GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS
SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

- ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO / CADASTRAMENTO DOS POÇOS DE REDE -

- INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE AQUÍFEROS -

- POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS LIVRES -

VOLUME 2 - TOMO 1

TOCANTINS - Centro-Norte - Recursos Naturais - 2/3.

Palmas, 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS

WANDERLEI BARBOSA - **Governador**

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

SERGISLEI SILVA DE MOURA - **Secretário**

SECRETARIA EXECUTIVA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

JOSÉ PEDRO DIAS LEITE - **Secretário Executivo**

SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL

ROMILDO LEITE DIAS - **Superintendente**

DIRETORIA DE GESTÃO DE INFORMAÇÕES TERRITORIAIS E SOCIOECONÔMICAS

RODRIGO SABINO TEIXEIRA BORGES - **Diretor**

GERÊNCIA DE ZONEAMENTO TERRITORIAL

PAULO AUGUSTO BARROS DE SOUSA - **Gerente**

EQUIPE TÉCNICA

Bruno Moure Cícero - Bacharel em Ciências Econômicas - Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio

Leandro Roeder - Bacharel em Ciências Econômicas

Maurício Fregonesi - Bacharel em Engenharia Civil

Paulo Augusto Barros de Sousa - Bacharel em Ciência da Computação - Mestre em Modelagem Computacional de Sistemas

Rodrigo Sabino Teixeira Borges - Bacharel em Geografia - Mestre em Geografia

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS
SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO / CADASTRAMENTO DOS POÇOS DE REDE

INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE AQUÍFEROS

POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS LIVRES

VOLUME 2 - TOMO 1

Palmas, 2022.

CRÉDITOS DE AUTORIA

TEXTO EXPLICATIVO
Waldir Duarte Costa
Ricardo Ribeiro Dias
Wilton José Silva da Rocha
José Viana de Carvalho
Cláudio Marchand Krugger

COLABORADORES
Eduardo Antônio Audibert
Erton Inácio Monteiro de Moraes
Ghislaine Medeiros de Almeida
Isac Tavares de Santana
Jailton Soares dos Reis
Rescivaldo Barros de Amorim
Vinicius de Melo Lima
Virlei Álvaro de Oliveira

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO E ANÁLISE

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO
Rodrigo Sabino Teixeira Borges
Maurício Fregonesi

ANÁLISE
Bruno Moure Cícero
Leandro Roeder
Maurício Fregonesi
Paulo Augusto Barros de Sousa
Rodrigo Sabino Teixeira Borges

COSTA, Waldir Duarte; DIAS, Ricardo Ribeiro Dias; .ROCHA, Wilton José Silva da; CARVALHO, José Viana de; KRUGGER, Cláudio Marchand.

Secretaria do Planejamento e Orçamento - SEPLAN. Superintendência de Planejamento Governamental. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. Gerência de Zoneamento Territorial - GZT. Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. Elaboração de Estudos Hidrogeológicos da Região Centro-Norte do Estado do Tocantins. Escolha da Rede de Monitoramento / Cadastramento dos Poços de Rede - Interpretação dos Testes de Aquíferos - Potenciometria dos Aquíferos Livres. Palmas: SEPLAN/GZT, 2022. Volume 2. Tomo 1.

56 p., Ilust.

Série TOCANTINS - Centro-Norte / Recursos Naturais - 2/3.

Executado pelo Consórcio Sambaíba - formado pelas empresas COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais e OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda., para a Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins no âmbito do Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável.

1. Hidrogeologia. 2. Escolha da Rede de Monitoramento. 3. Cadastramento dos Poços de Rede. 4. Interpretação dos Testes de Aquíferos. 5. Potenciometria dos Aquíferos Livres. 6. Potenciometria dos Aquíferos Livres. 7. Centro-Norte do Tocantins. 8. relatório. 9. mapas.

I. Tocantins. Secretaria do Planejamento e Orçamento. II. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. III. Título.

P452e

Secretaria do Planejamento e Orçamento
Superintendência de Planejamento Governamental
Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas
Gerência de Zoneamento Territorial
AANO - Esplanada das Secretarias, s/n, Centro
CEP: 77.001-002, Palmas - TO
Tel: (63) 3212.4495 - 3212.4493
https://www.to.gov.br/seplan/
E-mail: zee@seplan.to.gov.br

RESUMO

Os estudos hidrogeológicos efetuados na região Centro-Norte do Estado do Tocantins foram realizados no período de sete meses - 29/06/2021 e 29/01/2022. A rede de monitoramento para realização dos estudos foi composta por 124 poços, selecionada a partir de uma relação inicial de 332 poços cadastrados nas bases de dados da empresa pública Serviço Geológico do Brasil (SGB) / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e da empresa privada Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda., e refinada por critérios técnicos e visita *in situ* dos poços para cadastramento de campo. A ausência dos ensaios de bombeamento foi amplamente suprida pela interpretação dos dados de testes executados anteriormente por empresas de perfuração em 73 poços da área, os quais serviram para avaliar os coeficientes hidrodinâmicos dos aquíferos. Para ampliar os dados hidrodinâmicos dos poços, foram transferidos dados de testes em poços perfurados nesses mesmos aquíferos em outras áreas da mesma bacia geológica. A partir dos 124 poços da rede de monitoramento efetuou-se uma análise estatística, tanto dos poços em aquíferos porosos como do aquífero fissural, obtendo-se médias, medianas, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo para os parâmetros de profundidade, níveis estático e dinâmico, rebaixamento, vazão, vazão específica, além dos parâmetros químicos medidos no campo, como a condutividade elétrica e pH. Através da cota altimétrica de cada poço medida no campo foi possível efetuar o mapa potenciométrico dos aquíferos livres, que demonstrou serem os fluxos desses aquíferos dirigidos sempre para a drenagem superficial, caracterizando, portanto, uma drenagem efluente. A qualidade das águas subterrâneas dos diversos aquíferos da região, inclusive do aquífero fissural, pode ser considerada como “muito boa” para usos gerais, uma vez que os sólidos totais dissolvidos - STD (cujo limite para potabilidade, estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, é de 1.000 mg/L) é superado em apenas uma amostra coletada e as águas coletadas nos poços possuem valores médios da ordem de 120 mg/L, quase uma água desmineralizada. O índice de vulnerabilidade desses aquíferos foi em 68% dos casos considerado de Moderado a Negligível, o que representa uma perspectiva aceitável para obtenção de baixos riscos de contaminação. O mapa de zoneamento explotável, principal elemento para a gestão dos aquíferos, mostrou 6 zonas (A a F) nos aquíferos porosos e uma zona no aquífero fissural. As zonas B, C, D e F se subdividem em subzonas para caracterizar situações distintas de livre a confinado. Os principais aquíferos da região são: Rio das Barreiras, Corda, Sambaíba, Poti/Piauí e Urucuia, sendo que neste último não foi cadastrado nenhum poço. O primeiro (Rio das Barreiras) e o último (Urucuia) ocorrem somente na situação de livre, enquanto os demais ocorrem nas situações de livre e confinado. O principal aquífero da área é o Sistema aquífero Poti-Piauí, que ocupa uma área de 24.945 km^2, coeficiente de transmissividade médio de $2{,}1.10^{-3}$ m^2/s, condutividade hidráulica média de $8{,}4.10^{6}$ m/s e um coeficiente de armazenamento médio de $3{,}10.10^{4}$ m^3/ano, possuindo uma reserva reguladora de água subterrânea da ordem de $11{,}46.10^{9}$ m^3/ano e uma potencialidade de $14{,}31.10^{9}$ m^3/ano. Todos os aquíferos se acham subexplotados, com

volumes explotados inferiores a 0,5% da reserva reguladora. Para cada aquífero foram avaliadas reservas totais, reservas reguladoras, potencialidade, vulnerabilidade, disponibilidade instalada, disponibilidade efetiva e, por fim, efetuados os balanços hidrogeológicos de cada aquífero. Foi ainda calculado o custo das águas subterrâneas que é relativamente baixo, variando desde o mínimo de R$ 0,18/m^3 para poços de profundidade até 100,00 m até o máximo de R$ 0,44/m^3 para poços com até 440,00 m de profundidade. No que se refere à questão legal, embora o Estado do Tocantins não possua legislação específica sobre as águas subterrâneas, já dispõe de dispositivos legais na legislação de recursos hídricos que atendem quase inteiramente às necessidades para a gestão dos aquíferos. Nesse sentido, foram propostas adequações aos dispositivos de licenciamento e outorga.

SUMÁRIO

TOMO I

SUMÁRIO III
APRESENTAÇÃO 1
1. ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO 3
2. CADASTRAMENTO DOS POÇOS 6
2.1. Análise estatística dos poços nos aquíferos porosos 6
2.2. Profundidade (P) 9
2.3. Nível Estático (N.E.) 10
2.4. Nível Dinâmico (N.D.) 11
2.5. Rebaixamento (s) 12
2.6. Vazão (Q) 13
2.7. Vazão específica (Qe) 14
2.8. Relação entre os aquíferos e sistemas aquíferos porosos 15
2.10. Profundidade (P) 20
2.11. Nível Estático (N.E.) 21
2.12. Nível Dinâmico (N.D.) 22
2.13. Rebaixamento (s) 23
2.14. Vazão (Q) 24
2.15. Vazão específica (Qe) 25
2.16. Comparação entre os dados dos poços nos aquíferos poroso e fissural 27
3. INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DOS POÇOS EXISTENTES 29
3.1. Resultados Obtidos 30
3.2. Comparação com Dados Existentes 35
4. POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS DA REGIÃO 38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40

I. Cadastro dos poços levantados no campo
II. Fichas dos poços cadastrados
III. Autorizações para perfuração de poços

TOMO II

IV. Planilhas dos testes de aquífero com curvas características
V. Mapa com a Locação dos Poços na Região Centro-Norte do Estado do Tocantins
VI. Mapa Potenciométrico dos Aquíferos Livres da Região Centro-Norte do Estado do Tocantins

Lista de Figuras

Figura 1. Perfil lito-estratigráfico do poço T.31 7
Figura 2. Representação gráfica da variação da profundidade dos poços nos aquíferos porosos..... 10
Figura 3. Representação gráfica da variação do nível estático dos poços nos aquíferos porosos..... 11
Figura 4. Representação gráfica da variação do nível dinâmico dos poços nos aquíferos porosos..... 12
Figura 5. Representação gráfica da variação do rebaixamento dos poços nos aquíferos porosos..... 13
Figura 6. Representação gráfica da variação da vazão dos poços nos aquíferos porosos 14
Figura 7. Representação gráfica da variação da vazão específica dos poços nos aquíferos porosos..... 15
Figura 8. Representação gráfica da variação da profundidade dos poços nos aquíferos fissurais 21
Figura 9. Representação gráfica da variação do nível estático dos poços nos aquíferos fissurais 22
Figura 10. Representação gráfica da variação do nível dinâmico dos poços nos aquíferos fissurais 23
Figura 11. Representação gráfica da variação do rebaixamento dos poços nos aquíferos fissurais..... 24
Figura 12. Representação gráfica da variação da vazão dos poços nos aquíferos fissurai 25
Figura 13. Representação gráfica da variação da vazão específica dos poços nos aquíferos fissurais 26
Figura 14. Fluxo de alimentação dos cursos d'água pelos exutórios dos aquíferos livres. 39

Lista de Quadros

Quadro 1. Locais para perfuração do poço de observação (ao lado do existente) e teste de aquífero, contendo os dados dos poços..... 5
Quadro 2. Parâmetros dos dados construtivos e hídricos dos poços nos aquíferos porosos 6
Quadro 3. Parâmetros dos dados físico-químicos e regime de operação dos poços nos aquíferos porosos 8
Quadro 4. Correlação entre os dados dos poços nos distintos aquíferos 15
Quadro 5. Outros elementos analisados..... 17
Quadro 6. Parâmetros dos dados construtivos e hídricos dos poços nos aquíferos fissurais 18
Quadro 7. Parâmetros dos dados físico-químicos e regime de explotação dos poços nos aquíferos fissurais 19
Quadro 8. Outros elementos analisados no aquífero fissural 26
Quadro 9. Resultado dos testes de aquíferos analisados..... 31
Quadro 10. Avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e sistemas aquíferos da Bacia do Parnaíba no estado do Piauí e Região Sudeste do estado do Tocantins. 37

Lista de Tabelas

Tabela 1. Variação da profundidade dos poços no aquífero poroso, por classes 9
Tabela 2. Variação do nível estático dos poços no aquífero poroso, por classes 10
Tabela 3. Variação do nível dinâmico dos poços no aquífero poroso, por classes 11
Tabela 4. Variação do rebaixamento dos poços no aquífero poroso, por classes 12
Tabela 5. Variação da vazão dos poços no aquífero poroso, segundo as classes 13
Tabela 6. Variação da vazão específica dos poços no aquífero poroso, por classes..... 14
Tabela 7. Variação da profundidade dos poços no aquífero fissural, por classes..... 20
Tabela 8. Variação do nível estático dos poços no aquífero fissural, por classes 21
Tabela 9. Variação do nível dinâmico dos poços no aquífero fissural, por classes 22
Tabela 10. Variação do rebaixamento dos poços no aquífero fissural, por classes 23
Tabela 11. Variação da vazão dos poços no aquífero fissural, por classes..... 24
Tabela 12. Variação da vazão específica dos poços no aquífero fissural, por classes 25

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Água
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil
GWW	*Ground Water for Windows*
PDRIS	Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins
SGB	Serviço Geológico do Brasil
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
TRHIMIL	Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda.

APRESENTAÇÃO

O relatório técnico ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO / CADASTRAMENTO DOS POÇOS DA REDE / INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE AQUÍFEROS / POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS LIVRES é parte integrante da ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS [1]. Este trabalho foi desenvolvido no escopo do Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável (PDRIS), elaborado com recursos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) [2].

Os estudos hidrogeológicos efetuados na região Centro-Norte do Estado do Tocantins foram realizados entre 29/06/2021 e 29/01/2022.

Os resultados do trabalho estão sistematizados em três volumes: (i) Diagnóstico Ambiental e Socioambiental; (ii) Escolha da Rede de Monitoramento / Cadastramento dos Poços da Rede / Interpretação dos Testes de Aquíferos / Potenciometria dos Aquíferos Livres; e (iii) Diagnóstico Hidrogeológico.

O relatório técnico ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO / CADASTRAMENTO DOS POÇOS DA REDE / INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE AQUÍFEROS / POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS LIVRES apresenta os estudos da escolha da rede de monitoramento, do cadastramento dos poços da rede de monitoramento e resultados sumarizados obtidos a partir dos ensaios de bombeamento.

[1] A *ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS* foi executada por meio do contrato nº 04/2021, assinado entre a Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins - SEPLAN e o CONSÓRCIO SAMBAÍBA - formado pelas empresas COSTA CONSULTORIA E SERVIÇOS TÉCNICOS e OIKOS PESQUISA APLICADA LTDA.

[2] Contrato de empréstimo nº 8185-0-BR.

1. ESCOLHA DA REDE DE MONITORAMENTO

A escolha da rede de monitoramento quali-quantitativo foi definida no termo de referência que norteou a execução do presente trabalho. Conforme o documento em questão, "*a partir da análise dos dados de poços levantados na etapa inicial, deverá ser escolhida uma rede de poços com no mínimo 100 poços, devendo ser assim distribuídos: 70% dos poços no aquífero poroso (rochas sedimentares); 30% dos poços no aquífero fissural (rochas cristalinas).*"

Na etapa inicial foram levantados os dados do cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, contendo 191 poços, e da base cadastral da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda., empresa privada de perfuração de poços sediada na cidade de Paraíso do Tocantins, contendo 141 poços.

Considerando a duplicidade de poços nos dois cadastros, bem como ainda a inexistência de poços da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. em vários municípios da área em estudo, foi efetuada uma planilha de poços para serem levantados no campo, contendo 182 poços, dos quais 141 poços eram da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. e 41 poços do SIAGAS/CPRM.

A predominância de poços da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. deveu-se ao fato de serem os dados desta empresa mais completos, contendo as fichas de construção do poço, o perfil lito-estratigráfico e até, em vários deles, a planilha do ensaio de bombeamento.

Ao final do trabalho de campo, a rede de monitoramento perfez o montante de 124 poços, levando-se em consideração que apesar de possuírem dados completos para o estudo, apenas 102 deles teriam condições de coleta de amostras para realização de análises físico-químicas.

O cadastro dos poços da rede de monitoramento é apresentado no Apêndice I deste relatório.

Inicialmente foi prevista a seleção de dez locais em distintas formações/sistemas aquíferos para posterior perfuração de poços de monitoramento e ensaio de bombeamento (teste de aquífero). Em função da demanda de tempo necessária para perfuração de dez poços de monitoramento ser superior ao prazo disponível para execução do estudo no âmbito do PDRIS, optou-se por não realizar a perfuração dos mesmos. Como alternativa técnica para alcance do escopo do trabalho, foi realizada a interpretação dos dados de testes executados anteriormente por empresas de perfuração em 73 (setenta e três) poços da região Centro-Norte do Tocantins, os quais serviram para avaliar os coeficientes hidrodinâmicos dos aquíferos. Essa decisão foi realizada em comum acordo entre a Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins - SEPLAN e a consultora Contratada.

De toda forma, para melhor esclarecimento metodológico, descreve-se a sequência de atividades efetivamente desenvolvidas, até o momento, para seleção e cadastro dos

poços (itens “a” e “b”) bem como aquelas seriam desenvolvidas caso fosse efetivada a perfuração dos “poços de monitoramento” (itens “c”, “d”, “e”, “f”, “g”, “h”):

a) Selecionou-se no cadastro, dez poços, distribuídos regionalmente e em distintos aquíferos ou sistemas aquíferos;

b) Esses poços foram levantados em campo e adquirida a devida permissão dos seus respectivos proprietários para perfuração de um poço ao lado (a cerca de 20 m do poço escolhido) e posterior realização do teste de bombeamento;

c) Antes da perfuração do poço, serão executadas e interpretadas as perfilagens óptica e elétrica a fim de verificar a “sanidade” do poço a testar;

d) Uma vez considerado apto ao teste, será executada a perfuração do “poço de monitoramento” que irá atuar como um “poço de observação” durante o ensaio de bombeamento, devendo no mesmo serem anotados os dados de rebaixamento e recuperação nos mesmos intervalos de tempo adotados para o poço a ser bombeado;

e) O poço de observação deverá possuir as mesmas características construtivas do poço existente (ao seu lado), como sejam: profundidade, tipo e extensão do revestimento e dos filtros, espaço de encascalhamento e espaço de cimentação;

f) Concluído o poço de observação, será efetuado o bombeamento do poço existente, observando-se os critérios técnicos recomendados, inclusive quanto aos intervalos de medições, durante o período de 24h ininterruptas, anotando-se em planilhas distintas os valores das medições no poço bombeado e no poço de observação;

g) Cessado o bombeamento, e paralisada a bomba, serão anotadas as recuperações de nível, tanto do poço onde foi efetuado o bombeamento, como no poço de observação, durante 12h, ou até a recuperação de pelo menos 95% do nível inicial;

h) Deverá o hidrogeólogo interpretar o ensaio de bombeamento, a partir das planilhas do poço bombeado e do poço de observação, a fim de avaliar os coeficientes hidrodinâmicos do aquífero testado.

Os poços selecionados para realização dos ensaios de bombeamento, tendo ao seu lado o poço de observação a ser perfurado, são apresentados, com suas características construtivas, no Quadro 1.

No Apêndice II, constam as fichas de cadastramento dos poços, entre as quais constam aqueles poços selecionados para os ensaios de bombeamento e no Apêndice III constam as declarações/autorizações dos proprietários dos poços onde serão perfurados ao lado, os poços de observação, e o Apêndice V mostra em mapa a localização dos poços cadastrados na área em estudo. No Apêndice IV constam as planilhas dos testes de aquíferos com curvas características, e no Apêndice VI o mapa potenciométrico dos aquíferos livres na área em estudo.

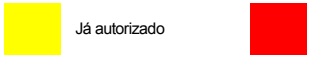
Quadro 1. Locais para perfuração do poço de observação (ao lado do existente) e teste de aquífero, contendo os dados dos poços

Nº Ordem	Localidade	Proprietário	Municípios	Coordenadas		Data de perfuração	Profund.	Prof.Revest.	Tipo de revest	Filtros	Tipo de filro	Diâm.	N.E.	N.D.	Rebaix.	Vazão	Vaz.Esp.	Aquífero selecinado
				X	Y		(m)	(m)		(m)		(pol.)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)	(m3/h/m)	
T30	Confinamento ptp 6	Minerva S/A	Araguaina	9.200.568	22M 789.492	26/11/2011	120,00	12,00	Aço	Sem revestimento/filtros		6	11,00	59,00	48,00	10,69	0,22	Pimenteiras (120)
T99	Faz. Canto do Barreiro	José Eronides de S.Pequeno	Miranorte	8.937.929	22L 759.683	15/11/2013	138,00	15,00	Aço	Sem revestimento/filtros		6	32,00	90,00	58,00	4,50	0,08	Pimenteiras/S.Grande
T13	PA Reunidas	INCRA	Aragominas	9.243.315	22M 754.194	18/12/2005	120,00	0/99-114/120	Aço	99/114	Johnson	6	15,00	52,00	37,00	8,00	0,22	Rio das Barrreiras
T14	PA Vitória Régia	INCRA	Aragominas	9.259.787	22M 754.513	21/12/2005	120,00	0/94-114/120	Aço	94/114	Johnson	6	8,00	52,00	44,00	8,00	0,18	Rio das Barrreiras
T49	Sede	Saneatins	Campos Lindos	9.118.711	23M 301.776	22/09/2002	130,00	0/106-126/130	PVC	106/126	PVC	6	0,00	25,00	25,00	31,40	1,26	Piaui (104/130)
T44	Morro Grande	Saneatins	Barra do Ouro	9.131.318	23M 219.556	18/10/2007	127,00	0/78-84/100-112/116	PVC	78/84-100/112-116/128	PVC	6	37,00	50,00	13,00	23,00	1,77	Piaui (62/127
T84	Pov.Alto Bonito	Atlântica Engenharia Ltda.	Lizarda	8.981.536	23L 274.656	10/08/2008	150,00	0/116-146/150	PVC	116/146	PVC	6	55,00	82,00	27,00	12,00	0,44	Poti/Piaui
T127	Sta.Fé do Araguaia	COS Construtora Ltda.	Santa Fé do Araguaia	9.208.847	22M 755.744	15/07/2006	130,00	0/90-110/128	PVC	90/110	PVC	6	0,00	42,00	42,00	27,00	0,64	Piaui
T119	Vila Barro Alto	COS Construtora Ltda.	Recursolândia	9.026.376	23L 235.238	09/03/2006	120,00	0/108-114/120	Aço	108/114	Nold	6	30,00	62,00	32,00	9,00	0,28	Poti/Piaui/Longá (?)
T62	FF Darcinópolis	Agen. Tocantinense de Saneam.	Darcinópolis	9.258.113	23M 196.632	29/01/2018	150,00	0/110-140/150	PVC	110/140	PVC	6	45,00	75,00	30,00	19,80	0,66	Sambaíba (150)
T63	PA Formosa	Chaves Constr.Locad.Máquinas	Darcinópolis	9.234.444	22M 211.046	15/09/2012	102,00	0/68-98/102	PVC	68/98	PVC	4	55,00	75,00	20,00	8,00	0,40	Sambaíba (102)
T113	FF PA Tucumirim	Agen. Tocantinense de Saneam.	Piraquê	9.231.352	22M 812.404	15/05/2019	222,00	108,00	Aço	Sem revestimento/filtros		6	35,00	95,00	60,00	9,00	0,15	Sambaíba(220)
T38	Faz. São Luis	Carlos Henrique de Aragão	Augustinópolis	9.395.860	23M 185.218	28/08/2018	132,00	84,00	Aço	Sem revestimento/filtros		6	15,00	90,00	75,00	39,60	0,53	Itapecuru/Corda

Já autorizado

Autorização pendente

Observações: a) caso o poço T30 seja liberado, será testado em vez do T99
b) caso o poço T49 ou o T44 seja liberado, o poço T119 não será testado
c) serão testados três poços no aq.Sambaíba, três poços no sist.aquífero Poti/Piaui, dois poços no aq.Rio das Barreiras, um poço no sist.aquífero Pimenteiras/Serra Grande e um poço no sist.aquífero Itapecuru/Corda



Observações:

a) caso o poço T30 fosse liberado, seria testado em vez do T99;

b) caso o poço T49 ou o T44 fosse liberado, o poço T119 não seria testado;

c) seriam testados três poços no aquífero Sambaíba, três poços no sistema aquífero Poti/Piauí, dois poços no aquífero Rio das Barreiras, um poço no sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande e um poço no sistema aquífero Itapecuru/Corda.

2. CADASTRAMENTO DOS POÇOS

A planilha dos 124 (cento e vinte e quatro) poços cadastrados no campo apresentada no Apêndice I, foi subdividida em duas outras planilhas para efeito de análise estatística dos dados: uma planilha contendo os dados dos aquíferos porosos, com 87 poços, e uma planilha os dados do aquífero fissural, com 37 poços.

2.1. Análise estatística dos poços nos aquíferos porosos

A análise estatística foi elaborada com dados construtivos (profundidade, altura da boca, cota da boca, diâmetro do tubo na boca) e dados hídricos (nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, vazão e vazão específica), que constam do Quadro 2, além dos dados físico-químicos medidos no campo (condutividade elétrica, pH e temperatura), bem como do regime de operação constantes do Quadro 3.

Quadro 2. Parâmetros dos dados construtivos e hídricos dos poços nos aquíferos porosos

Parâmetros estatísticos	Profundid.	Alt. boca	Cota boca	Diâ. boca	Niv.Estát.	Niv.Dinâm	Rebaixam.	Vazão	Vaz.Espec.
	(m)			(pol.)	(m)			(m^3/h)	(m^3/h/m)
Média	144,16	1,16	220,87	6,14	18,71	60,35	41,88	15,64	0,65
Mediana	130,00	0,60	216,00	6,00	14,00	56,00	38,50	9,00	0,34
Desvio Padrão	62,88	5,27	77,68	0,95	17,27	28,33	26,55	28,03	1,13
Coeficiente de Variação	43,62	452,54	35,17	15,46	92,28	46,95	63,39	179,19	174,52
Valor máximo	376,00	50,00	429,00	12,00	91,00	140,00	136,00	250,00	7,35
Valor mínimo	45,00	0,10	0,50	4,00	0,00	7,50	2,50	0,27	0,02
Número de dados	87	87	80	87	84	84	84	84	82

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

No Quadro 2 verifica-se inicialmente, que os dados de profundidade, altura da boca, cota da boca, diâmetro da boca, e nível dinâmico apresentam coeficiente de variação inferior a 50%, o que significa uma baixa dispersão de valores em torno da média; os dados de nível estático e rebaixamento, apresentam coeficiente de variação entre 50% e 100% o que representa uma média dispersão de valores; finalmente os dados de vazão e vazão específica apresentam coeficiente de variação superiores a 100%, o que representa uma elevada dispersão de valores em torno da média. Ainda nesse quadro, constata-se pequenas variações entre as médias e as medianas, o que revela a inexistência de valores anômalos tanto inferiores, como superiores, à exceção dos dados de vazão e vazão específica em que a média corresponde a quase o dobro da mediana.

Analisando a variação de cada um desses dados do Quadro 2, nota-se que:

- A profundidade apresenta a mediana de 130,00 m, com um valor máximo de 376,00 m e mínimo de 45,00 m; os valores maiores correspondem aos poços em que se teve que perfurar toda a espessura do basalto (Formação Mosquito) para alcançar a Formação Sambaíba, onde se captou no máximo 30 m do aquífero poroso (Figura 1, no poço T.31);

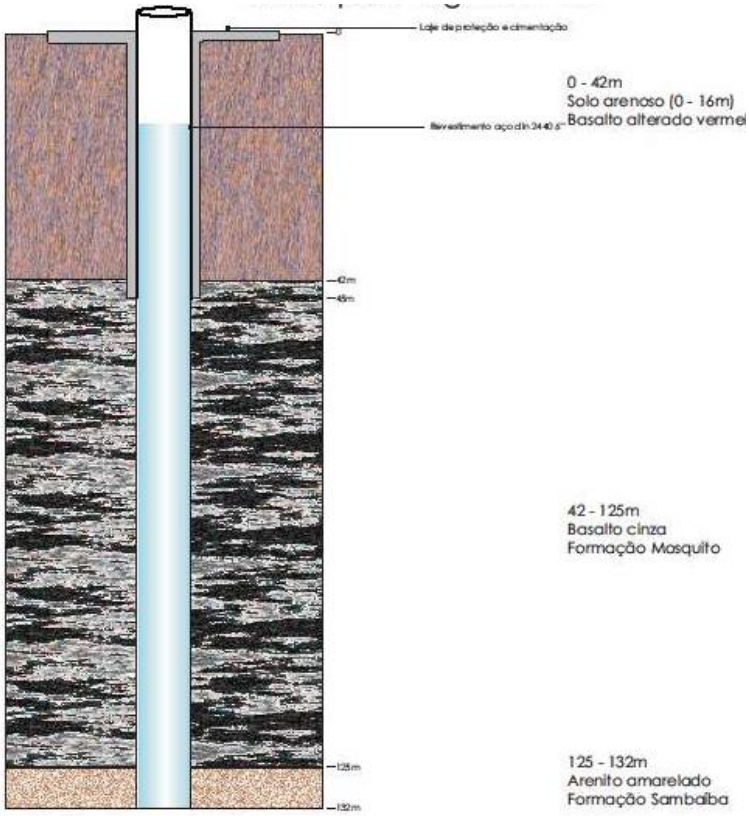


Figura 1. Perfil lito-estratigráfico do poço T.31

Fonte: Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. (no prelo).

- A altura da boca é um dado importante para se ter a cota do topo do aquífero; a mediana ficou em 0,60 m, com variação entre 1,0 e 0,1 m;
- A cota da boca do poço complementa a informação para avaliação da cota do terreno; sua mediana de 217,00 m, com variação entre o mínimo de 99,00 m e o máximo de 429,00 m mostrou que os poços que se localizam mais ao norte da área apresentam cotas menores;
- O diâmetro da boca do poço foi em sua grande maioria, de 6” (seis polegadas), daí a média de 6,14” (seis polegadas e quatorze décimos), variando desde o máximo de 12” (doze polegadas) num poço perfurado no conjunto Mosquito/Sambaíba, ao mínimo de 4” (quatro polegadas), num poço perfurado no aquífero Poti livre;
- A variação dos níveis estáticos foi maior, tendo em vista o mínimo de 0,00 m nos poços confinados (a altura acima do nível do solo, sendo desprezível em função das reduzidas cargas hidráulicas, não foi medida) para os mais profundos em torno dos 100,00 m; daí a variação entre a média de 18,71m e a mediana, com 14,00 m;
- A variação dos níveis dinâmicos também foi um pouco elevada em função dos valores inferiores, de 7,50 m e 9,50 m acusados no aquífero Piauí livre, e

140,00 m no aquitardo Pimenteiras, o que resultou numa média de 60,35m contra a mediana de 56,00 m;

- Quanto ao rebaixamento, de um modo geral, pode ser considerado como regular, em torno de 40,00 m (entre média e mediana); os valores máximo e médio foram encontrados no mesmo sistema aquífero Poti/Piauí, com máximo de 136,00 m quando no confinado e mínimo de 2,50 m em poço raso, na condição de livre;
- A vazão revelou uma grande dispersão de valores em torno da média de 15,64 m^3/h, daí a diferença para o valor da mediana, de apena 9,00 m^3/h, tendo em vista valores muito elevados como 250,00 m^3/h no poço perfurado no aquífero Sambaíba livre e 0,27 m^3/h (quase seco), num poço perfurado no aquitardo Pimenteiras;
- Finalmente a vazão específica, também apresentou elevada dispersão de valores entre a média de 0,65 $m^3/h/m$, para a mediana de 0,34 $m^3/h/m$, em função dos valores máximo e mínimo, acusados, respectivamente, nos poços perfurados no aquífero Sambaíba livre (7,35 $m^3/h/m$) e Codó (0,02 $m^3/h/m$).

Quadro 3. Parâmetros dos dados físico-químicos e regime de operação dos poços nos aquíferos porosos

Parâmetros estatísticos	Cond.Elétr.	pH	Temperat.	Regime de operação		
	µS/cm		°C	hs/dia	dias/sem.	meses/ano
Média	230,86	6,57	29,27	13,24	6,74	11,93
Mediana	153,00	6,70	29,00	12,00	7,00	12,00
Desvio Padrão	390,33	1,24	3,94	7,85	0,90	2,11
Coeficiente de Variação	169,08	18,88	13,47	59,29	13,32	17,70
Valor máximo	2.820,00	8,80	59,00	24,00	7,00	26,00
Valor mínimo	10,00	3,90	24,00	1,00	2,00	5,00
Número de dados	72	71	72	70	72	71

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

No Quadro 3, verifica-se inicialmente, que os dados de condutividade elétrica apresentam uma elevada dispersão de valores em torno da média, com coeficiente de variação maior que 100, enquanto os demais dados podem ser considerados com baixa dispersão de valores, em torno ou bem inferiores a 50%.

Também nesse quadro percebe-se uma ligeira variação entre a média e a mediana, com exceção da condutividade, face a elevada dispersão de valores.

Analisando a variação de cada um desses dados do Quadro 3, nota-se que:

- A grande dispersão dos valores de condutividade elétrica verificou-se por dois fatores:
  a) Os três valores acima de 1.000 µS/cm, chegando a 2.820 µS/cm, que equivale aproximadamente a 1.700 mg/L de sólidos totais dissolvidos na água, bem acima do limite de potabilidade, de 1.000 mg/L;

b) Os 28 valores (cerca de 40% dos poços cadastrados) com valores de condutividade elétrica abaixo de 100 µS/cm, ou seja, uma água quase inteiramente desmineralizada;

- O pH (potencial hidrogeniônico) varia de 1 a 14 uh, tendo o valor neutro de 7 uh; os valores abaixo de 7 uh são considerados água ácida e acima de 7 uh, água básica; embora não seja considerado um intervalo determinado para efeito da potabilidade, conforme padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 396/2007, admite-se que o intervalo ideal fique entre 6,5 e 8,5 uh; no caso das águas analisadas nesta região, 16,70% apresentaram valores abaixo ou acima desse intervalo, chegando nos extremos a 8,8 e 3,9 uh;
- A temperatura apresentou um quadro coerente com o clima da localidade, variando na água desde o máximo de 37ºC ao mínimo de 24ºC, com mediana de 29ºC;
- O regime de operação colocado no referido quadro considerou indistintamente os poços públicos e privados (particulares); uma análise efetuada separadamente para os dois tipos apresentou a seguinte distinção no regime horário:
  a) Poço público: Média de 16 h por dia de bombeamento;
  b) Poço particular: Média de 8 h por dia de bombeamento.

Para uma melhor compreensão da variação de cada dado, segue-se uma análise estatística levando em conta as classes de variação:

2.2. Profundidade (P)

Com relação a esse quesito, foram consideradas quatro classes de profundidade: menor que 100,00 m, entre 100,00 e 150,00 m, entre 150,00 e 200,00 m e superior a 200,00 m, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Variação da profundidade dos poços no aquífero poroso, por classes

Classes de variação da profundidade (m)	Número de poços quanto a profundidade	% do total
P ≤100	15	17,24
>100 P ≤ 150	48	55,17
>150 P ≤ 200	13	14,94
P >200	11	12,65
TOTAL	**87**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 2.

Constata-se que a maioria dos poços (55%) possuem profundidades entre 100,00 e 150,00 m; os poços que possuem maiores profundidades foram aqueles que atravessaram o basalto (Formação Mosquito) para alcançarem as formações Sambaíba

ou Corda, em geral, na situação de confinamento ou ainda, aqueles que atravessaram o aquitardo Pimenteiras para alcançar o aquífero Serra Grande.

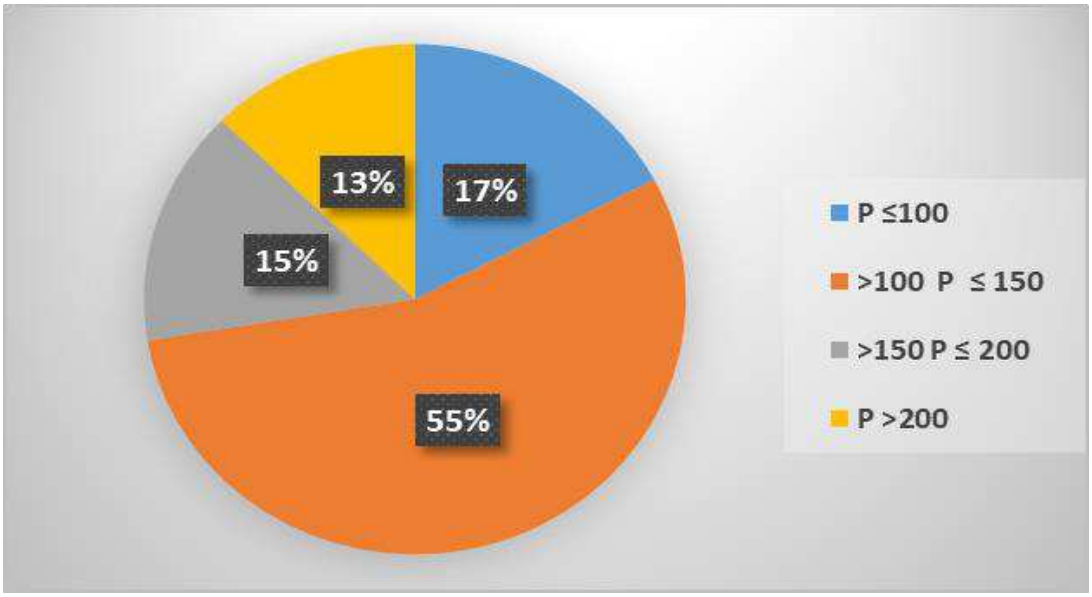


Figura 2. Representação gráfica da variação da profundidade dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.3. Nível Estático (N.E.)

Igualmente para o nível estático, foram consideradas quatro classes de variação: inferior ou igual a 5,00 m, superior a 5,00 m e inferior ou igual a 15,00 m, superior a 15,00 m e inferior ou igual a 30,00 m e finalmente, superior a 30,00 m, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Variação do nível estático dos poços no aquífero poroso, por classes

Classes de variação do N.E. (m)	Número de poços quanto ao N.E.	% do total
N.E. ≤ 5	17	20,23
>5 N.E. ≤ 15	30	35,72
>15 N.E. ≤ 30	19	22,62
N.E. > 30	18	21,43
TOTAL	**84**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Verifica-se que as profundidades de nível estático preponderantes se situam até os 15,00 m de profundidade, com 56% dos poços; aqueles que possuem níveis mais profundos, além dos 30,00 m, perfazem apenas 21% e correspondem aos poços mais profundos.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 3.

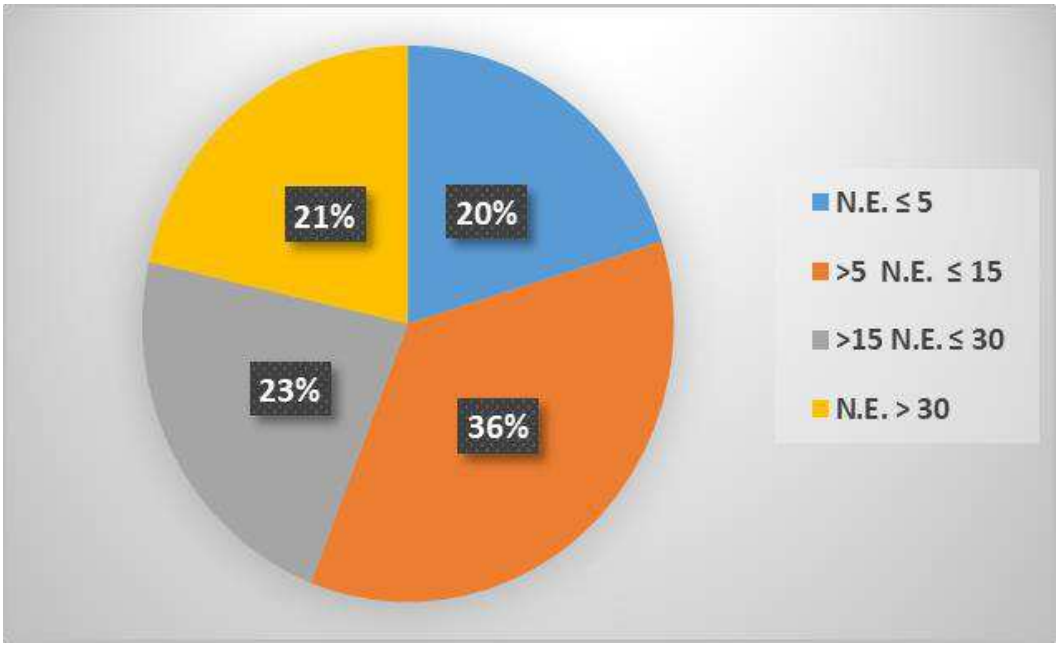


Figura 3. Representação gráfica da variação do nível estático dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.4. Nível Dinâmico (N.D.)

Também foram consideradas quatro classes de variação: menor ou igual a 20,00 m, maior que 20,00 m e inferior ou igual a 40,00 m, superior a 40,00 m e inferior ou igual a 60,00 m e, por fim, aqueles com N.D. superior a 60,00 m (Tabela 3).

Tabela 3. Variação do nível dinâmico dos poços no aquífero poroso, por classes

Classes de variação do N.D. (m)	Número de poços quanto ao N.D.	% do total
N.D. ≤ 20	6	7,14
>20 N.D. ≤ 40	15	17,86
>40 N.D. ≤ 60	27	32,14
N.D. > 60	36	42,86
TOTAL	**84**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 4.

Verifica-se que apenas 25% dos poços possuem níveis dinâmicos a profundidades inferiores a 40,00 m e que a maioria (43%) possui níveis superiores a 6,00 m de profundidade.

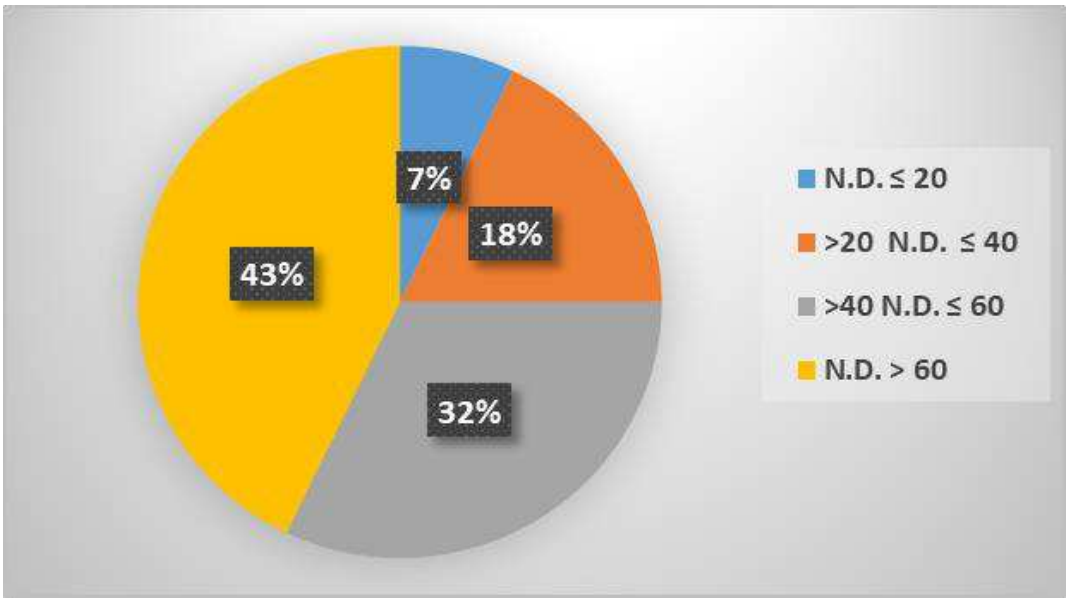


Figura 4. Representação gráfica da variação do nível dinâmico dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.5. Rebaixamento (s)

O rebaixamento consiste na diferença entre o nível dinâmico e o nível estático, isto é, quanto a superfície potenciométrica do aquífero em repouso, rebaixou a final do bombeamento.

Verifica-se na Tabela 4, que os rebaixamentos foram enquadrados nas seguintes classes: menor ou igual a 20 m, maior que 20 m e menor ou igual a 40 m, superior a 40 m e inferior ou igual a 60 m e finalmente, maior que 60 m (Tabela 4).

Tabela 4. Variação do rebaixamento dos poços no aquífero poroso, por classes

Classes de variação do rebaixamento (m)	Número de poços quanto ao Rebaixamento	% do total
s ≤ 20	20	23,81
>20 s ≤ 40	25	29,76
>40 s ≤ 60	21	25,00
s > 60	18	21,43
TOTAL	**84**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Constata-se que, embora predomine o intervalo de rebaixamento entre 20 e 40 m, os percentuais de cada classe são muito próximos um do outro.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 5.

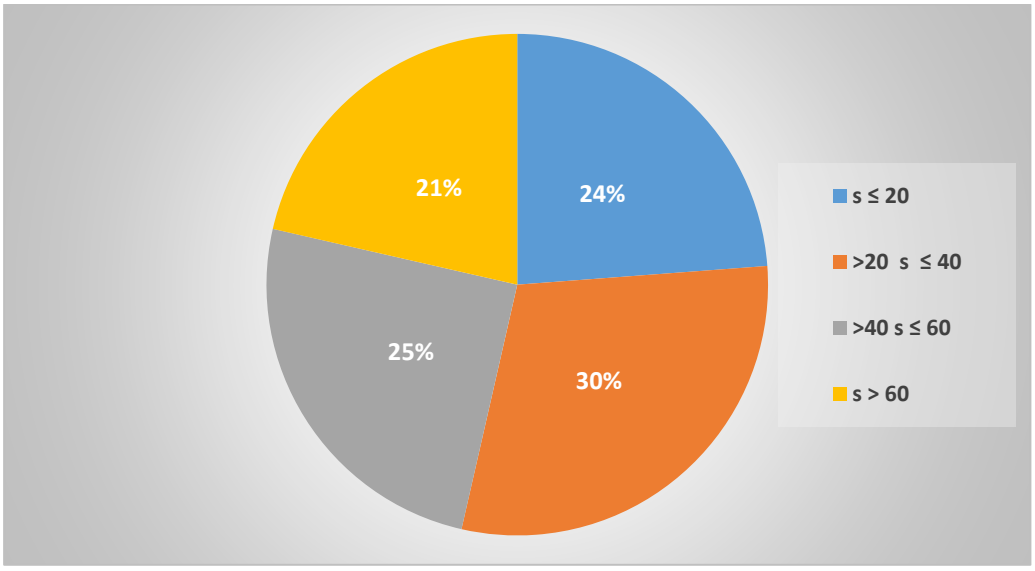


Figura 5. Representação gráfica da variação do rebaixamento dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.6. Vazão (Q)

A Tabela 5 assinala que as vazões foram enquadradas nas seguintes classes: menor ou igual a 10,00 m^3/h, maior que 10,00 m^3/h e menor ou igual a 30,00 m^3/h, superior a 30,00 m^3/h e inferior ou igual a 80,00 m^3/h e finalmente, maior que 80,00 m^3/h (Tabela 5).

Tabela 5. Variação da vazão dos poços no aquífero poroso, segundo as classes

Classes de variação da Vazão (m^3/h)	Número de poços quanto a Vazão	% do total
Q ≤ 10	46	54,76
>10 Q ≤ 30	31	36,91
>30 Q ≤ 80	6	7,14
Q > 80	1	1,19
TOTAL	**84**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 6.

Verifica-se que quase todos os poços (92%) possuem vazões menores que 30,00 m^3/h.

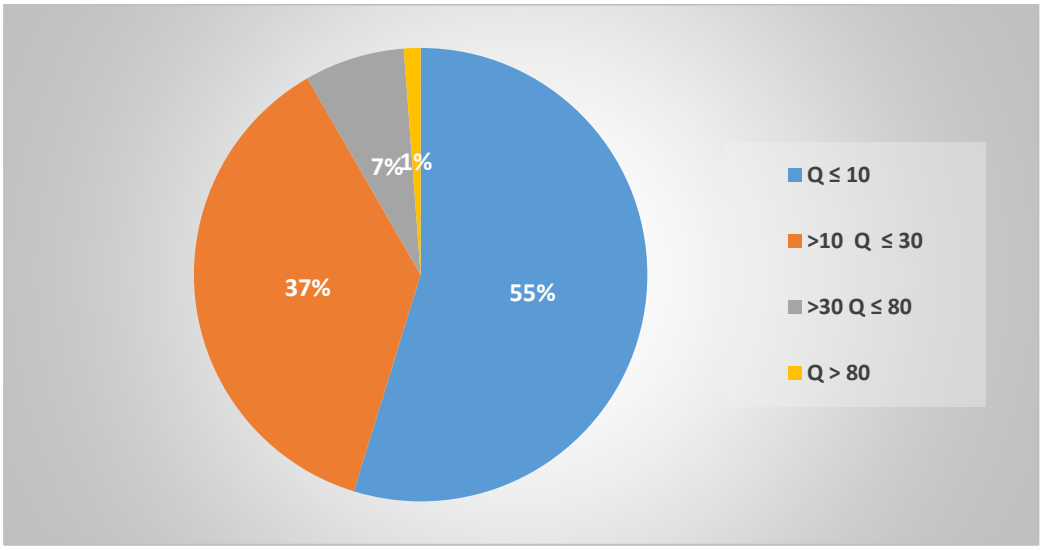


Figura 6. Representação gráfica da variação da vazão dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.7. Vazão específica (Qe)

Do mesmo modo, a vazão específica compreende quatro classes de variação, a saber: menor ou igual a 0,5 $m^3/h/m$, maior que 0,5 e menor ou igual a 1,0 $m^3/h/m$, maior que 1,0 e menor ou igual a 2,0 $m^3/h/m$ e, finalmente, maior que 2,0 $m^3/h/m$ (Tabela 6).

Tabela 6. Variação da vazão específica dos poços no aquífero poroso, por classes

Classes de variação da Vazão Específica ($m^3/h/m$)	Número de poços quanto a Vazão Específica	% do total
$Q_e \leq 0,5$	55	67,07
$0,5\ Q_e \leq 1,0$	16	19,51
$>1,0\ Q_e \leq 2,0$	8	9,76
$Q_e > 2,0$	3	3,66
TOTAL	**82**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Igualmente a vazão, 84% dos poços possuem vazão específica inferior a 1,0 $m^3/h/m$.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 7.

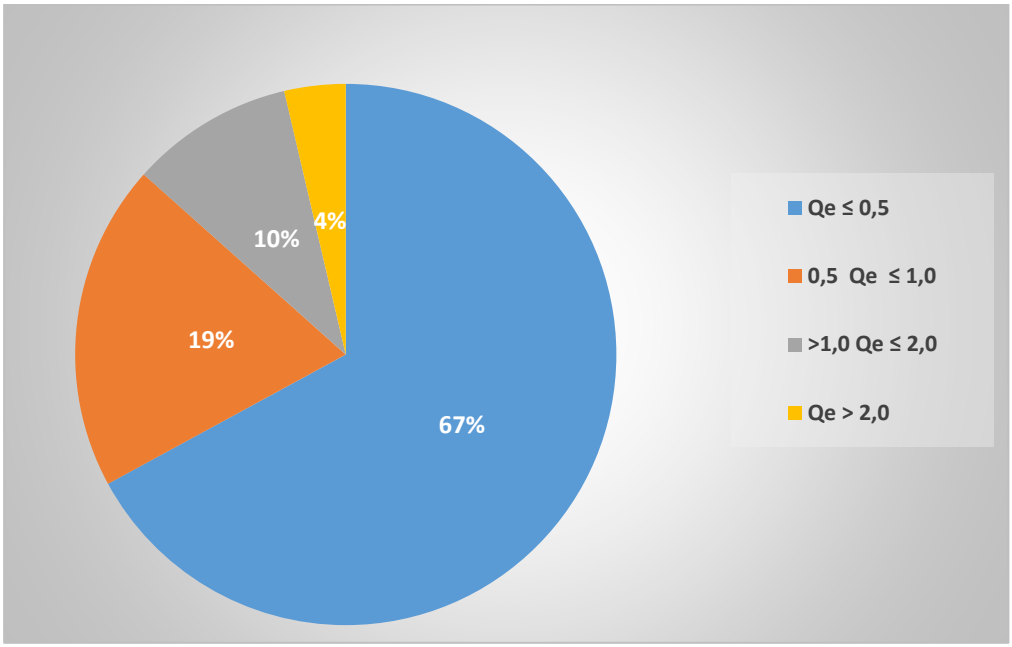


Figura 7. Representação gráfica da variação da vazão específica dos poços nos aquíferos porosos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.8. Relação entre os aquíferos e sistemas aquíferos porosos

O Quadro 4 mostra a relação dos principais dados analisados entre os distintos aquíferos e sistemas aquíferos.

Quadro 4. Correlação entre os dados dos poços nos distintos aquíferos

Dados médios do poço e do aquífero	Formação Rio das Barreiras	Sistemas aquíferos				Total dos aquíferos porosos
		Itapecuru-Codó-Corda	Pedra de Fogo-Piaui-Poti	Mosquito - Sambaíba	Pimenteiras - Serra Grande	
Profundidade (m)	131,50	128,07	128,67	158,94	182,28	144,16
Nível Estático (m)	14,19	15,80	15,81	31,89	15,69	18,71
Nível Dinâmico (m)	66,67	50,93	52,68	68,06	73,06	60,35
Rebaixmento (m)	52,48	36,59	36,86	36,17	57,38	41,88
Vazão (m3/h	13,08	17,38	15,35	24,18	6,43	15,64
Vazão Específica (m3/h/m)	0,29	0,64	0,80	1,07	0,16	0,65
Condutividade elétrica (µS/cm)	60,67	218,66	219,48	310,00	244,92	230,86
pH	5,37	6,33	6,52	6,69	7,08	6,57
Número de poços	6	15	24	18	18	87

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A partir da análise do Quadro 4 consta-se que:

- A profundidade média dos poços perfurados na Formação Rio das Barreiras e Sistemas aquíferos Itapecuru/Codó/Corda e Pedra de Fogo/Piauí/Poti, são aproximadamente iguais, em torno dos 130,00 m; aumenta em torno dos 160,00 m no sistema aquífero Mosquito/Sambaíba e mais ainda no sistema Pimenteiras/Serra

Grande, quando fica em torno dos 180,00 m; esses aumentos para os dois sistemas aquíferos retro descritos justifica-se pelo aumento das espessuras das formações Mosquito (basalto) e Pimenteiras (areno-argilosas); em ambos os casos o aquífero principal, Sambaíba e Serra Grande, respectivamente, são captados em reduzidas espessuras (máximo de 30 m);

- A média dos níveis estáticos, com exceção do sistema aquífero Mosquito/Sambaíba que atinge aproximadamente 16,00 m, fica quase homogêneo, variando entre 14,00 e 16,00 m;
- A média dos níveis dinâmicos dos sistemas aquíferos Pedra de Fogo/Piauí/Poti são praticamente as mesmas, entre 51,00 e 53,00 m; a mesma semelhança ocorre entre o aquífero Rio das Barreiras e o sistema aquífero Mosquito/Sambaíba, com variações em torno dos 67,00 m; apenas o sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande apresenta níveis dinâmicos mais elevados, em torno dos 73,00 m;
- Quanto aos rebaixamentos médios, os sistemas aquíferos Itapecuru/Codó/Corda, Pedra de Fogo/Piauí/Poti e Mosquito/Sambaíba, apresentam certa similaridade em torno dos 36,0 mm, enquanto o aquífero Rio das Barreiras e o sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande, mostram rebaixamentos entre 52,00 e 57,00 m;
- A vazão média do aquífero Rio das Barreiras e dos sistemas aquíferos Itapecuru/Codó/Corda e Pedra de Fogo/Piauí/Poti, apresentam valores muito próximos, entre 13,00 e 17,00 m^3/h; enquanto isso o sistema aquífero Mosquito/Sambaíba oferece as melhores médias com 24,00 m^3/h e o sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande, as piores médias, em torno dos 6,00 m^3/h;
- As mais baixas médias de vazão específica foram as do aquífero Rio das Barreiras e do sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande, com valores entre 0,1 e 0,3 $m^3/h/m$; os sistemas aquíferos Itapecuru/Codó/Corda e Pedra de Fogo/Piauí/Poti apresentaram médias regulares, entre 0,6 e 0,8 $m^3/h/m$ e o sistema aquífero Mosquito/Sambaíba apresentou a melhor média, com valor em torno de 1,0 $m^3/h/m$;
- Quanto a condutividade elétrica, todos os sistemas aquíferos apresentaram valores médios aproximados, variando entre 220,00 e 310,00 µS/cm, valores esses que implicam em águas de boa potabilidade, com sólidos totais; em média, inferiores a 200 mg/L; apenas o aquífero Rio das Barreiras apresentou uma média muito baixa da condutividade elétrica das suas águas, com valores abaixo de 100 µS/cm, que correspondem a águas quase desmineralizadas;
- As médias dos valores de pH revelam águas, na maioria dos aquíferos, ligeiramente ácidas a ácidas, como nas águas do aquífero Rio das Barreiras, apenas o sistema aquífero Mosquito/Sambaíba apresentou águas neutras, em média.

CONCLUSÃO: Em termos de prioridade, quanto aos elementos analisados acima, considera-se que o sistema aquífero Mosquito/Sambaíba, principalmente quando o aquífero Sambaíba se encontra isolado, constitui a melhor opção para captação; em seguida viriam os sistemas aquíferos Itapecuru/Codó/Corda e Pedra de Fogo/Piauí/Poti

e por último, o sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande e o aquífero Rio das Barreiras.

Quanto a bomba instalada, todas foram do tipo submersa. No que se refere à condição sanitária do poço, todos estavam adequadamente protegidos.

Também não foi encontrada nenhuma fonte potencial de contaminação nas proximidades dos poços.

Os poços do cadastro da SIAGAS/CPRM foram perfurados no período de 1976 a 2008, enquanto os poços da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. foram todos perfurados no período entre os anos de 1995 a 2019.

No Quadro 5 são apresentados outros elementos analisados analisado dos poços cadastrados.

Quadro 5. Outros elementos analisados

a. Situação do poço:

Operando: 83,72%
Desativado: 16,28%

b. Tipo de energia elétrica

Trifásica: 55,17%
Monofásica: 33,33%
Sem instalação: 11,49%

c. Atendimento

Público: 63,22%
Particular: 31,03%
Nenhum: 5,75%

d. Tipos de reservatório

Cx. tipo taça = 41,38%
Cx. concreto solo=14,94%
Cx. fibra = 9,20%
Cx. aço circ. no solo=4,60%
Cx. PVC = 6,90%
Cx. fibra suspensa = 3,45%
Cx. tipo torre = 2,30%
Taça + circular solo = 1,15%
Cx. alvenaria = 1,15%
Sem instalação = 14,94%

e. Motivo de desativação

Assoreado
Defeito quadro elétrico
Motivo desconhecido (2)
Falta quadro elétrico
Fechamento colégio
Obstruído
Bomba queimada
Galpão fechou
Jamais foi usado
Desinteresse
Bomba presa

f. Uso(s) da água

Abastecimento público = 47,13%
Consumo humano + dessedentação de animais= 18,39%
Consumo humano = 10,34%
Indústria = 2,30%
Serviços domésticos (limpeza) = 2,30%
Dessedentação de animais = 1,15%
Consumo humano/irrigação = 1,15%
Sem uso: 14,94%

g. Distribuição/atendimento

Rede doméstica: 54,03%
Caixa individual: 31,03%
Sem instalação: 14,94%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.9. Análises estatística dos poços nos aquíferos fissurais

A análise estatística foi também elaborada com dados construtivos (profundidade, altura da boca, cota da boca, diâmetro do tubo na boca) e dados hídricos (nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, vazão e vazão específica), que constam do Quadro 6, além dos dados físico-químicos medidos no campo (condutividade elétrica, pH e temperatura) bem como do regime de operação, constantes do Quadro 8.

Quadro 6. Parâmetros dos dados construtivos e hídricos dos poços nos aquíferos fissurais

Parâmetros estatísticos	Profundid.	Alt. boca	Cota boca	Diâ. boca	Niv.Estát.	Niv.Dinâm	Rebaixam.	Vazão	Vaz.Espec.
	(m)			(pol.)	(m)			(m^3/h)	(m^3/h/m)
Média	123,00	0,60	213,81	5,95	8,32	59,10	48,88	11,41	0,37
Mediana	120,00	0,60	194,00	6,00	8,50	65,00	56,00	8,61	0,22
Desvio Padrão	28,29	0,18	64,69	0,32	3,82	23,51	23,63	10,87	0,37
Coeficiente de Variação	23,00	30,27	30,25	5,45	45,87	39,78	48,35	95,28	97,76
Valor máximo	192,00	1,00	415,00	6,00	15,00	97,00	84,00	52,00	1,40
Valor mínimo	60,00	0,20	117,00	4,00	1,00	12,50	2,50	0,02	0,02
Número de dados	35	37	37	37	34	34	34	33	32

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

No Quadro 6 verifica-se que os coeficientes de variação dos dados de perfuração, altura, cota e diâmetro da boca do tubo, assim como dos níveis (estático e dinâmico) e ainda do rebaixamento, possuem valores inferiores a 50%, mostrando uma baixa dispersão de valores em torno das respectivas médias; os coeficientes de variação da vazão e vazão específica situam-se entre 50% e 100%, revelando uma regular dispersão de valores em torno das respectivas médias.

Ainda nesse quadro, constatam-se pequenas variações entre as médias e as medianas, o que revela a inexistência de valores anômalos tanto inferiores, como superiores, à exceção dos dados de vazão e vazão específica em que a média corresponde a quase o dobro da mediana.

Analisando a variação de cada um desses dados do Quadro 6, nota-se que:

- O limite da profundidade do poço no aquífero fissural varia muito de uma região para outra: assim é que na região nordeste, os poços nesse tipo de aquífero raramente ultrapassam os 100,00 m e, em geral, são limitados entre 60,00 m e 80,00 m; na região de Caldas Novas em Goiás, os poços vão até a profundidade de 700,00 m com elevadas vazões, de até 100 m^3/h, onde são exploradas as águas termais para uso balneário; na região de Tocantins, a média de profundidade fica em torno dos 120,00 m, e quando se aumenta a profundidade até quase os 200,00 m as vazões não apresentam significativo aumento, como pode ser visto no poço T37 (Apêndice IV), onde a profundidade alcançou o máximo de 192,00 m para uma vazão de apenas 2,5 m^3/h e um rebaixamento de nível da ordem de 70,00 m;
- O diâmetro do poço é praticamente uniforme com 6”; apenas um poço (S.86), teve diâmetro menor, com 4”; a restrição para poço com diâmetro menor que 6” é o tipo de bomba submersa (adotada em todos os poços) que deve ter o diâmetro de apenas 3”, restringindo a vazão que pode ser captada no poço;

- Os níveis estáticos desses poços podem ser considerados pouco profundos, tendo a maior profundidade sido de 15,00 m, no poço T87; por outro lado os níveis dinâmicos alcançaram profundidades relativamente elevadas, com média em torno de 60,00 m e valor mais profundo, de quase 100,00 m, no poço T18; em consequência desses níveis dinâmicos profundos, os rebaixamentos dos níveis também são elevados, com média em torno dos 50,00 m e valor máximo de 84,00 m;
- As vazões, para esse tipo de aquífero podem ser consideradas como regulares, com média de 11,4 m^3/h, considerando que na região nordeste essa média é da ordem de 1,5 m^3/h; o poço de maior vazão (S32), alcançou o valor de 52,00 m^3/h, embora só possuísse 69,00 m de profundidade (é possível que tenha alcançado uma recarga induzida de águas superficiais perenes);
- As vazões específicas são muito baixas, chegando o valor mínimo a somente 0,02 m^3/h/m, mas esse comportamento pode ser considerado normal para esse tipo de aquífero.

No Quadro 7 verifica-se os dados físico-químicos e regime de explotação dos poços nos aquíferos fissurais.

Quadro 8. Parâmetros dos dados físico-químicos e regime de explotação dos poços nos aquíferos fissurais

Parâmetros estatísticos	Cond.Elétr.	pH	Temperat.	Regime de operação		
	µS/cm		°C	hs/dia	dias/sem.	meses/ano
Média	158,00	6,93	29,51	12,44	6,50	12,00
Mediana	142,00	7,00	29,50	16,00	7,00	12,00
Desvio Padrão	74,92	0,73	1,68	7,51	1,45	0,00
Coeficiente de Variação	47,42	10,52	5,68	60,37	22,27	0,00
Valor máximo	330,00	8,00	35,00	20,00	7,00	12,00
Valor mínimo	36,00	5,10	25,00	1,00	1,00	12,00
Número de dados	27	27	27	25	26	26

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

O coeficiente de variação dos dados apresentados pode ser considerado como baixo de vez que variou de 0 a 60%. O valor de 0 refere-se ao regime anual, em que em todos os 26 dados foi constatado o mesmo valor de 12 meses, mostrando que não houve nenhuma dispersão de valores em torno da média.

Com relação às variações entre as médias e medianas, verifica-se serem reduzidas a nulas as diferenças para o pH, temperatura, regime de operação semanal e anual, todavia nos casos de condutividade elétrica e regime de operação diária, essas diferenças foram maiores, devido aos valores extremos máximo e mínimo.

Analisando a variação de cada um desses dados do Quadro 8, nota-se que:

- A forte variação dos dados de condutividade elétrica decorreu das condições de salinidade excessivamente baixas, inferiores a 100 µS/cm, que caracteriza uma água quase desmineralizada, como ocorreu principalmente nos municípios de

Xambioá e Pequizeiro. Aliás esse fenômeno também ocorreu para os aquíferos porosos, sobretudo no aquífero Rio das Barreiras;

- O potencial hidrogeniônico (pH) que caracteriza a acidez ou basicidade de uma água, tem o valor 7,0 como neutro, sendo os valores abaixo de 7 para águas ácidas e acima de 7 para as águas alcalinas (básicas); a maior parte das águas analisadas foram neutras, apenas duas amostras tiveram o pH de 8 e três amostras com valões em torno de 5;
- A temperatura da água para aquíferos livres, com superfície hidrostática próxima à superfície, reflete quase exatamente a temperatura da superfície do terreno; o denominado "grau geotérmico" que no nordeste do Brasil proporciona o aumento de 1ºC para cada 30 m de profundidade, não iria proporcionar praticamente nenhum aumento da temperatura com essa reduzida profundidade dos níveis do aquífero fissural;
- Do mesmo modo que nos poços perfurados em aquíferos porosos, o regime de operação colocado no referido quadro considerou indistintamente os poços públicos e privados (particulares); uma análise efetuada separadamente para os dois tipos apresentou a seguinte distinção no regime horário:
  a) Poço público: Média de 16 h por dia de bombeamento;
  b) Poço particular: Média de 8 h por dia de bombeamento.

Para uma melhor compreensão da variação de cada dado, segue-se uma análise estatística levando em conta as classes de variação:

2.10. Profundidade (P)

Com relação a esse quesito, foram consideradas quatro classes de profundidade: menor que 100,00 m, entre 100,00 e 120,00 m, entre 120,00 e 150,00 m e superior a 150,00 m, como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7. Variação da profundidade dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação da profundidade (m)	Número de poços quanto a profundidade	% do total
P ≤100	9	25,71
>100 P ≤ 120	10	28,57
>120 P ≤ 150	13	37,15
P >150	3	8,57
TOTAL	**35**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Verifica-se que a faixa dominante de profundidade dos poços no aquífero fissural situa-se entre 100,00 e 120,00 m e que, apenas três poços ultrapassaram a profundidade de 150,00 m, chegando próximo a 200,00 m.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 8.

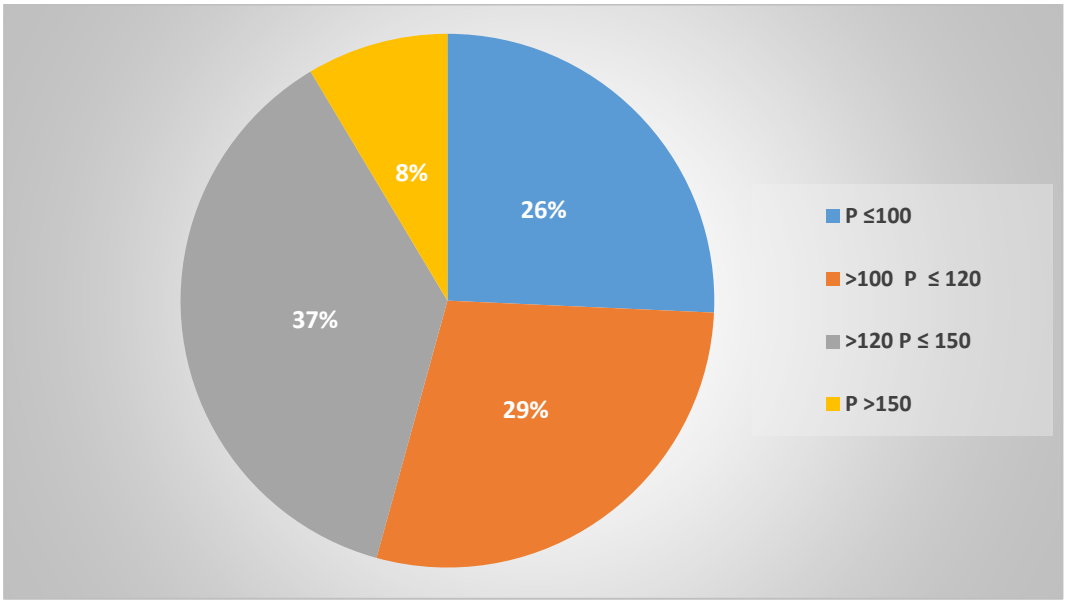


Figura 8. Representação gráfica da variação da profundidade dos poços nos aquíferos fissurais

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.11. Nível Estático (N.E.)

Para o nível estático, foram consideradas três classes de variação: inferior ou igual a 5,00 m, superior a 5,00 m e inferior ou igual a 12,00 m, e finalmente, com N.E. superior a 12,00 m, como mostrado na Tabela 8 e Figura 9.

Tabela 8. Variação do nível estático dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação do Nível Estático (m)	Número de poços quanto ao Nível Estático	% do total
N.E. ≤ 5	9	26,47
>5 N.E. ≤ 12	19	55,88
N.E. > 12	6	17,65
TOTAL	**34**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Constata-se que a classe predominante de profundidade do nível estático, situa-se entre os 5,00 m e 12,00 m; apenas 18% dos poços ultrapassaram os 12,00 m de profundidade do N.E., atingindo o máximo de 15,00 m.

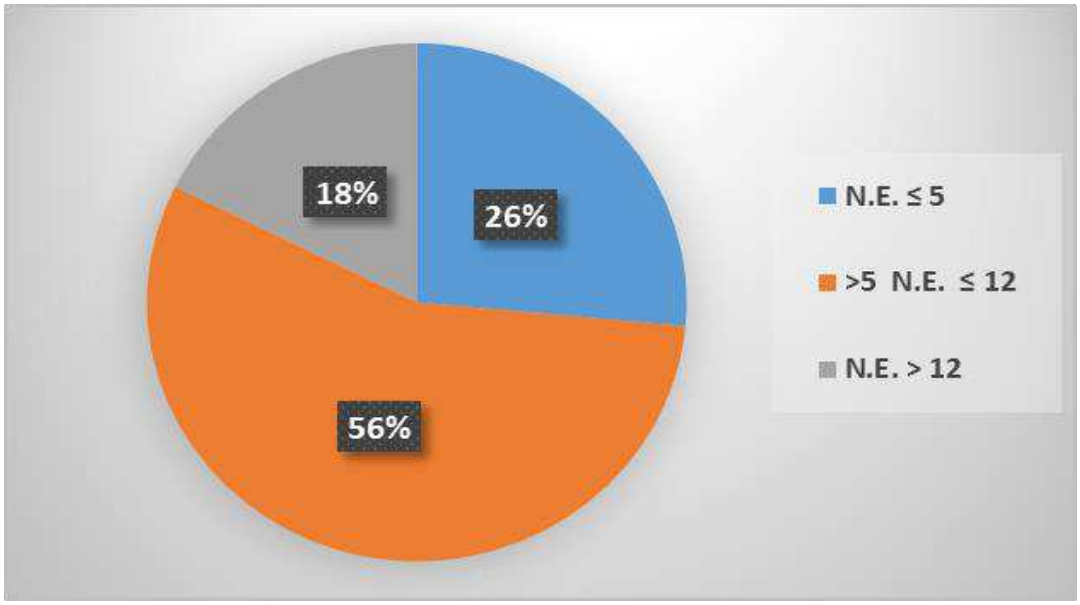


Figura 9. Representação gráfica da variação do nível estático dos poços nos aquíferos fissurais

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.12. Nível Dinâmico (N.D.)

Foram consideradas quatro classes de variação: menor ou igual a 30,00 m, maior que 30,00 m e inferior ou igual a 60,00 m, superior a 60,00 m e inferior ou igual a 80,00 m e, por fim, aqueles com N.D, superior a 80,00 m (Tabela 9).

Tabela 9. Variação do nível dinâmico dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação do N.D. (m)	Número de poços quanto ao N.D.	% do total
N.D. ≤ 30	5	14,71
>30 N.D. ≤ 60	10	29,41
>60 N.D. ≤ 80	13	38,23
N.D. > 80	6	17,65
TOTAL	**34**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A faixa de variação das classes ficou entre as profundidades do intervalo de 30,00 a 80,00 m, totalizando cerca de 68%, os demais 32% ficaram divididos entre as classes de profundidade inferior a 30,00 m e superior a 80,00 m.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 10.

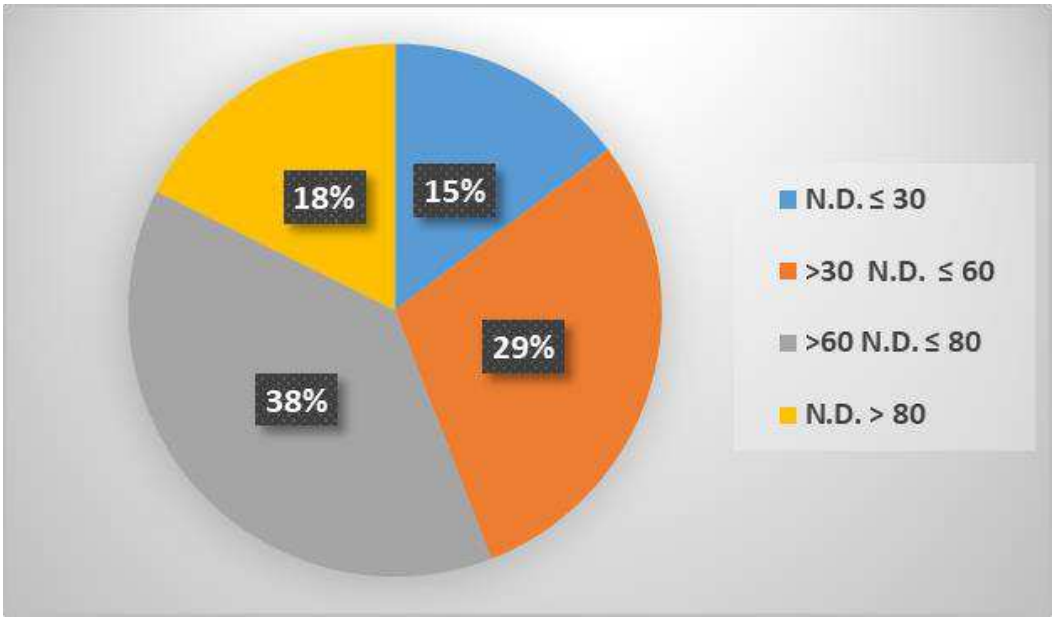


Figura 10. Representação gráfica da variação do nível dinâmico dos poços nos aquíferos fissurais

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.13. Rebaixamento (s)

Os rebaixamentos foram enquadrados nas seguintes classes: menor ou igual a 20,00 m, maior que 20,00 m e menor ou igual a 50,00 m, superior a 50,00 m e inferior ou igual a 80,00 m e finalmente, maior que 80,00 m (Tabela 10).

Tabela 10. Variação do rebaixamento dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação do rebaixamento (m)	Número de poços quanto ao Rebaixamento	% do total
s ≤ 20	8	24,24
>20 s ≤ 50	6	18,18
>50 s ≤ 80	16	48,49
s > 80	3	9,09
TOTAL	**33**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A classe de variação predominante em quase 50% dos poços é com rebaixamentos entre 50,00 e 80,00 m; apenas 9% dos poços tiveram um rebaixamento superior aos 80,00 m.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 11.

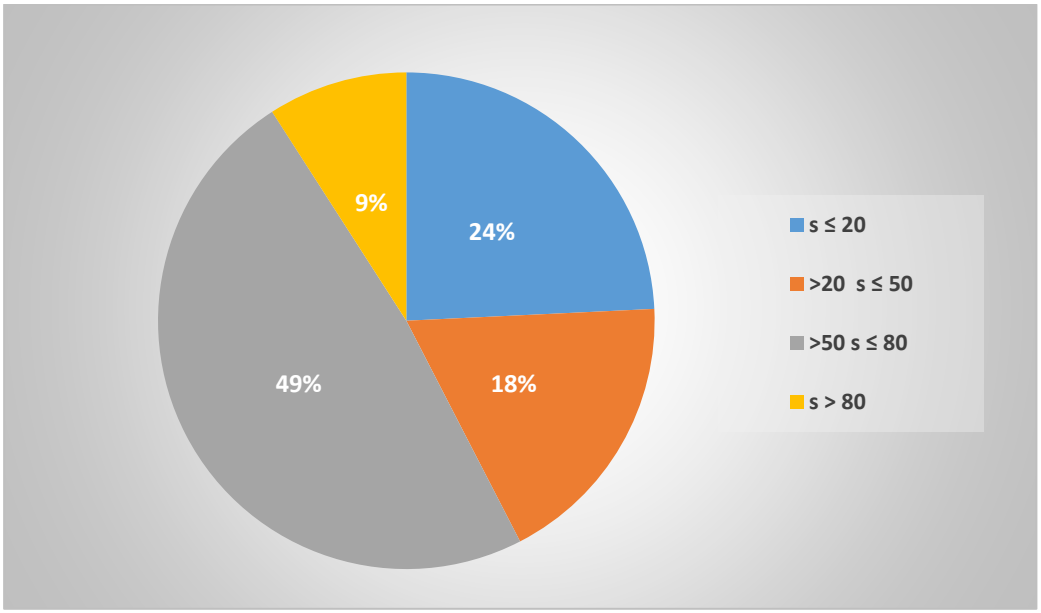


Figura 11. Representação gráfica da variação do rebaixamento dos poços nos aquíferos fissurais

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

2.14. Vazão (Q)

As vazões foram enquadradas nas seguintes classes: menor ou igual a 10,00 m, maior que 10,00 m e menor ou igual a 30,00 m, superior a 30,00 m e inferior ou igual a 80,00 m e finalmente, maior que 80,00 m (Tabela 11).

Tabela 11. Variação da vazão dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação da Vazão (m^3/h)	Número de poços quanto a Vazão	% do total
Q ≤ 10	46	54,76
>10 Q ≤ 30	31	36,91
>30 Q ≤ 80	6	7,14
Q > 80	1	1,19
TOTAL	**84**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 12.

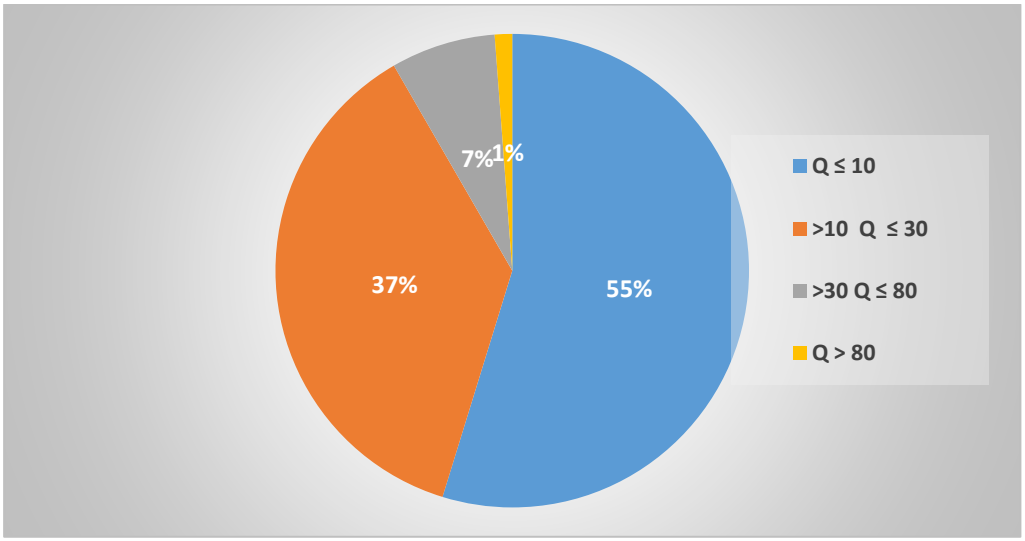


Figura 12. Representação gráfica da variação da vazão dos poços nos aquíferos fissurai

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Constata-se que a maioria dos poços - 55% - apresentam baixas vazões, inferiores a 10,00 m^3/h; apenas 8% dos poços apresentaram vazão superior a 30,00 m^3/h.

2.15. Vazão específica (Qe)

As vazões específicas foram enquadradas nas seguintes classes: menor ou igual a 0,1m, maior que 0,1m e menor ou igual a 0,5m, superior a 0,5m e inferior ou igual a 1,0 m e finalmente, maior que 1,0 m (Tabela 12).

Tabela 12. Variação da vazão específica dos poços no aquífero fissural, por classes

Classes de variação da Vazão Específica ($m^3/h/m$)	Número de poços quanto a Vazão Específica	% do total
$Q_e \leq 0,1$	8	25,00
$0,1\ Q_e \leq 0,5$	16	50,00
$>0,5\ Q_e \leq 1,0$	5	15,63
$Q_e > 1,0$	3	9,37
TOTAL	**32**	**100**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

As vazões específicas, do mesmo modo que as vazões, são baixas para esse tipo de aquífero, o que já era esperado; a classe de variação predominante é a de 0,1 a 0,5 $m^3/h/m$, com 50% e apenas 9% tiveram vazão específica superior a 1,0 $m^3/h/m$.

A representação gráfica dessa variação pode ser vista na Figura 13.

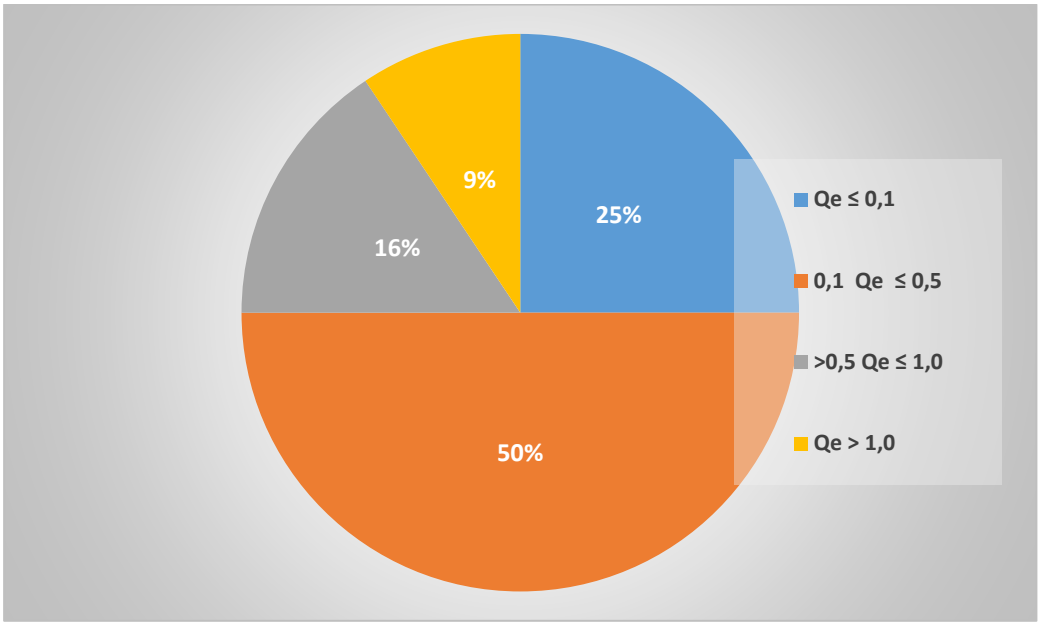


Figura 13. Representação gráfica da variação da vazão específica dos poços nos aquíferos fissurais

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Quadro 9. Outros elementos analisados no aquífero fissural

a. Situação do poço:

Operando: 75,68%
Desativado: 24,32%

b. Tipo de energia elétrica

Trifásica: 64,86%
Monofásica: 18,92%
Sem instalação: 16,22%

c. Atendimento

Público: 62,16%
Particular: 29,73%
Nenhum: 8,11%

d. Tipos de reservatório

Cx. tipo taça = 41,38%
Cx. concreto solo=14,94%
Cx. fibra = 9,20%
Cx. aço circ. no solo=4,60%
Cx. PVC = 6,90%
Cx. fibra suspensa = 3,45%
Cx. tipo torre = 2,30%
Taça + circular solo = 1,15%
Cx. alvenaria = 1,15%
Sem instalação = 14,94%

e. Motivo de desativação

Motivo desconhecido(4)
Bomba queimada
Só funciona nas férias
Encerrada ativ. Tabocas
Poço secou
Mudança do alojamento

f. Uso(s) da água

Abastecimento público = 45,95%
Cons. hum.+ dessed. animal= 16,22%
Consumo humano = 8,11%
Indústria = 5,41%
Irrigação gramado = 2,70%
Parque de diversões = 2,70%
Sem uso: 18,92%

g. Distribuição/atendimento

Cx. tipo taça = 29,73%
Cx. concr. susp.=21,62%
Cx. PVC = 13,51%
Cx. concr. solo=10,81%
Cx. aço circ. solo=2,70%
Sem instalação: 21,62%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Quanto a bomba instalada, todas foram do tipo submersa.

No que se refere à condição sanitária do poço, todos estavam adequadamente protegidos.

Também não foi encontrada nenhuma fonte potencial de contaminação nas proximidades dos poços.

Os poços do cadastro da SIAGAS/CPRM foram perfurados no período de 1976 a 2008, enquanto os poços da Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. foram todos perfurados no período entre os anos de 1995 a 2019.

2.16. Comparação entre os dados dos poços nos aquíferos poroso e fissural

Em alguns aspectos, como altura, cota e diâmetro da boca, não há como fazer comparações entre os aquíferos porosos e os fissurais, por serem essas diferenças insignificantes, todavia, a comparação entre os demais dados, a partir do Quadro 2 e Quadro 6, assim como a salinidade (mostrada nos Quadro 3 e Quadro 8), revelam significativas diferenças entre os dois tipos de aquífero, como mostrado a seguir:

- ✓ A profundidade máxima alcançada em poços dos aquíferos porosos chega a 376,00 m, enquanto nos aquíferos fissurais, não passa dos193,00 m;
- ✓ A profundidade média dos níveis estáticos dos aquíferos porosos é de 18,70 m, contra apenas 8,30 (menos da metade), nos aquíferos fissurais;
- ✓ Embora a média dos níveis dinâmicos nos dois tipos de aquífero seja praticamente a mesma, nos aquíferos porosos esse nível chega até 140,00 m, contra 97,00 m nos aquíferos fissurais;
- ✓ O mesmo acontece com relação aos rebaixamentos, que nos aquíferos porosos chega a atingir 136,00 m contra o máximo de 84,00 m nos aquíferos fissurais;
- ✓ Maior ainda é a diferença na vazão: enquanto nos aquíferos porosos o valor chegou a 250,00 m^3/h, nos fissurais o máximo atingido foi de 52,00 m^3/h;
- ✓ A mesma diferença verifica-se entre a vazão específica, pois, nos aquíferos porosos, o valor máximo de 7,35 m^3/h/m é mais que cinco vezes o máximo alcançado pelos aquíferos fissurais, de apenas 1,4 m^3/h/m;
- ✓ Embora a salinidade da água nos aquíferos porosos e fissurais não revele em termos de mediana, uma grande diferença, desde que, nos porosos esse parâmetro tenha o valor de 153,00 µS/cm e nos fissurais seja de 142 µS/cm, o valor o máximo da condutividade elétrica nos aquíferos porosos chega 2.820,00 µS/cm, contra apenas 330,00 µS/cm, nos aquíferos fissurais.

3. INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DOS POÇOS EXISTENTES

Valores confiáveis dos parâmetros hidrodinâmicos são obtidos por meio de testes de bombeamento, os quais devem ser executados por pessoal qualificado e os resultados dos testes devem ser conduzidos por meio de métodos adequados de conformidade com as condições hidrogeológicas. A realização de um teste de bombeamento, embora sendo uma tarefa simples, é dispendiosa e, ocasionalmente, a sua interpretação se torna bastante difícil.

Os testes de bombeamento, numa classificação mais ampla, podem ser divididos em: testes de aquífero e testes de produção.

Os testes de aquífero consistem no bombeamento de um poço com uma vazão constante e no acompanhamento da evolução dos rebaixamentos produzidos em um ou mais poços de observação e têm como finalidade a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquíferos: transmissividade (T), coeficiente de armazenamento (S) e condutividade hidráulica (K). Quando inexistem poços de observação, não pode ser avaliado o coeficiente de armazenamento no teste de aquífero realizado.

Os testes de produção consistem na realização de um bombeamento de múltiplas etapas e no registro da evolução dos rebaixamentos no próprio poço bombeado, e têm por finalidade a determinação das perdas de carga totais que ocorrem num poço. O somatório de todas as perdas de cargas existentes corresponde ao rebaixamento total que ocorre no poço, as quais podem ser divididas em lineares e não lineares.

As perdas lineares (perdas no aquífero, na transição para o pré-filtro e devido à penetração parcial) ocorrem no aquífero e nas vizinhanças do poço em regime laminar e são diretamente proporcionais à vazão de bombeamento; as não lineares (perdas turbulentas nas vizinhanças do poço e no pré-filtro, por penetração parcial da água no poço e perdas axiais de ascensão da água até a bomba), ocorrem no próprio poço e em suas vizinhanças em regime de fluxo turbulento e são diretamente proporcionais à vazão de bombeamento elevada a um expoente n.

Os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos variam muito de um local para outro, como também de um poço para outro, em função da variação de espessura, heterogeneidade e anisotropia dos aquíferos e/ou sistemas aquíferos, sem contar ainda com o nível de qualidade dos testes de bombeamento.

A maioria das empresas não realiza testes de bombeamento dentro das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) e grande parte apresenta dados bastante inconsistentes. Normalmente as empresas de perfuração realizam testes de vazão, após o término da construção dos poços, com o objetivo de dimensionar o equipamento de bombeamento. Nestes testes é medido o nível estático, o rebaixamento total do nível no final do bombeamento, as vazões e raramente a recuperação do nível d'água é obtida depois de cessado o bombeamento.

Não foi possível interpretar utilizando o método Cooper-Jacob (Feitosa *et al*, 2008 [3]), os testes disponibilizados pelo cadastro dos poços existentes, em função dos dados de rebaixamento desses poços, onde praticamente a maioria estabilizava com poucos minutos de bombeamento, impossibilitando a caracterização da curva de rebaixamento (m) x tempo (min).

Em função do exposto, com os dados de rebaixamento medidos durante os testes de bombeamento dos poços cadastrados, utilizando o programa *Ground Water for Windows* - GWW desenvolvido pelas Nações Unidas em 1994, foram estimados os parâmetros hidrodinâmicos Coeficiente de Transmissividade (T) e Condutividade Hidráulica (K) dos aquíferos e/ou sistemas aquíferos explotados na área de estudo, considerando uma espessura saturada obtida dos perfis litológicos dos poços cadastrados para cada aquífero e/ou sistema aquífero, cujos resultados estão no Quadro 10.

Este programa permite que seja especificado se o aquífero pode ser confinado ou não. Os poços devem ser totalmente penetrantes, mas correções para a penetração parcial são incluídas para o caso de aquíferos não drenantes. O programa permite que os poços bombeados sejam parcialmente penetrantes.

3.1. Resultados Obtidos

Dentre os 124 relatórios técnicos de poços analisados, fornecidos pela Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda., em apenas 73 testes foi possível a aplicação do software GWW para cálculo da transmissividade (T), onde a maioria desses testes praticamente tinha o nível dinâmico estabilizado e/ou com quando com poucos minutos de teste estabilizavam o nível dinâmico impossibilitando o cálculo.

Para cálculo da transmissividade (T) usando o software GWW usando os dados das medidas da recuperação do nível dinâmico, não foi possível em função do tempo de recuperação medido, que eram de pouca duração e a maioria deles não esperavam o tempo total a ser medido, como também a recuperação total do nível estático, o que poderia apresentar valores incoerentes em função do exposto.

Esse software possui 4 rotinas principais de ajuste das curvas:

a) **Theís**, o método de ajuste de curva usa a função padrão de poço $W_{(u)}$;

b) **Jacob**, que é uma aproximação da solução da equação de **Theís**;

c) **Hantush**, o método de ajuste de curva usa a função padrão para poços drenantes $W_{(u,r/B)}$;

d) **Método de Recuperação**.

Para avaliação da condutividade hidráulica (K) foi dividido o valor da transmissividade (T) pela espessura do aquífero penetrado pelo poço, obtida pela análise do perfil litológico apresentado no relatório técnico do poço. No cadastro de poços da Trhimil -

[3] FEITOSA, F.A.C. *et al*. **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. 3 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda., alguns não tinham o perfil litológico e construtivo do mesmo.

Nos poços captando o Aquífero Mosquito por serem do tipo fissural não se calcula a transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K).

Os resultados sumarizados obtidos dos ensaios de bombeamento são mostrados no Quadro 10, onde podem ser observados os valores médios dos coeficientes de transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K) obtidos dos métodos de Theís, Jacob e Hantush.

Quadro 10. Resultado dos testes de aquíferos analisados

Nº	Nº CADASTRO	LOCAL	MUNICÍPIO	AQUÍFERO	b (m)	T (m²/s)	K (m/s)
1	T.001	Fazenda Santa Cruz	Santa Terezinha do TO	Sambaíba	17	4,137E-05	2,430E-06
2	2	Aldeia Brejo Comprido	Tocantínia	Pimenteiras/ Serra Grande	147	2,520E-05	1,714E-07
3	3	Aldeia Cabeceira Verde	Tocantínia	Pimenteiras/ Serra Grande	230	1,977E-05	8,594E-08
4	4	Aldeia Funil	Tocantínia	Pimenteiras/ Serra Grande	210	2,593E-05	1,235E-07
5	T.079	Aldeia Pé de Coco	Itacajá	Poti	78	7,017E-05	9,000E-07
6	T.084	Povoado Alto Bonito	Lizarda	Longá/ Cabeças	95	6,850E-05	7,211E-07
7	T.003	Chácara Buritizinho	Aguiarnópolis	Sambaíba	25	4,653E-05	1,860E-06
8	T.106	Granja Taúba	Palmeiras do TO	Sambaíba	30	8,923E-05	2,970E-06
9	T.004	Chácara Independência	Aguiarnópolis	Sambaíba	30	4,423E-05	1,470E-06
10	T.136	Posto Fiscal - TO 126 - km3	São Miguel do TO	Itapecuru	72	1,393E-04	1,940E-06
11	11	Transportes Bertolini	Guaraí	Pedra de Fogo	143	8,180E-05	5,720E-07
12	T.141	Área de Transbordo de Guaraí	Tupirama	Piauí	79	8,577E-05	1,090E-06
13	100429	Calçados Tocantins Ltda.	Colinas do TO	Poti	44	7,530E-05	1,710E-06
14	T.085	Chácara Sucupira	Luzinopólis	Sambaíba	20	2,850E-05	1,430E-06
15	T.038	Fazenda São Luís	Augustinópolis	Itapecuru/ Corda	27	9,427E-05	3,490E-06
16	T.115	Boa Esperança	Praia Norte	Corda	10	1,313E-05	1,310E-06
17	T.063	P.A. Formosa	Darcinópolis	Sambaíba	47	6,867E-05	1,460E-06
18	T.064	P.A. São Paulo	Darcinopólis	Sambaíba	48	1,007E-04	2,100E-06
19	T.026	Colégio Santa Cruz	Araguaína	Sambaíba	3	4,163E-05	1,390E-05
20	T.121	Fazenda Minas Torres 2	Riachinho	Piauí	35	7,890E-05	2,250E-06
21	T.054	Curtidora Tocantins	Colinas do TO	Longá-Cabeças	188	1,124E-04	5,977E-07
22	T.009	Fazenda Oriente II	Angico	Mosquito/ Sambaíba	10	5,743E-05	5,740E-06
23	T.010	Fazenda Oriente III	Angico	Mosquito/ Sambaíba	10	4,460E-05	4,460E-06
24	160921	Fazenda Oriente IV	Angico	Mosquito/	4	6,667E-05	1,670E-05

N°	N° CADASTRO	LOCAL	MUNICÍPIO	AQUÍFERO	b (m)	T (m²/s)	K (m/s)
				Sambaíba			
25	T.145	Eco Brasil - Morro Grande	Barra do Ouro	Piauí	24	1,540E-04	6,420E-06
26	GA-263/03	Escola Santa Maria	Rio Sono	Longá	143	2,287E-05	1,599E-07
27	T.089	Fazenda Nova Olinda	Miracema do TO	Pimenteiras-Serra Grande	172	3,303E-05	1,921E-07
28	T.090	Fazenda Sucupira	Miracema do TO	Pimenteiras-Serra Grande	205	3,650E-05	2,280E-06
29	T.062	FF Darcinópolis	Darcinopólis	Mosquito/ Sambaíba	105	1,314E-04	1,780E-07
30	T.068	FF Esperantina	Esperantina	Itapecuru/ Corda	40	5,297E-05	1,320E-06
31	T.050	P.A. Barra Bonita	Carmolândia	Longá/ Cabeças	113	5,930E-05	5,248E-07
32	T.108	P.A. Filadélfia	Pau D´Arco	Motuca	54	9,617E-06	1,781E-07
33	T.113	P.A. Tucumirim	Piraquê	Sambaíba	18	2,587E-05	1,440E-06
34	T.027	Fazenda Confinamento	Araguaína	Pimenteiras/ Serra Grande	116	1,666E-05	1,436E-07
35	Poço 1	Frigorifico Vale da Serra Axixá	Axixá	Mosquito / Sambaíba	6	1,864E-03	3,110E-04
36	T.028	Barra da Grota	Araguaína	Piauí	16	5,736E-05	3,590E-06
37	T.029	Barra da Grota	Araguaína	Piauí	12	1,851E-04	1,540E-05
38	T.091	Fazenda Cocalinho	Miracema do TO	Pimenteiras/ Serra Grande	305	3,497E-05	1,146E-07
39	T.098	Galpão Abacaxi	Miranorte	Pimenteiras/ Serra Grande	110	6,750E-03	6,136E-05
40	T.138	Fazenda Planalto	Sítio Novo	Sambaíba	15	4,917E-05	3,280E-06
41	T.012	St. Água Fria-Pov. Mato Redondo	Angico	Sambaíba	66	4,840E-05	7,330E-07
42	T.131	Fazenda Java	Santa Terezinha do TO	Sambaíba	17	5,663E-04	3,330E-05
43	T.099	Fazenda Canto do Barreiro	Miranorte	Pimenteiras / Serra Grande	106	1,347E-05	1,270E-07
44	T.132	Granja Canta Galo	Santa Terezinha do TO	Sambaíba	19	1,339E-04	7,050E-06
45	T.092	Fazenda Ferreira	Miracema do TO	Pimenteiras/ Serra Grande	277	5,010E-05	1,809E-07
46	T.089	Fazenda Nova Olinda	Miracema do TO	Pimenteiras/ Serra Grande	172	2,767E-05	1,609E-07
47	T.052	Fazenda D. Lucas	Colinas do Tocantins	Poti	50	1,713E-04	3,430E-06
48	T.031	Centro E .Fraterno E. Barsanulfo	Araguaína	Mosquito/ Sambaíba	7	3,513E-05	5,020E-06
49	T.133	P.A. Mamão	Santa Terezinha do TO	Mosquito/ Sambaíba	54	5,973E-05	1,110E-06
50	T.110	P.A. Mata Verde	Pedro Afonso	Pimenteiras/ Serra Grande	63	7,927E-05	1,258E-06

N°	N° CADASTRO	LOCAL	MUNICÍPIO	AQUÍFERO	b (m)	T (m²/s)	K (m/s)
51	T.094	Fazenda São Paulo	Miracema do TO	Pimenteiras/ Serra Grande	181	1,450E-05	8,011E-08
52	T.007	Chácara Santa Maria	Aguiarnópolis	Mosquito / Sambaíba	25	5,517E-05	2,210E-06
53	T.072	Povoado Vão do Gado	Goiatins	Piauí	93	3,997E-04	4,300E-06
54	160902	Fazenda Serrinha	Maurilândia do TO	Mosquito/ Sambaíba	4	4,380E-05	1,100E-05
55	T.033	Nova Araguaína	Araguaína	Mosquito/ Sambaíba	60	3,559E-03	5,930E-05
56	GA 699_07	Centro dos Ferreiras	Buriti	Itapecuru / Corda	24	5,643E-04	2,350E-05
57	T.145	Morro Grande	Barra do Ouro	Pedra de Fogo-Piauí	24	3,499E-04	1,460E-05
58	T.117	Praia Norte	Praia Norte	Corda	58	8,137E-04	1,400E-05
59	T.055	Setor Santo Antônio	Colinas	Piauí	37	6,590E-04	1,780E-05
60	T.128	Saída p/Centenário	Santa Maria	Longá / Pimenteiras	13	2,010E-05	1,406E-07
61	68	Fazenda Dalgás	Bom Jesus do TO	Pimenteiras / Serra Grande	180	6,117E-04	3,398E-06
62	T.135	Fazenda São Martinho	São Bento do TO	Sambaíba	62	4,323E-05	6,970E-07
63	70	Viveiro Tocantins - Poço 1	Miracema do TO	Piauí	97	1,690E-03	1,740E-05
64	71	Viveiro Tocantins - Poço 2	Miracema do TO	Piauí	92	1,507E-03	1,640E-05
65	T.095	Fazenda Santa Maria	Miracema do TO	Poti	60	2,947E-05	4,910E-07
66	T.028	TO-222-KM 10 Barra do Garça	Araguaína	Piauí	16	1,026E-04	6,410E-06
67	Poço 1	Assentamento Palmeiras	Aguiarnópolis	Mosquito / Sambaíba	11	3,459E-05	3,140E-06
68	T.39	GA 502_05 - Poço 1	Augustinópolis	Itapecuru / Corda	51	2,580E-04	5,060E-06
69	T.49	Poço -01	Campos Lindos	Pedra de Fogo/ Piauí	18	3,518E-04	1,950E-05
70	T.109	Projeto Prodecer (Usina)	Pedro Afonso	Pimenteiras / Serra Grande	165	5,769E-04	3,496E-06
71	T.119	GA 560_06 - Vila Barro Alto	Recursolândia	Piauí	120	1,064E-04	8,870E-07
72	T.120	GA 561_06 - Vila Riachinho	Recursolândia	Piauí	120	9,750E-05	8,130E-07
73	T.93	Matadouro Miracema Ltda.	Miracema do TO	Pimenteiras / Serra Grande	351	2,223E-05	6,334E-08

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022), a partir de dados SIAGAS (2021) e Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda. (no prelo).

A partir da análise do Quadro 10 podem-se observar os seguintes valores para os diversos aquíferos e/ou sistemas aquíferos (dois aquíferos):

a) Aquitardo Pimenteiras (um teste)

- Coeficiente de Transmissividade (T) de 2,010 x 10^{-5} m2/s.

- Condutividade Hidráulica (K) de 1,406 x 10^{-7} m/s, para uma espessura (b) de 143,0 m.

b) Aquitardo Pimenteiras-Aquífero Serra Grande (16 testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 1,347 x 10^{-5} e 6,750 x 10^{-3} m^2/s, com Tmédio de igual a 5,211 x 10^{-4} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 6,334 x 10^{-8} e 6,136 x 10^{-6} m/s, com Kmédio igual a 4,446 X 10^{-6} m/s, para uma espessura média (b) de 187,9 m.

c) Aquífero Corda (seis testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 1,313 x 10^{-5} e 8,137 x 10^{-4} m^2/s, com Tmédio de igual a 2,994 x 10^{-4} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 1,313 x 10^{-6} e 2,351 x 10-5 m/s, com Kmédio igual a 8,122 X 10-6 m/s, para uma espessura média (b) de 35,0 m.

d) Aquífero Sambaíba (25 testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 2,587 x 10^{-5} e 3,559 x 10^{-3} m^2/s, com Tmédio de igual a 2,912 x 10-4 m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 6,973 x 10^{-7} e 3,107 x 10^{-4} m/s, com Kmédio igual a 1,951 X 10^{-5} m/s, para uma espessura média (b) de 28,6 m.

e) Aquitardo Pedra de Fogo (um teste)

- Coeficiente de Transmissividade (T) de 8,108 x 10^{-5} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) de 5,720 x 10^{-7} m/s, para uma espessura (b) de 143,0 m.

f) Aquífero Poti (quatro testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 2,947 x 10^{-5} e 1,713 x 10^{-4} m^2/s, com Tmédio de igual a 8,657 x 10^{-5} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 4,911 x 10^{-7} e 3,427 x 10^{-6} m/s, com Kmédio igual a 1,632 X 10^{-6} m/s, para uma espessura média (b) de 58,0 m.

g) Aquífero Piauí (14 testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 5,736 x 10^{-5} e 1,690 x 10^{-3} m^2/s, com Tmédio de igual a 4,160 x 10^{-4} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 8,125 x 10-7 e 1,955 x 10-5 m/s, com Kmédio igual a 9,0652 X 10^{-6} m/s, para uma espessura média (b) de 55,9 m.

h) Aquífero Longá-Cabeças (quatro testes)

- Coeficiente de Transmissividade (T) variou de 2,287 x 10^{-5} e 1,124 x 10^{-4} m^2/s, com Tmédio de igual a 6,576 x 10^{-5} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) variou de 1,599 x 10-7 e 7,211 x 10-7 m/s, com Kmédio igual a 5,009 X 10-7 m/s, para uma espessura média (b) de 134,8 m.

i) Aquífero Motuca (um teste)

- Coeficiente de Transmissividade (T) de 9,617 x 10^{-6} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) de 1,781 x 10^{-7} m/s, para uma espessura (b) de 54,0 m.

j) Aquífero Itapecuru (um teste)

- Coeficiente de Transmissividade (T) de 1,393 x 10^{-4} m^2/s.
- Condutividade Hidráulica (K) de 1,935 x 10^{-6} m/s, para uma espessura (b) de 72,0 m.

3.2. Comparação com Dados Existentes

Convêm ressaltar que a região a título de estudos já foi alvo de inúmeros estudos testes de bombeamento no passado, desde os anos de 1978 e 1979, quando foram realizados os primeiros estudos hidrogeológicos visando o conhecimento do potencial hidrogeológico da Bacia do Parnaíba, conhecidos como Inventário Básico do Nordeste, elaborados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (PESSOA, 1978; 1979).

Uma comparação com os dados hidrodinâmicos dos aquíferos na Bacia do Parnaíba no estado do Piauí, onde existem dados de centenas de testes executados em diversas localidades ao longo de décadas de estudos será feita a seguir.

Devem ser levadas em consideração nessa comparação as seguintes condicionantes de execução:

a) Na Bacia do Parnaíba os dados dos testes executados em cada aquífero ou aquitardo foram analisados de forma isolados, enquanto os testes dos poços localizados na área de estudo que foram analisados, disponibilizados pela Trhimil - Tocantins Recursos Hídricos Minerais Ltda., em grande parte dos poços captam simultaneamente dois aquíferos;

b) Dos testes analisados, a quantidade de poços com dados disponíveis não permite uma maior segurança dos valores obtidos dos parâmetros em questão (T e K), que possa caracterizar esses parâmetros para uma avaliação mais precisa dos valores médios a serem utilizados na avaliação quantitativa das reservas hídricas;

c) A análise dos perfis dos poços disponíveis e do nível de informações dos testes disponibilizados é muito falho, onde a maioria desses testes tem a vazão de bombeamento praticamente estabilizadas e as medidas de recuperação são muito falhas, praticamente não atingiam o tempo necessário para recuperação total ou chegar próximo ao nível estático inicial, onde até mesmo a aplicação do software GWW poderia apresentar valores que não correspondem à realidade.

A partir dos dados obtidos utilizando o *software* GWW podemos fazer comentários sobre os resultados obtidos de T e K com resultados de estudos na Bacia do Parnaíba, obtidos na bibliografia consultada.

Os dados dos testes selecionados (73) e analisados permitiram caracterizar valores de T e K do Aquitardo Pimenteiras (01), do Aquitardo Pimenteiras/Aquífero Serra Grande (16), do Aquífero Corda (06), do Aquífero Sambaíba (25), do Aquitardo Pedra de Fogo (01), do Aquífero Poti (04), do Aquífero Piauí (14), do Aquífero Longá/Cabeças (04), do Aquífero Motuca (01) e do Aquífero Itapecuru (01).

Os dados mais antigos obtidos da bibliografia consultada apresentaram os resultados de valores médios para os parâmetros hidrodinâmicos nos aquíferos e sistema aquíferos da Bacia do Parnaíba mostrados no Quadro 11.

Embora os testes analisados tenham sido executados para cumprir cláusulas contratuais da empresa com clientes, podemos dizer que os valores obtidos estão dentro da margem dos valores indicados no Quadro 11 - relevado o fato que os testes foram realizados com a própria bomba instalada no poço por ocasião da conclusão da perfuração do mesmo, e que até mesmo esses testes geralmente não são analisados a rigor para dimensionamento da vazão real de explotação e posterior dimensionamento da bomba.

Quadro 11. Avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e sistemas aquíferos da Bacia do Parnaíba no estado do Piauí e Região Sudeste do estado do Tocantins.

Aquíferos e/ou Sistemas Aquíferos	Parâmetros Hidrogeológicos		
	T (m2/s)	K (m/s)	S (Adm.)
Aquífero Cabeças	(2) 1,10 x 10-2	(2) 5,30 x 10-5	(2) 7,60 x 10-4
	(3) 1,00 x 10-2	(3) 4,00 x 10-5	(3) 2,60 x 10-4
Aquífero Corda	-	-	-
Aquífero Itapecuru	(1) 6,90 x 10-3	(1) 3,50 x 10-5	-
Sistema Aquífero Motuca/Sambaíba	-	-	-
Aquífero Pedra de fogo	(2) 1,00 x 10-3	(2) 9,00 x 10-6	(2) 5,00 x 10-3-
Aquífero Poti/Piauí	(2) 2,10 x10-3	(2) 8,40 x 10-6	(2) 3,10 x 10-4-
	(3) 3,00 x 10-4	(3) 3,92 x10-6	(3) 1,44 x 10-3
Aquífero Sambaíba	(2) 1,40 x 10-2	(2) 1,90 x 10-4	(2) 1,40 x 10-2
Aquitarde Longá	(2) 7,80 x 10-5	(2) 7,40 x 10-6	(2) 1,00 x 10-4
	(3) 2,62 x10-4	(3) 7,87 x 10-7	-
Aquitarde Pimenteiras	(2) 3,20 x 10-4	(2) 6,30 x 10-6	(2) 6,00 x 10-4-
	(3) 3,08 x 10-5	(3) 3,07 x 10-7	-
Aquífero Serra Grande	(2) 9,10 x 10-3	(2) 5,30 x 10-5	(2) 4,20 x 10-4-
	(3) 3,02 x 10-3	(3) 9,10 x 10-6	(3) 4,29 x 10-4

Fonte: (1) Campos, 2004[4]; (2) ANA[5]; (3) Pessoa (1978[6], 1979[7]).

[4] CAMPOS, J.E.G. **Meio físico da UHE Santa Isabel (TO)**: geologia e hidrogeologia. *In*: Estudo de Impacto Ambiental. ENGEVIX. 62p. 2004. Mapas.

[5] Agência Nacional de Águas (ANA). **Mapa dos Principais Sistemas Aquíferos do País em Arcview**. Nota Técnica 025/SPR/2003. Brasília. 15 p. 2003.

[6] PESSOA, M. D. 1978. **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha n. º 13: Teresina - SE**. Recife: SUDENE / Divisão de Documentação, 1978. 251 p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia 57).

[7] PESSOA, M. D. 1979. **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha n. º 18: Teresina - NE**. Recife, SUDENE / Divisão de Documentação, 1979. 237 p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia 59).

4. POTENCIOMETRIA DOS AQUÍFEROS DA REGIÃO

A potenciometria dos aquíferos de uma dada região constitui um importante documento para a gestão desses aquíferos, pois permite:

- Avaliar o gradiente hidráulico da superfície potenciométrica o que permite a avaliação das reservas reguladoras;
- Definir os sentidos de fluxo dos aquíferos;
- Verificar a relação entre a drenagem superficial e os aquíferos, quando se trata da potenciometria dos aquíferos na condição de livre, isto é, sujeitos apenas à pressão atmosférica.

Há duas condições distintas dos aquíferos quando se efetua a potenciometria: a primeira é a condição de aquíferos livres e a segunda é quando se trata de aquíferos confinados ou semiconfinados.

No caso em questão, para a Região Centro-Norte do Tocantins, somente a condição de aquíferos livres pode ser analisada, uma vez que não se dispõe de dados suficientes e confiáveis para uma análise mais precisa da potenciometria na condição de confinamento.

O mapa potenciométrico da superfície hidrostática livre dos aquíferos da região em estudo pode ser visto no Apêndice VI, em que os contatos das distintas cores constituem as curvas potenciométricas interpoladas a partir dos dados de cotas dos níveis estáticos medidos no campo, nos poços da rede de monitoramento levantada, utilizando o método “interpolador do inverso da distância (IDW)”.

O posicionamento dessas “curvas potenciométricas” possui uma precisão compatível com a escala do mapa, da ordem de 1/1.750.000 e as cotas obtidas a partir do GPS portátil pode apesentar um erro de dois a três m, o que não interfere na precisão do mapa pelo motivo exposto.

Pode-se observar no mapa potenciométrico em questão que o fluxo da superfície hidrostática livre é sempre direcionada para a rede hidrográfica - rios Tocantins e Araguaia - o que demonstra terem esses rios uma drenagem efluente, ou seja, são alimentados pelos exutórios dos aquíferos livres, como mostra a Figura 14, na página seguinte.

Assim é que os poços do sistema aquífero Poti/Piauí têm sentido de fluxo de leste para oeste, na direção do rio Tocantins; os poços do sistema aquífero Pimenteiras/Serra Grande têm fluxo de oeste para leste, na direção do mesmo rio. Na região oeste onde se localiza o aquífero Rio das Barreiras, o fluxo das águas subterrâneas se dirige diretamente para o Rio Araguaia, o mesmo ocorrendo ao norte, onde o sistema aquífero Itapecuru/Corda é drenado pelo rio Tocantins, pouco antes do mesmo ingressar no rio Araguaia.

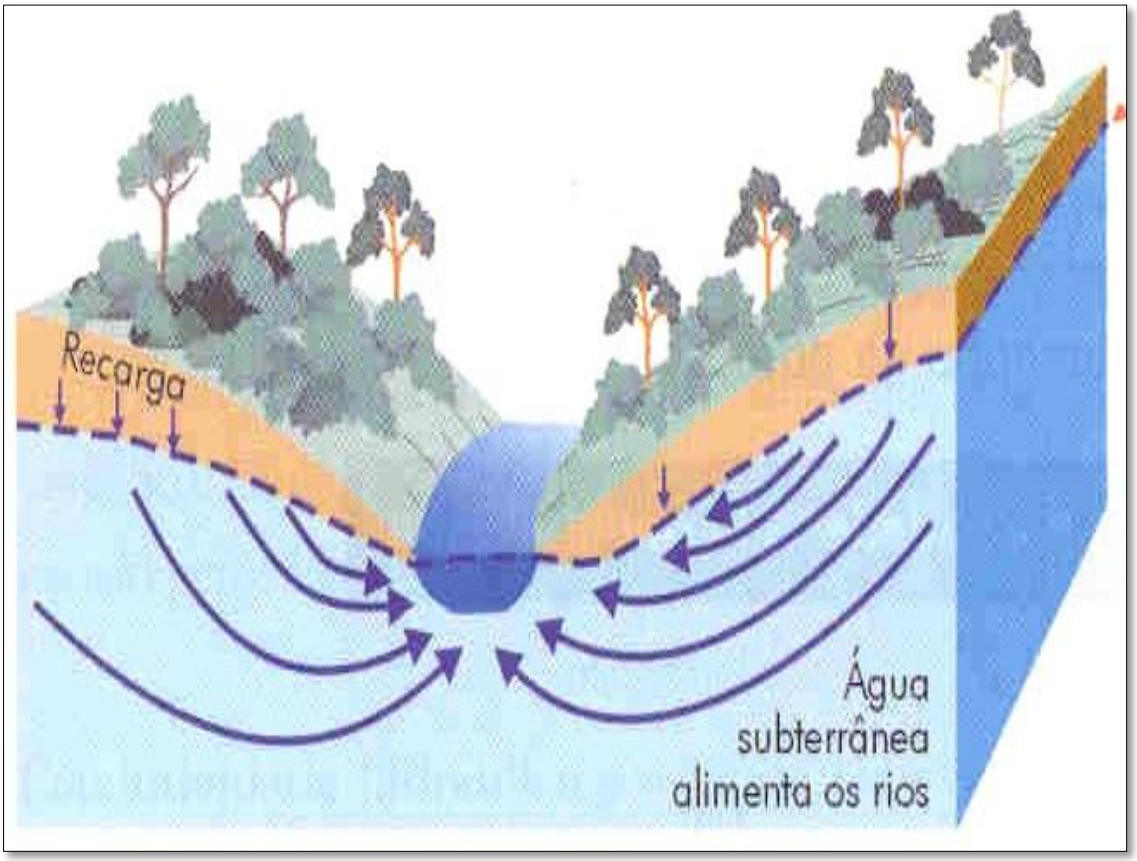


Figura 14. Fluxo de alimentação dos cursos d'água pelos exutórios dos aquíferos livres.
Fonte: Costa (2019[8])

[8] COSTA, W. D. 2019. **Obras hídricas para convivência com a seca**. [Palestra]. Garanhuns-PE, 22 mar. 2019. Palestra proferida no Conselho Regional de Engenharia de Pernambuco no Dia Mundial da Água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2003. **Mapa dos Principais Sistemas Aquíferos do País em Arcview**. Nota Técnica 025/SPR/2003. Brasília: ANA, 2003. 15 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos no Brasil**. Planilha de Outorgas Emitidas pelas Unidades da Federação vigentes em julho de 2017 (Planilha). Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/a13c9093-34bd-403f-88db-6ffbad2069e6>. Acesso: 20 ago. 2021.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). 2021. **Portal Hidroweb**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso: 20 ago. 2021.

CAMPOS, J. E. G. 2004. **Meio físico da UHE Santa Isabel (TO)**: geologia e hidrogeologia. Estudo de Impacto Ambiental. ENGEVIX. 62p. 2004. Mapas.

COSTA, W. D. 2019. **Obras hídricas para convivência com a seca**. [Palestra]. Garanhuns-PE, 22 mar. 2019. Palestra proferida no Conselho Regional de Engenharia de Pernambuco no Dia Mundial da Água.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. 3 ed. rev. ampl..Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p.

PESSOA, M. D. 1978. **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha n. º 13: Teresina - SE**. Recife: SUDENE / Divisão de Documentação, 1978. 251 p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia 57).

PESSOA, M. D. 1979. **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha n. º 18: Teresina - NE**. Recife, SUDENE / Divisão de Documentação, 1979. 237 p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia 59).

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). 2021. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso: 20 ago. 2021.

TRHIMIL TOCANTINS RECURSOS HÍDRICOS MINERAIS LTDA. 2021. **Base de dados poços profundos perfurados no Estado do Tocantins** (no prelo). Paraiso do Tocantins - TO, 2021.

Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável

SÉRIE TOCANTINS - CENTRO-NORTE - RECURSOS NATURAIS

Volume I - Diagnóstico Ambiental e Socioambiental

Volume II - Escolha da Rede de Monitoramento / Cadastramento dos Poços de Rede / Interpretação dos Testes de Aquíferos / Potenciometria dos Aquíferos Livres

Volume III - Diagnóstico Hidrogeológico

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

EQUIPE EXECUTORA

Coordenação	**Formação**
Coordenador Geral Waldir Duarte Costa	Geólogo - Doutor em Hidrogeologia
Especialista em Geoprocessamento / Coordenado Adjunto Ricardo Ribeiro Dias	Geólogo - Doutor em Geociências e Meio Ambiente
Especialista em Hidrogeologia Wilton José Silva da Rocha	Geólogo - Doutor em Hidrogeologia e Meio Ambiente
Especialista em Hidroquímica José Viana de Carvalho	Químico Industrial - Especialista em Química Analítica
Especialista em Hidrologia Cláudio Marchand Krugger	Engenheiro Civil - Doutor em Métodos Numéricos
Equipe Técnica	
Eduardo Antônio Audibert	Cientista Social - Doutor em Sociologia
Erton Inácio de Moraes	Engenheiro Ambiental
Ghislaine Medeiros de Almeida	Geóloga - Mestre em Hidrogeologia e Geologia Ambiental
Isac Tavares de Santana	Geógrafo
Jailton Soares dos Reis	Geógrafo
Rescivaldo Barros Amorim	Geólogo
Virlei Álvaro de Oliveira	Engenheiro Agrônomo - Doutor em Geociências e Meio Ambiente
Vinicius de Melo Lima	Engenheiro Ambiental
Equipe de Apoio	
Claudia Regina Bucar Miranda	Administradora

Nota Técnica

Os ***Estudos Hidrogeológicos da Região Centro-Norte do Estado do Tocantins*** foram executados mediante a prestação de serviços especializados firmada entre a **Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins** e o **Consórcio Sambaíba -** formado pelas empresas **COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais e OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda**, por meio do Contrato nº 04/2021. O trabalho foi executado no âmbito do Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável (PDRIS), componente Melhoramento da Eficiência dos Serviços Públicos numa Seleção de Serviços Públicos, com recursos do Tesouro Estadual e do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) - contrato de empréstimo nº 8185-0 BR.