



Caracterização da qualidade das águas subterrâneas



CONCEITOS RELACIONADOS

- ❑ ESTADO QUÍMICO OU QUALIDADE NATURAL (QN): varia de forma geográfica e temporal e exige a determinação de valores normais ou de referência para os constituintes
- ❑ CONTAMINAÇÃO: Alteração da QN (física química ou biológica) por causas natural ou antrópica, que comprometem o uso (não somente para o consumo humano). E as águas minerais?
- ❑ PERIGO E RISCO DE CONTAMINAÇÃO: Diagnóstico e prognóstico da alteração

DIFICULDADES: estado de reconhecimento da qualidade da água nos aquíferos se limita a alguns estados brasileiros. Faltam políticas para o setor, priorizando áreas críticas, o que é urgente!

AVALIAÇÃO DO ESTADO QUÍMICO OU QUALIDADE NATURAL (QN)

- O sistema precisa ter informações, pelo menos, de 5 anos dos poços na mesma formação aquífera, bem como da água acima de qualquer fonte que aporta o constituinte avaliado ➔ **programas de monitoramento.**
- Cortes litológicos junto a base de dados químicos ajudam a caracterizar o modelo conceitual do sistema em avaliação, mas os dados de metais e orgânicos não são comuns ➔ **programas de monitoramento.**
- *Incertezas:* valores de fundo de alguns metais naturais (As, F, Fe, Pb, B, Se, Cr, S, etc) podem variar de forma expressiva e difusa ➔ **programas de monitoramento.**
- O adequado tratamento estatístico dos dados de elementos maiores e menores é importantíssimo para se estabelecer os valores mais representativos da zona do aquífero em estudo.

PONTOS CRÍTICOS NA AVALIAÇÃO (QN)

1. Qual a profundidade e espessura do aquífero a ser considerada? Águas com $>T(r)$ ou mais velhas podem se misturar as mais jovens, mudando a idade da água e a qualidade natural.
2. As variações de CE com o tempo podem não estar associada a um mesmo elemento químico ou não é constante numa captação individual ou área determinada.
3. Mesmo nas grandes bacias sedimentares detríticas a qualidade natural é influenciada pela litologia e o fluxo subterrâneo.
4. Algumas captações mais profundas apresentam teores mais baixos que as superficiais, onde existe maior dispersão de valores e maiores intervalos de variação das concentrações.
5. O aumento da exploração produz mudanças físicas e químicas no aquífero, promovendo “contaminação natural” como já registrado para o Arsênio e em certos casos os nitratos (Eh).

USO DA HIDROLOGIA ISOTÓPICA PARA MODELO CONCEITUAL

- Auxilia na definição da recarga e dinâmica das água subterrâneas (ZNS e ZS), e na direção e V (fluxo)
- Identificação da origem e idade-Tr ($\delta^{18}\text{O}$ - δD ; ^3H -T), mas misturas de águas pode alterar a idade ou Tr
- Avaliação de interconexões entre diferentes aquíferos, e entre rios e lagos ($\delta^{18}\text{O}$ e δD)
- permite a distinção entre águas de diferentes origens ou proporções de misturas ($\delta^{18}\text{O}$ - δD ; $\delta^{14}\text{C}$)
- Distinção C-org e C-carbonatos ($\delta^{14}\text{C}$).

CAUSAS DE ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

- Contaminação do próprio poço
- Contaminação do aquífero
- Intrusão salina, devido a exploração inadequada
- Influência climática
- Cursos de águas contaminadas

AS CAUSAS E EFEITOS SÃO ESPECÍFICOS DE CADA LUGAR E EM DIFERENTES ESCALAS DE TRABALHO

INFLUÊNCIA CLIMÁTICA

- **Pluviometria** : águas de infiltração lixiviam os sais dissolvidos. Maior umidade, aumenta a atividade microbiana e produção de CO_2 .
- **Evaporação** : maior evaporação, os mecanismos biofísico-químicos aumentam os teores de sólidos dissolvidos. Em regiões áridas a água tem STD elevado.

ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO INTEGRADA (COMO E ONDE?):

□ *Cartografia da Vulnerabilidade e da Carga Contaminante;*

□ *Classificação das Águas Subterrâneas e Avaliação do Risco e Perigo contaminação, para estabelecer níveis de prioridade de ação*

PERIGO E RISCO DE CONTAMINAÇÃO

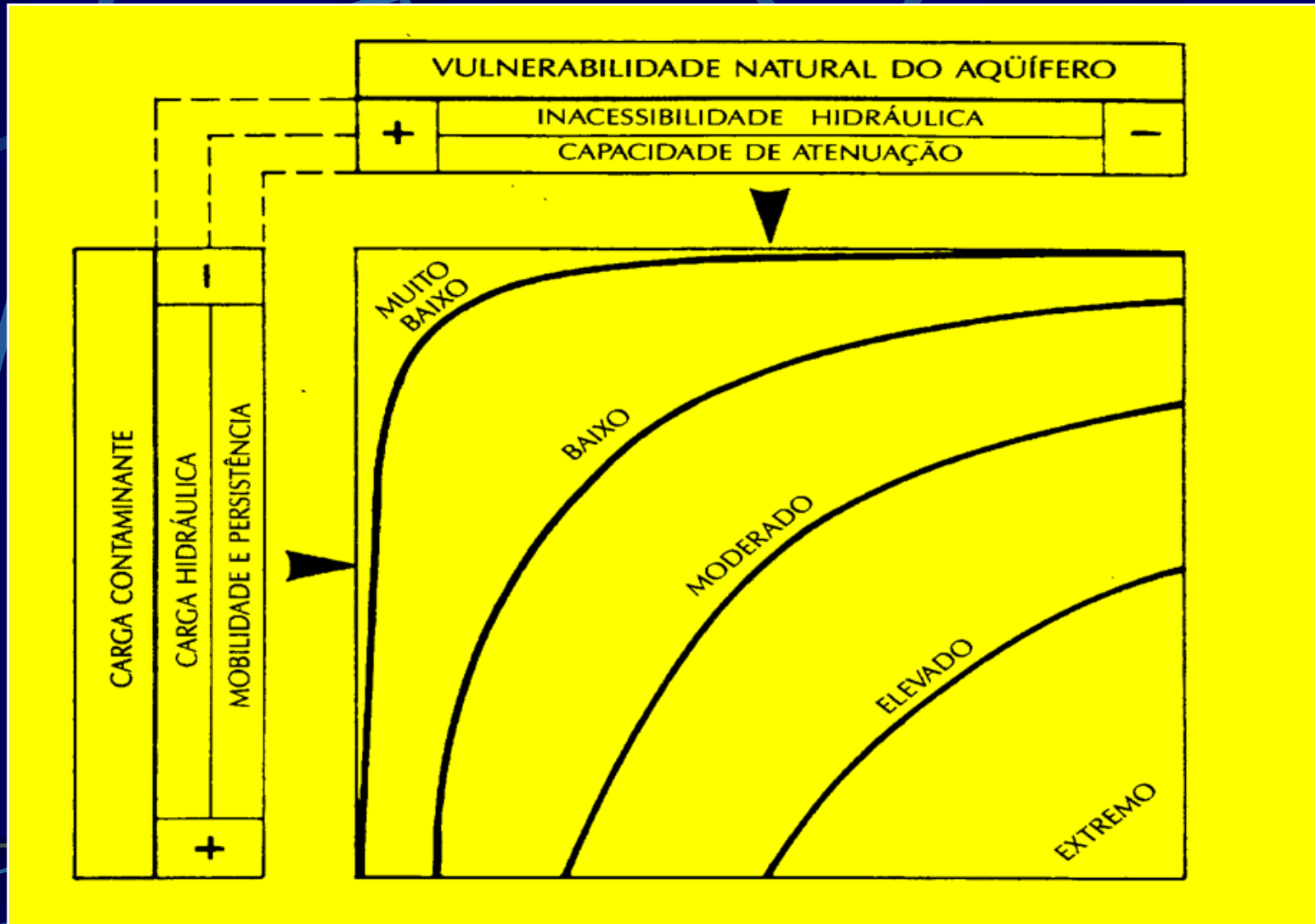
$$\begin{array}{c} \text{vulnerabilidade do aquífero} \\ + \\ \text{carga contaminante} \\ = \\ \text{PERIGO DE CONTAMINAÇÃO} \end{array}$$

PERIGO: Probabilidade de contaminação

RISCO: Perigo adaptado à escala do impacto

- *Incertezas: Estabelecer a responsabilidade do risco de cargas difusas ou herdadas em áreas já ocupadas? As fontes com cargas naturais e antrópicas se classificam da mesma forma!*
- *A avaliação da vulnerabilidade e do risco necessita de dados, nem sempre disponíveis em escalas adequadas!*

ESQUEMA CONCEITUAL PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO (FOSTER et al. 1993)



DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CARGA

– Plumas de Contaminação

- **Fontes de contaminação difusas:** áreas urbanas sem serviço de esgoto; uso agrícola do solo etc não geram plumas definidas, mas impactam uma área ou volume maior do aquífero. O perigo está na classe dos contaminantes envolvidos e na carga hidráulica associada, pois se desconhece a concentração de contaminantes e sua disposição em superfície.
- **Fontes de contaminação pontuais:** atividades industriais; lagoas de efluentes; disposição de resíduos sólidos; postos de combustíveis; atividades mineiras e de exploração de hidrocarbonetos; terrenos contaminados; cursos de águas superficiais contaminados; vias de transporte; cemitérios. Produzem plumas mais definidas, que facilitam sua identificação e possível controle (salvo exceções).

CARGAS x PERIGO DE CONTAMINAÇÃO

- Diversas atividades são capazes de gerar importantes cargas, mas poucas são geralmente responsáveis pela contaminação.
- A intensidade da contaminação é independente do tamanho da atividade contaminante.
- O volume da substância usado na atividade não tem relação direta com sua presença no aquífero. Depende do poder de atenuação da ZNS.
- As grandes indústrias exercem melhor controle. Em zonas urbanizadas as pequenas atividades são as mais responsáveis
- Pequenas quantidades de compostos químicos podem gerar grandes plumas, sobretudo em aquíferos que recebem grande carga hidráulica

AVALIAÇÃO DA CARGA CONTAMINANTE

- As cargas determinam o perigo da contaminação, o que exige um inventário com: classificação, identificação, localização espacial, período de funcionamento e caracterização das práticas utilizadas sistematicamente.
- A coleta de informações não é fácil, mas pode ser realizada junto aos órgãos do governo, empresas estatais e privadas, de estudos anteriores, diretórios de páginas amarelas e registros de associações e juntas comerciais da cidade, etc.
- Fotos aéreas ou imagens de satélite em grande escala podem ajudar no mapeamento do uso e ocupação do solo, incluindo a perspectiva histórica

CARACTERIZAÇÃO DA CARGA CONTAMINANTE (CC)

- No inventário da CC considera-se as seguintes características:
 - 1 – a possibilidade da presença de contaminantes persistentes e móveis em subsuperfície.
 - 2 – a existência de uma carga hidráulica associada, capaz de transportar o contaminante por advecção até o aquífero.
- Hipóteses para simplificação:
 - 1 – associar a presença de um contaminante com o tipo de atividade antrópica.
 - 2- estimar a sobrecarga hidráulica provável, com base no uso da água na atividade.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE – GOD (FOSTER & HIRATA, 1988)

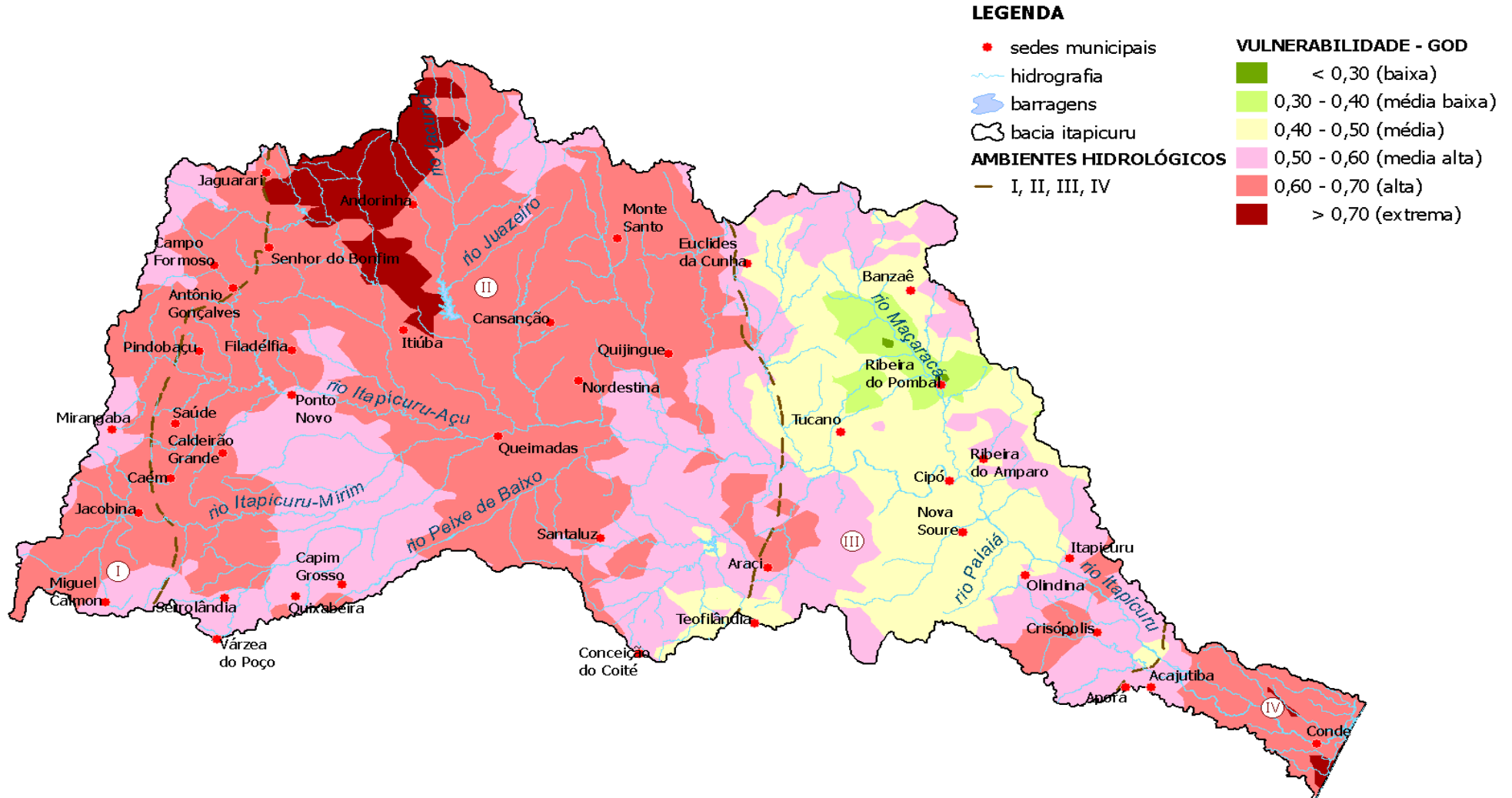
PRINCÍPIO: assinatura de índices entre 0 e 1 para as variáveis:

G (Groundwater – tipo de aquífero); O (overall – litologia da cobertura); D (Depth – profundidade da água. Cada variável exibe gradação de 0 ou 0,3 a 1 que, multiplicadas entre si, definem o índice final ou grau de vulnerabilidade do aquífero (1 máximo e 0 mínimo)

- As informações necessárias à aplicação do método GOD são disponíveis em estudos básicos de hidrogeologia regional, e a sua denominação é um acrônimo dos três seguintes fatores:
- **G**rau de confinamento do aquífero (Groundwater hydraulic confinement): confinado, semi-confinado ou livre;
- **O**corrência e natureza composicional da ZNS e/ou aquitarde e seu grau de fraturamento (Overlying strata).
- **D**istância da superfície até o nível d'água ou do teto confinante do aquífero (Depth to groundwater table).

VULNERABILIDADE DAS AS DA BHRI-BA (Mestrinho & Luz, 2006)

VULNERABILIDADE - GOD



VULNERABILIDADE

- PROFUNDIDADE
- ZONA NÃO SATURADA
- RECARGA
- AQUÍFERO
- MAGNITUDE DE K
- VEGETAÇÃO
- TOPOGRAFIA
- GEOLOGIA

PERIGO






- POTENTIAL DA CARGA
- TIPO DE FONTE
- CAPACIDADE DE ATENUAÇÃO
- TOXICIDADE
- QUANTIDADE
- TIPO DE LANÇAMENTO
- PROB. DO EVENTO
- POSS. DE REMEDIAÇÃO
- TEMPO DE LIBERAÇÃO

**BASE METODOLÓGICA PARA PROTEÇÃO DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA**

VULNERABILIDADE

PERIGO

CLASSE DE VULNERABILIDADE

CLASSE		DEFINIÇÃO
MUITO BAIXA (NEGLIGENCIÁVEL)		Camadas confinadas sem fluxo significativo
BAIXA		V. somente para poluentes conservativos em longo prazo e lançados continuamente
MODERADA		V. para alguns poluentes lançados continuamente
ALTA		V. Para muitos poluentes exceto os altamente Absorvidos ou transformados
MUITO ALTA (EXTREMA)		Sob rápida influencia da água superficial e V. para a maioria dos poluentes

GERENCIAMENTO DO RISCO

VULNERABILIDADE

PERIGO

CLASSE DE VULNERABILIDADE

FATOR DE POLUIÇÃO

L ₁ Toxicidade		L ₂ Quantidade de liberação		L ₃ Probabilidade de liberação		L ₄ Tipo de liberação		L ₅ Poss. de remediação	
Muito baixa	0,0 -0,1	Muito pequena	0,0 -0,1	Muito baixa	0,0 -0,1			Muito limitada	0,9 -1,0
Baixa	0,1 -0,2	Pequena	0,1 -0,2	Baixa	0,1 -0,2	Seco	0,0 -0,3	Limitada	0,7 -0,9
Baixa moderada	0,3 -0,4	Pequena moderada	0,3 -0,4	Baixa moderada	0,3 -0,4			Limitada média	0,6 -0,7
Moderada	0,4 -0,6	Moderada	0,4 -0,6	Moderada	0,4 -0,6	Úmido/seco	0,3 -0,7	Média	0,4 -0,6
Moderada alta	0,6 -0,7	Moderada grande	0,6 -0,7	Moderada alta	0,6 -0,7			Média boa	0,3 -0,4
Alta	0,7 -0,9	Grande	0,7 -0,9	Alta	0,7 -0,9	Úmido	0,7 -1,0	Boa	0,2 -0,3
Muito alta	0,9 -1,0	Muito grande	0,9 -1,0	Muito alta	0,9 -1,0			Muito boa	0,0 -0,1

GERENCIAMENTO DO RISCO

VULNERABILIDADE

PERIGO

Letal
Toxicidade
Muito baixa
Baixa
Baixa moderada
Moderada
Moderada alta
Alta
Muito alta

		VULNERABILIDADE					CLASSE DE RISCO	
		Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto		
POTENCIAL DA CARGA CONTAMINANTE	Muito alto						Muito alto	
	Baixa						Alto	
	Baixa moderada						Alto	
	Moderada						Moderado	
	Moderada alta						Moderado	
	Alta						Baixo	
	Muito alta						Baixo	
	Muito baixa						Muito baixo	

-1,0
-0,9
-0,7
-0,6
-0,4
-0,3
-0,1

VUL

ZONAS DE PROTEÇÃO

ZONA I

- ISÓCRONA 50 DIAS

ZONA II

- ISÓCRONA 400 DIAS

- 25 % ÁREA DA CAPTAÇÃO

ZONA III

- ÁREA DA CAPTAÇÃO

L1 Toxicidade								5 de ação	
Muito baixa	C							0,9 – 1,0	
Baixa	C							0,7 – 0,9	
Baixa moderada	C							0,6 – 0,7	
Moderada	C							0,4 – 0,6	
Moderada alta	C							0,3 - 0,4	
Alta	C							0,2 - 0,3	
Muito alta	0,9 – 1,0	Muito grande	0,9 – 1,0	Muito alta	0,9 – 1,0			Muito boa	0,0 – 0,1

Nível das metas Nacionais + objetivos: legislação nacionais, sistemas de RH, ZEE, planejamento do uso do solo, estratégias de desenvolvimento, etc.

Vulnerabilidade

Carga Contaminante

R I S C O

Objetivos específicos

PROTEÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

RISCO aceitação + comunicação

PLANEJAMENTO + IMPLANTAÇÃO

Base de Dados

Avaliação + monitoramento

Implantação

Curso da ação

Forte suporte legal

Suporte Institucional

Coordenação Associação

Consciência Educação

Suporte Financeiro

FUTUROS DESAFIOS PARA OS PLANOS ESTADUAIS...

- **Caracterizar e classificar as águas subterrâneas para o enquadramento**
- **Enfrentar a quantidade e complexidade das atividades em uma área (BH), junto aos altos custos de investigações detalhadas e de planos de monitoramento para conhecimentos dos aquíferos e das cargas contaminantes**
- **A curto prazo, estabelecer estratégias de proteção das zonas com maior perigo de contaminação em aquíferos de maior relevância...**