and the city dump. Regarding your quantity the major impacts are related to permanent and renewable reserves of aquifer, which are impacted primarily by periods of drought and process of paving the public roads. The adaptation of Leopold matrix proposed in this paper is an important tool of support of the urban water managers.

Keywords: Groundwater, Leopold Matrix, Urban Impacts, Sinop/MT.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica têm se tornado assunto cada vez mais relevante nas discussões sobre recursos hídricos. A água deve estar disponível em quantidade e em qualidade em diversas regiões e esses requisitos são atingidos através da exploração de aquíferos.

A grande utilização das águas subterrâneas ocorre, principalmente, devido ao seu elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica, além da possibilidade de captação próxima às áreas de consumo, que reduz seu custo com redes de distribuição (PNAS, 2009).

Com essas características, as águas subterrâneas são intensamente exploradas, principalmente em centros urbanos onde a demanda pelo recurso é elevada. No Brasil, aproximadamente 39% das cidades brasileiras dependem dos mananciais subterrâneos para o abastecimento da população urbana. No estado de Mato Grosso esse número chega a 40% dos municípios (ANA, 2010).

Devido a sua intensa exploração e aos processos de uso e ocupação do solo, as águas subterrâneas urbanas são mais propícias à contaminação e a escassez. A contaminação

ocorre através da disposição incorreta de resíduos sólidos industriais e domésticos, infiltração de pesticidas de jardins, além dos possíveis vazamentos em redes de esgoto e postos de combustíveis, entre outros. Já a escassez pode ocorrer devido à intensa exploração, ou ainda devido à redução dos volumes de recarga do aquífero causada pela impermeabilização do solo (UNESCO, 2008).

Com tamanha utilização nos centros urbanos, aumentam as preocupações quanto aos impactos que essas regiões podem causar nas águas subterrâneas. Com isso surge o seguinte

questionamento: Quais as variáveis relacionadas ao processo de urbanização que podem causar impactos na qualidade e na quantidade das águas subterrâneas urbanas? E quais são esses impactos?

Este trabalho tem o objetivo de identificar e quantificar os possíveis impactos causados pelo processo de urbanização nas águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT, a fim de entender quais as variáveis e os possíveis impactos que podem comprometer a disponibilidade quantitativa e qualitativa desse recurso.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Sinop está localizada no centro norte do estado de Mato Grosso, às margens da BR 163 (Figura 1). A área urbana desse município possui uma população de 93.735 habitantes (IBGE, 2010) e o seu abastecimento

público é realizado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sinop (SAAES), através da operação de vinte poços tubulares profundos que atendem 80% dessa população.

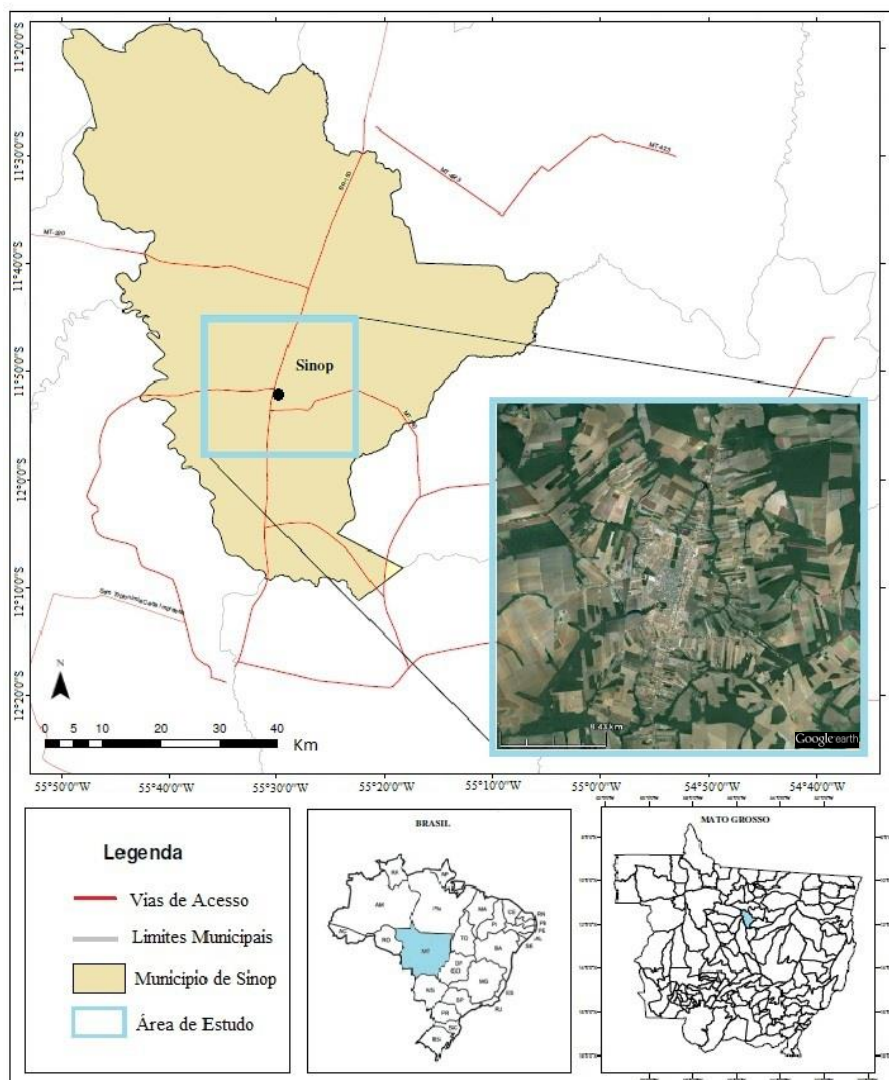


Figura 1. Mapa de Localização da cidade de Sinop/MT.

Características Socioeconômicas

A cidade de Sinop foi fundada em 1974 em decorrência da implantação da Política de Ocupação da Amazônia Legal desenvolvida pelo Governo Federal nos anos setenta. Seu nome deriva das iniciais da empresa responsável pela execução do projeto rural do município a Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná (Prefeitura de Sinop, 2011).

A economia do município é caracterizada pela atividade da indústria, comércio, agricultura e pecuária, sendo que a indústria madeireira foi a primeira a se instalar na região. Atualmente a cidade possui um setor industrial mais diversificado compreendendo frigoríficos, indústrias de móveis, artefatos de cimento, cerâmica e confecções. Com mais de cinquenta empresas atacadistas o setor comercial também é expressivo. O setor agrícola do município atua principalmente na produção de soja, algodão, arroz e milho. A implantação de fazendas de grande porte destinadas a pecuária tornou essa atividade importante para o

desenvolvimento no município (Prefeitura de Sinop, 2011).

Geologia e Pedologia da área

Sinop está inserida na Bacia Sedimentar dos Parecis que, segundo Lacerda Filho *et al.* (2004) está localizada “... no centro norte do estado de Mato Grosso e no sudeste do estado de Rondônia, no setor sudoeste do Cráton Amazônico, entre os cinturões de cisalhamento Rondônia e Guaporé (p.43)”.

O interesse desse trabalho é o Grupo Parecis, supersequência da Bacia dos Parecis, que segundo Bahia (2007) “... aflora no setor sudoeste da Bacia dos Parecis, na área limitada pelo centro de Colorado do Oeste, Vilhena, Brasnorte e Alto Paraguai (p. 103).” O Grupo Parecis é formado pelas formações Salto das Nuvens e Utiariti (Figura 2) sendo que a formação Utiariti está sobreposta à formação Salto das Nuvens (Barros *et al.*, 1982, Bahia, 2007).

Era	Período	Unidades		Litologias
		Grupo	Formação	
Mesozóico	Cretáceo	Parecis	Utiariti	Arenito fino a médio, de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, localmente com seixos esparsos.
			Salto das Nuvens	Conglomerado polimítico, arenito lítico grosso, arenito fino vermelho, arenito bimodal com estratificação cruzada de grande porte, pelito e argilito, argilito calcífero e marga; fossilífero, Sequência flúvio lacustre evaporítica.

Figura 2. Coluna estratigráfica do Grupo Parecis na cidade de Sinop

Fonte: Modificada de CUTRIM (2010).

A Formação Utiariti é constituída, em sua porção inferior, por arenito bimodal com estratificação cruzada tabular de grande porte sobreposto por arenitos finos com níveis de *chert* e marcas onduladas. Em sua porção mediana possui arenitos com estratificação cruzada acanalada com níveis de seixos na base e lentes de argilito. Já em sua porção superior é formado por arenito bimodal com estratificação cruzada acanalada cuneiforme, interestratificado com argilito sobreposto a um

arenito bimodal com estratificação cruzada tabular de grande porte (Bahia, 2007).

A Formação Salto das Nuvens é constituída, na porção inferior, por arenito fino com estratificação plano-paralelo sobreposto por conglomerado polimítico, mal selecionado com seixos de gnaisse, arenito e ardósia, intercalados com arenito fino. Na sua porção superior é formado por conglomerado com seixos de arenitos e quartzo, intercalados com arenito fino, que está sobreposta a uma camada

de arenito fino a médio com intercalações de argilite e conglomerados (Bahia, 2007).

O solo na região é predominantemente do tipo Latossolo vermelho-amarelado com textura argilosa que, está associado aos latossolos vermelho-escuros com textura argilosa média e Neossolos Quartzarenicos (Oliveira *et al.*, 1982).

Os latossolos são solos minerais, não hidromórficos que apresentam horizonte B latossólico de coloração vermelha a vermelho-amareladas. São solos profundos, bem drenados e possuem textura argilosa (SEPLAN, 2000).

Hidrologia

A cidade de Sinop está inserida na Bacia Amazônica, na unidade de planejamento e gestão do Médio Teles Pires. A região urbana de Sinop é banhada por diversos córregos tributários do rio Teles Pires, sendo os principais o Nilsa, Isa, Marlene, Nádia e Curupi (Comelli, 2011; PERH, 2009). Mesmo com essa opção hídrica superficial, a população de Sinop não consome esse recurso.

Hidrogeologia

O município de Sinop está inserido na região hidrogeológica do Grupo Parecis, de domínio poroso. A hidrogeologia da região é constituída pelo Aquífero Freático e pelo Sistema Aquífero Parecis, similar à região do município de Lucas do Rio Verde/MT (Cutrim, 2010; Ribeiro, 2009, Lussi, 2013).

O Aquífero Freático é constituído pela cobertura pedológica, tem espessura máxima de 6m e funciona como um filtro natural das águas dos aquíferos Utariti e Saltos das Nuvens.

Na cidade de Sinop o Aquífero Utariti ocorre de modo livre-coberto (Cutrim & Campos, 2010; Foster *et al.*, 2002) e o seu nível

estático varia de 1 a 7,5m. O Aquífero Salto das Nuvens está sobreposto pelo Aquífero Utariti (Ribeiro, 2009, Lussi, 2013). O Aquífero Salto das Nuvens pode ser considerado semiconfinados (Fetter, 2001). A constituição arenosa dos Aquíferos Utariti e Salto das Nuvens lhes garante grande capacidade de armazenar e liberar água por gravidade.

Na região de Sinop/MT existem poços com profundidade de até 60m que atingem o Aquífero Utariti e poços com profundidade superior a 60m que atingem também parte do Aquífero Salto das Nuvens. Sendo que o Utariti é o principal aquífero explorado nessa área e possui capacidade para produzir vazão de poço superior a 50m³/h (PERH, 2009; Ribeiro, 2009; Lussi, 2013).

Cutrim (2010) realizou a caracterização hidrogeológica do Sistema Aquífero Parecis (SAP) no município de Lucas do Rio Verde/MT, distante aproximadamente 145 km da cidade de Sinop. Segundo Cutrim, nessa região, o SAP ocorre de forma livre e possui espessura média de 200m e tem capacidade de suprir poços com vazão de até 100m³/h.

Lussi (2013) realizou estudos hidrogeológicos do Sistema Aquífero Parecis na área urbana de Sinop e quantificou suas reservas de águas subterrâneas cujos volumes estão apresentados na Tabela 1. Esse trabalho considera como reserva explorável 25% da reserva renovável. Esse percentual foi considerado pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso que se baseou na proposta da Agência Nacional de Água (ANA) para o Plano Estratégico da Região Hidrográfica do Tocantins Araguaia. A adoção desse percentual tem a finalidade de garantir o escoamento superficial no período de estiagem (PERH, 2009).

Tabela 1. Reservas de águas do Sistema Aquífero Parecis na zona urbana de Sinop/MT.

Reserva	Volume (m³)
Permanente	5.850.000.000
Renovável	175.500.000
Reserva Total	6.025.500.000
Explorável	43.875.000

Fonte: LUSSI, 2013.

MATRIZ DE LEOPOLD

A Matriz de Leopold é um método de identificação e quantificação de impactos ambientais e tem a finalidade de alertar os investigadores da variedade de interações que podem ocorrer no ambiente a partir de uma determinada ação, isso é possível devido ao cruzamento das ações com os seus possíveis impactos ambientais. Para isso, as ações são relacionadas nas linhas e seus possíveis impactos são dispostos em colunas. Na intersecção das linhas com as colunas são atribuídas notas de 1 a 10 para a magnitude do impacto e para a importância da ação. Assim, o pesquisador pode identificar as ações que causarão maior impacto e realizar uma avaliação da importância de tal atividade (Leopold *et al.*, 1971).

Para Leopold *et al.* (1971) essa matriz tem a vantagem de servir como uma lista de verificação, possibilitando a identificação de todos os impactos que podem ser causados por uma única atividade, além de ser um modelo que pode ser adaptado às necessidades de cada pesquisador. Os autores salientam ainda que dois avaliadores jamais chegarão ao mesmo resultado utilizando a Matriz de Leopold. Dessa forma, se faz necessário que o pesquisador apresente os motivos que o levaram a atribuir tais valores.

Leopold *et al.* (1971) assevera ainda que esta matriz é uma sugestão de modelo de identificação e avaliação de impactos ambientais e que ele pode ser revisado, expandido ou alterado por pesquisadores para que possa ser aplicado em outras áreas, como mostram algumas aplicações a seguir.

Sousa *et al.* (2011) utilizou uma matriz interativa como ferramenta para avaliar os riscos ambientais de uma área de mineração artesanal de ouro, localizada na Bacia do Rio Tapajós na região amazônica. A linguagem simples e de fácil compreensão utilizada pela matriz possibilitou a identificação dos procedimentos da mineração que causam maiores riscos ambientais. A partir dos dados obtidos com a matriz, os pesquisadores desenvolveram um programa de treinamento para promover melhores práticas na mineração, obtendo aproximadamente 28,8% de melhorias no cumprimento dos requisitos ambientais.

Leite *et al.* (2011) adaptaram a Matriz de Leopold para classificar qualitativamente os

impactos ambientais causados por um assentamento da reforma agrária em Sergipe. Com a matriz adaptada obteve-se dados necessários para a elaboração de uma proposta com medidas mitigadoras dos impactos nesse assentamento. Identificou-se ainda que os impactos encontrados no assentamento estão relacionados à falta de infraestrutura básica no local.

Barbosa & Diniz (2010) utilizaram a Matriz de Leopold adaptada para avaliar um processo de recuperação de área degradada por um processo erosivo na Serra da Mantiqueira no estado de São Paulo. Nesse caso a matriz possibilitou a avaliação dos parâmetros ambientais e indicou que as ações de intervenção utilizadas na área foram eficientes.

Richieri (2007) utilizou a Matriz de Leopold para avaliar os impactos ambientais em uma área de manguezais, reunindo informações sobre os efeitos das mudanças climáticas globais e regionais bem como as características biológicas do manguezal. Para essa pesquisa a Matriz de Leopold se mostrou adequada aos objetivos propostos e permitiu a ordenação, hierarquização e qualificação dos impactos de forma objetiva.

A CEPEMAR – Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. baseou-se na Matriz de Leopold para desenvolver matrizes interativas para avaliar os prováveis impactos ambientais relacionados à implantação de uma planta de filtragem e terminal privativo para embarque de Minério de Ferro em Presidente Kennedy, no Estado do Espírito Santos, e para identificar e classificar os potenciais impactos relacionados ao desenvolvimento da Fase 1 de produção de petróleo no Campo Petrolífero de Jubarte. Em ambos os casos as matrizes interativas possibilitaram a identificação e avaliação dos possíveis impactos ambientais relacionados às atividades investigadas (CEPEMAR, 2004; CEPENAR, 2010).

Nouri *et al.* (2006) aplicou a Matriz de Leopold para avaliar os possíveis impactos ambientais causados durante a implantação de uma estação de tratamento de águas residuais em uma região urbana do Irã. Nesse caso a matriz auxiliou na identificação dos impactos positivos e negativos gerados pela estação de tratamento e possibilitou a formulação de ações mitigadoras dos impactos negativos

relacionados à construção e operação desse projeto.

Essas várias aplicações da Matriz de Leopold evidenciaram a sua versatilidade, por esse motivo essa matriz foi utilizada para identificar e quantificar possíveis impactos nas águas subterrâneas urbanas de Sinop.

Sendo uma ferramenta versátil os profissionais devem tomar cuidado no momento de sua utilização, para que os valores atribuídos a cada variável sejam condizentes com a realidade do local.

METODOLOGIA

Para avaliar os possíveis impactos ocasionados as águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT, foi realizada a identificação das variáveis e dos seus possíveis impactos e posteriormente a sua quantificação. Para tanto foi elaborada uma matriz de interação específica para esse trabalho, a qual consiste de uma adaptação da Matriz de Leopold (Leopold *et al.*, 1971).

As variáveis do processo de urbanização e possíveis impactos (positivos ou negativos) na qualidade e na quantidade das águas subterrâneas foram identificados durante visita *in loco*. Os seus possíveis impactos foram quantificados através da atribuição de valores de magnitude para os impactos, conforme a escala apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Escala de Magnitude dos Impactos sobre as águas subterrâneas urbanas da cidade de Sinop/MT.

Impacto	Magnitude
Inexistente	-
Baixo	1
Médio Baixo	2
Médio	3
Médio Alto	4
Alto	5

No processo de quantificação foram consideradas somente as variáveis com impactos negativos sobre as águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT, embora também tenham sido classificados impactos positivos. As matrizes interativas foram montadas da seguinte forma: as variáveis foram relacionadas nas colunas da matriz e seus possíveis impactos nas linhas, sendo que na intersecção das linhas com as colunas foram atribuídos os valores de magnitude.

Os valores de magnitude crescem de acordo com a gravidade do impacto que a variável pode causar na qualidade ou na quantidade das águas subterrâneas urbanas. O somatório das magnitudes de uma variável constitui a

relevância dessa variável para as águas subterrâneas. Os valores de relevância (somatório dos valores de magnitude) foram calculados por variável e por impacto, possibilitando determinar qual a atividade que mais afeta a qualidade e a quantidade das águas subterrâneas e qual é o impacto que tem maior risco de ocorrer.

Os valores de relevância para cada variável e tipo de impacto precisaram ser padronizados, pois algumas variáveis tiveram valor de magnitude do impacto classificado como inexistente. Para isso foi calculado o grau de relevância (em percentual) de cada variável e de cada impacto através da seguinte equação:

$$\text{Relevância} = \frac{\Sigma \text{ das relevâncias}}{\Sigma \text{ Total possível de relevância}} \times 100$$

Esse procedimento baseia-se no método utilizado por Sousa *et al.* (2011), para determinar os impactos ambientais causados

por uma mineradora de pequeno porte na região Amazônica.

Essa equação consiste na razão entre o somatório das magnitudes atribuídas a cada variável e a cada impacto e o máximo de relevância que cada variável ou impacto poderiam receber (cinco em cada tipo de impacto, desconsiderando os impactos inexistentes). Por exemplo, uma variável possui um total de magnitude de 20, e seus valores de magnitude foram atribuídos para cinco tipos de impacto (Máximo de magnitude possível 25), desta forma seu percentual de relevância será 80%.

Para avaliar cada variável e cada tipo de impacto conforme seu grau de relevância, para a qualidade e para a quantidade das águas subterrâneas, foi elaborado uma escala de nível de risco que considera intervalos de 20 pontos percentuais nos níveis de relevância (Tabela 3). A escala de nível de risco é essencial para a interpretação dos impactos causados pelas variáveis urbanas nas águas subterrâneas de Sinop/MT.

Tabela 3. Escala de Nível de Risco das variáveis sobre as águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT.

Intervalo	Nível de Risco
0% a 20%	Reduzido
21% a 40%	Admissível
41% a 60%	Mediano
61% a 80%	Significativo
81% a 100%	Elevado

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adaptação da Matriz de Leopold

Todas as variáveis urbanas que podem causar impacto na qualidade ou na quantidade

das águas subterrâneas da cidade de Sinop foram listadas na Tabela 4 e os seus possíveis impactos estão na Tabela 5.

Tabela 4. Lista de atividades com potencial impacto nas águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT.

#	Variáveis	#	Variáveis
1	Agropecuária	12	Estiagem
2	Arruamento	13	Efluentes industriais
3	Arruamento Asfaltado	14	Fossa Negra
4	Aumento Populacional	15	Fossa Séptica
5	Poços Cacimbas	16	Indústria Madeireira
6	Captação de Água Subterrânea	17	Lixão
7	Cemitério	18	Pluviometria
8	Postos de Abastecimento Combustíveis	19	Poços tubulares com estrutura inadequada
9	Compactação do solo	20	Poços tubulares inativos
10	Culturas agrícolas	21	Valas de Drenagem Pluvial
11	Drenagem urbana contaminada	22	Vazamento na rede de distribuição de água

Cada variável pode causar impactos positivos ou negativos nas águas subterrâneas. Os impactos positivos são aqueles que contribuem para manter a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas, como a fossa séptica e a pluviometria. A fossa séptica, construída conforme os padrões sanitários impede a contaminação das águas subterrâneas, já a pluviometria é condição fundamental para que ocorra a recarga do aquífero. Os impactos negativos são aqueles que podem alterar a

qualidade ou a quantidade das águas subterrâneas, como os cultivos agrícolas e o arruamento asfaltado. O cultivo agrícola pode causar a contaminação das águas subterrâneas por pesticidas, através da infiltração das águas pluviais, o arruamento asfaltado prejudica a recarga do aquífero através da impermeabilização do solo.

Para a identificação do tipo de impacto (positivo ou negativo) de cada atividade, foram construídas tabelas de identificação. As

atividades foram listadas nas linhas e seus impactos nas colunas. Os tipos de impactos na qualidade das águas subterrâneas estão

apresentados na Tabela 6 e os tipos de impactos na quantidade das águas subterrâneas estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 5. Lista de possíveis impactos nas águas subterrâneas urbanas de Sinop/MT.

#	Impactos	#	Impactos
1	Microbiológicos	6	Redução da Recarga
2	Pesticidas / herbicidas	7	Redução da Reserva Renovável
3	Metais Pesados	8	Redução da Reserva Permanente
4	Nitrato	9	Redução da Reserva Explotável
5	Óleos e Combustíveis		

Tabela 6. Atividades e seus impactos na qualidade da água subterrânea de Sinop/MT.

Variáveis	Microbiológicos		Pesticidas / Herbicidas		Metais Pesados		Nitrato		Óleos e Combustíveis	
	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.
Poços Cacimbas		x						x		
Cemitério		x				x		x		
Comércio de Combustíveis										x
Culturas agrícolas				x		x		x		
Drenagem urbana contaminada		x		x		x		x		x
Efluentes industriais		x				x		x		
Fossa Negra		x						x		
Fossa Séptica		x						x		
Indústria Madeireira								x		
Lixão		x				x		x		
Poços c/ estrutura inadequada		x						x		
Poços tubulares inativos		x						x		

Pos.= Positivos. Neg.=Negativos.

Tabela 7. Atividades e seus impactos na quantidade da água subterrânea de Sinop/MT.

Variáveis	Impactos		Redução da Reserva							
			Redução da Recarga		Renovável		Permanente		Explotável	
	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.	Pos.	Neg.		
Arruamento			x		x					x
Arruamento Asfaltado			x		x					x
Aumento Populacional			x		x					x
Captação de Água					x					x
Compactação do solo pela agricultura			x		x					x
Criação de Animais			x		x					x
Estiagem			x		x			x		x
Pluviometria		x			x			x		x
Valas de Drenagem Pluvial		x			x			x		x
Vazamentos na Rede de distribuição de água		x			x			x		x

Pos.= Positivos. Neg.= Negativos

Após a identificação dos tipos de impactos, foram isoladas somente as variáveis que podem causar impactos negativos. Essas informações foram utilizadas para a elaboração das matrizes

de quantificação dos impactos na qualidade e na quantidade das águas subterrâneas urbanas.

Sua quantificação foi realizada através da atribuição de valores de magnitude para cada

variável. Tais valores correspondem ao nível do impacto negativo que a variável pode causar na qualidade ou na quantidade das águas subterrâneas. O valor de magnitude de impacto possibilitou o cálculo do grau de relevância de cada variável e de cada impacto.

Com a utilização da Matriz de Leopold, se faz necessário a apresentação das informações que motivaram a atribuição dos valores de magnitude para cada variável, devidamente descritos a seguir.

Impactos na qualidade das águas subterrâneas

Para a quantificação dos impactos negativos sobre a qualidade das águas subterrâneas urbanas foram considerados cinco grupos de possíveis contaminantes: os microbiológicos; pesticidas e herbicidas; metais pesados; nitrato; lubrificantes e combustíveis. As quantificações dos impactos na qualidade das águas subterrâneas estão expostas na Tabela 8. E a descrição de cada variável é apresentada em seguida.

Tabela 8. Quantificação dos Impactos na Qualidade das Águas Subterrâneas urbanas de Sinop/MT.

Variáveis	Impactos					Total Magnitude	Valor Máximo de Magnitude	Relevância (%)	Nível de Risco
	Microbiológico	Pesticidas e Herbicidas	Metais Pesados	Nitrato	Lubrificantes e combustíveis				
Cacimbas	5	-	-	4	-	9	10	90%	Elevado
Cemitério	5	-	3	5	-	13	15	87%	Elevado
Comércio de Combustíveis	-	-	-	-	5	5	5	100%	Elevado
Culturas agrícolas	-	5	5	5	-	15	15	100%	Elevado
Drenagem e valas pluviais contaminadas	4	1	1	3	3	12	25	48%	Mediano
Efluentes Industriais	3	-	2	4	-	9	15	60%	Mediano
Fossa Negra	5	-	-	4	-	9	10	90%	Elevado
Indústria Madeireira	-	-	-	4	-	4	5	80%	Significativo
Lixão	5	-	4	4	-	13	15	87%	Elevado
Poços c/ estrutura inadequada	4	-	-	4	-	8	10	80%	Significativo
Poços tubulares inativos	3	-	-	2	-	5	25	20%	Reduzido
Magnitude do Impacto	34	6	15	39	8				
Valor Máximo de Magnitude	40	10	25	50	10				
Relevância (%)	85%	60%	60%	78%	80%				
Nível de Risco	Elev.	Med.	Med.	Signif.	Signif.				

Med.= Mediano; Elev.= Elevado; Signif.=Significativo

As cacimbas são poços rasos construídos de forma rudimentar, sem área de proteção e muitas vezes sem cobertura. São largamente utilizados no entorno da cidade de Sinop em regiões onde não há rede de distribuição de água. Devido a sua forma rudimentar de construção e a inexistência de qualquer medida de proteção sanitária, as cacimbas constituem alto risco de contaminação direta das águas subterrâneas. Outro agravante do uso das cacimbas é o esgoto doméstico que geralmente é despejado em fossas negras instaladas muito próximas às cacimbas, ou então é despejado a céu aberto no quintal da residência. Devido a

essas características, as cacimbas foram consideradas impacto de magnitude cinco para a contaminação microbiológica e quatro para a contaminação por nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.

O cemitério de Sinop está localizado próximo a uma área de nascente, onde constantemente o nível freático encontra-se próximo da superfície (entre 2,4 e 3 metros), causando alagamento no terreno nos períodos de chuvas. Outra informação importante é que a condutividade hidráulica do solo nessa região é elevada (até 45,5 cm/h), contribuindo para uma

rápida infiltração de contaminantes (Lussi *et al.*, 2012). Com esses aspectos o impacto nas águas subterrâneas pode ocorrer através da contaminação microbiológica, metais pesados (presentes nas tintas, vernizes e em adereços dos caixões) e por nitrato. Assim, o cemitério foi considerado um impacto negativo de magnitude cinco para a contaminação microbiológica, três para metais pesados (presentes nas alças e adereços das urnas funerárias) e cinco para nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.

As revendas de combustíveis estão instaladas em várias partes da cidade (Figura 3)

e o seu armazenamento é feito em tanques localizados no subsolo, propiciando um rápido contato do material contaminante com as águas subterrâneas em caso de vazamento. Outro ponto importante a ser mencionado são os serviços oferecidos, onde ocorre o manuseio de lubrificantes, que muitas vezes entram em contato com o solo. Dessa forma, as revendas de combustíveis constituem um impacto negativo de magnitude cinco para a contaminação das águas subterrâneas por lubrificantes e combustíveis e foi classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.

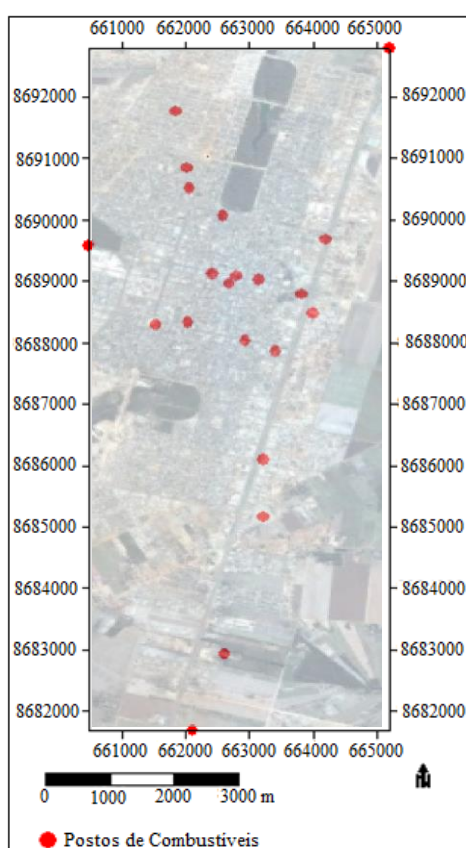


Figura 3. Distribuição das revendas de combustível na cidade de Sinop/MT.

As culturas agrícolas estão inseridas no entorno da zona urbana de Sinop (Figura 4). Em diversos bairros as residências estão de um lado da rua enquanto as lavouras estão no outro. Com uma intensa utilização de pesticidas, herbicidas, metais pesados e nitrato (presente nos agrotóxicos) as culturas agrícolas constituem um contaminador potencial das águas subterrâneas urbanas dessa cidade (Marques *et al.*, 2012). O impacto pode ocorrer através da infiltração do contaminante no solo

ou ainda, através do contato direto com as águas subterrâneas através das cacimbas e poços tubulares sem proteção, utilizados pelos moradores da região. Com isso, as culturas agrícolas representam um impacto negativo de magnitude cinco para contaminação por pesticidas e herbicidas, cinco para metais pesados e cinco para nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.

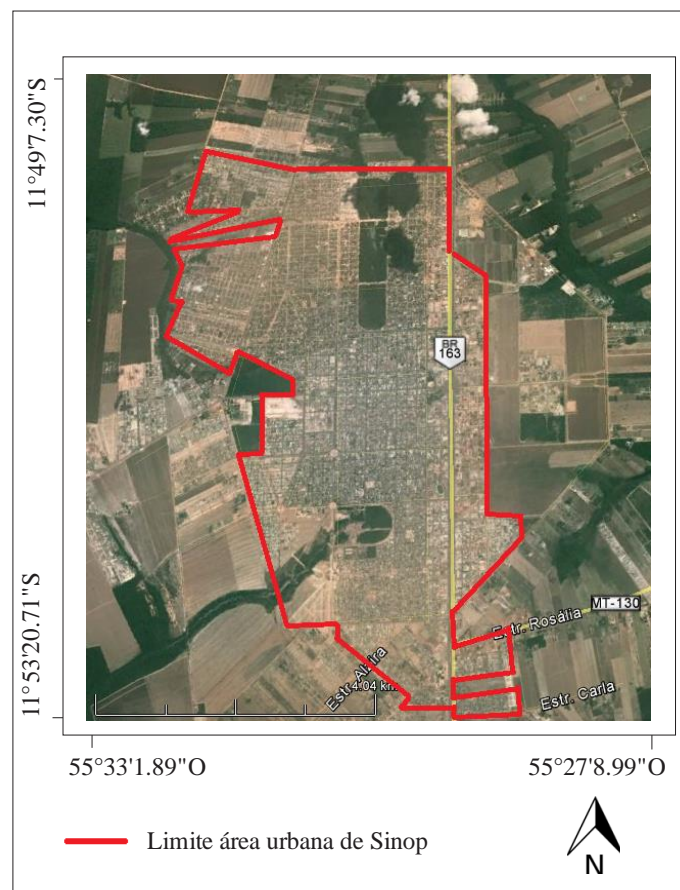


Figura 4. A cidade de Sinop/MT e o cultivo agrícola no seu entorno.

A cidade de Sinop possui um relevo plano, e para evitar maiores alagamentos das ruas no período chuvoso foram construídas valas de drenagem em todas as avenidas. Essas valas variam de 1,5 a 2 metros de profundidade e não são impermeabilizadas. Durante o período de chuva as valas permanecem cheias de água, pois o terreno não favorece o escoamento superficial, além do fato do nível freático estar muito próximo à superfície do terreno, impedindo sua infiltração. Com a concentração das águas das chuvas nas valas, concentram-se também muitos contaminantes que estavam dispostos nas ruas e jardins da cidade. Com esses aspectos a drenagem urbana de Sinop recebeu magnitude de impacto negativo de quatro para contaminantes microbiológicos, um para pesticidas e herbicidas, um para metais pesados, três para nitrato e três para lubrificantes e combustíveis. Com esses valores essa variável foi classificada com um nível de risco Mediano para a qualidade das águas subterrâneas.

A região urbana de Sinop possui diversas unidades industriais instaladas, sendo que

somente as de grande porte possuem estações de tratamento de esgoto. Devido à possibilidade de disposição incorreta de efluente, esta variável foi considerada um impacto de magnitude três para contaminantes microbiológicos, dois para metais pesados e quatro para nitratos. Essa variável foi classificada com um nível de risco Mediano para a qualidade das águas subterrâneas.

Devido à falta de rede de coleta e de estação de tratamento de esgoto na cidade, cada residência possui sua própria fossa, que em sua maioria não atendem aos padrões sanitários (Figura 5). As fossas negras são, simplesmente, uma escavação do solo, onde são alocados alguns tijolos em suas paredes para evitar desmoronamento. Essas fossas recebem todo o esgoto da residência e muitas vezes estão instaladas próximo ao poço utilizado para a captação de água (cacimbas) e constituem um grande risco a contaminação do aquífero (Marques *et al.*, 2012). Devido à alta possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e ao seu elevado número, as fossas negras foram consideradas impacto negativo de

magnitude cinco para contaminantes microbiológicos e quatro para nitrato, sendo

classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.



Figura 5. Distribuição de fossas na cidade de Sinop/MT e no seu entorno.

A atividade madeireira está altamente disseminada na região urbana de Sinop. A serragem que sobra ao final do processo de beneficiamento da madeira é disposta a céu aberto no pátio da madeireira e o chorume proveniente do seu processo de decomposição pode contaminar as águas subterrâneas (Marques *et al.*, 2012). Devido ao elevado volume de serragem disposta na área urbana de Sinop e a proximidade desses depósitos dos poços utilizados pela população, a atividade madeireira representa um impacto negativo de magnitude quatro para a contaminação por nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Significativo para a qualidade das águas subterrâneas.

O lixão de Sinop também é uma importante fonte de contaminação das águas subterrâneas. A decomposição do lixo orgânico gera o chorume, que quando infiltrado no solo pode provocar a contaminação microbiológica ou por nitrato das águas. A disposição incorreta de materiais eletrônicos como pilhas e baterias

pode causar a contaminação das águas subterrâneas por metais pesados. Com esses aspectos o lixão representa um impacto negativo de magnitude cinco para contaminação microbiológica, quatro para contaminação por metais pesados e quatro por nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a qualidade das águas subterrâneas.

Em algumas residências que não são atendidas pelo SAAES, os proprietários construíram poços tubulares, porém sem a estrutura técnica necessária e sem área de proteção (Figura 6). Esses poços constituem um acesso direto da superfície com as águas do aquífero e podem contaminar as águas subterrâneas. Dessa forma os poços tubulares sem estrutura técnica adequada constituem impacto negativo de magnitude quatro para contaminantes microbiológico e quatro para contaminação por nitrato. Essa variável foi classificada com um nível de risco Significativo para a qualidade das águas subterrâneas.

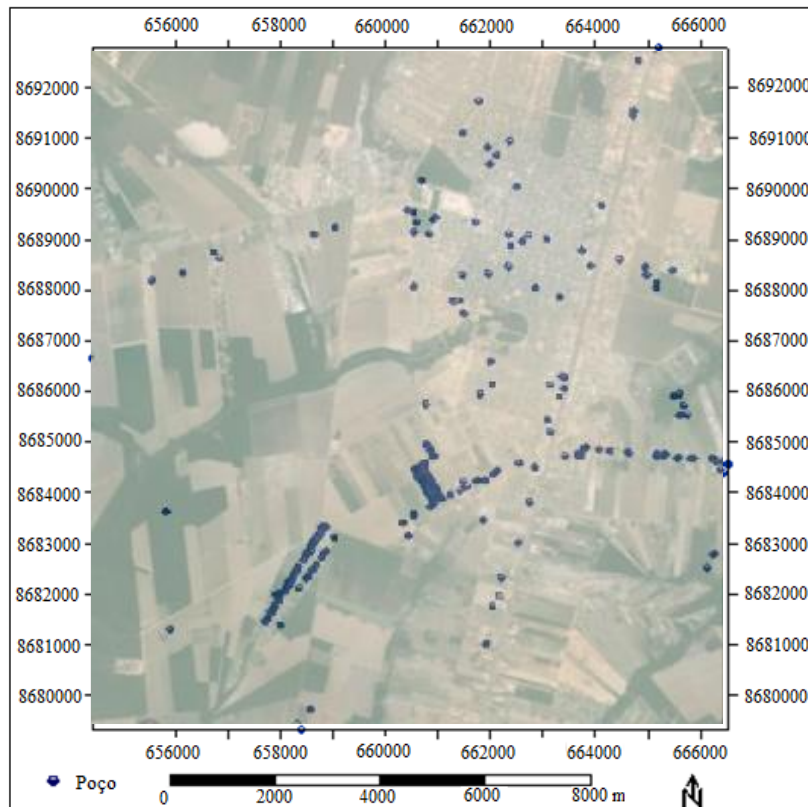


Figura 6. Distribuição de poços na cidade de Sinop e no seu entorno.

Os poços inativos, assim como os poços com estrutura inadequada são pontos que possibilitam a contaminação das águas subterrâneas, por isso foram considerados como um impacto negativo de magnitude três para os contaminantes microbiológicos e dois para contaminação por nitrato, sendo classificada com um nível de risco Reduzido para a qualidade das águas subterrâneas.

Em relação aos tipos de impactos, o que tem maior possibilidade de ocorrer, devido às variáveis listadas na Matriz de Leopold, é o Microbiológico. De acordo com seus valores de magnitude esse impacto foi classificado como risco Elevado, sendo que as variáveis que mais influenciam em sua ocorrência são as cacimbas, o cemitério, as fossas negras e o lixão da cidade.

A possível contaminação das águas subterrâneas ocasionada por nitrato e por lubrificantes e Combustíveis receberam nível de risco Significativo. Diversas variáveis contribuem para a ocorrência da contaminação por Nitrato, mas as mais impactantes são o cemitério, as fossas negras e as culturas agrícolas. No caso da contaminação por

lubrificantes e combustíveis as variáveis mais impactantes são o comércio de combustível e as valas de drenagem pluvial.

A possibilidade de impactos relacionados aos pesticidas e herbicidas, bem como pelos metais pesados receberam nível de risco Significativo. A contaminação por pesticidas e herbicidas pode ocorrer a partir das atividades agrícolas e das valas de drenagem pluviais. Já a contaminação por metais pesados pode ocorrer a partir de diversas variáveis, mas as culturas agrícolas, o cemitério e o lixão são as mais relevantes.

Impactos na quantidade das águas subterrâneas

Para a quantificação dos impactos negativos sobre a quantidade das águas subterrâneas urbanas foram considerados impactos em sua recarga e em suas reservas. As reservas ainda foram diferenciadas entre reserva permanente, reserva renovável e reserva explorável (25% da reserva renovável). As quantificações dos impactos na quantidade das águas subterrâneas estão expostas na Tabela 9 e a descrição de cada variável está apresentada a seguir.

Tabela 9. Quantificação dos Impactos na Quantidade das Águas Subterrâneas urbanas de Sinop/MT.

Variáveis	Impactos	Redução da Recarga	Redução da Reserva			Magnitude	Máxima Magnitude Possível	Relevância (%)	Nível de Risco
			Renovável	Permanente	Explotável				
Arruamento		1	1	-	2	4	15	27%	Admissível
Arruamento Asfaltado		5	5	-	5	15	15	100%	Elevado
Aumento Populacional		2	2	-	4	8	15	53%	Mediano
Captação de Água		-	3	-	3	6	10	60%	Mediano
Compactação do solo pela agricultura		1	1	-	2	4	15	27%	Admissível
Criação de Animais		1	1	-	2	4	15	27%	Admissível
Estiagem		5	5	5	5	20	20	100%	Elevado
Magnitude do Impacto		15	18	5	19				
Valor Máximo de Magnitude		30	35	5	30				
Relevância (%)		50%	51%	100%	63%				
Nível de Risco		Med.	Med.	Elev.	Sign.				

Med.=Mediano; Elev.=Elevado

O processo de arruamento onde as ruas permanecem sem camada impermeabilizante causa impactos menores que o asfaltamento. Sem a camada impermeabilizante o processo de infiltração ainda ocorre, porém de forma mais lenta, pois as águas das chuvas tendem a escoar superficialmente devido à compactação do solo. Assim o arruamento constitui impacto negativo de magnitude um para a recarga, um para a reserva renovável e dois para a reserva explotável. Com isso, essa variável foi classificada com um nível de risco Admissível para a quantidade das águas subterrâneas.

O processo de arruamento com cobertura asfáltica reduz a recarga do aquífero através da impermeabilização total do solo. O processo de arruamento asfaltado foi considerado impacto negativo de magnitude cinco para a recarga, cinco para a reserva renovável e cinco para a reserva explotável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a quantidade das águas subterrâneas.

O aumento populacional é um dos principais motivos que exigem o aumento da exploração do aquífero. Outro ponto relevante é que com o crescimento populacional cresce também a área urbanizada da cidade, aumentando, conseqüentemente, a impermeabilização do solo. Com esses aspectos o aumento populacional foi considerado um impacto negativo de magnitude dois para a recarga, dois para a reserva renovável e quatro para a reserva explotável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Mediano para a quantidade das águas subterrâneas.

Os volumes atuais e futuros de água captados pelo SAAES (Figura 7), ainda não causam grandes impactos nas reservas de água subterrânea da região urbana de Sinop. Dessa forma a captação de água constitui impacto negativo de magnitude três para a reserva renovável e três para a reserva explotável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Mediano para a quantidade das águas subterrâneas.

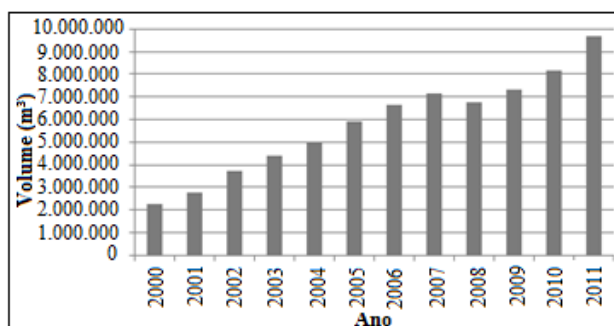


Figura 7. Volumes de água subterrâneas captados anualmente pelo SAAES em Sinop/MT.

As culturas agrícolas (Figura 4) contribuem para a redução da recarga do aquífero através da extração da vegetação natural e da compactação do solo, processos esses que diminuem a capacidade de infiltração das águas. Com a diminuição da recarga, as reservas do aquífero também sofrem impacto. Assim a compactação do solo pela agricultura constitui impacto negativo de magnitude um para a recarga, um para reserva renovável e dois para a reserva explorável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Admissível para a quantidade das águas subterrâneas.

A agropecuária impacta negativamente as águas subterrâneas através da extração da vegetação natural para o plantio das pastagens e através da compactação do solo causada pelo trânsito dos animais. Essa atividade contribui para o aumento do escoamento superficial, reduzindo a capacidade de infiltração do solo. A agropecuária foi considerada um impacto negativo de magnitude um para a recarga, um para a reserva renovável e dois para a reserva explorável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Admissível para a quantidade das águas subterrâneas.

A estiagem é um processo natural que também influencia negativamente na quantidade das águas subterrâneas. Essa variável foi considerada um impacto negativo de magnitude cinco para a recarga do aquífero, cinco para a reserva renovável, cinco para a reserva permanente e cinco para a reserva explorável. Essa variável foi classificada com um nível de risco Elevado para a quantidade das águas subterrâneas.

Em relação aos tipos de impactos, receberam nível de risco Elevado e Significativo respectivamente os relacionados às reservas permanentes e explorável. A reserva permanente pode sofrer impacto devido aos processos de estiagem, enquanto que a reserva explorável pode ser impactada principalmente pelo arruamento asfaltado, pela estiagem, pelo crescimento populacional, pela captação de água e pela compactação do solo.

O processo de recarga e as reservas renováveis do Sistema Aquífero Parecis na região urbana de Sinop receberam nível de risco Mediano, sendo que ambos podem sofrer maiores impactos devido ao arruamento asfaltado e a estiagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a adaptação da Matriz de Leopold especificamente para as águas subterrâneas de Sinop/MT, constatou-se que a qualidade desse recurso tem um alto risco de contaminação microbiológica, sendo que as principais fontes de contaminação são: poços cacimbas; cemitério; comércio de combustíveis; culturas agrícolas; fossas negras e o lixão da cidade. Quanto à sua quantidade os maiores impactos estão relacionados às reservas permanente e renovável do aquífero, que são impactadas principalmente pelos períodos de estiagem e

pelo processo de asfaltamento das vias públicas.

Quanto à identificação e quantificação dos possíveis impactos sofridos pelas águas subterrâneas da cidade de Sinop/MT, a adaptação da Matriz de Leopold se mostrou eficiente e bastante prática. Sua adaptação tornou possível a identificação e quantificação dos impactos e permitiu ainda a classificação das variáveis mencionadas conforme o nível de risco que cada uma representa para as águas subterrâneas. Com isso foi possível distinguir

quais as variáveis urbanas que possuem maior possibilidade de causar um impacto quantitativo ou qualitativo nessas águas.

Os níveis de risco apresentados pela matriz para cada variável são essenciais para a interpretação dos resultados obtidos, bem como para auxiliar os gestores responsáveis na adoção de medidas mitigadoras desses impactos. A adaptação da Matriz de Leopold proposta nesse trabalho pode ainda ser utilizada como uma ferramenta para futuras avaliações

das águas subterrâneas na cidade de Sinop/MT, pois é de fácil aplicação.

Entretanto, salienta-se que devido à versatilidade dessa ferramenta podem ocorrer definições de pesos distintos por diferentes usuários, dessa forma é essencial que o usuário descreva os motivos que o levaram a adotar tais pesos. Sugere-se ainda estudos futuros na área estudada para estimar a condutividade hidráulica do solo, essa informação pode corroborar os resultados obtidos neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: ANA, Engecorps/Cobrape, 2010.
2. BAHIA, R. B. C. Evolução Tectonossedimentar da Bacia do Parecis – Amazônia. Ouro Preto, 2007. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) Universidade Federal de Ouro Preto.
3. BARBOSA, A. C. & DINIZ, H. N. Controle de processo erosivo provocado por rompimento de adutora na Serra da Mantiqueira, SP, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, V. 20, n.4, p. 691-702, 2010.
4. BARROS, A. M.; SILVA, R. H.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. **Geologia da Folha SD. 21 Cuiabá**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 1982.
5. CEPEMAR – SERVIÇO DE CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de impacto ambiental do Campo de Jubarte**. 2004. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Petroleo/Campo%20de%20Jubarte/EIA/Capa%20e%20Conte%C3%BAdo.pdf>. Acessado em: 10 de Outubro de 2012.
6. CEPEMAR – SERVIÇO DE CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de impacto Ambiental da Planta de Filtragem e Terminal Portuário Privativo para Embarque de Minério de Ferro Presidente Kennedy/ES**. 2010. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Porto/Terminal%20Portuario%20Presidente%20Kennedy/Terminal%20Portuario%20Presidente%20Kennedy/EIA/07.%20Impactos.pdf>. Acessado em: 10 de Outubro de 2012.
7. COMELLI, C. **Estudos preliminares sobre a hidrogeologia e hidroquímica da zona urbana de Sinop-MT**. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.
8. CUTRIM, A. L. F. **Qualidade das águas do Aquífero Utiariti na cidade de Sinop – MT**. Trabalho de Conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2010.
9. CUTRIM, A. O. Caracterização hidrogeológica do Grupo Parecis no município de Lucas do Rio Verde (MT). In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, São Luis, Set, 2010.
10. CUTRIM, A. O. & CAMPOS, J. E. G. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT), usando os métodos GOD e POSH. **Revista de Geociências**, v. 29, n. 3, p.401-411, 2010.
11. FETTER, C. W. **Applied hydrogeology**. 4ª Ed. Prentice - Hall, 2001. 598 p.
12. FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. World Bank, GWMATE. Washington, 2002. 101p.
13. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: Fev. 2012.
14. LACERDA FILHO, J. V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, C.C.; ALBUQUERQUE, M. C. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso**. CPRM: Goiânia, 2004.
15. LEITE, T. A.; SOBRAL, I. S.; BARRETO, K. F. B.; Avaliação dos impactos ambientais e sociais como subsídio para licenciamento ambiental do projeto de assentamento de reforma agrária Maria Bonita I, Poço Redondo/SE. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 69-81, 2011.
16. LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. Geological Survey: Washington, 1971.
17. LUSSI, C. Avaliação hidrogeológica da cidade de Sinop/MT. Cuiabá, 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2013.
18. LUSSI, C.; ARAUJO, M. B.; LEAL, B. L.; CUTRIM, A. O.; MIGLIORINI, R. B. Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea por necrochorume no cemitério municipal de Sinop/MT. In: **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Bonito/MS, Out, 2012.
19. MARQUES A. K.; SOUZA, M. B.; BOLDRIN, M. T. N.; DALTRO, R. F.; CUTRIM, A. O.; MIGLIORINI, R. B. Avaliação do perigo à contaminação do aquífero freático na região da Vila São Cristóvão em Sinop/MT. In: **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Bonito/MS, Out, 2012.
20. NOURI, J.; NABIZADEH, R.; YOUNESIAN, M.; NOROUZI, H. A.; TEHRANI, S. M. Environmental and health impact assessment of wastewater treatment plant. **Journal of Medical Sciences**, v. 6, n. 1, p. 34-37, 2006.
21. OLIVEIRA, V. A.; AMARAL FILHO, Z. P.; VIEIRA, P. C. **Pedologia da Folha SD. 21 Cuiabá**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 1982.
22. PNAS – PROGRAMA NACIONAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Brasília: MMA, 2009. 35 p.
23. PERH/MT– PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Cuiabá: SEMA/MT, KCM Editora, 2009.
24. PREFEITURA MUNICIPAL DE SINOP. **História e Economia de Sinop/MT**. Disponível em: <<http://www.sinop.mt.gov.br>>. Acessado em: 22 de Março de 2011.

25. RICHIERI, S. M. M. Avaliação do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.6, p. 14-20, 2007.
26. RIBEIRO, D. B. de S. Avaliação hidrogeológica na cidade de Sinop/MT. Cuiabá, 2009. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.
27. SAAES – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE SINOP. **Relatórios anuais de captação e faturamento de água subterrânea**. Disponível na sede da empresa em Sinop/MT, 2011.
28. SEPLAN/MT – SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. **Diagnóstico Socioeconômico ecológico**, 2000. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br>>. Acessado em: 08 de Junho de 2012.
29. SOUSA, R. N.; VEIGA, M. M.; MEECH, J.; JOKINEN, J.; SOUSA, A. J. A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 580-587, 2011.
30. UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Groundwater contamination inventory**. 2008. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132503e.pdf>>. Acessado em: 15 de Maio de 2011.

*Manuscrito recebido em: 22 de abril de 2013
Revisado e Aceito em: 05 de novembro de 2013*