

*Avaliação de nascentes para a gestão ambiental integrada:
Insuficiências e proposições apontadas por um painel de
especialistas*

*Spring assessment for integrated environmental
management: Insufficiencies and propositions pointed out by
a panel of specialists*

*Evaluación de nacimientos de água para la gestión
ambiental integrada: Limitaciones y proposiciones
señaladas por un panel de expertos*

Mirella Nazareth de Moura
Universidade Federal de Minas Gerais
mirellanm92@hotmail.com

Miguel Fernandes Felipe
Universidade Federal de Juiz de Fora
miguel.felippe@ich.ufjf.br

Resumo

A comunidade acadêmica tem mostrado uma crescente preocupação com o desaparecimento e descaracterização de nascentes em todo o planeta, apesar da preconizada importância desses hidrossistemas. Uma lacuna tácita refere-se à falta de consenso em relação às técnicas de avaliação ambiental de nascentes, que muitas vezes não compreendem toda a complexidade inerente a elas. Esse trabalho reporta os resultados de um Painel de Especialistas (técnica Delphi) para a definição dos parâmetros mais relevantes para avaliação de nascentes no Brasil. Os indicadores elegidos foram classificados no modelo Estado-Pressão-Resposta e qualificados de acordo com sua aceitação na comunidade científica. Por fim, o rol de parâmetros que emerge dessa proposta compila indicadores interdisciplinares, interescolares e de natureza diversa, que poderão colaborar para a governança das nascentes brasileiras.

Palavras-chave: Nascente. Governança. Painel Delphi. Indicadores Ambientais

Abstract

The academic community has shown a growing concern with the disappearance and mischaracterization of springs across the planet, despite the advocated importance of these hydrosystems. A tacit gap refers to the lack of consensus regarding techniques for environmental assessment of springs, which many times, do not understand all the

complexity inherent to them. This paper reports the results of a Panel of Experts (Delphi technique) to define the most relevant parameters for the assessment of springs in Brazil. The elected indicators were classified in the State-Pressure-Response model and qualified according to their acceptance in the scientific community. Finally, the list of parameters that emerges from this proposal compiles interdisciplinary, interscalar and diverse indicators, which can collaborate for the governance of Brazilian springs.

Keywords: Spring. Governance. Delphi panel. Environmental Indicators

Resumen

La comunidad académica ha mostrado una creciente preocupación por la desaparición y mala caracterización de los nacimientos de água en todo el planeta, a pesar de la importancia recomendada de estos hidrosistemas. Un vacío tácito se refiere a la falta de consenso en cuanto a las técnicas de evaluación ambiental de los nacimientos de água, que muchas veces no comprenden toda la complejidad inherente a los mismos. Este trabajo relata los resultados de un Panel de Expertos (técnica Delphi) para definir los parámetros más relevantes para la evaluación de nacimientos de água en Brasil. Los indicadores elegidos fueron clasificados en el modelo Estado-Presión-Respuesta y calificados de acuerdo a su aceptación en la comunidad científica. Finalmente, la lista de parámetros que emerge de esta propuesta compila indicadores interdisciplinarios, interescales y diversos, que pueden colaborar para la gobernanza de los nacimientos de água brasileños

Palabras clave: Nacimientos de água. Gobernanza. Panel Delphi. Indicadores Ambientales

Introdução

A literatura acadêmica é uníssona ao defender a importância das nascentes de cursos d'água. Esses complexos sistemas merecem notoriedade por serem ambientes singulares e heterogêneos, dotados de funções geomorfológicas, hidrológicas, ecológicas e sociais; (VALENTE; GOMES, 2005; SPRINGER; STEVENS, 2009; GUIMARÃES; FERREIRA, 2015). Considerando os rios como os mananciais de mais fácil acesso para as mais diversas atividades humanas (KONDOLF; PINTO, 2017), não é difícil de se reafirmar a necessidade de conservação das nascentes, visto que através delas a água subterrânea se torna superficial, determinando o recorte espacial da rede de drenagem e condicionando a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica. Diante do cenário contemporâneo de alteração dos sistemas ambientais, ampliação da demanda por água e degradação dos recursos hídricos (TROPPIAIR, 1989; ONUOHA, 2008;), buscar ferramentas de avaliação e investigação de nascentes se torna imprescindível.

Apesar do crescente número de estudos sobre nascentes em nível mundial, eles ainda são esparsos, especialmente heterogêneos e com grandes lacunas de informações, sobretudo em países em desenvolvimento (STEVENS et al., 2021). Dessarte, Cantonati et al. (2020) defendem a necessidade da criação de uma rede de colaboração mundial para proteção de nascentes, buscando fomentar para a organização de inventários básicos que viabilizem futuros avanços na compreensão desses sistemas. Para Felipe e Magalhães Jr (2013), alguns fatores contribuem para essa carência teórico-metodológica, como por exemplo, o coloquialismo do termo e uma ausente preocupação

epistemológica; a dificuldade de consenso referente ao conceito da mesma na comunidade acadêmica, visto a sua multidisciplinaridade; a difícil acessibilidade dos locais onde se iniciam os cursos d'água; e a não correspondência do termo em outros idiomas.

Parece lógico acreditar que se não há clareza conceitual e compreensão teórica sobre a dinâmica do sistema nascente, dificilmente as ferramentas de gestão propostas para sua conservação serão exitosas. Todavia, a herança do que Morin (2015) denomina como “paradigma de simplificação” (em que o conhecimento se fundamenta nos princípios de disjunção e redução), é facilmente percebida nos trabalhos acadêmicos onde a nascente é compreendida sob uma ótica reducionista, seguindo alguns conceitos como os de Davis e Elderfield (2004), Allaby e Allaby (1991), Todd e Mays (2005), De Blij et al. (2004) entre outros, nos quais a água é o principal personagem na compreensão da nascente (senão, o único) (FELIPPE; MAGALHÃES JR, 2013).

Para Felipe (2013), uma vez que o estudo de nascentes exija conhecimentos oriundos de diversos campos do conhecimento (geomorfologia, hidrologia, hidrogeologia, ecologia, etc.), são escassos os trabalhos que arriscam adentrar-se nesta temática interdisciplinar. Como consequência, a maioria das pesquisas abrange apenas um ou outro aspecto das nascentes, notadamente, orientados pela formação do pesquisador. Ainda que existam esforços para corroborar com o estudo de nascentes, muitos deles são monotemáticos e superficiais; não buscam a integração dos elementos do sistema ambiental. Estudos de caráter holista a respeito da qualidade ambiental e integridade das nascentes são de fato raros, o que culmina na escassez de ferramentas de manejo, conservação e gestão ambiental (FELIPPE; MAGALHÃES JR., 2013).

Sob as bases da Teoria Geral dos Sistemas (VON BERTALANFFY; SUTHERLAND, 1974) e do Paradigma da Complexidade (MORIN, 1992) a compreensão das nascentes ganha profundidade, robustez e, conseqüentemente, capacidade de responder de modo mais eficaz às necessidades da sociedade. Visões simplistas em que as nascentes são reduzidas à água (fluxo hídrico) ou ao início da drenagem fluvial são superadas por uma perspectiva integradora (FELIPPE; MAGALHÃES JR., 2013). Nessa direção, as nascentes são compreendidas como sistemas ambientais (Figura 1). Segundo Felipe (2013), variáveis externas como o clima, relevo, sociedade e aquíferos condicionam a gênese e a dinâmica das nascentes.

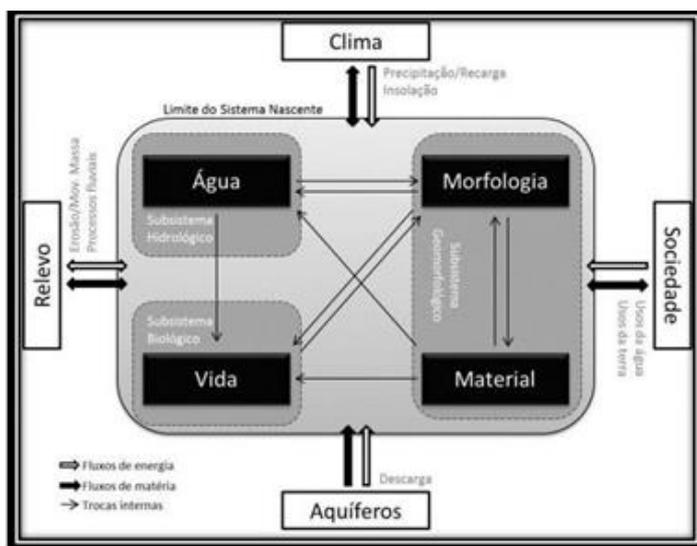


Figura 1: O sistema ambiental da nascente e suas variáveis internas e externas.

Fonte: Felipe (2013).

O clima controla o fornecimento de água pela precipitação e a manutenção do regime das nascentes intermitentes. Os aquíferos garantem a exfiltração e influenciam (de certa forma) nas características das águas. O relevo define a localização das nascentes e a sociedade está atrelada ao uso e ao mesmo tempo à transformação das nascentes (FELIPPE, 2013).

Já as variáveis internas são responsáveis pela estruturação das nascentes, como por exemplo a água, morfologia, ecossistema e material por onde a água exfiltra. A morfologia determina os locais de baixo potencial onde estarão as surgências. O material é o que recobre a morfologia da nascente e o ecossistema é o que se desenvolve em função das condições ambientais locais. Essas variáveis estruturantes serão definidoras das características fisiográficas das nascentes (FELIPPE, 2013).

Mesmo que alguns trabalhos tentem abarcar os distintos elementos do sistema nascente, as fragilidades metodológicas das técnicas empregadas, acabam sendo um obstáculo bastante corriqueiro. Tais lacunas acabam por refletir nas ferramentas de gestão ambiental, que são incapazes de apreender as nascentes para além da qualidade de suas águas, ou do buffer que define sua Área de Preservação Permanente (CARMO et al., 2014; SOUZA et al., 2019).

Deste modo, para que seja possível engendrar um considerável avanço nos estudos acerca das nascentes, julga-se necessário o entendimento da visão sistêmica dessas, tal como a compreensão da seara da qualidade ambiental das nascentes. Alguns esforços metodológicos já foram realizados no sentido de desenvolver indicadores

capazes de promover a avaliação ambiental integrada de nascentes (GOMES et al., 2005; GUIMARÃES; FERREIRA, 2015; TORRES, 2016). Guardados os sutis avanços obtidos em comparação com ferramentas analíticas que não compreendem a nascente em sua integridade, todos esses trabalhos esbarram em insuficiências metodológicas, elevada subjetividade, dificuldade de validação e superficialidade.

Vighi et al. (2006) afirmam que a Diretiva Europeia de estrutura aquática propôs que a caracterização da qualidade ambiental deve estar em acordo com as definições de estado ecológico dos corpos hídricos, tais como rios, lagos, águas costeiras, etc. Assim, o “objetivo” da qualidade ambiental seria voltado para um status ecológico e não apenas para a concentração química de elementos em um determinado curso d’água. Ademais, esse status ecológico não deveria ser entendido somente como a consequência de um efeito de um fator individual, pois esse status depende de uma série de fatores “estressantes” que podem comprometer a qualidade ambiental.

Ainda que essa concepção de qualidade ambiental se afaste da ideia da água como mercadoria (recurso econômico-natural), visando a integridade e a harmonia do corpo hídrico e da biota que ali habita, mostra-se bastante reducionista e simplista. A qualidade ambiental é reduzida única e exclusivamente à qualidade da água, como se apenas a qualidade dessa, fosse suficiente para traduzir a qualidade de todo o ambiente.

Preconiza-se, assim, uma clara distinção entre a qualidade ambiental das nascentes e a qualidade de suas águas. Ainda que se assuma como verdade que a integridade físico-química das águas seja uma síntese das intervenções humanas em uma bacia hidrográfica (TROPMAIR, 1989), não se devem considerar esses conceitos como sinônimos. Deste modo, enxerga-se aqui, um ponto de partida para começar a se pensar em uma qualidade ambiental não simplista, seguindo os preceitos do pensamento complexo.

A avaliação das nascentes neste trabalho refere-se em compreender a essência delas. Ou seja, a finalidade de se conhecer a qualidade ambiental das nascentes, perpassa pela necessidade de averiguar se essas estão em funcionamento harmônico e, consequentemente, se o sistema está íntegro. Assim, não se almeja aqui avaliar a qualidade de nenhuma nascente visando, diretamente, seu uso; a principal preocupação é garantir a dinâmica do sistema ambiental.

A aspiração de desenvolver um estudo abarcando os mais diversos aspectos atrelados ao estudo de nascentes, visando uma futura contribuição para um saber mais robusto sobre esses sistemas, foi o maior impulsionador desta pesquisa. Enquanto a nascente não for encarada enquanto sistema, indo muito além do que simplesmente água que exfiltra e enquanto todos os elementos internos e externos que a incorpora, inclusive a inter-relação entre eles, não forem levados em conta, dificilmente, um estudo eficaz de qualidade ambiental das nascentes será realizado.

Visto isso, considerando as contribuições acadêmicas a respeito do estudo de nascentes e seus hiatos, surge a necessidade de levantar questões, por exemplo, de como avaliar a qualidade ambiental das nascentes pode ser uma árdua tarefa, já que, em tese,

buscar-se-ia uma integração dos elementos constituintes desse sistema ambiental. Segundo Felipe (2013), para uma proteção eficaz das nascentes é necessário conhecê-las; compreender suas características, seu comportamento e sua gênese. Isso requer investigações que são, por princípio, multidisciplinares.

Como uma primeira etapa nessa busca de uma ferramenta para gestão ambiental integrada de nascentes, deve-se discutir os parâmetros mais comumente utilizados para avaliação de nascentes. Optou-se pelo roteiro metodológico da construção de um Painel de Especialistas (técnica Delphi), pois se trata de uma questão não consensual e interdisciplinar. Diante deste cenário, este artigo objetiva eleger os parâmetros/indicadores ambientais mais relevantes para o estudo de nascentes, com foco na gestão desses sistemas de modo a garantir a harmonia de sua estrutura e funcionalidade.

Metodologia

Para selecionar quais parâmetros de avaliação seriam considerados e posteriormente escolhidos, utilizou-se a técnica Delphi, uma consulta de um painel de especialistas para temas de difícil consenso. O conceito do método Delphi é um resultado final de um projeto da *Rand corporation*, realizado na década de 1950, voltado para a utilização da opinião de especialistas (HELMER, 1977; LOPES; LIBÂNIO, 2005; GÜNAYDIN, 2006; SKULMOSK et al., 2007).

Segundo Linstone e Turoff (2002) como o Delphi é uma técnica que possibilita lidar com questões não consensuais, a sua escolha pode ser uma boa alternativa quando se almeja que um grupo de especialistas e pesquisadores colaborem para algum problema mais complexo de pesquisa. Viu-se aqui como bastante oportuno a aderência do Delphi, tendo em vista o caráter multidisciplinar que esse carrega e uma vez que as nascentes aqui são encaradas como sistemas complexos e de interesse de diversos campos do conhecimento.

Para a aplicação do Delphi, o primeiro passo foi selecionar os possíveis parâmetros que iriam compô-lo. Esses parâmetros deveriam refletir, da forma mais completa possível, as condições ambientais das nascentes, para posteriormente, viabilizarem a avaliação da qualidade ambiental dessas. Destarte, foram consultadas bibliografias que englobam temáticas atreladas à qualidade de águas superficiais e subterrâneas (de nascentes e canais fluviais); recuperação, conservação e proteção de nascentes e de áreas degradadas; identificação, caracterização e tipologia de nascentes; estudos de impactos ambientais em nascentes; aplicações de protocolos de avaliação rápida em nascentes e estudos acerca da dinâmica das mesmas.

Ao final das leituras das bibliografias estudadas, foram antepostos 84 parâmetros de qualidade ambiental de nascentes (quadro 1).

Quadro 1: 84 parâmetros pré-selecionados

Parâmetros de qualidade ambiental de nascentes				
Parâmetros pedológicos	Parâmetros de qualidade da água	Parâmetros hidrogeomorfológicos	Parâmetros de uso	Parâmetros de governança
Acidez do solo;	Cloreto total na água;	Erosividade das chuvas;	Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente;	Combate e – ou controle de processos erosivos na APP;
Capacidade de armazenamento de água do solo;	Fósforo total na água;	Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo);	Lixo na bacia de contribuição ;	Existência de algum cuidador da nascente;
Carbono orgânico total no solo;	Nitrato na água; Nitrito na água;	Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente);	Nível de dificuldade de acesso à nascente;	Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP;
Contaminação do solo;	Sulfeto (H ₂ S não dissociado) na água;	Pluviosidade total anual;	Usos da água da nascente;	Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição;
Densidade do solo;	Arsênio total na água;	Declividade da bacia de contribuição;	Vegetação nativa presente na APP da nascente;	Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes;
Plasticidade do solo;	Chumbo total na água;		Acesso de animais domésticos e criações à nascente;	Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição;

Parâmetros pedológicos	Parâmetros de qualidade da água	Parâmetros hidrogeomorfológicos	Parâmetros de uso	Parâmetros de governança
Profundidade do solo;	Cloro residual total na água;		Registro de queimadas ao redor da nascente;	Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água;
Capacidade de infiltração de água do solo;	Cor verdadeira da água;		Registro de queimadas na bacia de contribuição ;	Existência de programas do governo para a proteção das nascentes;
Estabilidade de agregados do solo;	Dureza da água;		Usos da água da bacia de contribuição ;	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes;
Fósforo total no solo;	Nitrogênio total na água;		Vegetação nativa presente na bacia de contribuição	Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados à mesma;
Matéria orgânica do solo;	OD na água;		Áreas degradadas na APP da nascente;	Conhecimento acerca da existência da nascente;

Parâmetros pedológicos	Parâmetros de qualidade da água	Parâmetros hidrogeomorfológicos	Parâmetros de uso	Parâmetros de governança
Permeabilidade do solo;	Amônia na água;		Assoreamento na nascente;	Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes;
Textura do solo;	Clorofila na água;		Erosão acelerada na bacia de contribuição ;	
Capacidade de troca catiônica do solo;	DBO na água;		Lixo na APP da nascente;	
Chumbo total no solo;	Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água;		Pesca não-autorizada na nascente;	
Condutividade hidráulica saturada do solo;	Óleos e graxas na água;		Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição ;	
Erodibilidade – fragilidade do solo;	PH da água;		Uso e ocupação da terra na APP da nascente;	
Estrutura do solo;	Turbidez da água;			
Nitrogênio total no solo;	Cianeto livre na água;			
Porosidade do solo;	Coliformes termotolerantes na água;			
Capacidade de troca de íons do solo;	Eutrofização da água;			

Parâmetros pedológicos	Parâmetros de qualidade da água	Parâmetros hidrogeomorfológicos	Parâmetros de uso	Parâmetros de governança
Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo;	Fenóis na água;			
Umidade do solo;	Mercúrio na água;			
	Nitrogênio amoniacal total na água;			
	Sulfato total na água;			

Fonte: elaborado pelos autores

Uma vez que os parâmetros foram elencados, o segundo passo foi selecionar e contatar os pesquisadores que participariam do painel. Priorizou-se a escolha de especialistas brasileiros de distintas áreas do conhecimento (ciências biológicas, geociências e engenharias), que compunham os programas de pós-graduação de suas respectivas áreas, somando-se assim, um total de 282 painelistas convidados.

A consulta foi organizada em duas rodadas: i) indicação e recomendação de parâmetros; ii) verificação dos parâmetros escolhidos e da forma de integração dos mesmos pelos especialistas. Deve-se ressaltar que no formulário da primeira rodada, foram fornecidos aos especialistas a listagem dos parâmetros pré-selecionados, uma instrução de como responder o painel, além de um conceito de nascentes, proposto por Felipe e Magalhães Jr. (2013), fortemente embasado em uma concepção sistêmica. Ao trazer este conceito no painel, esperávamos que os painelistas pudessem contar com um melhor vislumbre acerca de como compreender as nascentes, e consequentemente, quais os melhores parâmetros de avaliação para este sistema ambiental.

Primeira rodada de consulta aos especialistas

Foi enviado aos especialistas, uma listagem de 84 parâmetros pré-selecionados. Em cada parâmetro, foi solicitado aos pesquisadores que atribuíssem uma nota de 1 a 5, visando filtrar os parâmetros mais e menos relevantes. Também foi aberto um espaço para sugestões, com a incorporação de algum outro parâmetro que não constava no painel. Ao final da consulta, 47 painelistas retornaram com suas respectivas respostas e algumas sugestões.

Os dados foram compilados, organizados e tabulados no software Microsoft Excel. Calcularam-se as médias e modas das notas fornecidas a cada parâmetro, para posterior enquadramento desses em três classes baseadas nas médias de suas respectivas notas. Os chamados “parâmetros valorizados” estavam relacionados àqueles cujas

médias variaram de 4 a 5. A segunda classe, nomeada “parâmetros medianos”, englobou aqueles com médias de 3 a 3,9. Por fim, a última classe “parâmetros pouco valorizados” contemplou os parâmetros cujas médias variaram entre 1 e 2,9.

Os parâmetros agrupados na classe “pouco valorizados” foram eliminados, uma vez que era necessário retornar um número menor de parâmetros na segunda rodada do Delphi. Já os abarcados pelas outras duas classes, passaram por uma análise minuciosa, no intuito de filtrá-los para a segunda rodada do painel. Dessa forma, todos os parâmetros que apresentassem similaridade, inviabilidade operacional ou considerável dificuldade de execução, também foram desconsiderados.

Em seguida, foram incorporados novos parâmetros seguindo as sugestões levantadas por alguns dos pesquisadores. Em vista disso, considerando os excluídos e somando os sugeridos, ao final da primeira rodada, o painel Delphi contava com 49 parâmetros.

Segunda rodada de consulta aos especialistas

Para a segunda rodada do Delphi, os parâmetros remanescentes foram organizados em quatro categorias: a) parâmetros que refletiam as características estruturais do sistema nascente, atrelados ao reconhecimento e caracterização básica da mesma (ou seja, que não refletiam “qualidade”; b) parâmetros de pressão; c) parâmetros de estado; d) parâmetros de resposta. Essa categorização coaduna com os preceitos do modelo Pressão- Estado-Resposta (P-E-R).

Em linhas gerais, este o P-E-R leva em conta que ações antrópicas desempenham determinadas pressões no meio ambiente, acarretando em possíveis mudanças no estado (condição) do meio ambiente, podendo alterar, negativamente, a qualidade do mesmo. Assim, cabe a sociedade responder a essas mudanças, através de políticas ambientais, econômicas e programas para reduzir ou mitigar danos causados (OECD, 1993; RAMOS, 1997; MANGI et al., 2007; LEVREL, et al., 2009; ARIZA; NETO, 2010; MASÓ, et al., 2019).

Visando uma melhor organização e clareza para os painelistas, os parâmetros que caracterizam as nascentes foram dispostos em um quadro à parte. Assumindo que o entendimento da estrutura do sistema nascente é imprescindível para interpretação da sua qualidade ambiental, todos esses parâmetros foram incorporados a um protocolo de caracterização prévia, que acompanhará a metodologia de avaliação da qualidade ambiental, conforme já realizado por Gomes et al. (2005), Paraguaçu et al. (2010), Vargas e Ferreira Júnior (2012), Oliveira et al. (2013) e Moura et al. (2016). Neste sentido, eles foram apresentados apenas para validação dos especialistas, não sendo necessária a escolha dentre eles, uma vez que o objetivo deste esforço não é o de elencar quais parâmetros melhor exprimem as características das nascentes, mas sim a sua qualidade ambiental.

Os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta (que se referem, de fato, à qualidade ambiental das nascentes), foram reapresentados aos especialistas, sendo

solicitado que, para cada grupo, o pesquisador selecionasse os cinco parâmetros que julgasse mais importantes.

Nesta segunda rodada, dos 47 formulários enviados, obteve-se um retorno de 26. Novamente, foi feita a tabulação dos dados, onde realizou-se a contagem de quais parâmetros haviam sido escolhidos, para que posteriormente, fosse possível fazer um ranking dos mais selecionados. Deve-se ressaltar que esse ranking foi feito de forma separada para os parâmetros de Pressão, Estado e Resposta.

Resultados e Discussão

Considerando-se que o campo do conhecimento de atuação do pesquisador influencia íntima e diretamente em suas respostas, o quadro 2 evidencia a frequência relativa da formação acadêmica dos especialistas que participaram até a segunda rodada, bem como suas instituições pertencentes, unidades federativas e titulações. Apesar do convite realizado a profissionais com as mais diversas formações, a baixa resposta ao convite acabou por não diluir as áreas temáticas representadas, com predominância da participação de geocientistas.

Quadro 2: Perfil dos painelistas, abarcando suas respectivas áreas do conhecimento, a frequência relativa dessa, as instituições, unidades federativas e titulações dos painelistas.

Áreas do conhecimento dos painelistas	Frequência relativa da formação acadêmica dos especialistas	Instituições dos painelistas	Unidades Federativas dos painelistas	Titulações dos painelistas
Geografia	51%	UFF, UFJF, UFMG, UFAM, UFRGS, UFBA, UFG, USP e outras	RJ, MG, AM, RS, BA, GO, SP, ES, PR	Doutorado
Geologia	23%	UFJF, UFRJ, UFMG, UNICAMP, UFBA, UNESP, USP e outras	MG, RJ, PR, SP, BA	Doutorado
Biologia	18%	UFRJ, UFBA, UFC, UFMT e outras	RJ, BA, MG, CE, SC, MT	Doutorado
Engenharia Ambiental	4%	UFJF, UFRN, UFES	MG, RN, ES	Doutorado

Agronomia	4%	UNESP, USP	SP	Doutorado
-----------	----	------------	----	-----------

Fonte: Elaborado pelos autores

Tendo em vista que, na primeira rodada do Delphi, foi solicitado aos pesquisadores que atribuíssem uma nota de 0-5 a cada um dos parâmetros dispostos, no intuito de facilitar a seleção dos parâmetros que perdurariam para a segunda rodada, eles foram divididos em três classes, conforme suas respectivas notas (Quadro 3).

Quadro 3: Parâmetros disponibilizados para consulta classificados de acordo com suas médias alcançadas

Parâmetros Valorizados	Média	Parâmetros Medianos	Média	Parâmetros Pouco Valorizados	Média
(Médias de 4 à 5)		(Média de 3 à 3,99)		(Médias de 1 à 2,99)	
Assoreamento na nascente	4.43	Áreas degradadas na bacia de contribuição da nascente	3.94	Clorofila na água	2.98
Vegetação nativa presente na APP da nascente	4.4	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	3.91	Nitrogênio total no solo	2.98
Áreas degradadas na APP da nascente	4.36	Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	3.87	Porosidade do solo	2.98
Acesso de animais domésticos e criações à nascente	4.21	Amônia na água	3.83	Cloro residual total na água	2.91
Contaminação do solo	4.2	Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição	3.81	Pesca não-autorizada na nascente	2.91
Lixo na APP da nascente	4.19	Eutrofização da água	3.74	Permeabilidade do solo	2.87
Usos da água da nascente	4.15	Existência de algum cuidador da nascente	3.74	Estrutura do solo	2.85
Vegetação nativa presente na bacia de contribuição	4.11	Nitrogênio amoniacal total na água	3.73	Matéria orgânica do solo	2.85

Coliformes termotolerantes na água	4.07	OD na água	3.72	Dureza da água	2.84
Parâmetros Valorizados	Média	Parâmetros Medianos	Média	Parâmetros Pouco Valorizados	Média
(Médias de 4 à 5)		(Média de 3 à 3,99)		(Médias de 1 à 2,99)	
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP	4.04	PH da água	3.7	Condutividade hidráulica saturada do solo	2.74
Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma	4.02	Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes	3.67	Carbono orgânico total no solo	2.72
Mercurio na água	4.02	Nitrito na água	3.67	Declividade da bacia de contribuição	2.72
Conhecimento acerca da existência da nascente	4.02	Erosão acelerada na bacia de contribuição	3.65	Fósforo total no solo	2.71
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes	4.01	Registro de queimadas ao redor da nascente	3.65	Classe de solo	2.68
Lixo na bacia de contribuição	4	Turbidez da água	3.59	Umidade do solo	2.67
Uso e ocupação da terra na bacia de contribuição	4	Óleos e graxas na água	3.57	Presença de organismos macroscópicos que habitam o solo	2.65
		Fósforo total na água	3.5	Plano de curvatura da vertente (convergente ou divergente)	2.58

		Articulação entre população e entidades de regulação, caso haja qualquer problema em relação à qualidade da água	3.47	Perfil de curvatura da vertente (côncavo ou convexo)	2.57
Parâmetros Valorizados	Média	Parâmetros Medianos	Média	Parâmetros Pouco Valorizados	Média
(Médias de 4 à 5)		(Média de 3 à 3,99)		(Médias de 1 à 2,99)	
		Arsênio total na água	3.45	Capacidade de troca de íons do solo	2.46
		Chumbo total na água	3.44	Capacidade de troca catiônica do solo	2.43
		Cloreto total na água	3.43	Densidade do solo	2.26
		Capacidade de infiltração de água do solo	3.38	Plasticidade do solo	2.24
		Cianeto livre na água	3.36		
		Erodibilidade – fragilidade do solo	3.35		
		Registro de queimadas na bacia de contribuição	3.35		
		Sulfato total na água	3.31		
		Fenóis na água	3.26		
		Capacidade de armazenamento de água do solo	3.24		
		Pluviosidade total anual	3.24		
		Sulfeto (H ₂ S não dissociado) na água	3.22		
		Nível de dificuldade de acesso à nascente	3.2		
		Cor verdadeira da água	3.16		
		Profundidade do solo	3.11		
		Erosividade das chuvas	3.02		

		Chumbo total no solo	3		
--	--	----------------------	---	--	--

Fonte: elaborado pelos autores

Separar os 84 parâmetros em classes, segundo a média de suas pontuações, foi fundamental para a visualização daqueles menos relevantes para compor o índice. Nota-se, que esses parâmetros estão intimamente ligados à seara da pedologia e da morfometria, sendo possível de se observar uma clara preferência dos especialistas por parâmetros referentes à qualidade da água, de governança e de gestão e planejamento ambiental.

Ainda que tenha sido afirmado o conceito sistêmico de nascentes no formulário enviado aos especialistas, é possível que alguns painelistas não compreendam as nascentes como sistemas ambientais. Essa seria a causa de muitos terem priorizado, então, os parâmetros relacionados à qualidade da água, inclusive com preferência pelos parâmetros químicos. Diante disso, é possível constatar uma predileção por indicadores com análise e mensuração objetiva (laboratorial), em detrimento daqueles que exigem interpretações mais subjetivas ou sensoriais, o que provavelmente está relacionado ao modus operandi desses pesquisadores (notadamente os especialistas em recursos hídricos).

É interessante observar que, independentemente da formação acadêmica dos especialistas, a maioria entende a importância de parâmetros de governança, especialmente aqueles que envolvem tomadas de decisão, representatividade, estratégias de gestão, acesso às informações, etc. Contudo, pode-se perceber, entre todas as áreas acadêmicas abarcadas, uma evidente preferência por parte dos geógrafos pelos parâmetros de governança e planejamento. Diferentemente das demais formações, os geógrafos valorizam mais esses parâmetros, do que aqueles de qualidade da água.

Visando reduzir o número de parâmetros a retornar aos especialistas, passou-se à avaliação de similaridade entre parâmetros. Nesse ponto, a intenção não era a de buscar parâmetros que medissem exatamente os mesmos processos/características, mas aqueles que dariam respostas análogas ou equivalentes. Foram assim retirados do rol: Cor verdadeira da água, visto que o parâmetro Turbidez também indica erosão e despejos; Pluviosidade total anual, uma vez que seria levado em conta a sazonalidade das nascentes; Amônia na água, Nitrogênio Amoniacal total na água, Nitrato e Nitrito, já que o Nitrogênio total na água contempla todos os compostos hidrogenados; Sulfatos e Sulfetos, já que muitos parâmetros já se referiam aos metais pesados; Erosividade das chuvas, pois já existe um parâmetro atrelado aos processos erosivos; Vegetação nativa presente na APP da nascente e Vegetação nativa presente na bacia de contribuição, visto que o parâmetro “Áreas degradadas” está intimamente ligado à presença ou não de vegetação.

Já os parâmetros considerados inviáveis ou com significativa dificuldade de execução foram: Cianeto, Contaminação do solo, Fenóis, Existência de programas do governo para averiguar a qualidade da água das nascentes, Existência de programas do

governo para a proteção das nascentes, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação das nascentes, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da APP, Pesca não autorizada, Existência de projetos de recuperação e – ou conservação da vegetação nativa da bacia de contribuição.

Destarte, pode-se observar a exclusão de 43 parâmetros. Entretanto, deve-se ressaltar que foi solicitado aos pesquisadores que, caso houvesse alguma sugestão de acréscimo de parâmetros, eles poderiam fazê-la. O quadro 4 apresenta os parâmetros sugeridos pelos painelistas e a quantidade de vezes que cada um foi indicado.

Quadro 4: parâmetros sugeridos pelos painelistas e a quantidade de vezes que ele foi solicitado

Parâmetro sugerido	Nº De sugestões	Parâmetro sugerido	Nº De sugestões
Geologia da bacia	2	Presença de afloramento rochoso	1
Distribuição das chuvas ao longo do ano	2	Tipo de rocha	1
Variação de temperatura ao longo do ano	1	Perfil longitudinal do rio	1
Rugosidade das encostas	1	% de adequação à metragem estabelecida para APP legal	1
Descarga fluvial	1	Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com outorga	1
Instalação de piezômetros	2	Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) sem outorga	1
Monitoramento do nível da água nos piezômetros	2	Enquadramento em Classe Especial (CONAMA 357-2005)	1
Instalação de vertedouro ou calha na nascente	1	Captação direta de água outorgada	1
Monitoramento da vazão da nascente	5	Captação direta de água sem outorga	1
Análise isotópica: água da nascente, da chuva	2	Localização (Categorias: unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)	1
Distância média de ocupações humanas	1	Nascente cadastrada/Mapeada (em substituição ao “ Conhecimento da existência..”	1
Número de pessoas beneficiadas (uso direto e indireto)	1	Acesso de animais (Categorias: Cercamento, livre)	1

Avaliação da comunidade microfitobentônica	1	Florações algais aparentes (Formação de nata)	1
Produtividade do sistema	1	Regime de fluxo (Perene, intermitente)	1
Parâmetro sugerido	Nº De sugestões	Parâmetro sugerido	Nº De sugestões
Número de nascentes na rede fluvial	1	Associação do ponto/zona de exfiltração com feições “erosivas” (voçorocas, cicatrizes de escorregamento, etc.)	2
Número de nascentes em rede fluvial de até 3ª. Ordem	1	Tipo de litologia do aquífero	1
Número de nascentes em rede fluvial de até 4ª. Ordem	1	Forma do topo dos morros e demais compartimentos	1
Número de nascentes em rede fluvial de até 5ª. Ordem	1	Cercamento da nascente para a sua proteção	1
Mapeamento das nascentes com coordenadas geográficas e base cartográfica	1	Horto Florestal para atender a produção de mudas para plantio nas nascentes	1
Área na nascente ser em Vereda	1	Participação dos proprietários das áreas de nascentes na sua seleção, localização e usos	1
Impermeabilização da Bacia hidrográfica	1	Conexão com os técnicos agrícolas na identificação das nascentes e no contato com os proprietários	1
Densidade de ocupação da Bacia Hidrográfica	1	Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	1
Declividade da vertente nas cabeceiras	1		

Fonte: elaborado pelos autores

Dentre as sugestões de inclusão de parâmetros, apresentadas acima, nem todas foram acatadas, optando-se, assim, pela exclusão dos seguintes parâmetros:

- *Excluídos por falta de lastro com estudos em nascentes*: “produtividade do sistema”, área da nascente em vereda”, “forma dos topos de morro”, “número de nascentes da rede fluvial”, “variação de temperatura ao longo do ano”,

“horto florestal para atender a produção de mudas para plantio nas nascentes”, “enquadramento em classe especial”, “regime de fluxo”, “mapeamento das nascentes com coordenadas geográficas” e “base cartográfica e nascente cadastrada/mapeada”

- *Excluídos por inviabilidade*: “rugosidade das encostas”, “descarga fluvial”, “perfil longitudinal do rio”, “avaliação da comunidade microfitobentônica”, “participação dos proprietários das áreas de nascentes na sua seleção”, “localização e usos”, “impermeabilização da bacia hidrográfica” e “conexão com os técnicos agrícolas na identificação das nascentes e no contato com os proprietários”;
- *Excluídos por se configurarem como técnica de avaliação e não parâmetro*: “análise isotópica”, “instalação de vertedouro ou calha na nascente”, “instalação de piezômetros” e “monitoramento de piezômetros”;
- *Excluídos por similaridade*: “florações algais”, “declividade da vertente nas cabeceiras”, “distribuição das chuvas ao longo do ano”, “% de adequação à metragem estabelecida para APP legal”, “distância média de ocupações humanas”.

Isto posto, após esta breve análise e interpretação dos parâmetros recomendados, concluiu-se que alguns deles deveriam ser considerados, optando-se então por incorporá-los, posteriormente, na segunda rodada do Delphi. Dessarte, as sugestões ponderadas para a segunda rodada, foram:

- “Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente”, que abarca o parâmetro “associação do ponto/zona de exfiltração com feições erosivas (voçorocas, cicatrizes de escorregamento, etc.)”;
- “Localização (Categorias: unidade de conservação, propriedade particular, ou livre acesso)”;
- “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga” que engloba os parâmetros “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com outorga”, “Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) sem outorga”, “Captação direta de água outorgada” e “Captação direta de água sem outorga”;
- “Cercamento da nascente para sua proteção”;
- “Geologia da bacia” que envolveu os parâmetros “Presença de afloramentos rochosos”, “Tipo de rocha” e “Tipo de litologia do aquífero”;
- “Número de pessoas beneficiadas (uso direto e indireto)” que foi reescrito e subdividido em dois novos parâmetros: “Usos da água da nascente na ‘APP’ e ‘Usos’ da água da nascente na bacia de contribuição”;
- “Vazão da nascente”.

Desta maneira, ao final da primeira rodada, levando em conta as devidas exclusões e acréscimos, chegou-se em um total de 49 parâmetros. No avanço para a segunda rodada do Delphi, esses parâmetros foram organizados em quatro categorias: a) parâmetros que refletiam as características estruturais da nascente, atrelados ao reconhecimento da mesma; b) parâmetros de pressão; c) parâmetros de estado; d) parâmetros de resposta. Essa categorização se coaduna com os preceitos do modelo P-E-R.

Deve-se ressaltar, que se viu a necessidade de criar uma categoria estrita para parâmetros de caracterização das nascentes, pois diversos parâmetros não se efetivaram enquanto ferramentas de avaliação de qualidade, mas são elementos descritivos relevantes para a compreensão das nascentes. Ou seja, muitos parâmetros não refletiam as pressões sofridas pelas nascentes, ou o estado o qual elas se encontram, ou quais medidas podem ser tomadas a fim de mitigar os danos causados às nascentes. Dessarte, o quadro 5 dispõe os parâmetros utilizados para a caracterização das nascentes.

Quadro 5: Parâmetros de caracterização da nascente

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA NASCENTE
· Profundidade do solo
· Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente
· Tipo de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição
· Geologia da bacia de contribuição
· Vazão da nascente
· Declividade do canal de primeira ordem
· Usos da água da nascente
· Morfologia da nascente
· Tipo de exfiltração
· Mobilidade da nascente
· Sazonalidade das nascentes

Fonte: elaborado pelos autores

No quadro 6 tem-se, respectivamente, a representação dos parâmetros considerados de estado, de pressão e de resposta, bem como a quantidade de votos que cada um recebeu. Deve-se ressaltar que esses foram os parâmetros enviados aos especialistas na segunda rodada do painel Delphi.

Assim, foi pedido que cada painelista selecionasse os cinco parâmetros julgados como os mais importantes. Dentre os 47 formulários enviados, obteve-se um retorno de 26. Novamente, foi feita a tabulação dos dados, onde realizou-se a contagem do número de indicações que cada parâmetro havia recebido (QUADRO 6).

Quadro 6: Ranking dos parâmetros de Pressão, Estado e Resposta (do mais ao menos votado) e a quantidade de votos recebidos

PARÂMETROS DE PRESSÃO	PARÂMETROS DE ESTADO	PARÂMETROS DE RESPOSTA
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente (21)	Coliformes termotolerantes na água (22)	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes (23)
Degradação na APP da nascente (19)	Eutrofização da água (15)	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes (21)
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente (18)	DBO na água (12)	Articulação entre população e entidades de regulação (19)
Assoreamento na nascente (18)	Óleos e graxas na água (12)	Combate e – ou controle de processos erosivos na APP da nascente (16)
Degradação na bacia de contribuição da nascente (17)	Chumbo total na água (11)	Combate e – ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição (15)
Erosão acelerada na bacia de contribuição (15)	Mercúrio na água (11)	Existência de algum cuidador da nascente (12)
Lixo na APP da nascente (13)	Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água (10)	Cercamento da nascente para a sua proteção (12)
Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga (11)	Turbidez da água (10)	Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados a mesma (10)

Lixo na bacia de contribuição (4)	Arsênio total na água (9)	Localização (unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso) (9)
Registro de queimadas na APP da nascente (4)	Percentual de vegetação nativa na APP da nascente (9)	Conhecimento acerca da existência da nascente (7)
PARÂMETROS DE PRESSÃO	PARÂMETROS DE ESTADO	PARÂMETROS DE RESPOSTA
Registro de queimadas na bacia de contribuição (3)	Percentual de vegetação nativa na Bacia de contribuição (8)	
Nível de dificuldade de acesso a nascente (2)	Nitrogênio total na água (6)	
	Fósforo total na água (5)	
	OD na água (5)	
	PH da água (5)	
	Cloreto total na água (3)	

Fonte: elaborado pelos autores

Destarte, após as duas rodadas do Painel Delphi, analisando, cuidadosamente, as respostas recebidas, bem como as críticas e sugestões apontadas pelos especialistas, o quadro 4 apresenta os parâmetros mais recomendados para se alcançar uma avaliação ambiental de nascentes robusta, completa, multidisciplinar e que leve em conta a multiplicidade de elementos que compõem este complexo sistema ambiental.

Considerações finais

Este trabalho traz a reflexão de como um estudo multidisciplinar é imprescindível para o entendimento da dinâmica das nascentes, tal como sua qualidade ambiental. No intuito de se avaliar a qualidade ambiental das nascentes, partiu-se do pressuposto que os parâmetros de avaliação deveriam ser os mais heterogêneos possíveis, refletindo assim, a multidisciplinaridade e a complexidade que abarcam o estudo de nascentes. Isso evidencia que é inviável e reducionista, se avaliar a qualidade ambiental de uma nascente sem levar em consideração de modo integrado as esferas física, ecológica e social.

Uma multiplicidade de parâmetros segregados, como protestado neste trabalho, não contribui efetivamente para uma boa gestão. Entretanto, a integração deles sim.

Deste modo, elencar quais parâmetros são relevantes para a avaliação da qualidade ambiental das nascentes é só o primeiro passo de algo maior. Conhecer quais parâmetros auxiliam na avaliação da qualidade ambiental das nascentes, pode nortear estudos mais robustos e de grande importância para o planejamento e gestão ambiental.

A partir dos resultados do Painel Delphi, pode-se concluir que não houve um claro consenso acerca dos parâmetros escolhidos dentro do universo de especialistas consultados. Isso quer dizer, que a formação acadêmica dos painelistas, interferiu, de forma direta, na escolha dos parâmetros. Percebe-se, também, uma nítida preferência por parâmetros de natureza qualitativa, entretanto, alguns voltados para a seara social, outros para a qualidade da água e outros para a gestão e planejamento. De certa forma, isso explicita mais ainda, o caráter complexo e multidisciplinar que envolve a compreensão do sistema nascente.

Ademais, deve-se destacar que ainda que sejam levantada uma série de parâmetros que podem contribuir de forma eficaz com a avaliação da qualidade ambiental das nascentes, não foi objetivo deste trabalho abordar, metodologicamente, como esses parâmetros devem ser mensurados e trabalhados. Entende-se que são parâmetros de naturezas diferentes, cabendo assim ao pesquisador averiguar a melhor forma de trabalhá-los em cada projeto proposto.

Diante disso, deve-se ressaltar, que foi objetivo deste trabalho, dispor aos futuros leitores, uma maior gama de opções acerca de parâmetros de qualidade ambiental, não se atendo apenas aos parâmetros voltados especificamente para qualidade da água, corriqueiramente vistos na literatura. Assim, é importante que cada pesquisa reflita sobre qual pergunta se quer responder com a avaliação da nascente. Se a preocupação for relacionada às ações que levam à degradação, os parâmetros de pressão devem ser enfatizados. Se o foco é a gestão, os parâmetros de resposta devem ser priorizados. Se o intuito é um diagnóstico ambiental, cabe ao pesquisador consultar os parâmetros de estado elencados, e selecioná-los de acordo com a realidade de sua pesquisa.

Além disso, é possível que cada campo do conhecimento tenha mais afinidade com determinados parâmetros, com pesquisas preconizando parâmetros objetivos e outros subjetivos, cabendo, também, ao pesquisador, fazer a escolha dos parâmetros que melhor condizem com a natureza de seus objetivos.

Portanto, é nesta conjuntura que este trabalho ganha importância. Espera-se que a partir dos resultados aqui levantados, seja possível de se fornecer, para toda a comunidade acadêmica, uma robusta e confiável fonte de consulta, fundamental para otimizar e sistematizar as pesquisas dos futuros trabalhos, à luz de um conciso ponto de partida, oriundo do respaldo científico de especialistas das maiores instituições de pós graduação do Brasil, apontando para o pesquisador, a forma mais adequada de se fazer uma avaliação ambiental de nascentes.

Referências bibliográficas

ALLABY, Ailsa; ALLABY, Michael. *The concise Oxford Dictionary of earth sciences*. Oxford: Oxford University, 1991.

ARIZA, C. G.; NETO, M. D. de A. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia pressão - estado impacto - resposta (P.E.I.R.). *Caminhos de Geografia Uberlândia*, v. 11, n. 35, p. 128-139, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16104>

CARMO, L.G.; FELIPPE, M.F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 34, n. 2, p. 275-293, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/31733>

CANTONATI, M.; FENSHAM, R.J.; STEVENS, L.E.; GERECKE, R.; GLAZIER, D.S.; GOLDSCHIEDER, N.; KNIGHT, R.L.; RICHARDSON, J.S; SPRINGER, A.E.; TÖCKNER, K. An urgent plea for global spring protection. *Conserv Biol*. v. 35, n 1, p. 378-382, 2020. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/cobi.13576>

DAVIS, E. E.; ELDERFIELD, H. (Ed.). *Hydrogeology of the Oceanic Lithosphere*. Cambridge University Press, 2004.

DE BLIJ, H. J.; MULLER, P. O.; WILLIAMS, R. S. *Physical geography: the global environment*. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 2004.

FELIPPE, M. F. Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Geografia – área de concentração: Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, p. 254, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCC-9GQJDJ>

FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. *GEOgrafias (UFMG)*, v. 9, n. 1, p. 70-81, 2013. Disponível em: <https://www.periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13354>

GOMES, P.M.; DE MELO, C.; DO VALE, V.S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9169> GUIMARÃES, A.; FERREIRA, I. M. Protocolo de avaliação rápida para nascentes de cursos d'água: a relação urbano-rural no contexto ambiente e sociedade. In: NEVES, A.F; DE PAULA, M.H; DOS ANJOS, P.H; BERNARDO, J.L. Estudos Interdisciplinares em Ciências Ambientais, Território e Movimentos Sociais. São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <https://openaccess.blucher.com.br/article-details/protocolo-de-avaliacao-rapida-para-nascentes-de-cursos-dagua-19951>.

GUNAYDAN, M.H. The Delphi method. Retrieved from *Izmir Institute of Technology, School of Business*, Istanbul, Turkey. 2006 Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Huesnue-Guenaydin/publication/308653253_The_Delphi_Method/links/57ea495008aef8bfcc9901ff/The-Delphi-Method.pdf

HELMER, O. Problems in futures research: Delphi and causal cross-impact analysis. *Futures*, v.9, n.1 p. 17-31, 1977 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001632877900490>

KONDOLF, G. M.; PINTO, P. J. The social connectivity of urban rivers. *Geomorphology*, v. 277, p. 182-196, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X16308650>

LEVREL, H., KERBIRIOU, C., COUVET, D. OECD pressure–state–response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve. *Biodiversity Conservation* v. 18, p. 1719- 1732, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-008-9507-0>

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. *The Delphi Method; techniques and applications*. New Jersey: Listone e Turof, 2002. Disponível em: <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/delphibook.pdf>

LOPES, V.C.; LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de estações de tratamento de água (IQETA). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.4, p.318-328, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/JsFVgtRvbfYKmZknNsYJG6R/abstract/?lang=pt>

MANGI, S.C.; CALLUM, R.M.; RODWELL, L.D. Reef fisheries management in Kenya: Preliminary approach using the driver–pressure–state–impacts–response (DPSIR) scheme of indicators, *Ocean & Coastal Management*, v. 50, Issues 5–6, p. 463-480, 2007 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569106001566>

MASÓ, J.; SERRAL, I.; DOMINGO-MARIMON, C.; ZABALA, A. Earth observations for sustainable development goals monitoring based on essential variables and driver-pressure-state-impact-response indicators, *International Journal of Digital Earth*, v.13, n.2, p.217- 235, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2019.1576787>

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 2015

MORIN, E. From the concept of system to the paradigm of complexity. *Journal of social and evolutionary systems*, v. 15, n. 4, p. 371-385, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/1061736192900248>

MOURA, M. N.; ALVES, M.J.B.; DIAS, J.S.; NETO, J.O.A.; FELIPPE, M.F. Grau de alteração ambiental dos hidrossistemas do campus da UFJF. *Revista de Geografia (UFJF)*, v.6, n.2, p.173-183, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18024>

OECD – Organization for Co-Operation and Development. *Core Set of Indication for Environmental Performance Review: A Synthesis report by the Group on the State of the*

Environment. OECD: Paris, 1993. Disponível em:

[https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(93\)179&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(93)179&docLanguage=En)

OLIVEIRA, M.C.P.; ÁVILA, B.T.; FELIPPE, M. F.; MOURA, M. N.; SILVA, B.M.; DIAS, J.S. Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista de Geografia (UFJF)*, v.3, n.1, p.1-7, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17930>

ONUOHA, F. Environmental degradation, livelihood and conflicts: A focus on the implication of the diminishing water resources of Lake Chad for North-eastern Nigeria. *Draft Paper, National Defence College*, v.8, n.2, 2008. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ajcr/article/view/39425>

PARAGUAÇU, L.; MIRANDA, V.; FELIPPE, M. F., MAGALHÃES-JÚNIOR, A.. Influência da urbanização na qualidade das nascentes de Parques Municipais em belo Horizonte - MG. IN: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Anais... Recife: UFPE, 2010. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/61.pdf>

RAMOS, T.B. Sistemas de indicadores e índices ambientais. IN: 4º CONGRESSO NACIONAL DOS ENGENHEIROS DO AMBIENTE. Anais... Portugal: APEA; 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/JbBkxNNZd36x39dzRQd596k/?lang=pt>

SKULMOSKI, G.J., HARTMAN, F.T.; KRAHN, J. The Delphi Method for Graduate Research. *Journal of Information Technology Education: Research*, v. 6, n. 1, p., 1-21, 2007 Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/111405/>.

SOUZA, K. I. S.; CHAFFE, P.L.B; PINTO, C.R.S.C; NOGUEIRA, T.M.P. Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 1, p. 76-86, 2019. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29254>

SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*, v. 17, n.1, p. 83-93, 2009 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227165369_Spheres_of_discharge_of_springs

STEVENS, L.E; et al.The Ecological Integrity of Spring Ecosystems: A Global Review. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier, 2021.

TODD, D. K.; MAYS, L. W. *Groundwater hydrology*. John Willey and Sons, 2005 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255948044_Groundwater_Hydrology

TORRES, F. T. P. Mapeamento e análise de impactos ambientais das nascentes do córrego Alfenas, Ubá (MG). *Revista de ciências agroambientais*, v. 14, n. 1, 2016 Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1409>

TROPMAIR, H. *Biogeografia e meio ambiente*. 3ª ed. Rio Claro: Impress Graff, 1989

VALENTE, O.F.; GOMES, M.A. *Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 17 n.1, p.161-168, 2012. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=61&SUMARIO=811>

VIGHI M.; FINIZIO A.; VILLA S. The evolution of the environmental quality concept: from the US EPA RedBook to the European Water Framework Directive. *Environmental Science and Pollution Research*, v.13, n.1, p. 9–14, 2006. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/7355578_The_Evolution_of_the_Environmental_Quality_Concept_From_the_US_EPA_Red_Book_to_the_European_Water_Framework_Directive

VON BERTALANFFY, L.; SUTHERLAND, J. W. General systems theory: Foundations, developments, applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, n. 6, p. 592-592, 1974.

Mirella Nazareth de Moura

Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestra e graduada em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, CEP 31270901, Belo Horizonte - MG

E-mail: mirellanm92@hotmail.com

Orcid: 0000-0002-7552-0006.

Miguel Fernandes Felipe

Doutor, mestre e graduado em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da mesma instituição. Coordenador do grupo de pesquisas TERRA - Temáticas Especiais Relacionadas ao Relevo e à Água (UFJF-CNPq).

Rua José Lourenço Kelmer, s.n. – São Pedro, CEP 36036330, Juiz de Fora - MG

E-mail: miguel.felippe@ich.ufjf.br

Orcid: 0000-0002-0261-4298

Recebido para publicação em março de 2022.
Aprovado para publicação em agosto de 2022.