

DN DE RECARGA ARTIFICIAL (RECARGA GERENCIADA DE AQUÍFEROS)

Mauricio Nicolau de Assis Bertachini

Presidente da ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) Minas Gerais
Coordenador do Grupo 04 – Recarga Artificial de Aquíferos

mauricio@mdgeo.com.br

Gerson de Araújo Filho

Analista Ambiental

gerson.araujo@meioambiente.mg.gov.br

Linha do tempo

NOVEMBRO/2020

Aprovação pela CTIG a criação do Grupo de Trabalho “Recargas Artificiais de Aquíferos”

MARÇO/2021

Criação do GT e elaboração do Plano de Trabalho GT – Recarga com 8 reuniões

MARÇO-ABRIL/2021

Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica

MAIO-SETEMBRO/2021

Discussão sobre conceitos, objetivos, vedações, estudos técnicos, monitoramento, procedimentos da DN Recarga Artificial

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos.

NOVEMBRO/2020

• **Aprovação pela CTIG a criação do Grupo de Trabalho “Recargas Artificiais de Aquíferos”**

Pauta da 73ª Reunião Extraordinária da
Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão - CTIG do
Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH/MG
Data: 20 de novembro de 2020, sexta-feira, às 9h.

Endereço virtual da reunião:

<https://www.youtube.com/channel/UChU1iAb462m8py3C1jsJl4w>

1. Abertura pela Presidente da CTIG, Rayssa Cordeiro Figueiredo, representante do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA/MG.

2. Comunicado dos conselheiros.

3. Exame da Ata da 72ª RO CTIG, realizada em 2 de setembro de 2020.

4. Minuta de norma para exame e deliberação:

4.1 Proposta de criação de GT para regulamentar a atividade de recarga artificial de aquíferos. Processo SEI 2240.01.0003526/2020-72. Responsável: Diretoria de Planejamento e Regulação – DPLR/Igam.

4.2 Minuta de Deliberação Normativa CERH que estabelece diretrizes gerais para metodologia de cálculo e fixação de preços públicos da cobrança pelo uso de recursos hídricos em Minas Gerais. Processo SEI nº 2240.01.0001535/2019-94. Responsável: Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão - CTIG

5. Assuntos Gerais.

6. Encerramento.

- Apresentação da legislação estadual e federal e de dois estudos de caso de solicitação de recarga artificial de aquíferos no Estado de Minas Gerais.
- Proposta de criação de um grupo de trabalho para regulamentar a atividade de recarga artificial de aquíferos, tanto em fase de teste quanto definitivamente.

Rayssa Cordeiro Figueiredo

Presidente da Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão - CTIG.

Criação de GT para regulamentar a atividade de recarga artificial de aquíferos

Processo SEI 2240.01.0003526/2020-72.

Responsável: Diretoria de Planejamento e Regulação –
DPLR/Igam.

- **O grupo de trabalho Recarga Artificial de Aquífero foi criado para desenvolver e emitir uma normativa de orientação para implementar e regularizar a recarga artificial no estado de Minas Gerais. Um dos objetivos é procedimentar a avaliação e o acompanhamento das solicitações para execução de um sistema de recarga artificial (recarga gerenciada). Portanto o objetivo principal do grupo é proposta para regulamentação da atividade de recarga artificial de aquífero tanto em fase de teste quanto definitiva)**

MARÇO/2021

• Criação do GT e elaboração do Plano de Trabalho GT – Recarga com 8 reuniões



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH
Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão – CTIG
Grupo de Trabalho Recarga Artificial de Aquíferos

GRUPO DE TRABALHO 05 – “RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS”

PLANO DE TRABALHO

(Aprovado na 2ª Reunião realizada no dia 31/03/2021)

1. Fundamentação Legal:

- Lei Estadual nº 13.771, de 11 de dezembro de 2000 - Dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e dá outras providências.

“Art. 33 - A recarga artificial de aquíferos dependerá de autorização do CERH-MG e fica condicionada à realização de estudos que comprovem sua conveniência técnica, econômica e sanitária e a preservação da qualidade das águas subterrâneas.”

- Resolução CNRH nº 153, de 17 de dezembro de 2013 - Estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro

2. Objetivo:

Regulamentação da atividade de recarga artificial de aquíferos tanto em fase de teste quanto definitivamente.

3. Cronograma de Atividades:

Data	Reuniões/horário	Assuntos:
12/03/2021	1ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Abertura dos trabalhosAprovação do calendárioApresentações sobre recarga de Aquíferos<ul style="list-style-type: none">Prof. HirataProf. Troeger
31/03/2021	2ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Apresentações sobre recarga de Aquíferos<ul style="list-style-type: none">Aberta aos interessados
23/04/2021	3ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Minuta de DN<ul style="list-style-type: none">ConceitosObjetivosVedações
20/05/2021	4ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Minuta de DN<ul style="list-style-type: none">Estudos técnicosMonitoramentoProcedimento para autorização pelo CERH
18/06/2021	5ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Minuta de Termo de Referência<ul style="list-style-type: none">Estudos necessáriosProcedimento para autorização
23/07/2021	6ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Minuta de Termo de Referência<ul style="list-style-type: none">Monitoramento
19/08/2021	7ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Validação da Minuta de DN
03/09/2021	8ª (9h às 12h)	<ul style="list-style-type: none">Validação do Termo de Referência Básico

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais de recursos hídricos**
 1. **MAR 20210301_Ricardo_Hirata**
 2. **2011_LeonardoAlmeida_recarga artificial Caldas Novas-GO**
 3. **Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no distrito federal_2015**
 4. **Nota_Tecnica_4734705_NT_37.2017_SDU.ADASA___Fundamentacao_Minuta_Reso
I_Recarga**

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica**



A recarga antrópica de aquíferos: bases técnicas para a sua regulação

Prof. Ricardo Hirata
CEPAS|USP : Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas
Universidade de São Paulo

USP

Tipos de Recarga

- Recarga não intencional
- Recarga Artificial
- Recarga Manejada de aquífero

Importância das águas subterrâneas Metropolitanas de São Paulo

Tipos de recarga artificial

- Reservatório de infiltração de água de
- Lagoa de oxidação para recarga de aqu
- Recarga por filtração de margem de rio
- Recarga por bacias temporárias

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica**



- **Recarga Gerenciada de Aquíferos em outros países**

- **Uso da água subterrânea**
- **Evolução do uso da água subterrânea e implantação de sistemas de recarga gerenciada**

- **Limitações e cuidados com o uso da Recarga Gerenciada de aquíferos**

MARÇO-ABRIL/2021

- Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica

1. MAR 20210301_Ricardo_Hirata



Principais mensagens

- A recarga de aquíferos é uma **prática comum em muitos países**, que acumulam experiências de sucesso e lições importantes
- A recarga manejada de aquíferos (ReGA) oferece oportunidades de **aumento da disponibilidade hídrica** e do uso do solo como sistemas de tratamento de águas (ou polimento final de tratamento de efluentes)
- A **falta de disciplinamento** não induz a não prática (intencional ou não) de recarga de aquíferos
- Em regiões onde as **estações secas e úmidas** são muito caracterizadas e aquelas com abundância de água (que se perde para o rio), há muitas oportunidades de reduzir problemas e aumentar a disponibilidade hídrica com a recarga

23/22

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica**

1. 2011_LeonardoAlmeida_recraga artificial Caldas Novas-GO

ESTUDO DA APLICABILIDADE DE TÉCNICAS DE RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS PARA A SUSTENTABILIDADE DAS ÁGUAS TERMAIS DA REGIÃO DE CALDAS NOVAS - GO

TESE DE DOUTORADO Nº 104

LEONARDO DE ALMEIDA

Brasília-DF
2011

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS	
3.1. ASPECTOS CONCEITUAIS.....	26
3.2. TÉCNICAS DE RECARGA ARTIFICIAL.....	28
3.2.1. <i>Sistemas de Recarga em Superfície</i>	29
3.2.2. <i>Sistemas de Recarga em Profundidade</i>	31
3.3. HISTÓRICO E RECARGA ARTIFICIAL NO MUNDO.....	35
3.4. RECARGA ARTIFICIAL NO BRASIL.....	39
3.5. BENEFÍCIOS E PROBLEMAS COM USO DA RECARGA ARTIFICIAL.....	43
CAPÍTULO 4 - ESTUDOS PARA IMPLANTAÇÃO DE MECANISMOS DE RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS NA REGIÃO DE CALDAS NOVAS	
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	45
4.2. TRABALHOS PRÉVIOS.....	46
4.2.1. <i>Ensaio de Infiltração In Situ - Sistema Aquífero Intergranular</i>	46
4.2.2. <i>Geofísica</i>	47
4.3. PERFILAGEM ÓTICA DOS POÇOS TERMAIS.....	50
4.4. ENSAIOS HIDRÁULICOS.....	52
4.5. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGEOLÓGICA.....	61
4.6. HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS DE RECARGA.....	65

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica**

1. 2011_LeonardoAlmeida_recraga artificial Caldas Novas-GO

4.6.1. <i>Águas Naturais dos Aquíferos</i>	65
4.6.2. <i>Águas de Piscinas Termiais</i>	66
4.6.3. <i>Isótopos Estáveis</i>	76
4.7. QUALIDADE DA ÁGUA.....	79
4.7.1. <i>Sistemas de Tratamento de Água</i>	80
CAPÍTULO 5 - RECARGA ARTIFICIAL DO SISTEMA AQUÍFERO ARAXÁ NA REGIÃO DE CALDAS NOVAS	
5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	88
5.2. SISTEMAS DE RECARGA PILOTO NO AQUÍFERO INTERGRANULAR.....	89
5.3. SISTEMA DE RECARGA ATRAVÉS DE POÇO DE INJEÇÃO.....	93
5.3.1. <i>Captação e Armazenamento das Águas Termiais</i>	93
5.3.2. <i>Bombeamento e Condução das Águas Termiais para Estação de Tratamento</i>	94
5.3.3. <i>Aeração</i>	95
5.3.4. <i>Filtração Integrada</i>	96
5.3.5. <i>Monitoramento Quali-Quantitativo</i>	98

MARÇO-ABRIL/2021

- **Apresentações de professores universitários e profissionais da área hídrica**

1. Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no distrito federal_2015



Relatório de consulta técnica
**Diretrizes para o desenvolvimento de
recarga artificial de aquíferos no distrito
federal**

Brasília, Outubro de 2015.

3. RECARGA ARTIFICIAL DOS AQUÍFEROS	14
3.1 Recarga Natural dos Aquíferos	14
3.2 Recarga Artificial dos Aquíferos	15
3.3 Métodos e Técnicas	17
3.3.1 Métodos de Recarga em Superfície	18
3.3.2 Método de Recarga Artificial na Zona Não Saturada	22
3.3.3 Método de Recarga Artificial em Profundidade	24
3.4 Objetivos e Resultados Esperados	26
4. DIAGNÓSTICO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA RECARGA ARTIFICIAL NO DISTRITO FEDERAL	27
4.1 Introdução	27
4.2 Subdivisão em Áreas de Acordo com as Características dos Aquíferos	28
4.3 Proposta de Técnicas Aplicadas para o Distrito Federal	32
4.4 Critérios de Aplicação	38
5. OPERACIONALIZAÇÃO DA RECARGA ARTIFICIAL NO DISTRITO FEDERAL	39
5.1 Estudos Básicos Necessários	39
5.2 Controles e Critérios de Avaliação para Emissão de Autorização pelo Órgão Gestor	46
5.3 Responsabilidade Técnica sobre os Projetos	47
5.4 Parcerias Institucionais	47
5.5 Estratégias para Implantação	49
5.6 Cadastro dos Projetos Instalados	49
5.7 Monitoramento	50

MAIO-SETEMBRO/2021

- **Discussão sobre conceitos, objetivos, vedações, estudos técnicos, monitoramento, procedimentos da DN Recarga Artificial**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	CONCEITOS.....	3
3	OBJETIVO.....	5
4	VEDAÇÕES.....	6
5	ESTUDOS TÉCNICOS	7
6	MONITORAMENTO.....	10
7	PROCEDIMENTO PARA AUTORIZAÇÃO PELO CERH	14
8	MINUTA MEMÓRIAS	20

- **Estudos que podem ser realizados**
 - **31 estudos englobando quantidade e qualidade de água utilizada e os aquíferos relacionados**
 - **Atividades de monitoramento hídrico quali-quantitativo**
 - **4 procedimentos para avaliação e liberação da execução da recarga artificial**

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 1º – Esta deliberação estabelece diretrizes e procedimentos necessários para a regularização da recarga artificial de aquíferos no Estado de Minas Gerais.

Parágrafo único – O estabelecido nesta norma se aplica à implementação da recarga artificial de aquíferos, que dar-se-á por meio de cadastro ou outorga de direito de uso de recursos hídricos, sendo a deliberação do processo realizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam ou sob deliberação do Comitê de Bacia Hidrográfica - CBH responsável e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH, de acordo com a classificação da natureza de execução da recarga artificial.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 2º – Para efeito desta deliberação, considera-se:

I – recarga artificial de aquíferos: introdução não natural de água em um aquífero, por intervenção antrópica planejada, por meio da implantação de sistema projetado para este fim, também conhecida como recarga gerenciada de aquíferos,

II – recarga artificial direta: direcionamento não natural da água de chuva ou de outra fonte direto na zona saturada do aquífero,

III – recarga artificial indireta: direcionamento não natural de água da chuva ou de outra fonte para a zona não saturada ou vadosa, de modo que ocorra a infiltração na zona não saturada localizada acima do sistema aquífero a ser alcançado,

IV – métodos de injeção: mecanismos implantados para acelerar, facilitar e aumentar artificialmente o volume de água que o aquífero receberia naturalmente,

V – Sistemas de Recarga Artificial: procedimentos e obras que se destinam a aumentar ou estimular, de forma controlada, o volume de água armazenado no aquífero,

VI – água de reuso: água residuária reutilizada dentro de um sistema de tratamento de água,

VII – água de processo: água que sofre modificação em suas características naturais após utilização em um processo,

VIII – água injetada: produto da mistura da água original do aquífero com a água da recarga artificial.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 3º – Serão admitidas as seguintes práticas de recarga artificial de aquíferos:

I – recarga artificial de aquíferos realizada, parcial ou totalmente, com água proveniente de sistemas de rebaixamento de nível de água subterrânea para mineração ou para obras de construção civil,

II – recarga artificial de aquíferos advinda de atividades antrópicas, que apliquem sistemas de recarga artificial para o aumento do volume de água armazenado no aquífero.

Parágrafo único – Para efetuar as recargas elencadas nos incisos do *caput*, admite-se a utilização de água de chuva, água de rios e lagos, água dessalinizada, água de escoamento superficial e água obtida através do rebaixamento de nível d'água subterrânea proveniente das atividades de mineração e obras civis.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 4º – As práticas de recarga previstas no art. 3º são classificadas de acordo com a natureza de execução, conforme as seguintes classificações:

I – Classificação A: atividade de recarga artificial de aquífero com água de chuva e/ou água superficial captada e inserida de forma direta ou indireta no subsolo, sem que haja alterações indesejáveis na qualidade da água utilizada,

II – Classificação B: atividade de recarga artificial de aquífero com água de chuva e/ou água superficial que envolva alteração na qualidade da água utilizada em momento anterior ao processo de infiltração,

III – Classificação C: atividade de recarga artificial de aquífero com água subterrânea, que não envolva alteração na qualidade em momento anterior ao processo de recarga,

IV – Classificação D: atividade de recarga artificial de aquíferos com água subterrânea, que envolva alteração na qualidade em momento anterior ao processo de recarga.

§ 1º – De acordo com as classificações elencadas nos incisos do caput será obrigatório a apresentação de estudos e informações específicas, necessários para formalização do processo de outorga, conforme especificado no Anexo II.

§ 2º – Os empreendimentos que se enquadram na classificação A não são passíveis de outorga e deverão apenas ser cadastrados junto ao órgão ambiental sob os procedimentos adotados e informados pelo órgão gestor de recursos hídricos.

§ 3º – Os empreendimentos que se enquadram nas classificações B, C e D deverão formalizar processo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, atendendo as premissas dos Anexos I e II.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 5º – Os estudos e informações necessários à formalização do pedido de outorga para execução de recarga artificial de aquíferos estão descritos nos Anexos I e II.

Art. 6º – Os procedimentos para monitoramento da recarga artificial de aquíferos previstos nesta deliberação estão descritos no Anexo II.

§ 1º – Para as recargas que se enquadram na classificação A, não há obrigatoriedade de monitoramento dos parâmetros quantitativos ou qualitativos da água de recarga.

§ 2º – Para as classificações B, C e D será necessário realizar monitoramento, para identificar possível influência da recarga no ponto de execução, bem como em seu entorno.

§ 3º – A água utilizada para a prática de recarga artificial deverá atender aos padrões estabelecidos de qualidade para águas subterrâneas garantindo as características físico-químicas e biológicas de ocorrências naturais, decorrentes do arcabouço geológico regional e local.

§ 4º – O empreendedor deverá suspender imediatamente a recarga artificial quando forem constatadas, por meio do monitoramento, alterações que não foram previstas nos estudos de implantação ou que não fazem parte do objetivo da execução do projeto.

§ 5º – Caso após a publicação da portaria de outorga sejam identificadas inconformidades na implementação da recarga artificial de aquíferos, o empreendedor deverá comunicar ao Igam e paralisar de imediato a atividade de recarga.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 7º – As práticas de recarga artificial passíveis de cadastro ou outorga de direito de uso dos recursos hídricos serão tratadas de acordo com a classificação prevista no Art. 4º desta deliberação:

I – Classificação A: as recargas que se enquadrarem na classificação A serão passíveis de cadastro, a ser realizado no sítio eletrônico do Igam,

II – Classificação B: as recargas que se enquadrarem na classificação B serão passíveis de outorga, cuja análise do processo será realizada pelo Igam,

III – Classificação C e D: para ambas as classificações, os processos serão submetidos inicialmente ao CBH responsável e, posteriormente, ao CERH, mediante avaliação prévia do Igam.

Art. 8º – Para efeitos desta deliberação, as recomendações de recarga artificial não se aplicam às práticas de manejo e conservação de solos no meio rural, nem às metodologias de recarga implantadas individualmente em residências.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

Art. 9º – Os sistemas de monitoramento propostos, vinculados à recarga artificial e ao sistema aquífero que irá receber a recarga, deverão monitorar os aspectos quantitativos de acordo com o exposto no Anexo III.

§ 1º – A variação da capacidade de transmissão de água ao longo do tempo deverá ser avaliada por meio do monitoramento dos seus níveis potenciométricos, a partir de poços, surgências e piezômetros, além da vazão e tempo de recarga.

§ 2º – Para os aspectos de qualidade das águas deve-se considerar os aspectos hidroquímico e bacteriológico para as águas proveniente do aquífero e da recarga artificial, antes e após o início do processo de recarga artificial.

§ 3º – Para a recarga artificial em mananciais de abastecimento público, os parâmetros de monitoramento qualitativos e quantitativos devem apresentar periodicidade mínima mensal, tendo em vista a segurança hídrica do abastecimento público em nascentes/surgências e poços.

Art. 10 – Esta deliberação entra em vigor na data de sua publicação.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO I

Fluxograma dos Sistemas de Recarga Artificial

O fluxograma abaixo apresenta a definição do tipo de recarga e qual procedimento se aplica, de acordo com a natureza da água de recarga a ser realizada pelo empreendedor.

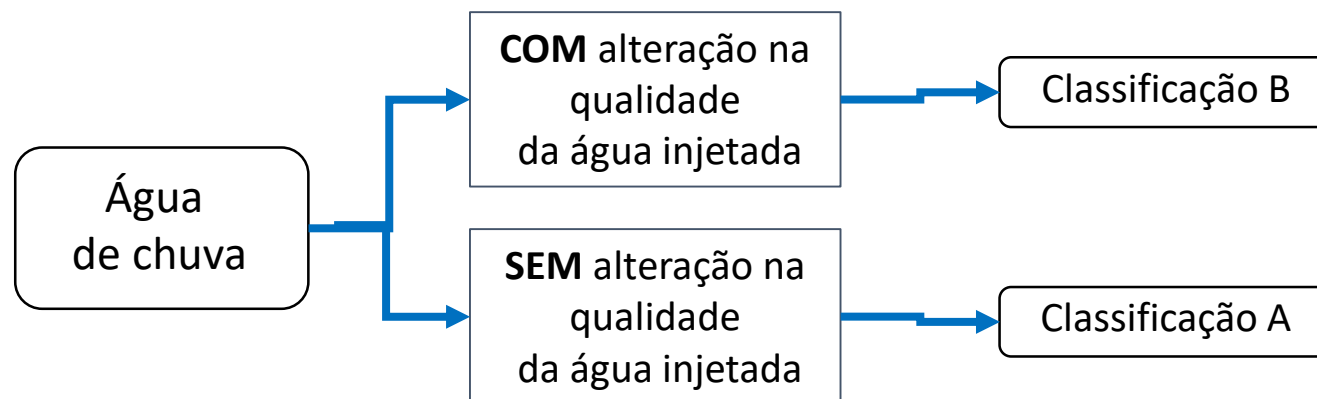
OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO I

Fluxograma dos Sistemas de Recarga Artificial

O fluxograma abaixo apresenta a definição do tipo de recarga e qual procedimento se aplica, de acordo com a natureza da água de recarga a ser realizada pelo empreendedor.



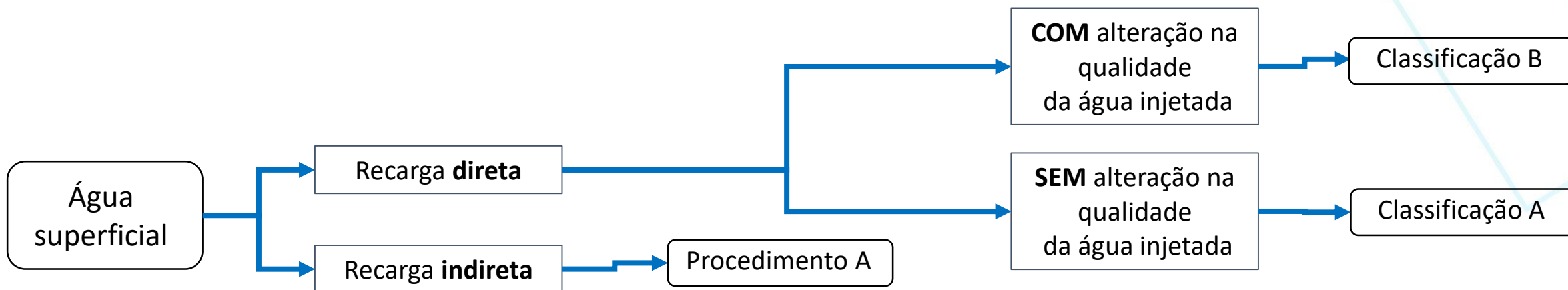
OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO I

Fluxograma dos Sistemas de Recarga Artificial

O fluxograma abaixo apresenta a definição do tipo de recarga e qual procedimento se aplica, de acordo com a natureza da água de recarga a ser realizada pelo empreendedor.



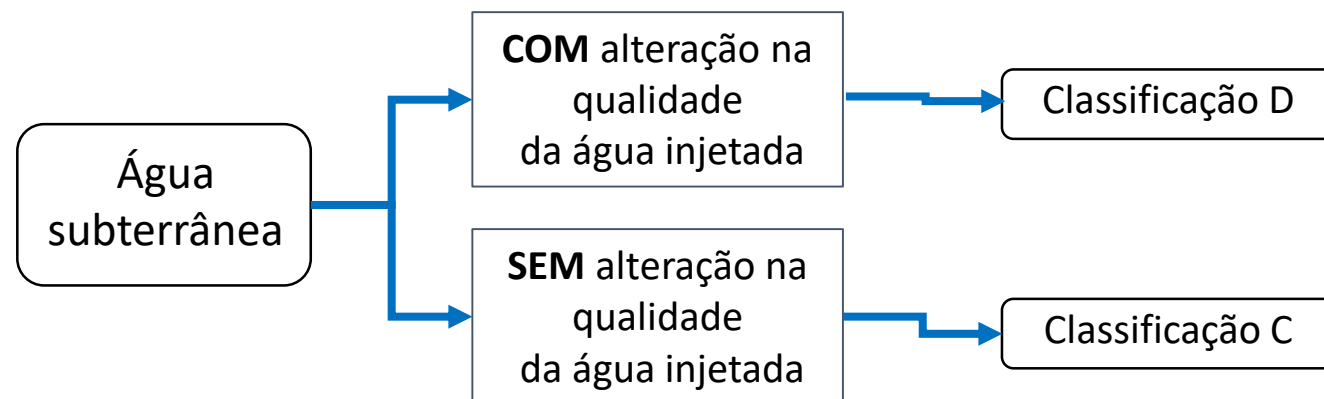
OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- **Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO I

Fluxograma dos Sistemas de Recarga Artificial

O fluxograma abaixo apresenta a definição do tipo de recarga e qual procedimento se aplica, de acordo com a natureza da água de recarga a ser realizada pelo empreendedor.



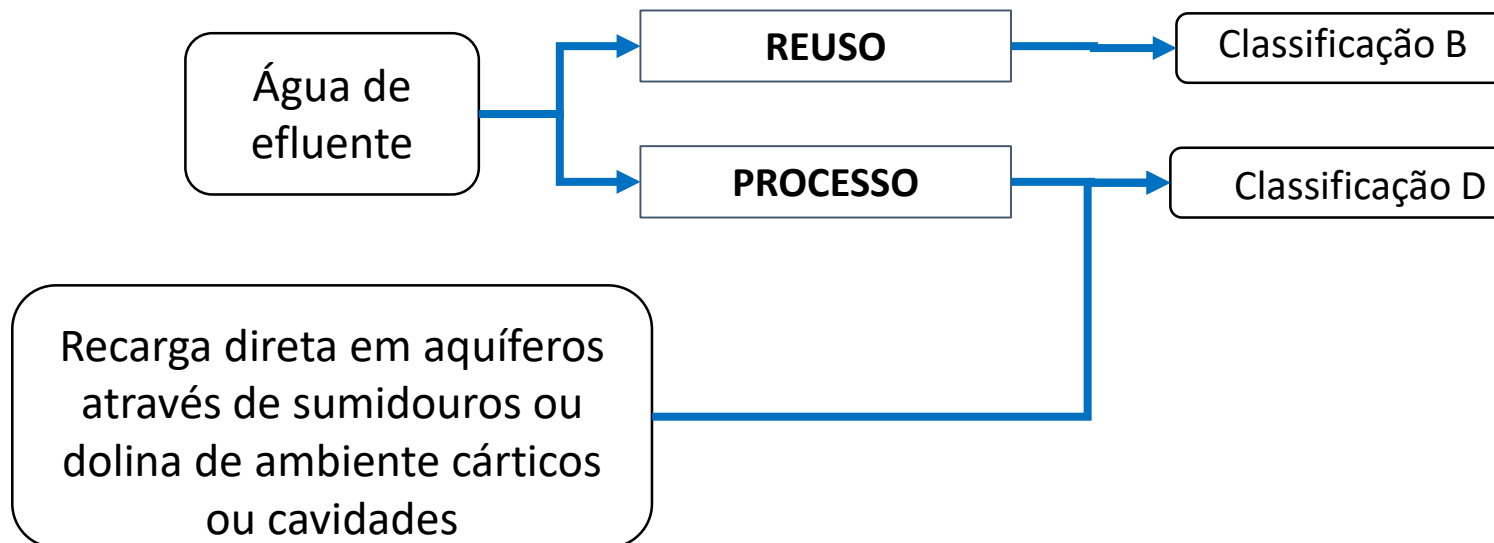
OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO I

Fluxograma dos Sistemas de Recarga Artificial

O fluxograma abaixo apresenta a definição do tipo de recarga e qual procedimento se aplica, de acordo com a natureza da água de recarga a ser realizada pelo empreendedor.



OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

• Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos

ANEXO II

Estudos e informações necessárias para formalização do processo de outorga

A tabela abaixo apresenta as informações necessárias à formalização do processo de outorga para execução da recarga artificial que subsidiarão a avaliação do órgão gestor de recursos hídricos, bem como a análise do CERH.

Procedimento	Estudos e informações necessárias à formalização do processo de outorga para recarga artificial
A	Não se aplica
B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterização e descrição geral do empreendimento; 2. Justificativa da recarga artificial; 3. Mapa atualizado do empreendimento; 4. Caracterização do sistema de recarga artificial; 5. Descrição do uso da água no empreendimento, com a caracterização de todas as fontes de abastecimento, finalidades, vazões e balanço hídrico; 6. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência da recarga artificial (monitoramento da qualidade da água), contemplando os pontos e os instrumentos de medição, a periodicidade e a metodologia de tratamento de dados; 7. Descrição do sistema de recarga artificial a ser implantado, contemplando as finalidades, qualidade da água e formas de adução; 8. Caracterização hidroquímica da área para conhecimento do background natural e da água superficial e do aquífero que será utilizada no sistema de recarga artificial (background); 9. Apresentar as áreas de recargas e de descargas locais e regionais da área a ser impactada com traçado de isolinhas; (modelo conceitual) 10. Apresentar caracterização hidroquímica das águas a serem infiltradas; (Qualitativo) 11. Apresentar caracterização da qualidade físico-química e bacteriológica da água a ser utilizada na recarga artificial e das águas dos aquíferos; (quali-quantitativa).
C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterização e descrição geral do empreendimento; 2. Justificativa da recarga artificial; 3. Mapa atualizado do empreendimento; 4. Caracterização geológica e estrutural, em escala regional e local; 5. Mapa geológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial; 6. Apresentar a área e espessura do solo que deve ser executada a recarga artificial, definindo suas características locais (textura, granulometria, estabilidade, etc.); 7. Modelo hidrogeológico conceitual da área de influência; 8. Estudo de recarga local. Apresentar as áreas de recargas e de descargas locais e regionais da área a ser impactada com traçado de isolinhas; (modelo conceitual) 9. Modelo numérico do fluxo de água subterrânea com as projeções de vazões de recarga e a avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos da região, considerando as interferências referentes à qualidade e aos volumes de água no sistema aquífero. Devido a condições específicas de cada sistema de recarga projetado, nos empreendimentos onde houver mudança da qualidade de água, deverá ser apresentado modelo matemático de dispersão. O modelo matemático de dispersão deverá apresentar os cenários simulados de interação da água de recarga e o sistema aquífero que irá receber a mesma em todo período de operação da recarga artificial identificando a abrangência dos impactos na qualidade da água subterrânea quantitativamente em área e profundidade; 10. Descrição do uso da água no empreendimento, com a caracterização de todas as fontes de abastecimento, finalidades, vazões e balanço hídrico; 11. Mapa hidrogeológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial; 12. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência da recarga artificial (pluviometria, fluviometria, piezometria, hidroquímica, vazões de entrada e saída do sistema etc.), contemplando os pontos e os instrumentos de medição, a periodicidade e a metodologia de tratamento de dados; 13. Mapa de pontos da rede de monitoramento hidrogeológico; 14. Perfis litológicos-estruturais de poços de bombeamento, injeção e monitoramento; 15. Interpretação dos dados de monitoramento hidrogeológico quantitativo; 16. Projeto detalhado do sistema de recarga artificial de nível de água, contemplando as metodologias de injeção, níveis de água, controle de qualidade e vazões projetadas ao longo do tempo e formas de adução e estruturas de armazenamento. Descrição detalhada das estruturas/equipamentos que compõem o sistema de recarga artificial (poços tubulares, drenos, bombas etc.); 17. Inventário de pontos de água subterrânea na área de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada de nascentes, poços tubulares, manuais e de monitoramento. 18. Inventário de usuários de águas superficiais e subterrâneas na área de implantação do sistema de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada do tipo de captação e suas características, finalidade de uso e vazão estimada; 19. Fazer testes para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero através de poços tubulares profundos com piezômetros de observação; 20. Apresentar parâmetros de infiltração, direção de fluxo e transporte na área de interferência da recarga artificial. Para áreas cársticas os estudos devem ser complementados com mapeamentos de sumidouros e outras estururas cársticas que são favoráveis a infiltração (uso de traçadores ambientais e artificiais para definição de zonas de circulação em aquíferos cársticos). Caso necessário a implantação de técnicas de traçadores artificiais e isotópico.

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

- Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos**

ANEXO II

Estudos e informações necessárias para formalização do processo de outorga

A tabela abaixo apresenta as informações necessárias à formalização do processo de outorga para execução da recarga artificial que subsidiarão a avaliação do órgão gestor de recursos hídricos, bem como a análise do CERH.

Procedimento	Estudos e informações necessárias à formalização do processo de outorga para recarga artificial
A	Não se aplica
B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterização e descrição geral do empreendimento; 2. Justificativa da recarga artificial; 3. Mapa atualizado do empreendimento; 4. Caracterização do sistema de recarga artificial; 5. Descrição do uso da água no empreendimento, com a caracterização de todas as fontes de abastecimento, finalidades, vazões e balanço hídrico; 6. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência da recarga artificial (monitoramento da qualidade da água), contemplando os pontos e os instrumentos de medição, a periodicidade e a metodologia de tratamento de dados; 7. Descrição do sistema de recarga artificial a ser implantado, contemplando as finalidades, qualidade da água e formas de adução; 8. Caracterização hidroquímica da área para conhecimento do background natural e da água superficial e do aquífero que será utilizada no sistema de recarga artificial (background); 9. Apresentar as áreas de recargas e de descargas locais e regionais da área a ser impactada com traçado de isolinhas; (modelo conceitual) 10. Apresentar caracterização hidroquímica das águas a serem infiltradas; (Qualitativo) 11. Apresentar caracterização da qualidade físico-química e bacteriológica da água a ser utilizada na recarga artificial e das águas dos aquíferos; (quali-quantitativa).

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

• Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos

ANEXO II

Estudos e informações necessárias para formalização do processo de outorga

A tabela abaixo apresenta as informações necessárias à formalização do processo de outorga para execução da recarga artificial que subsidiarão a avaliação do órgão gestor de recursos hídricos, bem como a análise do CERH.

C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterização e descrição geral do empreendimento; 2. Justificativa da recarga artificial; 3. Mapa atualizado do empreendimento; 4. Caracterização geológica e estrutural, em escala regional e local; 5. Mapa geológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial; 6. Apresentar a área e espessura do solo que deve ser executada a recarga artificial, definindo suas características locais (textura, granulometria, estabilidade, etc); 7. Modelo hidrogeológico conceitual da área de influência; 8. Estudo de recarga local. Apresentar as áreas de recargas e de descargas locais e regionais da área a ser impactada com traçado de isolinhas; (modelo conceitual) 9. Modelo numérico do fluxo de água subterrânea com as projeções de vazões de recarga e a avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos da região, considerando as interferências referentes a qualidade e aos volumes de água no sistema aquífero. Devido a condições específicas de cada sistema de recarga projetado, nos empreendimentos onde houver mudança da qualidade de água, deverá ser apresentado modelo matemático de dispersão. O modelo matemático de dispersão deverá apresentar os cenários simulados de interação da água de recarga e o sistema aquífero que irá receber a mesma em todo período de operação da recarga artificial identificando a abrangência dos impactos na qualidade da água subterrânea quantitativamente em área e profundidade; 10. Descrição do uso da água no empreendimento, com a caracterização de todas as fontes de abastecimento, finalidades, vazões e balanço hídrico; 11. Mapa hidrogeológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial; 12. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência da recarga artificial (pluviometria, fluviometria, piezometria, hidroquímica, vazões de entrada e saída do sistema etc.), contemplando os pontos e os instrumentos de medição, a periodicidade e a metodologia de tratamento de dados; 13. Mapa de pontos da rede de monitoramento hidrogeológico; 14. Perfis litológicos-construtivos de poços de bombeamento, injeção e monitoramento; 15. Interpretação dos dados de monitoramento hidrogeológico quantitativo; 16. Projeto detalhado do sistema de recarga artificial de nível de água, contemplando as metodologias de injeção, níveis de água, controle de qualidade e vazões projetadas ao longo do tempo e formas de adução e estruturas de armazenamento. Descrição detalhada das estruturas/equipamentos que compõem o sistema de recarga artificial (poços tubulares, drenos, bombas etc.); 17. Inventário de pontos de água subterrânea na área de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada de nascentes, poços tubulares, manuais e de monitoramento. 18. Inventário de usuários de águas superficiais e subterrâneas na área de implantação do sistema de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada do tipo de captação e suas características, finalidade de uso e vazão estimada; 19. Fazer testes para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero através de poços tubulares profundos com piezômetros de observação; 20. Apresentar parâmetros de infiltração, direção de fluxo e transporte na área de interferência da recarga artificial. Para áreas cársticas os estudos devem ser complementados com mapeamentos de sumidouros e outras estruturas cársticas que são favoráveis a infiltração (uso de traçadores ambientais e artificiais para definição de zonas de circulação em aquíferos cársticos). Caso necessário a implantação de técnicas de traçadores artificiais e isotópico.
---	--

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

• Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos

ANEXO II

Estudos e informações necessárias para formalização do processo de outorga

A tabela abaixo apresenta as informações necessárias à formalização do processo de outorga para execução da recarga artificial que subsidiarão a avaliação do órgão gestor de recursos hídricos, bem como a análise do CERH.

D	<ol style="list-style-type: none">1. Caracterização e descrição geral do empreendimento;2. Justificativa da recarga artificial;3. Mapa atualizado do empreendimento;4. Levantamento do background local; (background)5. Caracterização geológica e estrutural, em escala regional e local;6. Apresentar a área e espessura do solo que deve ser executada a recarga artificial, definindo suas características locais (textura, granulometria, estabilidade, etc);7. Mapa geológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial;8. Modelo hidrogeológico conceitual da área de influência;9. Estudo de recarga local. Apresentar as áreas de recargas e de descargas locais e regionais da área a ser impactada com traçado de isolinhas; (modelo conceitual)10. Modelo numérico do fluxo de água subterrânea com as projeções de vazões de recarga e a avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos da região, considerando as interferências referentes a qualidade e aos volumes de água no sistema aquífero. Devido a condições específicas de cada sistema de recarga projetado, nos empreendimentos onde houver mudança da qualidade de água, deverá ser apresentado modelo matemático de dispersão. O modelo matemático de dispersão deverá apresentar os cenários simulados de interação da água de recarga e o sistema aquífero que irá receber a mesma em todo período de operação da recarga artificial identificando a abrangência dos impactos na qualidade da água subterrânea quantitativamente em área e profundidade.11. Descrição do uso da água no empreendimento, com a caracterização de todas as fontes de abastecimento, finalidades, vazões e balanço hídrico;12. Mapa hidrogeológico-estrutural, em escala de detalhe, da área de influência da recarga artificial;13. Plano de monitoramento hidrogeológico da área de influência da recarga artificial (pluviometria, fluviometria, piezometria, hidroquímica, vazões de entrada e saída do sistema etc.), contemplando os pontos e os instrumentos de medição, a periodicidade e a metodologia de tratamento de dados;14. Mapa de pontos da rede de monitoramento hidrogeológico;15. Perfis litológicos-estruturais de poços de bombeamento, injeção e monitoramento;16. Interpretação dos dados de monitoramento hidrogeológico quali-quantitativo;17. Projeto detalhado do sistema de recarga artificial de nível de água, contemplando as metodologias de injeção, níveis de água, controle de qualidade e vazões projetadas ao longo do tempo e formas de adução e estruturas de armazenamento. Descrição detalhada das estruturas/equipamentos que compõem o sistema de recarga artificial (poços tubulares, drenos, bombas etc.);18. Inventário de pontos de água subterrânea na área de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada de nascentes, poços tubulares, manuais e de monitoramento;19. Inventário de usuários de águas superficiais e subterrâneas na área de implantação do sistema de recarga artificial e seu entorno, com a caracterização detalhada do tipo de captação e suas características, finalidade de uso e vazão estimada;20. Caracterização hidroquímica da área para conhecimento do background natural e da água superficial e do aquífero que será utilizada no sistema de recarga artificial (background)21. Fazer testes para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero através de poços tubulares profundos com piezômetros de observação;22. Apresentar parâmetros de infiltração, direção de fluxo e transporte na área de interferência da recarga artificial. Para áreas cársticas os estudos devem ser complementados com mapeamentos de sumidouros e outras estruturas cársticas que são favoráveis a infiltração (uso de traçadores ambientais e artificiais para definição de zonas de circulação em aquíferos cársticos). Medir taxa de infiltração com infiltrômetro e caso necessário a implantação de técnicas de traçadores artificiais e isotópicos;23. Apresentar caracterização hidroquímica das águas a serem infiltradas; (Qualitativo);24. Apresentar caracterização hidroquímica das águas subterrâneas que terão contato direto e indireto com a água de recarga artificial; (background);25. Apresentar caracterização da qualidade físico-química e bacteriológica da água a ser utilizada na recarga artificial e das águas dos aquíferos; (quali-quantitativa)26. Apresentar a simulação das possíveis modificações da qualidade química da água, solo, nas rochas e reações químicas e físicas, em consequência a interação com a água da recarga artificial.
---	--

OUTUBRO-NOVEMBRO/2021

• Elaboração e aprovação da DN pelo GT Recarga Artificial de Aquíferos

ANEXO III

Sistema de Monitoramento proposto

Monitoramento de Qualidade	<p>a) As análises devem contemplar os aspectos físico-químicos, de forma que se possa realizar a avaliação das condições de qualidade da água dos aquíferos. Os parâmetros a serem monitorados durante a execução da recarga artificial, constam na legislação vigente, como temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Nitrato, Amônia, oxigênio dissolvido, coliformes totais, fecais e termogênicos.</p> <p>b) Além dos parâmetros previstos, também deverão ser avaliados: bicarbonato, sódio, potássio, cálcio, magnésio, sulfato, nitrato, fosfato, cloreto e turbidez (para a classificação das diversas águas amostradas).</p> <p>c) Outros parâmetros específicos poderão ser solicitados para o plano de monitoramento em função da atividade desenvolvida ou situada próxima da área de aplicação da técnica de recarga artificial. Como por exemplo: nas proximidades de postos de combustíveis deverão ser incluídos na avaliação os parâmetros de Benzeno, Tolueno, Etil Benzeno e Xilenos (BTEX), já para casos de áreas agrícolas deverão ser considerados os parâmetros semi-voláteis.</p> <p>d) A periodicidade deverá ser definida pelo Igam, e não inferior a duas coletas por ano, preferencialmente, em setembro/outubro e março/abril contemplando período seco e período chuvoso. Recomenda-se a coleta ainda de duas amostragens anuais para caracterização de background ou valor de referência das águas da área de implantação da recarga artificial além da amostragem para caracterização da água a ser utilizada no sistema.</p>
Monitoramento dos Níveis Estáticos	<p>a) O monitoramento do comportamento dos níveis estáticos deverá ser realizado nos mesmos poços do monitoramento qualitativo e com periodicidade definida pelo Igam, não inferior a duas medidas por ano nos meses de setembro/outubro e março/abril.</p> <p>b) Nos casos de medição em poços de bombeamento, deverá ser considerado o desligamento da bomba 6 horas antes da medição ou o máximo de tempo possível. Esse tempo de repouso é necessário para que o poço recupere ao máximo seu nível estático, de forma que se possa obter uma medida mais próxima possível ao nível estático.</p>
Monitoramento Hídrico	<p>O monitoramento da área onde foi implantado o sistema de recarga artificial deverá ser enviado de forma documental ao Igam devidamente protocolado com periodicidade a ser definida por este órgão. O responsável pela operação do sistema de recarga artificial deverá manter o registro para consulta de todas as informações apresentadas a seguir:</p> <p>a) os volumes de água utilizados por tipo de recarga;</p> <p>b) a taxa de infiltração ao longo das operações e a quantidade total infiltrada;</p> <p>c) as informações do monitoramento da qualidade da água de recarga e da água do aquífero recarregado;</p> <p>d) a variação do nível potenciométrico;</p> <p>e) os registros de precipitação e evaporação na área de recarga;</p> <p>f) os efeitos da recarga em mananciais de abastecimento (superficiais e subterrâneos) e em nascentes/surgências, assim como nas suas áreas de influência.</p>

OBRIGADO!

Mauricio Nicolau de Assis Bertachini

ABAS-MG

mauricio@mdgeo.com.br

Gerson de Araújo Filho

Igam

gerson.araujo@meioambiente.mgt.gov.br