

PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS

AÇÃO LEVANTAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS,
ESTUDOS INTEGRADOS EM RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DAS RECARGAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS AQUÍFEROS ACOMPANHADOS PELA REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS)

RIO DE JANEIRO - 2025



PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS

**AÇÃO LEVANTAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS, ESTUDOS
INTEGRADOS EM RECURSOS HÍDRICOS**

**AVALIAÇÃO DAS RECARGAS DE
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS
AQUÍFEROS ACOMPANHADOS
PELA REDE INTEGRADA DE
MONITORAMENTO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS (RIMAS)**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração

Valmor José Freddo Filho

EQUIPE RIMAS

Coordenação Nacional

Daniele Tokunaga Genaro
Viviane Cunha

SUREG-PA

Franco Buffon (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Isadora Aumond Kuhn
Marcelo Goffermann
Pedro Cesar de Freitas
Bruno Francisco Braganca Schiehl
Jonathan Machado Santos dos Santos (estagiário)
Gabriel Tweedie Muller (estagiário)

SUREG-SP

Vanessa Sartorelli Medeiros (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Andrea Segura Franzini
Guilherme Nogueira do Santos
Eduardo Marcel Lazzarotto

SUREG-BH

Jose Alexandre Pinto Coelho Filho (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Michele Silva Santana
Raphael Elias Pereira da Cruz
Claudia Silvia Cerveira de Almeida
Maria Fernanda Parise Tomazella da Silva
Bruno Henrique Francelino Ribeiro

SUREG-GO

Vivian Athaydes Canello Fernandes (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Marcio Costa Abreu
Deyna Pinho
Tamiris Araújo Duarte Castro
Nayhara de Lima Oliveira

SUREG-SA

Amilton de Castro Cardoso (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Paulo César Carvalho Machado Villar
Cristovaldo Bispo dos Santos
Hiram Jacques Alves de Rezende
Cristiane Neres Silva
Vitor Hugo S. R. Rodrigues

SUREG-RE

Robson de Carlo da Silva (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Adson Brito Monteiro
Alberto R. Torres Galvão Neto
Fernanda Barbosa Lima
Aerton Zamboni Maia
Isabelle Rosselyne Ferreira de Araújo
Carlos Fernandes V. Gomes

REFO

Luiz Coelho (Assistente de Produção de Hidrologia e Gestão Territorial)
Idembergue Barroso Macedo de Moura
Ricardo Ivan de Lima Sousa
Raimundo Glauber Lima Cunha
Robério Boto Aguiar
Jaime Quintas dos S. Colares
Larissa de Sousa Silva (Estagiária da RIMAS)
Maria Gabryella Patriota Paiva (Residente da RIMAS)

RETE

Sidiney (Assistente de Produção de Hidrologia e Gestão Territorial)
Carlos Eduardo Sobreira Leite
Bruna Karoline de Sena Silva

SUREG-BE

Sheyla Gatinho (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Manoel Imbiriba Junior
Fábio Glayson Reis Pinheiro
Gisele Corrêa dos Anjos
Rosilene do Socorro de Oliveira Sarmento

SUREG-MA

Andre Martinelli Santos (Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial)
Marco Antonio de Oliveira
Paulo Cesar Reis das Chagas
Francisco Sandoval Brito Pereira

REPO

Joana Angélica Cavalcanti Pinheiro (Assistente de Produção de Hidrologia e Gestão Territorial)
Katarina Rempel
Alisson Augusto Silva de Almeida

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)**

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS

**AÇÃO LEVANTAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS, ESTUDOS
INTEGRADOS EM RECURSOS HÍDRICOS**

AVALIAÇÃO DAS RECARGAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS AQUÍFEROS ACOMPANHADOS PELA REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS)

ORGANIZADORES

Daniele Tokunaga Genaro
Viviane Cunha



Rio de Janeiro
2025

REALIZAÇÃO

Departamento de Hidrologia
Divisão de Hidrogeologia e Exploração

ORGANIZAÇÃO

Valmor Freddo

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO**Capa (Núcleo de Comunicação)**

Luiz Fernando do Valle Silvestre

Miolo (Núcleo de Comunicação/DIEDIG)

Luiz Fernando do Valle Silvestre
Andrea Machado de Souza

Diagramação (DIEDIG)

Ricardo Villafan

REVISÃO DO PROJETO**Revisão linguística**

Irinéa Barbosa da Silva

Normalização Bibliográfica

Ana Paula da Silva

Equipe executora

Aerton Zamboni Maia
Alberto R. Torres Galvão Neto
Alisson Augusto Silva de Almeida
Bruna Karoline de Sena Silva
Bruno Francisco B. Schiehl
Carlos Eduardo Sobreira Leite
Cipriano Gomes de Oliveira
Cláudia Silvia Cerveira de Almeida
Clyvihk Renna Camacho
Cristiane Neres Silva
Cristovaldo Bispo dos Santos
Eduardo Marcel Lazzarotto
Fernanda Barbosa Lima
Fábio Glayson Reis Pinheiro
Franco Turco Buffon
Gabriel Tweedie Muller (estagiário)
Gisele Corrêa dos Anjos
Guilherme Nogueira Santos
Guilherme Troian
Hiram Jacques Alves de Rezende
Idemberg B. M. de Moura
Isadora Aumond Kuhn
Jonathan M. dos Santos (estagiário)
Katarina Rempel
Luiz Alberto Costa Silva
Manoel Imbiriba Junior
Marcelo Goffermann
Márcio Costa Abreu
Marco Oliveira
Nayhara de Lima Oliveira
Ney Gonzaga de Souza
Paulo Cesar C. Machado Villar
Paulo Chagas
Pedro Freitas
Raimundo Glauber Lima Cunha
Raphael Elias Pereira da Cruz
Rosilene do Socorro S. de Souza
Tamiris Araújo Duarte Castro
Vitor Hugo S.R. Rodrigues

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A945 Avaliação das recargas de águas subterrâneas nos aquíferos
acompanhados pela rede integrada de monitoramento das
águas subterrâneas (RIMAS) / Organizadores Daniele
Tokunaga Genaro, Viviane Cunha. – Rio de Janeiro : CPRM,
2025.
1 recurso eletrônico : PDF

Ação levantamentos hidrogeológicos, estudos integrados em
recursos hídricos.
ISBN 978-65-5664-581-0

1. Águas subterrâneas. 2. Hidrogeologia. I. Genaro, Daniele
Tokunaga (org.). II. Cunha, Viviane (org.). III. Título.

CDD 551.49

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme – CRB / 7 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) coordena e opera a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS), criada visando atender a necessidade de ampliação do conhecimento e da dinâmica da hidrogeologia nos principais aquíferos do país.

Algumas premissas que orientaram a implantação da rede de monitoramento pelo SGB/CPRM demonstram a sua grande importância para os recursos hídricos no país, destacando:

- Fatores como crescimento demográfico e alterações climáticas impõem fortes pressões sobre os recursos hídricos, tornando de forma crescente, mais complexa e difícil a tomada de decisões quanto à alocação de água.
- O êxito da gestão integrada das águas depende do conhecimento e da compreensão da disponibilidade, em quantidade e qualidade, bem como dos usos e demandas dos recursos hídricos. Nesse contexto, há uma noção geral de que a água subterrânea representa uma importante reserva de água doce e com grande potencial para o atendimento de parte do abastecimento atual e futuro. Entretanto, o grau de conhecimento hidrogeológico no Brasil é fragmentado e ainda insuficiente para a determinação da real potencialidade hídrica, da intensidade de exploração e de identificação de contaminações antropogênicas.
- A abordagem segmentada/separada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos já não é considerada acertada e viável, sendo percebidos como essenciais a análise e o tratamento integrados para a adoção de uma gestão eficiente, equitativa e sustentável que permita lidar de maneira adequada a questão de demandas conflitantes.
- Os sistemas de água subterrânea são dinâmicos e respondem a curto e longo prazo às mudanças climáticas, à exploração e às formas de uso e ocupação dos terrenos. Assim sendo, as medidas sistêmicas obtidas em uma rede de densidade adequada fornecem dados essenciais para avaliar essas interferências, para contribuir com o desenvolvimento de modelos de fluxo preditivos e, finalmente, para subsidiar planejamento, implantação e avaliação da eficácia dos procedimentos de gestão.
- Atualmente a deficiência no conhecimento hidrogeológico tem se sobressaído em função de severas crises hídricas que têm atingido várias regiões do país. Nesse contexto, o monitoramento das águas subterrâneas se destaca como um procedimento fundamental para a obtenção de dados e informações requeridas.
- O papel do monitoramento na caracterização hidrogeológica, bem como no suporte às medidas de proteção e conservação e, conseqüentemente, ao processo de gestão encontra-se estabelecido em diversos instrumentos legais, dentre os quais merecem destaque: as resoluções nº 22/2002 e nº 107/2010 do CNRH e nº 396/2008 do CONAMA, bem como o Programa Nacional de Águas Subterrâneas (MMA, 2009), evidenciado como sendo uma das três ações requeridas para a ampliação do conhecimento.

A RIMAS tem natureza prioritariamente quantitativa, ou seja, registram-se as variações de nível d'água subterrânea (NA), em aquíferos sedimentares e livres por terem maior representatividade espacial e mais "sensíveis" as alterações.

No entanto o monitoramento também é composto por um sistema de alerta e controle da qualidade das águas com medições anuais de alguns parâmetros físico-químicos e análises completas em três situações:

1. Na instalação do poço de observação;
2. A cada cinco anos; e

3. Nos casos em que se verifique, a partir dos parâmetros indicadores, variações significativas nas características físico-químicas da água medidas in situ ou dados pretéritos.

A disponibilização dos dados para consulta e download, bem como de maiores informações sobre a concepção da rede, pode ser obtida no endereço eletrônico rimasweb.sgb.gov.br ou navegando na página do SGB.

Entre os aspectos ponderados na criação da RIMAS está a preocupação de se implantar uma rede que permita o monitoramento integrado dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, de tal modo que os poços são construídos preferencialmente junto às estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Na ausência destas, novas estações pluviométricas são eventualmente instaladas.

A RIMAS é um projeto de caráter institucional e permanente, iniciado em 2009, mantido por recursos institucionais e, a partir de 2020, por meio de parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em algumas regiões. Atualmente, compõem a RIMAS cerca de 450 poços de monitoramento (entre poços perfurados para este fim e outros cedidos por outras instituições), abrangendo 27 aquíferos distribuídos pelo território nacional (Figura 1). A maioria das estações encontram-se em aquíferos sedimentares, embora existam também piezômetros instalados em algumas coberturas cenozoicas, aquíferos cársticos e fraturados.

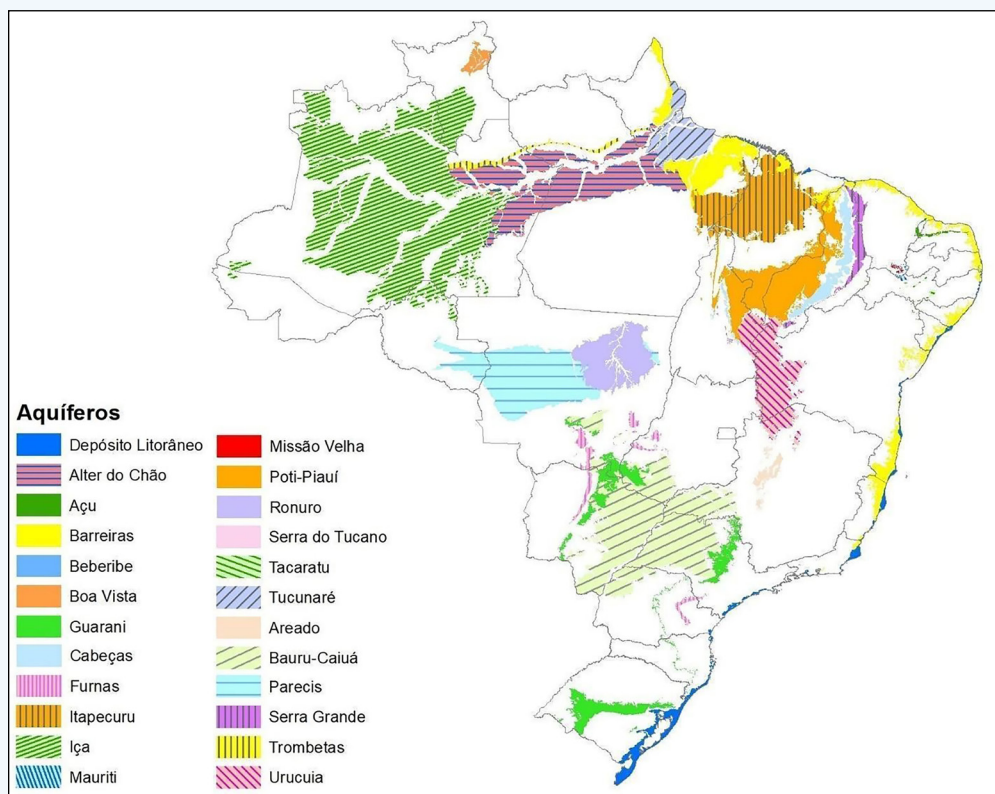


Figura 1 – Aquíferos sedimentares monitorados pela RIMAS. Fonte: os autores

Neste trabalho, é apresentada a estimativa de recarga anual em 23 aquíferos, por meio da aplicação do método da flutuação do nível d'água subterrânea (Meinzer, 1923; Sophocleous, 1991; Healy; Cook, 2002; Crosbie *et al.*, 2005), utilizando os resultados do monitoramento permanente e contínuo executado pela RIMAS.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MÉTODO DA FLUTUAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1. ABORDAGEM MANUAL.....	16
3.2. RIMAS CONVERTE	17
3.3. PLANILHAS AUTOMÁTICAS	18
4. RESULTADOS	19
4.1. AÇU.....	21
4.2. ALTER DO CHÃO	22
4.3. AREADO	24
4.4. BARREIRAS.....	24
4.5. BAURU/CAIUÁ	25
4.6. BEBERIBE.....	31
4.7. BOA VISTA	32
4.8. CABEÇAS	33
4.9. LITORÂNEO (COSTEIRO)	35
4.10. FURNAS	36
4.11. GRAJAÚ	37
4.12. GUARANI.....	38
4.13. ITAPECURU.....	41
4.14. MAURITI.....	42
4.15. MISSÃO VELHA-RIO DA BATATEIRA	43
4.16. PARECIS	48
4.17. PIRABAS	49
4.18. POTI-PIAUÍ	50
4.19. RONURO.....	50
4.20. SERRA GRANDE.....	51
4.21. TACARATU/INAJÁ	53
4.22. TUCUNARÉ	54
4.23. URUCUIA.....	55
5. CONCLUSÕES	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aquíferos sedimentares monitorados pela RIMAS. Fonte: os autores	10
Figura 2 – Determinação da subida do NA. Modificado de: United States of Geological Survey (2017)	14
Figura 3 – Exemplo da estimativa de recarga realizada manualmente com os dados do poço 2600067137. Fonte: os autores	16
Figura 4 – Detalhe do cálculo da recarga pela abordagem gráfica no poço 2900020681. Fonte: Cunha; Mourão; Cota, 2016	17
Figura 5 – Aplicativo RIMAS CONVERTE	17
Figura 6 – Exemplo da estimativa de recarga realizada em planilha automatizada no Excel. Fonte: os autores	18
Figura 7 – Mapas das recargas obtidas com base no monitoramento das águas subterrâneas. Fonte: os autores.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas de Recarga no Aquífero Açu.....	21
Tabela 2 – Estimativas de Recarga no Aquífero Alter do Chão.	22
Tabela 3 – Estimativas de Recarga no Aquífero Areado.....	24
Tabela 4 – Estimativas de Recarga no Aquífero Barreiras.	24
Tabela 5 – Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.	25
Tabela 6 – Estimativas de Recarga no Aquífero Beberibe.....	31
Tabela 7 – Estimativas de Recarga no Aquífero Boa Vista.....	32
Tabela 8 – Estimativas de Recarga no Aquífero Cabeças.	33
Tabela 9 – Estimativas de Recarga no Aquífero Litorâneo (Costeiro).	35
Tabela 10 – Estimativas de Recarga no Aquífero Furnas.....	36
Tabela 11 – Estimativas de Recarga no Aquífero Furnas.....	37
Tabela 12 – Estimativas de Recarga no Aquífero Guarani.....	38
Tabela 13 – Estimativas de Recarga no Aquífero Itapecuru.....	41
Tabela 14 – Estimativas de Recarga no Aquífero Mauriti.....	42
Tabela 15 – Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.....	43
Tabela 16 – Estimativas de Recarga no Aquífero Parecis.	48
Tabela 17 – Estimativas de Recarga no Aquífero Pirabas.....	49
Tabela 18 – Estimativas de Recarga no Aquífero Poti_Piauí.	50
Tabela 19 – Estimativas de Recarga no Aquífero Ronuro.....	50
Tabela 20 – Estimativas de Recarga no Aquífero Serra Grande.	51
Tabela 21 – Estimativas de Recarga no Aquífero Tacaratu/Inajá.	53
Tabela 22 – Estimativas de Recarga no Aquífero Poti_Piauí.	54
Tabela 23 – Estimativas de Recarga no Aquífero Urucuia.....	55

1. INTRODUÇÃO

A recarga corresponde ao volume de água que entra na zona saturada e contribui com a reserva de um aquífero (Freeze; Cherry, 1979). É uma componente chave para a gestão e proteção dos recursos hídricos, pois tem relação direta com os limites sustentáveis de exploração de águas subterrâneas e com o escoamento de base dos cursos d'água.

Existem diversos métodos para estimativa de recarga, como o método baseado na equação do balanço hídrico, o da separação do escoamento de base, o do balanço de umidade de solo, o da vazão de escoamento natural e o método da flutuação do nível d'água subterrânea.

O método da variação do nível de água (VNA) ou, em inglês, *water-table fluctuation* (WTF) é utilizado exclusivamente para estimativa de recarga em aquíferos livres – caso daqueles monitorados pela RIMAS, tendo como principal vantagem a sua simplicidade, permitindo a estimativa da recarga por meio das variações temporais de leituras dos níveis de água, desconsiderando-se outros parâmetros de mais difícil obtenção, como a condutividade hidráulica vertical do meio, a transmissividade do aquífero e a capacidade de infiltração do solo.

Este relatório traz os resultados das avaliações das recargas de águas subterrâneas nos aquíferos acompanhados pela RIMAS, pelo método da flutuação dos níveis de água subterrânea (WTF), em uma seleção das estações de monitoramento disponíveis. Embora de utilização muito simples, seu emprego requer a atenção do usuário para obter resultados significativos. A análise das séries de monitoramento buscou, também, caracterizar os aquíferos monitorados pela RIMAS analisando o comportamento da variação de seus níveis (piezogramas), comparando e discutindo os resultados de recarga obtidos a partir do método WTF com o regime pluviométrico na sua região de ocorrência.

Os dados de nível d'água subterrânea utilizados foram monitorados em diferentes períodos de tempo entre os anos 2009 e 2022.

2. MÉTODO DA FLUTUAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA

O método da variação do nível de água (WTF), que fornece uma estimativa da recarga pela análise da variação do nível d'água subterrânea (NA) em poços de monitoramento, foi criado já há muitos anos pelo serviço geológico americano (*United States Geological Survey* – USGS). O primeiro autor a utilizar a técnica para cálculo da recarga foi Meinzer (1923). Posteriormente, outros autores apresentaram aplicações e melhorias deste método (Sophocleous, 1991; Healy; Cook, 2002; Crosbie *et al.*, 2005).

O método é baseado na premissa de que a subida do NA medida em poços rasos é causada pela recarga na superfície do NA. A recarga é estimada pela Equação 1:

$$R(t_j) = Sy * \Delta H(t_j) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde, $R(t_j)$ (m) é a recarga que ocorre entre o tempo t_0 e t_j ; Sy (*Specific Yield* ou rendimento específico) é a porosidade efetiva (adimensional); e $\Delta H(t_j)$ é o aumento do NA atribuído ao período de recarga (m). A Figura 2 mostra, graficamente, o significado dessas variáveis.

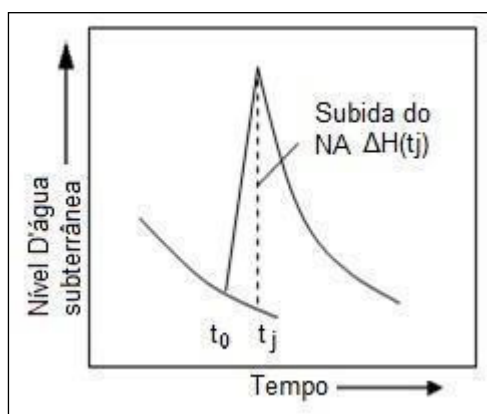


Figura 2 – Determinação da subida do NA.
Modificado de: United States of Geological Survey (2017)

Embora a teoria do método WTF seja simples, alguns pressupostos têm que ser levados em consideração para uma aplicação bem sucedida: (1) o poço de monitoramento reflete apenas a variação natural do NA causada por recargas e descargas (não há influência de exploração); (2) o Sy é conhecido e constante em todo o tempo de flutuação do NA; (3) a recessão do NA antes da recarga pode ser extrapolada para determinar o $\Delta H(t_j)$; e (4) o hidrograma retrata apenas flutuações do nível freático causadas por recarga originária de fontes não contínuas, como a precipitação.

O Sy é definido como sendo a razão entre o volume de água liberado dos vazios da rocha (ou solo) pelas forças gravitacionais e o volume total da rocha (Meinzer, 1923). Os métodos para estimar o valor de Sy envolvem testes de aquífero, balanço hídrico e pesquisas geofísicas (Healy; Cook, 2002). A Equação 2 é geralmente usada:

$$S_y = \phi - S_r \quad \text{Equação (2)}$$

Onde, ϕ é a porosidade total e S_r é a retenção específica (volume de água retido pela rocha por unidade de volume da rocha). A porosidade efetiva é tratada como um termo de armazenamento independente do tempo, que, em teoria, contribui com a liberação instantânea de água para o armazenamento. Na realidade, a liberação de água não é instantânea. Em vez disso, a liberação pode tomar um tempo excepcionalmente longo, especialmente para sedimentos de granulação fina. Esses problemas, sem dúvida, têm contribuído para a ampla variação de valores que são reportados na literatura.

A subida do nível da água $\Delta H(t_j)$ é estimada como a diferença entre o pico de um aumento do NA e o valor da curva de recessão antecedente extrapolada no momento do pico (Figura 2). A curva de recessão é o traço que o hidrograma teria seguido se não houvesse qualquer recarga. A extrapolação da curva de recessão nem sempre é simples, neste trabalho foram utilizadas a extrapolação gráfica manual, a extrapolação usando uma aplicação automática em planilha Excel e a extrapolação usando o aplicativo RIMAS CONVERTE.

Dificuldades adicionais ao uso do método relacionam-se a descontinuidades nas séries históricas (incertezas quanto aos pontos de inflexões das curvas), a não identificação das causas da flutuação dos níveis d'água (além de eventos de recarga) e a estimativa do valor mais adequado da porosidade efetiva para o local monitorado.

Para facilitar a compreensão/interpretação dos valores obtidos pelo método WTF é possível ainda, estabelecer uma correlação entre a altura das precipitações e as recargas de águas subterrâneas, definindo que percentual das chuvas participam efetivamente da recarga.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram estimadas as recargas pelo método da flutuação do nível d'água subterrânea conforme as etapas a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica do valor de S_y em cada aquífero estudado;
2. Busca de dados pluviométricos representativos e disponíveis para cada estação piezométrica avaliada, seguindo como preferenciais as estações chamadas convencionais (pluviômetros ou pluviógrafos) e, depois, dados satelitais, atlas pluviométrico etc. O ano hidrológico foi considerado do início do período chuvoso reconhecido para a área ou observado nas séries pluviométricas até o último mês antes do início chuvoso do ano seguinte;
3. Tratamento e análise dos dados pluviométricos;
4. Tratamento e análise das séries temporais de monitoramento do NA. Em alguns casos, utilizou-se dados diários, em outros, dados mensais;
5. Seleção dos poços que apresentaram séries históricas adequadas para a aplicação do método WTF;
6. Agrupamento das séries de monitoramento do NA por anos hidrológicos para o cálculo da recarga anual;
7. Aplicação do método da flutuação do nível d'água subterrânea, por meio da extrapolação da forma gráfica manual, em planilha Excel ou usando o programa RIMAS CONVERTE;
8. Avaliação e discussão dos resultados.

No Capítulo 4, constam os resultados obtidos consolidados em forma de tabelas (Tabelas 1 a 22), sendo possível observar as principais informações utilizadas para a estimativa da recarga, bem como os resultados obtidos em milímetros e em porcentagem, quando comparados com a pluviometria.

3.1. ABORDAGEM MANUAL

Os passos para o cálculo do valor da recarga utilizando a abordagem gráfica foram: (1) Elaborar o gráfico da elevação do NA versus tempo; (2) Identificar os picos do NA associados a uma recarga; (3) Desenhar a curva de recessão, ou seja, interpretar como a curva original se comportaria se não houvesse recarga; (4) Subtrair o valor da elevação do NA no pico, do valor na curva de recessão, o que corresponde ao ΔH ; e (5) Aplicar a Equação 1 e determinar a recarga. As Figuras 3 e 4 ilustram a aplicação da abordagem gráfica para o cálculo da recarga.

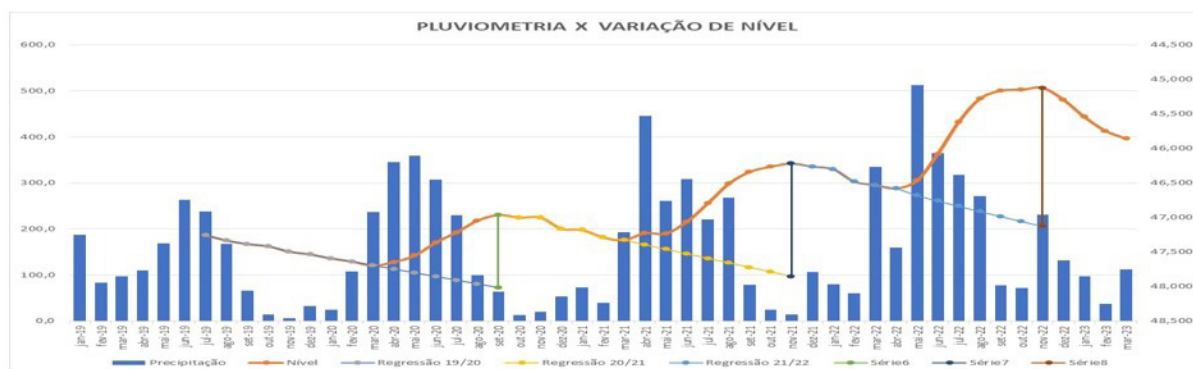


Figura 3 – Exemplo da estimativa de recarga realizada manualmente com os dados do poço 2600067137. Fonte: os autores

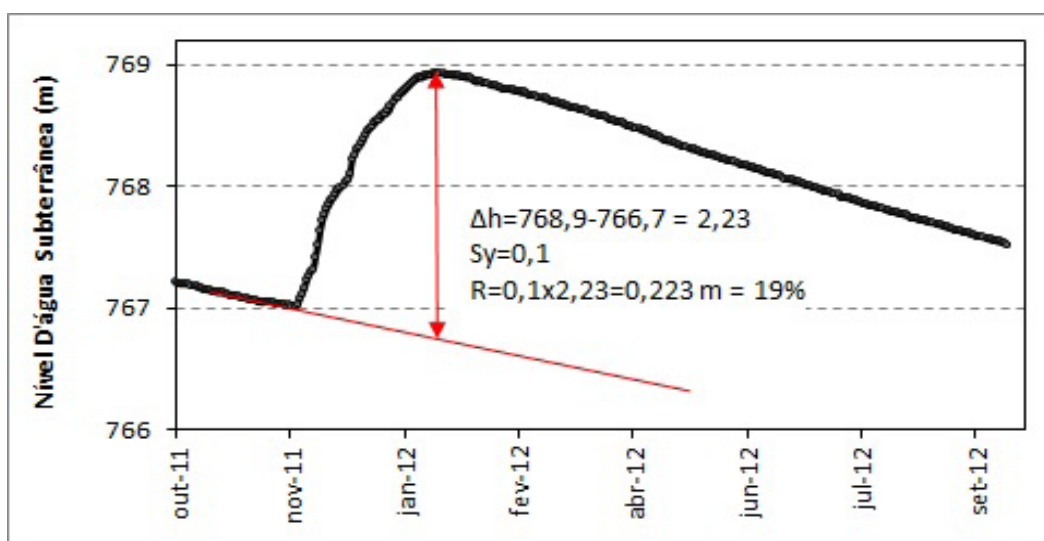


Figura 4 – Detalhe do cálculo da recarga pela abordagem gráfica no poço 2900020681. Fonte: Cunha; Mourão; Cota, 2016

3.2. RIMAS CONVERTE

Trata-se de uma aplicação criada na linguagem *Visual Basic* (VB) que se propunha, inicialmente, a ler os arquivos exportados de variação dos níveis d'água das estações automáticas da RIMAS, realizar eventuais tratamentos como o ajuste da curva em relação a um ponto de referência (medidas de níveis manuais) e sintetização dos dados. No entanto, como a sua estrutura permite a incorporação de novos módulos, foram criadas novas rotinas para cálculo automático de variações de níveis de água (ΔH) para aplicação do método de flutuação do nível da água (Leite, 2023). A Figura 5 mostra a aparência do aplicativo RIMAS CONVERTE.



Figura 5 – Aplicativo RIMAS CONVERTE

A aplicação permite carregar (importar) os dados sintetizados diários (mediana dos dados horários medidos no dia), realizar outro tipo de sintetização (mensal ou anual), preencher falhas, determinar os ΔH , inserir a porosidade efetiva (S_y), calcular automaticamente as variações de níveis de água e visualizar graficamente toda análise feita.

3.3. PLANILHAS AUTOMÁTICAS

A utilização das planilhas automáticas em Excel consiste em duas etapas: a primeira é a organização e a padronização dos dados de variação dos níveis d'água e de precipitação em uma sequência sintetizada e/ou acumulada organizada na frequência diária e apresentadas em linhas sobrepostas; a segunda planilha realiza extrapolação da curva de recensão (a partir dos dois últimos pontos de recensão), permite a definição do número máximo de ausências de dados que será aceito na análise, a inserção do valor de porosidade efetiva (S_y), a definição do intervalo do ano hidrológico (mês de início do ano hidrológico), valores de ΔH e cálculo da recarga ou percentual da chuva que recarregou o aquífero.

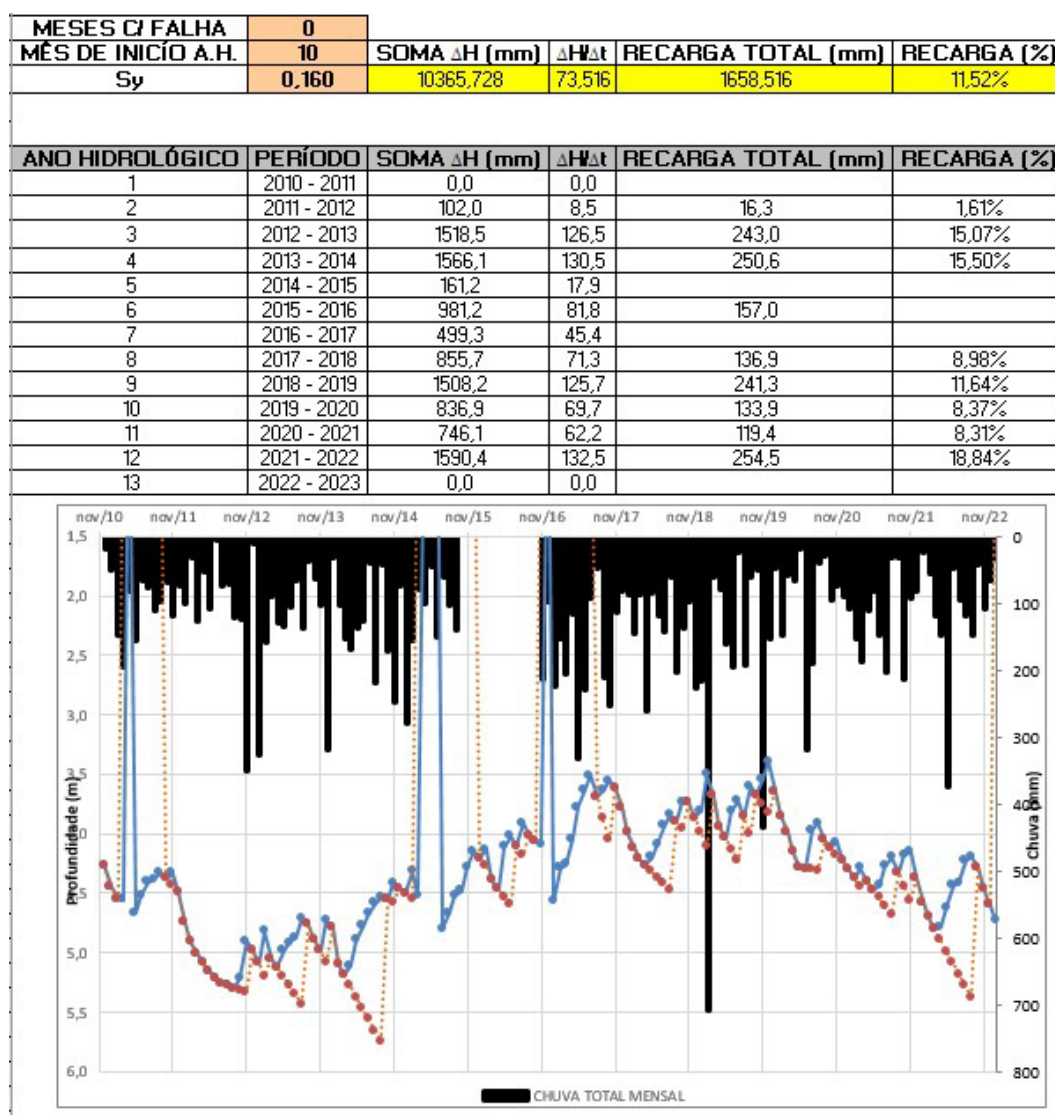


Figura 6 – Exemplo da estimativa de recarga realizada em planilha automatizada no Excel. Fonte: os autores

4. RESULTADOS

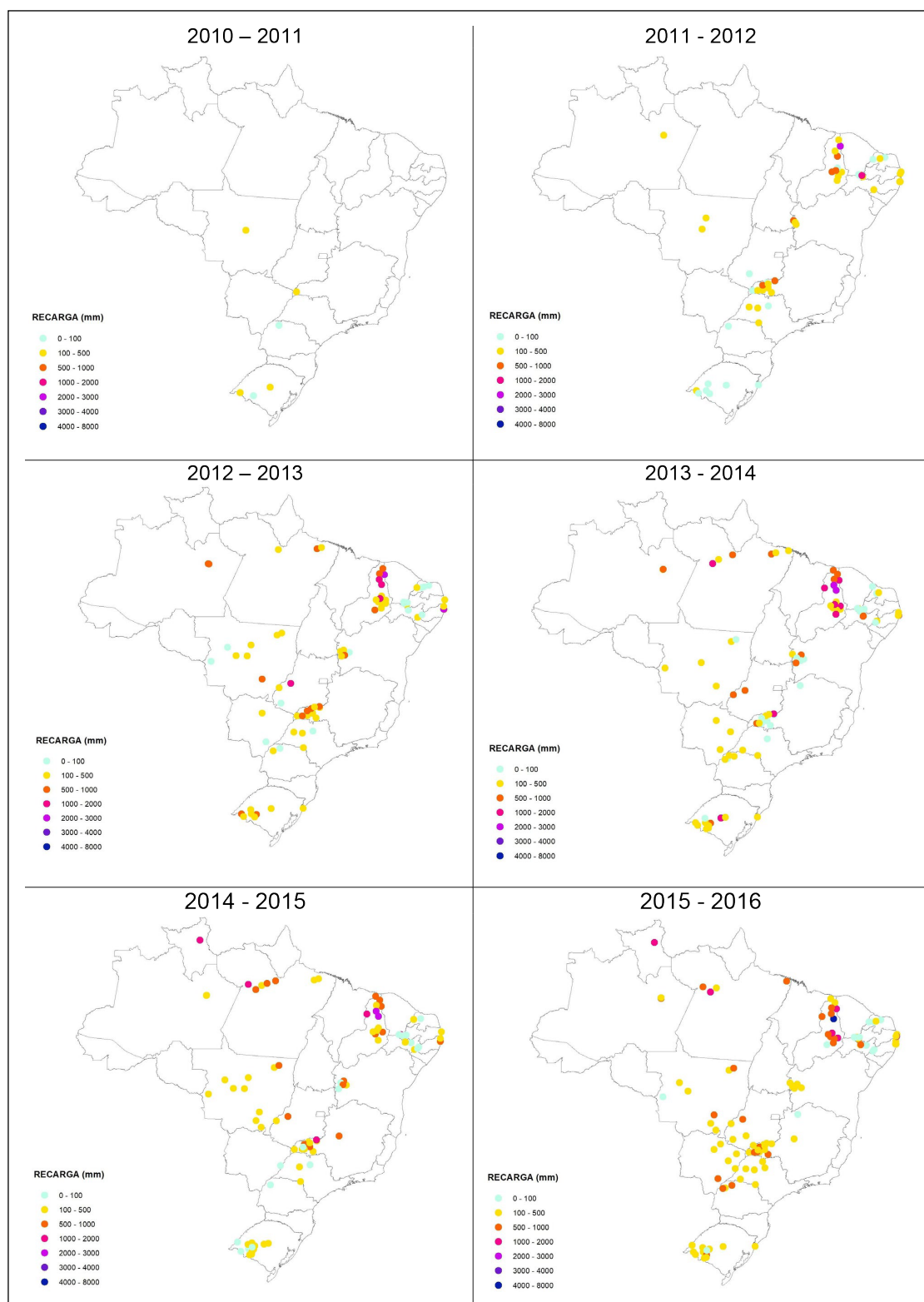
Conforme dito anteriormente, para este relatório foram avaliadas 157 séries históricas de níveis d'água em poços de monitoramento da RIMAS.

No decorrer da avaliação foram discutidas e criadas definições que visavam a redução de “ruídos” ou interferências (considerando as medianas mensais), ferramentas que diminuíssem a subjetividade das análises das curvas (automatização ou aplicações), mesmo assim foram utilizadas diversas séries históricas que somente após a primeira triagem foram consideradas inaptas/inadequadas ou simplesmente não confiáveis para atendimento da proposta de avaliação de recarga pelo método WTF. Da mesma forma, foi verificado que algumas das ferramentas precisam de mais testes e validações para que sejam usadas amplamente. Portanto, alguns dados podem precisar de revisão ou exclusão de textos futuros.

Alguns períodos ou mesmo locais apresentaram valores de recarga excepcionalmente altos, principalmente quando comparados com a precipitação na área. Entendemos que esses resultados não só podem como devem ser revisados, buscando entender se há interferências como de efeito de maré (rios), stress por outros poços ou irrigação que inviabilizam o uso do método WTF, algum tipo de incorreção nas ferramentas utilizadas ou problemas com os dados.

Outra consideração importante é que em alguns casos (ou alguns anos) a curva da série histórica mostrou somente um declínio, não registrando recargas, nesses casos não foram apresentados resultados, o que não significa necessariamente que hajam problemas na série que impossibilite a sua avaliação.

A seguir, como uma simplificação na visualização dos resultados, foram espacializados os valores em milímetros de recarga por ano. Neste caso, é possível localizar os valores anômalos (*outlier*) mencionados anteriormente, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, Figura 7.



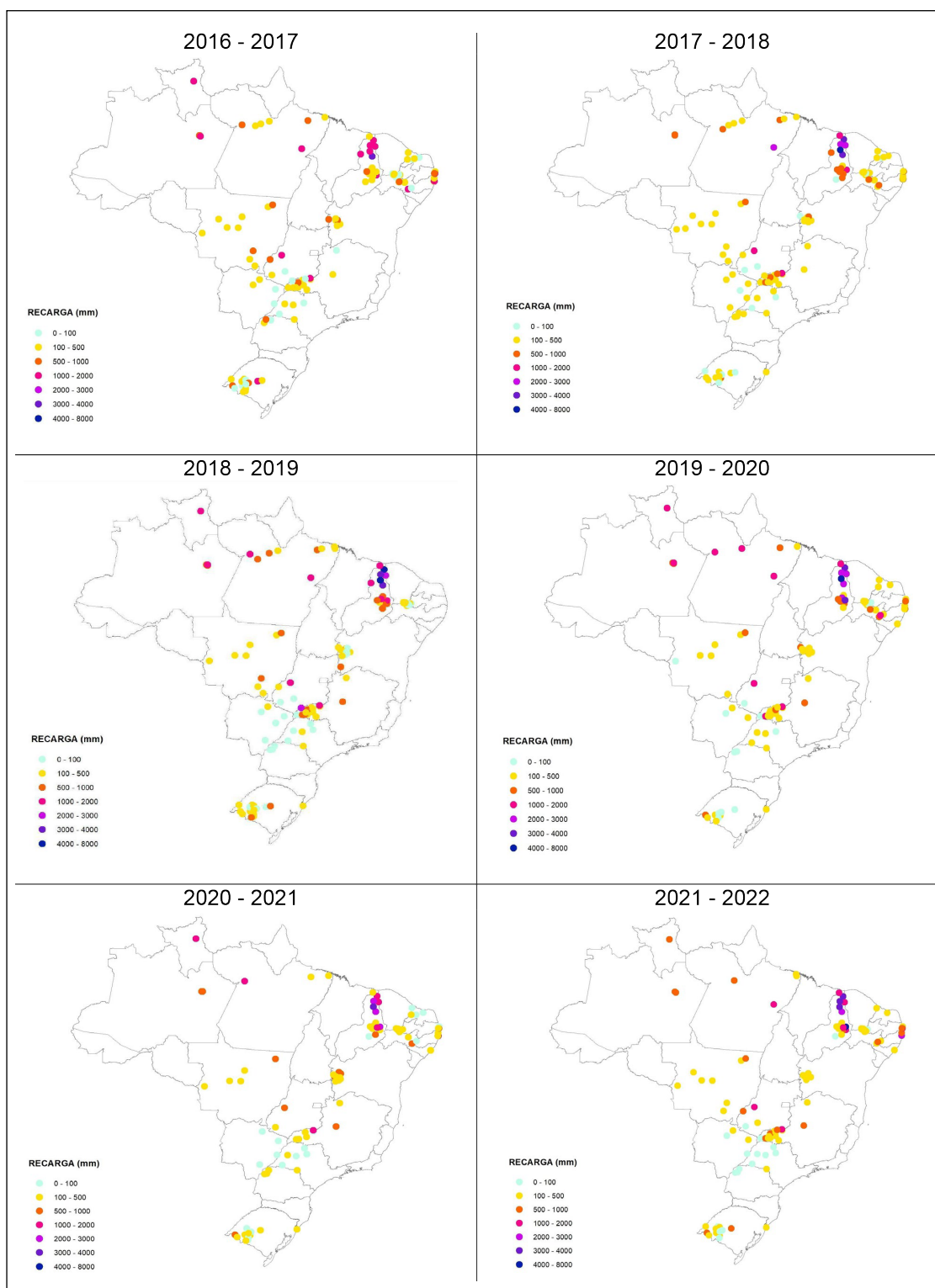


Figura 7 – Mapas das recargas obtidas com base no monitoramento das águas subterrâneas. Fonte: os autores

4.1. AÇU

No Sistema Aquífero Açú foram analisados cinco poços.

Tabela 1 – Estimativas de Recarga no Aquífero Açú.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022949	0,15	PCD 00437006	2013- 2014	453	62	14%
			2016- 2017	775	444	57%
			2017- 2018	608	197	32%
			2018- 2019	801	630	79%
			2019- 2020	810	107	13%
			2020- 2021	444	77	17%
			2021- 2022	891	362	41%
2600039599	0,07	PCD 00536044	2011- 2012	315	8	3%
			2012- 2013	249	21	9%
			2015- 2016	480	57	12%
			2016- 2017	279	82	30%
			2017- 2018	564	120	21%
			2018- 2019	564	118	21%
			2019- 2020	475	121	26%
			2020- 2021	294	67	23%
			2021- 2022	1017	152	15%
2600039600	0,15	PCD 00537019	2012- 2013	620	72	12%
			2013- 2014	461	53	11%
			2015- 2016	377	11	3%
			2016- 2017	622	38	6%
			2017- 2018	722	25	3%
			2018- 2019	821	16	2%
			2020- 2021	448	30	7%
2600039601	0,21	PCD 00536067	2011- 2012	291	181	62%
			2012- 2013	541	84	16%
			2013- 2014	476	168	35%
			2014- 2015	453	36	8%
			2015- 2016	380	150	39%
			2016- 2017	372	317	85%
			2017- 2018	692	422	61%

Tabela 1 - Estimativas de Recarga no Aquífero Açú.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2600041031	0,15	PCD 00537038	2011- 2012	414	74	18%
			2012- 2013	495	115	23%
			2014- 2015	303	127	42%
			2015- 2016	379	94	25%
			2016- 2017	556	247	44%
			2017- 2018	815	408	50%
			2018- 2019	741	171	23%
			2019- 2020	866	219	25%
			2020- 2021	455	182	40%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Johnson, 1967)

4.2. ALTER DO CHÃO

O Aquífero Alter do Chão ocorre na Região Norte do país, nos estados do Amazonas, Pará e Amapá. A rede possui 18 estações de monitoramento, neste relatório foram analisadas nove séries históricas dessas estações.

Tabela 2 – Estimativas de Recarga no Aquífero Alter do Chão.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500002162	0,13	Santarém CPRM 0024.4000	2013- 2014	2583	1177	46%
			2014- 2015	2231	589	26%
			2015- 2016	1668	1256	75%
			2017- 2018	2703	533	20%
			2018- 2019	2860	518	18%
1500003919	0,13	MT Alegre INMET A239	2013- 2014	1714	179	10%
			2014- 2015	1481	223	15%
			2015- 2016	1479	145	10%
			2016- 2017	1972	180	9%
			2017- 2018	1634	125	8%
1500005620	0,13	Prainha CPRM 0015.3000	2014- 2015	1472	861	59%
			2016- 2017	1882	399	21%
			2017- 2018	1602	431	27%
			2018- 2019	1551	926	60%
			2021- 2022	2248	693	31%
1500005621	0,13	Almeirim CPRM 0015.2005	2012- 2013	2161	345	16%
			2013- 2014	2618	591	23%
			2014- 2015	1669	616	37%
			2016- 2017	2220	342	15%
			2017- 2018	1855	390	21%
			2018- 2019	2303	455	20%
			2019- 2020	2865	1261	44%

Tabela 2 - Estimativas de Recarga no Aquífero Alter do Chão.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500006851	0,13	Óbidos INMET A232	2014- 2015	1572	1485	95%
			2015- 2016	1554	775	50%
			2016- 2017	2322	787	34%
			2018- 2019	2136	1766	83%
			2019- 2020	2415	1530	63%
			2020- 2021	2183	1496	69%
1300005280	0,18	RHN	2011- 2012	2230	375	17%
			2012- 2013	2219	747	34%
			2013- 2014	1953	457	23%
			2014- 2015	1408	382	27%
			2015- 2016	1491	400	27%
			2016- 2017	2163	609	28%
			2018- 2019	2490	690	28%
			2019- 2020	2293	422	18%
1300006065	0,18	RHN	2012- 2013	2219	775.7	35%
			2013- 2014	1953	-	-
			2014- 2015	1408	0	0%
			2015- 2016	1491	-	-
			2016- 2017	2163	945.9	44%
			2017- 2018	2035	0	0%
			2018- 2019	2490	736.9	30%
			2019- 2020	2293	742.8	32%
			2020- 2021	2736	956.9	35%
			2021- 2022	2452	974.4	40%
1300006066	0,18	RHN	2015- 2016	1491	658	44%
			2016- 2017	2163	1263	58%
			2017- 2018	2035	805	40%
			2018- 2019	2490	690	28%
			2019- 2020	2293	816	36%
			2021- 2022	2452	593	24%
1300006067	0,18	RHN	2013- 2014	1953	597	31%
			2014- 2015	1408	373	26%
			2015- 2016	1491	481	32%
			2017- 2018	2035	628	31%
			2018- 2019	2490	1024	41%
			2019- 2020	2293	1115	49%
			2020- 2021	2736	742	27%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Agência Nacional de Águas, 2015; Aguiar, 2012; Tancredi, 1996)

4.3. AREADO

No Aquífero Areado foi analisado um poço.

Tabela 3 – Estimativas de Recarga no Aquífero Areado.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
3100020983	0,15	RHN	2014- 2015	1205	818	68%
			2015- 2016	1197	473	39%
			2016- 2017	653	363	56%
			2017- 2018	1286	287	22%
			2018- 2019	1002	842	84%
			2019- 2020	1543	900	58%
			2020- 2021	1092	711	65%
			2021- 2022	1868	698	37%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Gaspar, 2006)

4.4. BARREIRAS

O Aquífero Barreiras ocorre em grande parte do litoral brasileiro, desde o Amapá até o norte do Rio de Janeiro, no total são 26 pontos de monitoramento, no entanto foram apresentadas quatro análises de recargas nos poços.

Tabela 4 – Estimativas de Recarga no Aquífero Barreiras.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500005632	0,2	Belém INMET A201	2012- 2013	2880	573	20%
			2013- 2014	3339	533	16%
			2014- 2015	2828	440	16%
			2016- 2017	3277	599	18%
			2017- 2018	3603	602	17%
			2018- 2019	4417	678	15%
			2019- 2020	4438	638	14%
			2020- 2021	4277	415	10%
2600067137	0,143	PCD	2019- 2020	2234	150	7%
			2020- 2021	2063	233	11%
			2021- 2022	2372	285	12%
2600067138	0,143	PCD	2019- 2020	1996	149	7%
			2020- 2021	2063	280	14%
			2021- 2022	2223	290	13%
2600067139	0,143	PCD	2019- 2020	1996	106	5%
			2020- 2021	2063	363	18%
			2021- 2022	2301	268	12%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Walton, 1991)

4.5. BAURU/CAIUÁ

O Sistema Aquífero Bauru-Caiuá está localizado na Bacia do Paraná, entre os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, com 61 estações de monitoramento, porém foram apresentadas um total de 31 séries históricas com análise de recarga.

Tabela 5 – Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
3100020033	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2011- 2012	1516	239	16%		
				2012- 2013	1505	454	30%		
				2013- 2014	1279	84	7%		
				2014- 2015	1386	282	20%		
				2015- 2016	1711	583	34%		
				2016- 2017	1174	114	10%		
				2017- 2018	1178	360	31%		
				2018- 2019	1771	456	26%		
				2019- 2020	1141	256	22%		
3100020034	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2021- 2022	1107	176	16%		
				2011- 2012	1408	404	29%		
				2012- 2013	1628	160	10%		
				2013- 2014	887	70	8%		
				2014- 2015	1775	556	31%		
				2015- 2016	1142	307	27%		
				2016- 2017	1133	343	30%		
				2017- 2018	1231	330	27%		
				2018- 2019	1330	373	28%		
3100020035	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2019- 2020	1383	480	35%		
				2020- 2021	1297	210	16%		
				2021- 2022	1514	403	27%		
				2010- 2011	1565	205	13%		
				2011- 2012	1263	47	4%		
				2012- 2013	1402	134	10%		
				2014- 2015	1432	216	15%		
				2015- 2016	1403	148	11%		
				2016- 2017	1112	157	14%		
3100020036	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2017- 2018	1233	224	18%		
				2018- 2019	848	38	5%		
				2019- 2020	1005	36	4%		
				2021- 2022	1114	19	2%		
				2012- 2013	1563	376	24%		
				2013- 2014	949	48	5%		
				2014- 2015	1555	184	12%		
				2015- 2016	340	290	85%		
				2016- 2017	1175	472	40%		
			CHUVA ANUAL (ANA) mm	2017- 2018	1367	382	28%		
				2018- 2019	1347	254	19%		
				2019- 2020	834	360	43%		
				2020- 2021	1082	79	7%		
				2021- 2022	1696	404	24%		

Tabela 5 - Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
3100020037	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2011- 2012	1337	752	56%		
				2012- 2013	1563	946	60%		
				2013- 2014	949	1060	112%		
				2014- 2015	1555	1110	71%		
				2016- 2017	1175	1166	99%		
				2017- 2018	1367	1138	83%		
				2018- 2019	1347	1194	89%		
				2019- 2020	834	1040	125%		
				2020- 2021	1082	1222	113%		
3100020038	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2021- 2022	1696	1108	65%		
				2011- 2012	1205	13	1%		
				2012- 2013	1303	590	45%		
				2013- 2014	1353	115	9%		
				2014- 2015	1302	188	14%		
				2015- 2016	1211	281	23%		
				2016- 2017	1375	361	26%		
				2017- 2018	1496	472	32%		
				2018- 2019	1273	337	26%		
3100020108	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2019- 2020	1533	421	27%		
				2020- 2021	1242	282	23%		
				2021- 2022	1863	367	20%		
				2011- 2012	1554	163	11%		
				2012- 2013	1337	178	13%		
				2013- 2014	987	18	2%		
				2014- 2015	1065	151	14%		
				2015- 2016	1309	269	21%		
				2016- 2017	1366	304	22%		
3100020109	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2017- 2018	1170	224	19%		
				2018- 2019	1504	353	23%		
				2019- 2020	1578	470	30%		
				2021- 2022	1325	253	19%		
				2011- 2012	1347	430	32%		
				2012- 2013	1321	805	61%		
				2013- 2014	1028	599	58%		
				2015- 2016	1236	715	58%		
				2016- 2017	1373	326	24%		
3100020111	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2017- 2018	1295	506	39%		
				2018- 2019	1553	595	38%		
				2019- 2020	1290	1282	99%		
				2020- 2021	815	120	15%		
				2021- 2022	1456	970	67%		
				2011- 2012	1400	553	40%		
				2012- 2013	1258	611	49%		
				2013- 2014	1042	86	8%		
				2014- 2015	778	532	68%		
			CHUVA ANUAL (ANA) mm	2015- 2016	992	533	54%		
				2016- 2017	1349	626	46%		
				2017- 2018	1463	884	60%		
				2018- 2019	956	746	78%		
				2019- 2020	713	306	43%		

Tabela 5 - Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
3100020112	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2011- 2012	1290	112	9%		
				2014- 2015	1306	389	30%		
				2015- 2016	1017	368	36%		
				2018- 2019	1330	341	26%		
				2019- 2020	1247	605	49%		
3100020429	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2021- 2022	1152	431	37%		
				2012- 2013	1549	216	14%		
				2013- 2014	1334	184	14%		
				2015- 2016	1338	199	15%		
				2016- 2017	1105	41	4%		
				2017- 2018	1633	654	40%		
3100020775	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2019- 2020	1320	172	13%		
				2021- 2022	2280	566	25%		
				2015- 2016	1280	142	11%		
				2016- 2017	999	35	3%		
3100020778	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2017- 2018	1612	232	14%		
				2018- 2019	1203	2170	180%		
				2013- 2014	987	434	44%		
				2014- 2015	1065	318	30%		
				2015- 2016	1309	587	45%		
				2016- 2017	1366	470	34%		
				2017- 2018	1170	371	32%		
				2018- 2019	1504	731	49%		
3100020779	0,12		CHUVA ANUAL (ANA) mm	2019- 2020	1578	395	25%		
				2020- 2021	791	330	42%		
				2021- 2022	1325	334	25%		
				2014- 2015	1146	40	3%		
				2015- 2016	1540	244	16%		
				2018- 2019	1006	239	24%		
3500026832	0,1	0,15	IAT	2019- 2020	1044	311	30%		
				2020- 2021	932		0%		
				2021- 2022	1158	377	33%		
				2010- 2011	1381	73	5%	110	8%
				2012- 2013	1617	92	7%	138	10%
3500026836	0,1	0,15	PCD	2013- 2014	1493	322	20%	483	30%
				2015- 2016	2073	812	21%	1218	32%
				2016- 2017	1603	75	5%	113	7%
				2017- 2018	1568	267	17%	401	26%
				2012- 2013	1443	66	4%	99	7%
				2013- 2014	1080	154	11%	231	16%
				2015- 2016	864	556	22%	834	34%
				2017- 2018	1545	227	9%	341	13%
				2018- 2019	903	47	5%	70	8%
				2020- 2021	1237	54	4%	81	7%

Tabela 5 - Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
3500027320	0,1	0,15	INMET / CIIAGRO	2011- 2012	1431	6	0%	9	1%
				2012- 2013	1417	35	3%	53	4%
				2013- 2014	953	31	3%	47	5%
				2014- 2015	788	40	5%	60	8%
				2015- 2016	1294	124	10%	186	14%
				2016- 2017	1061	22	2%	33	3%
				2017- 2018	1391	62	5%	93	7%
				2018- 2019	1313	40	3%	60	5%
				2019- 2020	1111	54	5%	81	7%
				2020- 2021	809	23	3%	35	4%
3500027322	0,1	0,15	INMET / CIIAGRO / DAEE	2021- 2022	1124	78	7%	117	10%
				2011- 2012	1236	163	13%	245	20%
				2012- 2013	894	192	16%	288	23%
				2014- 2015	926	201	22%	302	33%
				2015- 2016	1647	290	11%	435	17%
				2016- 2017	1357	110	8%	165	12%
				2018- 2019	1363	208	15%	312	23%
				2019- 2020	1251	141	11%	212	17%
				2020- 2021	830	47	6%	71	8%
				2021- 2022	512	52	10%	78	15%
3500027323	0,1	0,15	INMET / CIIAGRO / DAEE	2011- 2012	1618	214	13%	321	20%
				2012- 2013	1613	142	9%	213	13%
				2015- 2016	1890	341	18%	512	27%
				2016- 2017	1419	150	11%	225	16%
				2017- 2018	1691	231	14%	347	20%
				2018- 2019	1070	85	8%	128	12%
				2019- 2020	1191	132	11%	198	17%
				2020- 2021	671	118	18%	177	26%
				2021- 2022	1083	60	6%	90	8%
3500027571	0,1	0,15	IAT	2011- 2012	1168	94	8%	141	12%
				2012- 2013	1894	223	12%	335	18%
				2013- 2014	1567	78	5%	117	8%
				2014- 2015	1885	9	1%	14	1%
				2015- 2016	3893	415	11%	623	16%
				2016- 2017	1448	121	8%	182	13%
				2017- 2018	1870	203	11%	305	16%
				2018- 2019	1253	50	4%	75	6%
				2019- 2020	1447	98	7%	147	10%
				2020- 2021	1276	117	9%	176	14%
3500027830	0,1	0,15	IAT	2021- 2022	1498	61	4%	92	6%
				2011- 2012	1167	127	11%	191	16%
				2012- 2013	1320	458	35%	687	52%
				2013- 2014	1637	316	19%	474	29%
				2014- 2015	1678	390	23%	585	35%
				2015- 2016	1796	454	25%	681	38%
				2016- 2017	1329	170	13%	255	19%
				2017- 2018	1982	462	23%	693	35%
				2018- 2019	1129	177	16%	266	24%
				2019- 2020	1138	116	10%	174	15%
				2020- 2021	1204	377	31%	566	47%
				2021- 2022	1629	146	9%	219	13%

Tabela 5 - Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
3500029179	0,1	0,15	PCD	2014- 2015	1532	82	5%	123	8%
				2015- 2016	1723	205	12%	308	18%
				2016- 2017	1278	47	4%	70	6%
				2017- 2018	1467	226	15%	339	23%
				2020- 2021	798	49	6%	73	9%
				2021- 2022	1141	36	3%	54	5%
3500029180	0,1	0,15	PCD	2013- 2014	1219	135	6%	203	9%
				2015- 2016	1947	212	6%	318	9%
				2017- 2018	1714	70	4%	105	6%
				2018- 2019	1591	26	2%	39	2%
3500029442	0,1	0,15	IAT	2013- 2014	1378	231	17%	347	25%
				2016- 2017	1924	536	28%	804	42%
				2017- 2018	2892	219	8%	329	11%
				2018- 2019	1096	56	5%	84	8%
				2020- 2021	1233	137	11%	206	17%
				2021- 2022	1290	8	1%	12	1%
3500029467	0,1	0,15	INMET / CIIAGRO / DAEE	2013- 2014	1648	149	9%	224	14%
				2014- 2015	1280		0%		0%
				2015- 2016	3126	451	14%	677	22%
				2016- 2017	1278	32	3%	48	4%
				2017- 2018	1607	100	6%	150	9%
				2018- 2019	1251	45	4%	68	5%
				2019- 2020	1389	108	8%	162	12%
				2020- 2021	1033	48	5%	72	7%
				2021- 2022	993	18	2%	27	3%
3500029469	0,1	0,15	IAT	2013- 2014	1615	305	18%	458	28%
				2015- 2016	3696	584	16%	876	24%
				2016- 2017	1321		0%		0%
				2017- 2018	2038	363	18%	545	27%
				2018- 2019	1078	46	4%	69	6%
				2019- 2020	1445	61	4%	92	6%
				2020- 2021	1246	151	12%	226	18%
				2021- 2022	1443	33	2%	50	3%
3500034020	0,1	0,15	PCD	2015- 2016	1559	152	10%	228	15%
				2016- 2017	1210	65	5%	98	8%
				2017- 2018	1292	204	16%	306	24%
				2018- 2019	1202	44	4%	66	5%
				2019- 2020	1270	145	11%	218	17%
				2020- 2021	771	37	5%	56	7%
				2021- 2022	1472	160	11%	240	16%
3500034021	0,1	0,15	ANA / CIIAGRO / DAEE	2015- 2016	1412	329	23%	494	35%
				2017- 2018	1138	147	13%	221	19%
				2018- 2019	1305	36	3%	54	4%
				2020- 2021	1060	98	9%	147	14%
				2021- 2022	982	37	4%	56	6%
5200006104	0,12		RHN (ANA)	2011- 2012	1433	62	4%		
				2015- 2016	1198	104	9%		
				2016- 2017	1355	93	7%		
				2017- 2018	1744	91	5%		
				2018- 2019	1612	85	5%		
				2021- 2022	1753	118	7%		

Tabela 5 - Estimativas de Recarga no Aquífero Bauru/Caiuá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
5200007036	0,12		RHN (ANA)	2012- 2013	1787	664	37%		
				2013- 2014	1496	441	30%		
				2014- 2015	1844	387	21%		
				2015- 2016	1198	539	45%		
				2016- 2017	1355	522	39%		
				2017- 2018	1744	498	29%		
				2018- 2019	1612	506	31%		
5200007037	0,12		RHN (ANA)	2021- 2022	1753	450	26%		
				2014- 2015	2560	432	17%		
				2015- 2016	1915	211	11%		
				2016- 2017	1851	381	21%		
				2017- 2018	1980	316	16%		
				2018- 2019	2168	276	13%		
				2019- 2020	1645	236	14%		

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Fiumari, 2004; São Paulo, 1979; Velasquez *et al.*, 2008)

4.6. BEBERIBE

No Aquífero Beberibe foram analisados sete poços.

Tabela 6 – Estimativas de Recarga no Aquífero Beberibe.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2600008444	0,15	PCD 00739007	2011- 2012	450	114	25%
			2012- 2013	1273	115	9%
			2014- 2015	864	179	21%
			2015- 2016	1236	110	9%
			2016- 2017	2251	194	9%
			2018- 2019	2210	232	10%
			2019- 2020	1629	122	7%
			2020- 2021	777	40	5%
2600039602	0,15	INMET	2021- 2022		120	
			2011- 2012	1545	413	27%
			2012- 2013	2163	762	35%
			2013- 2014	4068	1619	40%
			2015- 2016	1558	427	27%
			2016- 2017	2028	1337	66%
			2017- 2018	1477	756	51%
			2018- 2019	2147	1053	49%
			2019- 2020	1570	927	59%
			2020- 2021	2340	1508	64%

Tabela 6 - Estimativas de Recarga no Aquífero Beberibe.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2600039603	0,32	INMET	2011- 2012	1653	274	17%
			2013- 2014	2372	269	11%
			2014- 2015	1974	288	15%
			2015- 2016	1558	325	21%
			2016- 2017	2028	392	19%
			2017- 2018	1477	527	36%
			2018- 2019	2147	510	24%
			2019- 2020	1570	294	19%
			2020- 2021	2340	283	12%
2600039604	0,15	INMET	2011- 2012	1653	361	22%
			2012- 2013	2163	2014	93%
			2013- 2014	2372	334	14%
			2014- 2015	1974	700	35%
			2015- 2016	1558	374	24%
			2016- 2017	2028	1009	50%
			2017- 2018	1477	306	21%
			2018- 2019	2147	158	7%
			2021- 2022		2810	
2600041030	0,15	PCD 00739010	2012- 2013	2163	199	9%
			2013- 2014	2372	223	9%
			2014- 2015	1974	124	6%
			2015- 2016	1558	251	16%
			2016- 2017	2028	305	15%
			2017- 2018	1477	183	12%
			2018- 2019	2147	249	12%
			2019- 2020	1570	359	23%
			2020- 2021	2340	371	16%
			2021- 2022		538	
2600047473	0,15	PCD 00739003	2011- 2012	409	329	80%
			2015- 2016	1236	329	27%
			2016- 2017	2251	548	24%
			2017- 2018	1294	161	12%
			2018- 2019	2210	665	30%
			2020- 2021	777	481	62%
			2021- 2022		640	
2600047476	0,15	PCD 00739065	2015- 2016	1236	1574	127%
			2016- 2017	2251	1223	54%
			2017- 2018	1294	840	65%
			2018- 2019	2210	1192	54%
			2019- 2020	1629	889	55%
			2020- 2021	777	924	119%
			2021- 2022		1120	

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Healy; Cook, 2002)

4.7. BOA VISTA

No Aquífero Boa Vista foi analisado um poço.

Tabela 7 – Estimativas de Recarga no Aquífero Boa Vista.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
1300006186	0,3	0,35		2014- 2015		1337		1560	
				2015- 2016		1096		1279	
				2016- 2017		1257		1467	
				2018- 2019		1437		1676	
				2019- 2020		1178		1375	
				2020- 2021		1043		1217	
				2021- 2022		942		1099	

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Neres; Wankler, 2016)

4.8. CABEÇAS

O Aquífero Cabeças, presente no terço inferior da Bacia Sedimentar do Parnaíba, localiza-se nos estados do Piauí e do Tocantins (suas porções aflorantes). Possui 11 estações de monitoramento, alguns deles profundos e confinados como em Alvorada do Gurguéia e Cristiano Castro. No Aquífero Cabeças foram analisadas as recargas de nove poços de monitoramento.

Tabela 8 – Estimativas de Recarga no Aquífero Cabeças.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200046783	0,03		2012		0
			2013		850
			2014		944
			2015		276
			2016		655
			2017		1052
			2018		2063
			2019		3530
			2020		2873
			2021		2050
			2022		3834

Tabela 8 - Estimativas de Recarga no Aquífero Cabeças.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200046784	0,03		2012		886
			2013		1780
			2014		2918
			2015		2038
			2016		4238
			2017		3752
			2018		3603
			2019		3473
			2020		2975
			2021		2270
			2022		2150
2200046859	0,03		2011- 2012		172
			2012- 2013		320
			2013- 2014		1030
			2014- 2015		332
			2015- 2016		821
			2016- 2017		292
			2017- 2018		562
			2018- 2019		530
			2019- 2020		420
			2020- 2021		510
			2021- 2022		231
2200046856	0,03		2011- 2012		852
			2012- 2013		1130
			2013- 2014		1384
			2014- 2015		472
			2015- 2016		1231
			2016- 2017		336
			2017- 2018		960
			2018- 2019		1045
			2019- 2020		2045
			2020- 2021		212
			2021- 2022		431

Tabela 8 - Estimativas de Recarga no Aquífero Cabeças.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200046787	0,03		2012		406
			2013		1755
			2014		2035
			2015		2781
			2016		852
			2017		1845
			2018		4228
			2019		5292
			2020		5292
			2021		3772
			2022		3583
2200046786	0,03		2011- 2012		66
			2012- 2013		294
			2013- 2014		148
			2014- 2015		469
			2016- 2017		320
			2017- 2018		440
			2018- 2019		690
			2019- 2020		333
			2020- 2021		104
			2021- 2022		221
2200046858	0,03		2011- 2012		551
			2012- 2013		302
			2013- 2014		193
			2014- 2015		433
			2015- 2016		528
			2016- 2017		592
			2017- 2018		524
			2018- 2019		514
			2019- 2020		508
			2020- 2021		208
2200046857	0,03		2012- 2013		638
			2013- 2014		0
			2015- 2016		87
			2016- 2017		389
			2017- 2018		28
			2020- 2021		31
			2021- 2022		80

Tabela 8 - Estimativas de Recarga no Aquífero Cabeças.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200046785	0,03		2011- 2012		0
			2012- 2013		229
			2013- 2014		325
			2014- 2015		580
			2015- 2016		776
			2016- 2017		431
			2017- 2018		660
			2018- 2019		442
			2019- 2020		517
			2020- 2021		157
			2021- 2022		467

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Correia Filho *et al.*, 2010)

4.9. LITORÂNEO (COSTEIRO)

No Aquífero Litorâneo (Costeiro) foi analisado um poço.

Tabela 9 – Estimativas de Recarga no Aquífero Litorâneo (Costeiro).

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
4300020526	0,25	0,30	PCD	2011 - 2012	1011	31	3%	25	3%
				2012- 2013	1613	456	28%	380	24%
				2013- 2014	1617	470	29%	392	24%
				2017- 2018	1525	257	17%	214	14%
				2018- 2019	2073	453	22%	377	18%
				2019- 2020	1600	251	16%	209	13%
				2020- 2021	1436	224	16%	187	13%
				2021- 2022	1350	477	35%	398	29%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Troian, 2021)

4.10. FURNAS

No Aquífero Furnas foram analisados três poços.

Tabela 10 – Estimativas de Recarga no Aquífero Furnas.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
5200006103	0,13	RHN (ANA)	2014- 2015	1351	246	18%
			2015- 2016	1017	165	16%
			2016- 2017	1219	189	15%
			2017- 2018	1345	403	30%
			2018- 2019	1607	173	11%
			2021- 2022	1475	278	19%
5200007148	0,13	RHN (ANA)	2012- 2013	1263	341	27%
			2013- 2014	1541	554	36%
			2014- 2015	1192	416	35%
			2015- 2016	246	379	154%
			2016- 2017	1075	536	50%
			2017- 2018	1224	390	32%
			2018- 2019	1149	441	38%
			2021- 2022	1394	544	39%
5200007149	0,13	RHN (ANA)	2012- 2013	1787	1226	69%
			2013- 2014	1496	794	53%
			2014- 2015	1844	916	50%
			2015- 2016	1198	949	79%
			2016- 2017	1355	1005	74%
			2017- 2018	1744	1083	62%
			2018- 2019	1612	1313	81%
			2019- 2020	1825	1267	69%
			2020- 2021	1200	992	83%
			2021- 2022	1753	1284	73%
			2022- 2023	1047	1255	120%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Cutrim; Rebouças, 2004; Cutrim; Campos, 2010)

4.11. GRAJAÚ

No Aquífero Grajaú foram analisados dois poços.

Tabela 11 – Estimativas de Recarga no Aquífero Furnas.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500006560	0,11	Estação 00146010 (ANA-CPRM)	2015- 2016	3650	559	15%
			2018- 2019	2991	328	11%
			2019- 2020	2276	271	12%
			2020- 2021	2445	285	12%
			2021- 2022	2523	263	10%
1500005101	0,11	Estação 00146010 (ANA-CPRM)	2013- 2014	3734	455	12%
			2016- 2017		216	
			2017- 2018	2544	177	7%
			2018- 2019	3650	559	15%
			2021- 2022	2991	328	11%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Healy; Cook, 2002)

4.12. GUARANI

O Aquífero Guarani encontra-se na região centro-leste da América do Sul, abrangendo Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, bem como o Paraguai, o Uruguai e a Argentina. No Aquífero Guarani foram analisados 19 poços, das 43 estações presentes na RIMAS.

Tabela 12 – Estimativas de Recarga no Aquífero Guarani.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
432000125	0,16	0,17	RHN / 03055007	2010-2011	1762	160	13%	170	14%
				2011-2012	2392	9	1%	10	1%
				2012-2013	1520	445	31%	472	33%
				2013-2014	2280	189	10%	201	10%
				2014-2015	1313	184	11%	195	12%
				2015-2016	1579	146	8%	155	9%
				2016-2017	1850	229	12%	243	12%
				2017-2018	1547	80	6%	85	6%
				2018-2019	1934	481	27%	511	28%
4300020532	0,16	0,17	RHN/3054007	2019-2020	2042	52	3%	55	4%
				2012-2013	1530	482	32%	513	34%
				2013-2014	1698	657	35%	698	38%
				2014-2015	1299	305	27%	325	29%
				2017-2018	964	540	39%	574	42%
				2018-2019	1052	734	37%	780	40%
				2019-2020	1605	450	38%	478	41%
				2020-2021	1722	103	9%	110	9%

Tabela 12 - Estimativas de Recarga no Aquífero Guarani.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
4300020535	0,16	0,17	RHN/3054007	2014-2015	2238	262	15%	279	16%
				2016-2017	1737	20	1%	21	1%
				2017-2018	1054	106	7%	112	7%
				2018-2019	1996	316	14%	336	15%
				2021-2022	1381	239	18%	254	19%
4300020534	0,16	0,17	PCD	2012-2013	1081	157	10%	167	11%
				2013-2014	1060	23	1%	25	1%
				2014-2015	910	153	10%	162	10%
				2015-2016	2392	231	12%	246	13%
				2016-2017	2280	201	10%	213	10%
				2018-2019	1313	20	1%	21	1%
4300020122	0,16	0,17	RHN/3054007	2021-2022	978	334	26%	355	27%
				2010-2011	1160	183	19%	194	20%
				2011-2012	1530	400	38%	425	40%
				2012-2013	1834	608	38%	646	40%
				2013-2014	1486	449	26%	477	28%
				2015-2016	2040	366	16%	389	17%
				2016-2017	2006	557	32%	592	34%
				2017-2018	1608	418	40%	444	42%
				2018-2019	1797	378	19%	401	20%
				2019-2020	1260	607	44%	645	47%
4300020124	0,16	0,17	RHN/3054007	2020-2021	1409	579	54%	615	57%
				2021-2022	1262	762	72%	810	76%
				2011-2012	1011	21	2%	22	2%
				2016-2017	1613	365	15%	388	16%
				2018-2019	1617	206	9%	219	10%
4300020123	0,16	0,17	RHN/3054007	2020-2021	1435	25	2%	26	2%
				2021-2022	2174	13	1%	14	1%
				2010-2011	1525	57	6%	60	6%
				2011-2012	2073	35	3%	37	3%
				2012-2013	1600	144	9%	153	10%
				2013-2014	1436	336	18%	357	19%
				2014-2015	1350	110	7%	116	8%
				2015-2016	1381	490	24%	520	26%
				2016-2017	1282	244	12%	259	13%
				2017-2018	1905	112	7%	119	7%
4300020121	0,16	0,17	RHN/03055007	2018-2019	1886	244	14%	259	14%
				2019-2020	1581	72	6%	76	6%
				2020-2021	1776	52	4%	55	4%
				2021-2022	1359	326	26%	347	27%
				2011-2012	1366	16	2%	17	2%
				2012-2013	1011	243	15%	258	16%
				2013-2014	1613	251	16%	266	16%
				2014-2015	1617	26	2%	27	2%
				2016-2017	1435	80	4%	85	4%
				2017-2018		137		145	
				2018-2019	2174	241	12%	256	12%
				2019-2020	1525	134	8%	142	9%
				2020-2021	2073	119	8%	127	9%
				2021-2022	1600	254	19%	270	20%

Tabela 12 - Estimativas de Recarga no Aquífero Guarani.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
4300020126	0,16	0,17	RHN/03055009	2013-2014	1436	260	19%	277	20%
				2014-2015	1350	195	15%	207	16%
				2015-2016	1381	204	11%	217	11%
				2016-2017	1282	118	6%	126	7%
				2017-2018	1905	70	4%	74	5%
				2018-2019	1886	125	7%	133	7%
				2020-2021	1776	28	2%	30	2%
4300021603	0,16	0,17	RHN/03056007	2021-2022	1450	63	5%	67	5%
				2011-2012	1359	16	2%	17	2%
				2012-2013	1607	243	15%	258	16%
				2013-2014	1896	251	16%	266	16%
				2014-2015	2230	26	2%	27	2%
				2015-2016	1422	157		167	
				2016-2017	2090	80	4%	85	4%
				2017-2018	1483	137	9%	145	10%
				2018-2019	1418	241	12%	256	12%
				2019-2020	1526	134	8%	142	9%
4300021602	0,16	0,17	RHN/03055009	2020-2021	300	119	8%	127	9%
				2021-2022	1845	254	19%	270	20%
				2010-2011	1716	335	24%	356	26%
				2011-2012	2119	387	30%	411	32%
				2012-2013	1427	214	11%	227	12%
				2013-2014	1886	105	6%	112	6%
				2015-2016	1530	644	36%	684	39%
4300022636	0,16	0,17	RHN/03055004	2016-2017	1275	221	15%	234	16%
				2017-2018	1778	388	29%	412	30%
				2014-2015	2456	68	4%	72	5%
				2015-2016	2295	77	4%	82	4%
				2016-2017	1424	74	3%	78	4%
				2017-2018	1892	101	7%	108	8%
				2018-2019	2218	102	5%	108	5%
4300022634	0,16	0,17	RHN/02954001	2019-2020	1833	40	3%	42	3%
				2020-2021	2219	212	15%	225	16%
				2021-2022	1836	72	5%	76	5%
				2013-2014	1934	136	7%	145	8%
				2014-2015	1587	101	6%	107	6%
				2015-2016	1332	535	25%	568	27%
				2016-2017	1621	59	4%	63	4%
4300022637	0,16	0,17	RHN/02954001	2017-2018	1775	55	3%	59	3%
				2018-2019	1381	45	3%	48	3%
				2019-2020	1378	35	3%	37	3%
				2020-2021	1170	51	4%	54	4%
				2014-2015	1079	75	4%	80	4%
4300022637	0,16	0,17	RHN/02954001	2015-2016	1456	355	14%	378	15%
				2016-2017	1253	176	8%	187	8%
				2017-2018	1535	41	3%	44	3%
				2018-2019	1660	262	14%	278	15%

Tabela 12 - Estimativas de Recarga no Aquífero Guarani.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [A]	POROSIDADE EFETIVA(Sy) [B]	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm) [A]	RECARGA (%) [A]	RECARGA (mm) [B]	RECARGA (%) [B]
4300021600	0,16	0,17	RHN/02954019	2013-2014	1370	1016	46%	1079	49%
				2014-2015	1469	178	10%	189	10%
				2016-2017	1292	1072	48%	1139	51%
				2017-2018	1147	246	13%	261	14%
				2018-2019	1252	63	3%	67	3%
				2020-2021	1438	138	9%	147	9%
3500034022	0,12	0,17	ANA / CEMTEC / PCD	2021-2022	1246	630	47%	670	50%
				2015-2016	1765	408	25%	288	18%
				2016-2017	753	420	24%	296	17%
				2017-2018	1512	316	23%	223	16%
				2018-2019	1408	145	11%	102	7%
				2019-2020	1939	223	19%	157	13%
3500028109	0,12	0,17	ANA / PCD / SAAE	2020-2021	1560	15	1%	11	1%
				2021-2022	1762	315	22%	222	15%
				2012-2013	2392	207	17%	146	12%
				2013-2014	1520	221	14%	156	10%
				2015-2016	2280	435	26%	307	19%
				2016-2017	1313	163	12%	115	8%
5200007146	0,12		RHN (ANA)	2017-2018	1579	413	28%	292	20%
				2018-2019	1850	37	3%	26	2%
				2019-2020	1547	73	6%	52	5%
				2021-2022	1934	24	2%	17	1%
				2020/2021	2042			148	10%
				2021/2022	1530			85	7%
5200007147	0,12		RHN (ANA)	2012/2013	1698			88	5%
				2015/2016	1299			107	14%
				2016/2017	964			135	9%
				2017/2018	1052			51	4%
				2018/2019	1605			70	4%
				2019/2020	1722			26	2%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Organização dos Estados Americanos, 2009; Gomes, 2008)

4.13. ITAPECURU

No Aquífero Itapecuru foi analisado um poço.

Tabela 13 – Estimativas de Recarga no Aquífero Itapecuru.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500005254	0,13	NV Jacundá CPRM 0044.9001	2016- 2017	2472	1027	42%
			2017- 2018	2337	2161	92%
			2018- 2019	2297	1435	62%
			2019- 2020	2415	1601	66%
			2021- 2022	2468	1067	43%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Healy; Cook, 2002)

4.14. MAURITI

No Aquífero Mauriti foram analisados quatro poços.

Tabela 14 – Estimativas de Recarga no Aquífero Mauriti.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022889	0,097	RHN 00738055	2013- 2014	569	42	7%
			2014- 2015	345	12	4%
			2016- 2017	328	171	52%
			2017- 2018	1265	165	13%
			2018- 2019	900	68	8%
			2019- 2020	850	15	2%
2300022891	0,097	RHN 00738001	2012- 2013	599	0	0%
			2015- 2016	431	97	22%
			2018- 2019	706	1	0%
2300022892	0,097	RHN 00738001	2016- 2017	720	69	10%
			2017- 2018	807	124	15%
			2018- 2019	706	370	52%
			2020- 2021	466	489	105%
			2021- 2022	893	52	6%
2300022894	0,097	RHN 00738008	2018- 2019	979	12	1%
			2021- 2022	1140	61	5%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos, 2009)

4.15. MISSÃO VELHA-RIO DA BATATEIRA

Com uma densidade de 16 poços de monitoramento, trata-se de uma das melhores distribuições da RIMAS, para a dimensão/extensão do aquífero, principalmente devido à importância dos aquíferos para essa região, compreendida no sul do estado do Ceará. No Sistema Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira foram analisadas as recargas de 17 poços de monitoramento.

Tabela 15 – Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300020827	0,128	RHN 00739016	2011- 2012	594	4	1%
			2012- 2013	1108		
			2013- 2014	1308		
			2014- 2015	1150		
			2015- 2016	737		
			2016- 2017	780	42	5%
			2017- 2018	1105	71	6%
			2018- 2019	974		
			2019- 2020	1171	138	12%
			2020- 2021	946	115	12%
			2021- 2022	1405	229	16%
2300022129	0,128	RHN 00738006	2011- 2012	515	360	70%
			2012- 2013	816	389	48%
			2013- 2014	739		
			2014- 2015	747		
			2015- 2016	439	692	158%
			2016- 2017	497	608	122%
			2017- 2018	845		
			2018- 2019	969		
			2019- 2020	1043	436	42%
			2020- 2021	792	47	6%
			2021- 2022	956	297	31%
2300022135	0,128	RHN 00738006	2011- 2012	516		
			2012- 2013	816	273	33%
			2013- 2014	739	275	37%
			2014- 2015	747	141	19%
			2015- 2016	439	195	44%
			2016- 2017	498		
			2017- 2018	846	425	50%
			2018- 2019	970	318	33%
			2019- 2020	1044	476	46%
			2020- 2021	792	320	40%
			2021- 2022	956	661	69%

Tabela 15 - Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022154	0,128	RHN 00739007	2011- 2012	810	151	19%
			2012- 2013	888	169	19%
			2013- 2014	856	240	28%
			2014- 2015	753	1164	155%
			2015- 2016	759	1638	216%
			2016- 2017	764		
			2017- 2018	739		
			2018- 2019	1024	1827	178%
			2019- 2020	1166	1409	121%
			2020- 2021	1081		
			2021- 2022	1280		
2300022506	0,128	RHN 00739010	2011- 2012			
			2012- 2013			
			2013- 2014	717	78	11%
			2014- 2015	722		
			2015- 2016	587		
			2016- 2017	724	35	5%
			2017- 2018	591	170	29%
			2018- 2019	1016	138	14%
			2019- 2020	744	262	35%
			2020- 2021	942	268	28%
			2021- 2022	1251	363	29%
2300022592	0,128	RHN 00739065	2011- 2012	796	4	1%
			2012- 2013	1002	0	
			2013- 2014	995	47	5%
			2014- 2015	828		
			2015- 2016	575		
			2016- 2017	702	24	3%
			2017- 2018	962	0	
			2018- 2019	1044	115	11%
			2019- 2020	1096	11	1%
			2020- 2021	937		
			2021- 2022	1069	693	65%
2300022593	0,128	RHN 00739003	2011- 2012	732	62	8%
			2012- 2013	981	263	27%
			2013- 2014	973	252	26%
			2014- 2015	940		
			2015- 2016	739		
			2016- 2017	963		
			2017- 2018	975		
			2018- 2019	1157		
			2019- 2020	1353	144	11%
			2020- 2021	1358		
			2021- 2022	1369	22	2%

Tabela 15 - Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022598	0,128	RHN 00739003	2011- 2012	420	0	
			2012- 2013	913	69	8%
			2013- 2014	900		
			2014- 2015	437		
			2015- 2016	800	211	26%
			2016- 2017	860	0	
			2017- 2018	987		
			2018- 2019	1388		
			2019- 2020	1095	51	5%
			2020- 2021	1220		
			2021- 2022	1455		
2300022599	0,128	RHN 00739003	2011- 2012	732	0	
			2012- 2013	981	11	1%
			2013- 2014	973	13	1%
			2014- 2015	940		
			2015- 2016	739		
			2016- 2017	963	51	5%
			2017- 2018	975		
			2018- 2019	1157		
			2019- 2020	1353	176	13%
			2020- 2021	1358	276	20%
			2021- 2022	1369	458	33%
2300022600	0,128	RHN 00739046	2011- 2012	420	1839	438%
			2012- 2013	913		
			2013- 2014	900		
			2014- 2015	437		
			2015- 2016	800		
			2016- 2017	860		
			2017- 2018	987		
			2018- 2019	1388	7162	516%
			2019- 2020	1095	3641	332%
			2020- 2021	1220		
			2021- 2022	1455		
2300022893	0,128	RHN 00738000	2011- 2012			
			2012- 2013	463		
			2013- 2014	657		
			2014- 2015	419		
			2015- 2016	568	0	
			2016- 2017	819	0	
			2017- 2018	732	0	
			2018- 2019	635	49	8%
			2019- 2020	717	0	
			2020- 2021	505	0	
			2021- 2022	658	0	

Tabela 15 - Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022895	0,128	RHN 00739046	2011- 2012			
			2012- 2013			
			2013- 2014	913	10	1%
			2014- 2015	900	57	6%
			2015- 2016	437		
			2016- 2017	800		
			2017- 2018	860	20	2%
			2018- 2019	987	49	5%
			2019- 2020	1388	131	9%
			2020- 2021	1095	134	12%
			2021- 2022	1220	189	15%
2300022896	0,128	RHN 00738000	2011- 2012			
			2012- 2013	463	0	
			2013- 2014	657		
			2014- 2015	419		
			2015- 2016	568		
			2016- 2017	819		
			2017- 2018	732	0	
			2018- 2019	635	40	6%
			2019- 2020	717	6	1%
			2020- 2021	505	0	
			2021- 2022	658	257	39%
2300022906	0,128	RHN 00739006	2011- 2012			
			2012- 2013	950		
			2013- 2014	908		
			2014- 2015	1070	53	5%
			2015- 2016	951	16	2%
			2016- 2017	689	48	7%
			2017- 2018	640	251	39%
			2018- 2019	955	153	16%
			2019- 2020	1296		
			2020- 2021	1385		
			2021- 2022	1055	359	34%

Tabela 15 - Estimativas de Recarga no Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2300022907	0,128	RHN 00739006	2011- 2012			
			2012- 2013	950		
			2013- 2014	908		
			2014- 2015	1070		
			2015- 2016	951		
			2016- 2017	689	79	12%
			2017- 2018	640		
			2018- 2019	955	188	20%
			2019- 2020	1296	198	15%
			2020- 2021	1385	108	8%
			2021- 2022	1055	129	12%
2300022908	0,128	RHN 00739016	2011- 2012			
			2012- 2013	1109		
			2013- 2014	1309		
			2014- 2015	1150		
			2015- 2016	737	73	10%
			2016- 2017	781	140	18%
			2017- 2018	1106	204	18%
			2018- 2019	975	202	21%
			2019- 2020	1172	228	19%
			2020- 2021	947	156	16%
			2021- 2022	1405	260	18%
2300022909	0,128	RHN 00739007	2011- 2012			
			2012- 2013	888	90	10%
			2013- 2014	856		
			2014- 2015	753		
			2015- 2016	759		
			2016- 2017	764	322	42%
			2017- 2018	739	249	34%
			2018- 2019	1024	199	19%
			2019- 2020	1166	331	28%
			2020- 2021	1081	288	27%
			2021- 2022	1280	323	25%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos, 2009)

4.16. PARECIS

Com 19 estações de monitoramento, concentradas principalmente no município de Vilhena e arredores, este aquífero teve uma expansão recente nos pontos monitorados, por se tratar de uma importante fronteira agrícola. Situado entre os estados de Rondônia e Mato Grosso, o Sistema Aquífero Parecis teve cinco análises de recarga através das séries históricas do monitoramento RIMAS.

Tabela 16 – Estimativas de Recarga no Aquífero Parecis.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
5200006101	0,07	RHN (ANA)	2010- 2011	1969	143	7%
			2011- 2012	1433	253	18%
			2012- 2013	1787	214	12%
			2013- 2014	1496	290	19%
			2014- 2015	1844	167	9%
			2016- 2017	1355	314	23%
			2017- 2018	1744	291	17%
			2018- 2019	1612	269	17%
			2019- 2020	1825	224	12%
			2020- 2021	1200	238	20%
			2021- 2022	1753	243	14%
5200006102	0,07	RHN (ANA)	2017- 2018	1744	177	10%
5200007038	0,07	RHN (ANA)	2012- 2013	1415	77	5%
			2013- 2014	1754	247	14%
			2014- 2015	2267	312	14%
			2015- 2016	1638	84	5%
			2016- 2017	1981	197	10%
			2017- 2018	1860	106	6%
			2018- 2019	2247	369	16%
			2019- 2020	1759	28	2%
			2020- 2021	1394	171	12%
			2021- 2022	1819	200	11%
5200007039	0,07	RHN (ANA)	2012- 2013	1645	46	3%
			2014- 2015	1663	263	16%
			2015- 2016	607	184	30%
			2016- 2017	1729	219	13%
			2017- 2018	1756	241	14%
			2021- 2022	2088	104	5%

Tabela 16 - Estimativas de Recarga no Aquífero Parecis.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
5200007040	0,07	RHN (ANA)	2012- 2013	1759	143	8%
			2014- 2015	1844	137	7%
			2015- 2016	1198	200	17%
			2016- 2017	1355	258	19%
			2017- 2018	1744	249	14%
			2018- 2019	1612	315	20%
			2019- 2020	1825	212	12%
			2020- 2021	1200	272	23%
			2021- 2022	1753	295	17%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Johnson, 1967 *apud* Healy; Cook, 2002) para materiais areno-argilosos

4.17. PIRABAS

Exclusivamente de ocorrência no estado do Pará, o Aquífero Pirabas possui 13 poços de monitoramento, alguns cedidos pela companhia de abastecimento Cosampa, e são de grandes profundidades, inviabilizando a utilização do método WTF, portanto foi analisado um poço.

Tabela 17 – Estimativas de Recarga no Aquífero Pirabas.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
1500005898	0,2	Castanhal CPRM 0014.7007	2012- 2013	1696	171	10%
			2013- 2014	1786	290	16%
			2014- 2015	2110	153	7%
			2017- 2018	2374	369	16%
			2018- 2019	3416	376	11%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Johnson, 1967 *apud* Healy; Cook, 2002) para materiais areno-argilosos

4.18. POTI-PIAUI

No Aquífero Poti-Piauí foi analisado um poço.

Tabela 18 – Estimativas de Recarga no Aquífero Poti_Piauí.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200034952	0,03	Não	2014		1011
			2015		1192
			2016		515
			2017		1170
			2018		788
			2019		1499

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Correia Filho et al., 2010)

4.19. RONURO

No Aquífero Ronuro foram analisados três poços.

Tabela 19 – Estimativas de Recarga no Aquífero Ronuro.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
5200006100	0,07	RHN (ANA)	2011- 2012	1433	241	17%
			2012- 2013	1787	233	13%
			2014- 2015	1844	179	10%
			2016- 2017	1355	188	14%
			2017- 2018	1744	199	11%
			2018- 2019	1612	195	12%
			2019- 2020	1825	184	10%
			2020- 2021	1200	201	17%
5200007034	0,07	RHN (ANA)	2012- 2013	1525	151	10%
			2016- 2017	1447	157	11%
			2017- 2018	1463	185	13%
			2018- 2019	1803	146	8%
			2019- 2020	1816	133	7%
5200007035	0,07	RHN (ANA)	2021- 2022	1867	237	13%
			2012- 2013	1525	424	28%
			2016- 2017	1447	624	43%
			2017- 2018	1463	656	45%
			2018- 2019	1803	724	40%
			2019- 2020	1816	552	30%
			2020- 2021	1668	573	34%
			2021- 2022	1867	636	34%
			2022- 2023	865	588	68%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Johnson, 1967 *apud* Healy; Cook, 2002) para materiais areno-argilosos

4.20. SERRA GRANDE

No Aquífero Serra Grande foram analisados sete poços.

Tabela 20 – Estimativas de Recarga no Aquífero Serra Grande.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200045224	0,03		2014		970
			2015		876
			2016		488
			2017		485
			2018		1049
			2019		1019
			2020		1612
			2021		446
			2022		1947
2200045223	0,03		2012		369
			2013		528
			2014		574
			2015		825
			2016		191
			2017		1983
			2018		3147
			2019		4706
			2020		3860
			2021		1753
			2022		3449
2200045220	0,03		2012		2059
			2013		2507
			2014		1865
			2015		521
			2016		1366
			2017		1697
			2018		2571
			2019		2512
			2020		2610
			2021		1830
			2022		1697

Tabela 20 - Estimativas de Recarga no Aquífero Serra Grande.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)
2200045221	0,03		2011/2012		345
			2012/2013		369
			2013/2014		1887
			2014/2015		895
			2016/2017		370
			2017/2018		1990
			2018/2019		1965
			2020/2021		2295
			2021/2022		4592
2200045222	0,03		2011/2012		285
			2012/2013		424
			2013/2014		134
			2015/2016		527
			2016/2017		397
			2017/2018		546
			2018/2019		866
			2019/2020		801
			2021/2022		541
2200000593	0,03		2012/2013		366
			2013/2014		310
			2015/2016		1228
			2016/2017		1196
			2018/2019		715
			2020/2021		394
			2021/2022		1200
2200051433	0,03		2019/2020		3174
			2020/2021		1098
			2021/2022		1416

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Correia Filho, 2010)

4.21. TACARATU/INAJÁ

No Aquífero Tacaratu/Inajá foram analisadas três séries históricas, geralmente de difícil comparação pois trata-se de um aquífero descontínuo, monitorado somente no estado de Pernambuco.

Tabela 21 – Estimativas de Recarga no Aquífero Tacaratu/Inajá..

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2600050937	0,15	PCD (INMET_NE/ PE_A350)	2014- 2015	85	38	45%
			2015- 2016	508	87	17%
			2016- 2017	665	193	29%
			2017- 2018	384	173	45%
			2018- 2019	792	146	18%
			2019- 2020	1111	224	20%
2600050939	0,15	PCD (INMET_NE/ PE_A350)	2014- 2015	85	19	22%
			2015- 2016	508	78	15%
			2016- 2017	665	202	30%
			2017- 2018	384	207	54%
			2018- 2019	792	116	15%
			2019- 2020	1111	198	18%
			2020- 2021	668	122	18%
2600019994	0,15	PCD (INMET_NE/ PE_A350)	2012- 2013	453	18	4%
			2013- 2014	357	505	141%
			2014- 2015	85	200	236%
			2015- 2016	508	210	41%
			2016- 2017	665	378	57%
			2017- 2018	384	231	60%
2600050938	0,15	PCD (INMET_NE/ PE_A350)	2018- 2019	792	71	9%
			2013- 2014	357	773	216%
			2014- 2015	85	465	549%
			2015- 2016	508	568	112%
			2016- 2017	665	771	116%
			2017- 2018	384	600	156%
			2018- 2019	792	394	50%
2600039605	0,15	PCD 00837055	2019- 2020	1111	695	63%
			2011- 2012	129	251	195%
			2012- 2013	390	441	113%
			2014- 2015	187	320	171%
			2016- 2017	236	1180	500%
			2017- 2018	347	306	88%
			2018- 2019	630	997	158%
			2019- 2020	438	632	144%
			2020- 2021	742	684	92%
			2021- 2022	512	426	83%

Tabela 21 - Estimativas de Recarga no Aquífero Tacaratu/Inajá.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2600039622	0,21	PCD 00837054	2012- 2013	545	71	13%
			2013- 2014	444	108	24%
			2014- 2015	478	45	9%
			2015- 2016	961	62	6%
			2018- 2019	965	77	8%
			2019- 2020	735	456	62%
			2020- 2021	776	89	12%
2600049197	0,21	PCD 00837051	2021- 2022	716	197	27%
			2013- 2014	780	49	6%
			2014- 2015	606	62	10%
			2015- 2016	805	42	5%
			2016- 2017	745	92	12%
2600055019	0,15	PCD 00837047	2018- 2019	1591	18	1%
			2017- 2018	561	857	153%
			2019- 2020	445	1376	309%
			2021- 2022	668	647	97%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Johnson, 1967)

4.22. TUCUNARÉ

No Aquífero Tucunaré foi analisado um poço.

Tabela 22 – Estimativas de Recarga no Aquífero Tucunaré.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	
1500006923	0,08	Cach.do Arari CPRM 0004.9012	2015- 2016	2056	369	18%
			2016- 2017	2327	608	26%
			2019- 2020	2405	236	10%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Agência Nacional de Águas, 2015)

4.23. URUCUIA

NNos estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Piauí e Maranhão encontra-se o Urucuia, um aquífero com mais de 80 estações de monitoramento, porém foram avaliados, em um primeiro momento, somente 17 poços.

Tabela 23 – Estimativas de Recarga no Aquífero Urucuia.

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2900020673	0,15	RHN 1245017	2015- 2016	883	319	36%
			2016- 2017	1073	171	16%
			2017- 2018	907	218	24%
			2018- 2019	1004	280	28%
2900020675	0,15	RHN 1245017	2018- 2019	1004	853	8%
			2019- 2020	1548	165	11%
			2021- 2022	1396	116	8%
2900020679	0,15	RHN 1245007	2012- 2013	886	14	16%
			2013- 2014	924	23	25%
			2014- 2015	987	244	25%
			2015- 2016	910	118	13%
			2016- 2017	824	109	13%
			2017- 2018	913	248	27%
			2018- 2019	869	200	23%
			2019- 2020	1165	163	14%
			2021- 2022	1391	190	14%
2900020680	0,15	RHN 1246008	2011- 2012		521	
			2013- 2014	597	201	3%
			2015- 2016	1030	288	3%
			2016- 2017		943	
			2017- 2018	801	23	3%
			2018- 2019	1453	132	9%
			2019- 2020	1126	543	5%
2900020682	0,15	RHN 1345002	2011- 2012	1168	124	11%
			2017- 2018	742	297	4%
			2018- 2019	721	686	10%
			2019- 2020	825	735	9%
			2020- 2021	1014	311	3%
			2021- 2022	903	133	15%
2900020683	0,15	RHN 1245015	2015- 2016	761	394	5%
			2017- 2018	1019	270	26%
			2018- 2019	849	204	24%

Tabela 24 - Estimativas de Recarga no Aquífero Urucua.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2900020686	0,15	RHN 1245017	2013- 2014	1116	654	6%
			2014- 2015	716	501	7%
			2016- 2017	1073	503	5%
			2017- 2018	907	965	11%
			2018- 2019	1004	11	11%
			2019- 2020	1548	121	8%
			2020- 2021	1657	896	5%
			2021- 2022	1396	186	13%
2900020688	0,15	RHN 1345002	2012- 2013		14	
			2013- 2014	1168	23	20%
			2016- 2017		206	
			2017- 2018	742	181	24%
			2018- 2019	721	20	28%
			2019- 2020	825	254	31%
			2020- 2021	1014	168	17%
2900021796	0,15	RHN 1145013	2016- 2017	971	100	1%
			2020- 2021	835	930	11%
2900021798	0,15	RHN 1245015	2011- 2012	959	112	12%
			2012- 2013	1096	297	3%
			2015- 2016	761	105	14%
			2019- 2020	1216	102	8%
			2020- 2021	1182	777	7%
2900021801	0,15	RHN 1246008	2011- 2012		137	
			2018- 2019	1453	349	2%
			2019- 2020	1126	131	12%
			2020- 2021	1171	180	15%
2900024872	0,15	RHN 1245017	2012- 2013	1410	412	3%
			2014- 2015	716	51	7%
			2015- 2016	883	167	2%
2900024873	0,15	RHN 1245015	2013- 2014	1120	61	5%
			2017- 2018	1019	308	3%
			2018- 2019	849	227	27%
			2020- 2021	1182	189	16%
			2021- 2022	1406	252	18%
2900024874	0,15	RHN 1345002	2014- 2015	315	981	31%
			2017- 2018	742	164	22%
			2018- 2019	721	14	20%
			2019- 2020	825	157	19%
			2020- 2021	1014	139	14%
2900024877	0,15	RHN 1345002	2018- 2019	721	16	23%
			2020- 2021	1014	387	38%
			2021- 2022	903	331	37%

Tabela 24 - Estimativas de Recarga no Aquífero Urucuia.(Continuação)

POÇO	POROSIDADE EFETIVA(Sy)	ORIGEM PLUVIOMÉTRICA	ANOS HIDROLÓGICOS	PLUVIOMETRIA (mm)	RECARGA (mm)	RECARGA (%)
2900024879	0,15	RHN 1345002	2012- 2013		457	
			2013- 2014	1168	702	6%
			2014- 2015	315	93	29%
			2018- 2019	721	215	30%
			2020- 2021	1014	349	34%
3100020889	0,15	CHUVA ANUAL (ANA) mm	2013- 2014	790	72	9%
			2015- 2016	827	87	11%
			2016- 2017	777	69	9%
			2017- 2018	1285	251	19%
			2018- 2019	937	174	19%
			2019- 2020	1189	227	19%
			2020- 2021	976	107	11%
			2021- 2022	1434	362	25%

Fonte: Porosidade Efetiva (Sy) (Gaspar, 2006)

5. CONCLUSÕES

A RIMAS foi planejada com diretrizes que se mantêm até os dias atuais, como uso exclusivo para a finalidade do monitoramento, frequência e forma de aquisição dos dados entre outros, isso permite a análise das séries históricas para diversas finalidades, inclusive a avaliação das recargas pelo método da variação dos níveis d'água ao longo do período monitorado de forma bastante satisfatória.

No entanto, apesar da RIMAS possuir mais de 10 anos de existência com premissas bem definidas, várias intercorrências ocorrem em uma rede de monitoramento, como expansões urbanas e outros usos do solo na proximidade do poço de monitoramento (podendo alterar o seu comportamento) ou falhas de registros por dificuldade de acesso ou problemas com equipamentos, isso faz com que aumente as restrições de usos dos dados. Mesmo que possamos utilizar outros tipos de análises (visando retirar ruídos e interferências), recorrer a ferramentas de inteligência artificial/aplicações para preenchimento das falhas (mas que também carecem de “pontos de amarração/validação” confiáveis e com uma sequência/série significativa), fica evidente que é importante dedicar esforços para garantir a continuidade e a qualidade dos dados básicos hidrogeológicos, bem como informações atualizadas das condições de contorno e arredores das estações de monitoramento.

Neste trabalho foram apresentados os resultados das recargas a partir da observação da variação dos níveis d'água, em sua maioria dentro do esperado, mas também foram verificados valores “anômalos”, principalmente quando comparados com a precipitação. O que se pretendeu foi a sintetização e a exposição dos resultados passíveis com o monitoramento, portanto não foram discutidas as diversas hipóteses que levaram a esses resultados (interferências, “super” ou “sub” estimação de algum dado, outras fontes/origens para as recargas, inadequação do método para esse tipo de análise etc), pois entendemos que merecem e devem ser analisadas criteriosamente e individualmente, necessitando mais tempo.

Mesmo considerando uma quantidade ainda incipiente de pontos de monitoramento para um país das dimensões do Brasil e todas as dificuldades geradas principalmente pelas heterogeneidades logísticas (operacional) nacional, esses resultados permitem, de uma nova forma, visualizar o que está acontecendo em subsuperfície e ao longo do tempo com as águas subterrâneas.

Mesmo precisando de mais subsídios para “cravar/definir” conclusões, mas considerando que não foram utilizados, para compilação dos mapas de distribuição das recargas (Figura 7), os períodos somente com descenso dos níveis d'água, ou seja, períodos em que a série histórica não apresentou recarga nenhuma, foi visualmente perceptível que há um maior número de valores de recarga entre os anos de 2017-2018 e 2018-2019, mesmo que de maneira superficial, o período de 2018, também, parece marcado por uma diminuição das secas monitoradas no Nordeste pelo “Monitor de Secas” da ANA (Agência Nacional de Águas, 2023), corroborando em parte os resultados aqui apresentados.

Por fim, ressalta-se que o uso das águas subterrâneas vem continuamente crescendo, pois trata-se de uma fonte muitas vezes mais acessível e constante do recurso hídrico, mesmo sendo um consenso que é necessário o seu melhor aproveitamento, é importante reconhecer que o conhecimento sobre a hidrogeologia também precisa crescer na mesma velocidade, propiciando o uso sustentável e a gestão consciente para que perdure longinquamente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Avaliação dos aquíferos das bacias sedimentares da província hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e cidades pilotos (escala 1:50.000):** volume III: hidrogeologia e modelo numérico de fluxo da PHA no Brasil. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/07c7cf8f-6e81-4040-b-405-8361f6b4cdf9/attachments/Volume_III-Hidrogeologia_e_Modelo_Numerico_de_Fluxo_da_PHA_no_Brasil.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Monitor das secas.** Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <http://monitordesecas.ana.gov.br/mapas>. Acesso em 11 dez. 23.
- AGUIAR, C. J. B. de. **Relatório diagnóstico aquífero Alter do Chão no estado do Amazonas:** bacia sedimentar do Amazonas: volume 6. Belo Horizonte: CPRM, 2012. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22245>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano de monitoramento e gestão dos aquíferos da bacia do Araripe, estado do Ceará.** Fortaleza: COGERH, 2009. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/coletanea2010/Plano-Monitoramento-Gestao-Aquiferos-Bacia-Araripe.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CORREIA FILHO, F. L.; MONTEIRO, A. B.; ANDRADE, J. B. F. de; FONTES, S. L.; FEITOSA, E. C.; SOARES FILHO, A. R.; SOUSA, N. G. de; BAR-RADAS, M. T. Aquífero Serra Grande: hidrogeologia e modelo tectônico- borda sudeste da bacia sedimentar do Parnaíba- PI. **Revista Águas Subterrâneas**, 2010. Suplemento Anais dos XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22880>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CROSBIE, R. S.; BINNING, P.; KALMA, J. D. A time series approach to inferring groundwater recharge using the water table fluctuation method. **Water Resources Research**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1029/2004WR003077>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2004WR003077>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CUNHA, V. C. V.; MOURÃO, M. A. A.; COTA, S. D. S. Aplicação do método da flutuação do nível d'água subterrânea para estimativa de recarga no aquífero Urucuia- São Desidério- BA. **Revista Águas Subterrâneas**, 2016. Suplemento Anais do XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28685>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. Aplicação dos métodos Drastic e Posh para a determinação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do aquífero furnas na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p.127-142, abr./jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v15n2.p127-142>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=7&SUMARIO=99>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CUTRIM, A. O.; REBOUÇAS, A. C. Estudo da recarga do aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Águas Subterrâneas**, 2004. Suplemento Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23465>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- FIUMARI, S. L. **Caracterização do sistema hidrogeológico Bauru no município de Araguari - MG.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. 122 p.
- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979.
- GASPAR, M.T. P. **Sistema Aquífero Urucuia:** caracterização regional e propostas de gestão. 2006. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- GOMES, L. H. **Determinação da recarga profunda na bacia piloto do Ribeirão da Onça em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de balanço hídrico na zona saturada.** 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.18.2008.tde-28042009-132417>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-28042009-132417/pt-br.php>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- HEALY, R. W.; COOK, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal**, v. 10, p. 91-109, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0178-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-001-0178-0>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- JOHNSON, A. I. **Specific yield:** compilation of specific yields of various materials. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 1967. (Geological Survey Water Supply Paper, 1662-D). DOI: <https://doi.org/10.3133/wsp1662D>. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/wsp1662D>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- LEITE, C. E. S. **Aplicação do RIMAS CONVERTE para cálculo de recargas (ΔH):** roteiro de aplicação: versão 1. Teresina: CPRM, 2023. Documento interno.
- MEINZER, O. E. **The occurrence of groundwater in the United States, with a discussion of principles.** Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 1923. (Geological Survey Water Supply Paper, 489). DOI: <https://doi.org/10.3133/wsp489>. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/wsp489>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- NERES, W. C. B.; WANKLER, F. L. Sistema aquífero Boa Vista (sabv): geologia do reservatório e suas implicações no comportamento hidrogeológico na área urbana de Boa Vista/RR. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 48., 2016, Porto Alegre- RS. **Anais [...].** São Paulo:

Sociedade Brasileira de Geologia, 2016. Disponível em: <http://sbgeo.org.br>. Acesso em: 22 ago. 2024.

OLIVEIRA, J. R. de (org.). **Projeto estudos hidrogeológicos da região metropolitana de Belém e adjacências**. Belém: CPRM, 2002. Programa Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10744>. Acesso em: 22 ago. 2024.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. **Aquífero Guaraní**: programa estratégico de ação = Aquífero Guaraní: programa estratégico de acción. Brasília: TDA Brasil, 2009. Relatório do projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável do sistema aquífero Guaraní. Edição bilingue Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai; Montevideu.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Estudo de águas subterrâneas**: regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo: DAEE, 1979. v.1-2.

SOPHOCLEOUS, M. A. Combining the soilwater balance and water-level fluctuation methods to estimate natural groundwater recharge: practical aspects. **Journal of Hydrology**, v. 124, p. 229-241, May 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(91\)90016-B](https://doi.org/10.1016/0022-1694(91)90016-B). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/002216949190016B>. Acesso em: 22 ago. 2024.

TANCREDI, A. C. F. N. S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém**: fundamentos para uso e proteção. 1996. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/7884>. Acesso: 19 set. 2023.

TROIAN, G. C. **Compartimentação hidroestratigráfica do sistema aquífero Costeiro no estado do Rio Grande do Sul**. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2021.

UNITED STATES OF GEOLOGICAL SURVEY. **Water-Table Fluctuation (WTF) method**. [S.l.]: U. S. Geological Survey, 2017. Disponível em: water.usgs.gov/ogw/gwrp/methods/wtf/. Acesso em: 14 de nov. 2023.

VELÁSQUEZ, L. N. M.; BRANCO, O. E. de A.; CARVALHO FILHO, C. A. de; MINARDI, P. S. P.; COTA, S. D. S.; BOMTEMPO, V. L.; CAMARGOS, C. C.; RODRIGUES, P. C. H.; FIUMARI, S. L. Caracterização hidrogeológica dos aquíferos Bauru e Serra Geral e avaliação das reservas do aquífero Bauru no Município de Araguari, Minas Gerais. **Revista Águas Subterrâneas**, 2008. Suplemento Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23417>. Acesso em: 22 ago. 2024.

WALTON, W. C. **Principles of groundwater engineering**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991.

ISBN - 978-65-5664-581-0



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

SGEB SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM **RIMAS** Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas

POÇO DE MONITORAMENTO

IDENTIFICAÇÃO: SRI-03-RN	SIAGAS: 2600039601
LOCALIDADE: FAZENDA OLHO D'ÁGUA DO MATO	MUNICÍPIO/UF: ASSUR/ RN
PERFURAÇÃO: NOV/2010	PROFUNDIDADE: 102 m
PERFURAÇÃO: FEV/2010	
AQUÍFERO AÇU	
PROTEGIDO POR LEI	
www.cprm.gov.br	www.rimasweb.cprm.gov.br

