

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Relatório Diagnóstico

AQUÍFERO AÇU

BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR

Volume 2



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**RELATÓRIO DIAGNÓSTICO
AQUÍFERO AÇU
BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR**

VOLUME 2

**RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil.
Superintendência Regional de Belo Horizonte.

CPRM – Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 – Bairro Funcionários
Belo Horizonte – MG – 30140-002
Fax: (31) 3878-0388
Tel: (31) 3878-0307
<http://www.cprm.gov.br/bibliotecavirtual/estantevirtual>
seus@cprm.gov.br

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Açú. Bacia Sedimentar Potiguar/João Alberto Oliveira Diniz, Francklin de Moraes, Alexandre Luiz Souza Borba, Guilherme Casaroto Troian, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

31 p, il. v.2 . Inclui mapas de aquíferos (Serie: Área de Recursos Hídricos Subterrâneos, Subárea, Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos). Versão digital e impresso em papel.

Conteúdo: Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – Inclui listagem da coleção com 16 volumes de Relatórios dos Aquíferos Sedimentares no Brasil, descritos na página 7.

1-Hidrogeologia. 2- Aquífero Açú. 3- Bacia do Potiguar. I – Título. II – Diniz, J.A.O. III – Moraes, F. de IV – Borba, A.L.S. V – Troian, G.C. VI - Mourão, M.A.A., Coord. VII – Série

CDU 556.3(81)

Direitos desta edição: CPRM – Serviço Geológico do Brasil
É permitida a reprodução desta publicação, desde que mencionada a fonte.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO AQUÍFERO AÇU BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR

VOLUME 2

**RECURSOS HÍDRICOS
ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

**JOÃO ALBERTO OLIVEIRA DINIZ
FRANCKLIN DE MORAIS
ALEXANDRE LUIZ SOUZA BORBA
GUILHERME CASAROTO TROIAN**



2012

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
MINISTRO

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira
SECRETÁRIO

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
DIRETOR-PRESIDENTE

Roberto Ventura Santos
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

Thales de Queiroz Sampaio
DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Antônio Carlos Bacelar Nunes
DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DESENVOLVIMENTO

Eduardo Santa Helena da Silva
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Frederico Cláudio Peixinho
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

José Carlos da Silva
CHEFE DA DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

Ernesto Von Sperling
CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO

José Marcio Henrique Soares
CHEFE DA DIVISÃO DE MARKETING E DIVULGAÇÃO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CRÉDITOS DE AUTORIA

Maria Antonieta Alcântara Mourão
COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Daniele Tokunaga Genaro
Marcio Junger Ribeiro
Elvis Martins Oliveira

Thiago de Castro Tayer (estagiário)
APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO

Manfredo Ximenes Ponte
SUREG-BE

João Batista Marcelo de Lima
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Ariolino Neres Souza
SUPERVISOR TÉCNICO

Manoel Imbiriba Junior

Homero Reis de Melo Junior (de 2009 a 2011)
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Rosilene do Socorro Sarmento de Souza
Celina Monteiro (Estagiária)
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio de Oliveira
SUREG-MA

Daniel de Oliveira
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Carlos José Bezerra de Aguiar
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Silvia Cristina Benites Goncales
Hugo Galúcio Pereira
EQUIPE EXECUTORA

Francisco Sandoval Brito Pereira
Cláudia Vieira Teixeira
APOIO TÉCNICO

Maria Abadia Camargo
SUREG-GO

Cíntia de Lima Vilas Boas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Tomaz Edson de Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR
TÉCNICO

Dario Dias Peixoto (de 2009 a 2012)
APOIO EXECUTIVO

Claudionor Francisco de Souza
APOIO TÉCNICO

Marco Antônio Fonseca
SUREG-BH

Márcio de Oliveira Cândido

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Haroldo Santos Viana
SUPERVISOR TÉCNICO

Raphael Elias Pereira

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Claudia Silvia Cerveira de Almeida
José do Espírito Santo Lima
Reynaldo Murilo Drumond Alves de Brito
APOIO EXECUTIVO

José Carlos Garcia Ferreira
SUREG-SP

Ângela Maria de Godoy Theodorovicz
GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Andrea Segura Franzini
SUPERVISORA TÉCNICA

Guilherme Nogueira Santos
COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO
David Edson Lourenço
APOIO TÉCNICO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

Teobaldo Rodrigues de Oliveira Junior

SUREG-SA

Gustavo Carneiro da Silva

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Amilton de Castro Cardoso

SUPERVISOR TÉCNICO

Paulo Cesar Carvalho Machado Villar

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Cristovaldo Bispo dos Santos

Cristiane Neres Silva (SIAGAS)

EQUIPE EXECUTORA

Juliana Mascarenhas Costa

Rafael Daltro (Estagiário)

Bruno Shindler Sampaio Rocha (Estagiário)

APOIO TÉCNICO

José Leonardo Silva Andriotti

SUREG-PA

Marcos Alexandre de Freitas

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Marcelo Goffermann

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO - SUPERVISOR

TÉCNICO

Guilherme Troian

Mario Wrege (2009-2010)

EQUIPE EXECUTORA

Pedro Freitas

Bruno Francisco B. Schiehl

Luiz Alberto Costa Silva

APOIO TÉCNICO

José Wilson de C. Temóteo

SUREG-RE

Adriano da Silva Santos

GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Melissa Franzen

SUPERVISORA TÉCNICO

Joao Alberto Oliveira Diniz

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Carlos Eugenio da Silveira Arraes

Guilherme Troian (de 2009 a 2012)

EQUIPE EXECUTORA

Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão

APOIO EXECUTIVO

Paulo Magalhães

APOIO TÉCNICO

Darlan F. Maciel

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Jaime Quintas dos S. Colares

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Liano Silva Verissimo

José Alberto Ribeiro (de 2009 a mar/2012)

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Helena da Costa Bezerra

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE PORTO VELHO

Francisco de Assis dos Reis Barbosa

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Claudio Cesar Aguiar Cajazeiras

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Elvis Martins Oliveira

Luiz Antonio da Costa Pereira

Marcos Nóbrega II

APOIO EXECUTIVO

Wladimir Ribeiro Gomes

APOIO TÉCNICO

Francisco das Chagas Lages Correia Filho

CHEFE DA RESIDÊNCIA DE TERESINA

Carlos Antônio da Luz

ASSISTENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

Mickaelon Belchior Vasconcelos

COORDENADOR REGIONAL DO PROJETO

Ney Gonzaga de Souza

Cipriano Gomes de Oliveira

APOIO TÉCNICO

Alceu Percy Mendel Junior

Fabio Silva da Costa

Rubens Esteves Kenup

LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO

Maria Antonieta Alcântara Mourão

REVISÃO DO TEXTO

Homero Coelho Benevides

REVISÃO ORTOGRÁFICA E GRAMATICAL

Alessandra Morandi Pidello

Patrícia Silva Araújo Dias

DIAGRAMAÇÃO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa

ARTE GRÁFICA DA CAPA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROJETO
REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

COLEÇÃO DE RELATÓRIOS-DIAGNÓSTICO DOS AQUÍFEROS SEDIMENTARES DO BRASIL

VOLUME 1. Aquífero Missão Velha. Bacia Sedimentar do Araripe.

Robério Bôto de Aguiar
José Alberto Ribeiro
Liano Silva Veríssimo
Jaime Quintas dos Santos Colares

VOLUME 2. Aquífero Açú. Bacia Sedimentar Potiguar.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 3. Aquífero Tacaratu. Bacia Sedimentar Jatobá.

João Alberto Oliveira Diniz
Francklin de Moraes
Alexandre Luiz Souza Borba
Guilherme Casaroto Troian

VOLUME 4. Aquífero Serra Grande. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Mickaelon B. Vasconcelos
Carlos Antônio Da Luz

VOLUME 5. Aquífero Itapecuru no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 6. Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Carlos José Bezerra de Aguiar

VOLUME 7. Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará. Bacia Sedimentar do Amazonas.

Homero Reis de Melo Junior

VOLUME 8. Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras

VOLUME 9. Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utiariti no Estado do Mato Grosso. Bacia Sedimentar dos Parecis.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 10. Sistema Aquífero Urucuaia. Bacia Sedimentar Sanfranciscana.

Paulo Cesar Carvalho M. Villar

VOLUME 11. Aquíferos Furnas e Vale do Rio do Peixe nos Estados de Mato Grosso e Goiás. Bacia Sedimentar do Paraná.

Dario Dias Peixoto
Tomaz Edson Vasconcelos
Jamilo José Thomé Filho

VOLUME 12. Aquífero Furnas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Maria Cecília de Medeiros Silveira

VOLUME 13. Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais. Bacia Sedimentar do Paraná.

José do Espírito Santo Lima
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida

VOLUME 14. Sistema Aquífero Bauru-Caiuá nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Andréa Segura Franzini

VOLUME 15. Sistema Aquífero Guarani nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia Sedimentar do Paraná.

Armando Teruo Takahashi

VOLUME 16. Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Bacia Sedimentar do Paraná.

Mario Wrege

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. O AQUÍFERO AÇU - BACIA POTIGUAR.....	19
2.1. Características Gerais.....	19
2.2. Aspectos Hidrodinâmicos	19
2.3. A recarga das Águas Subterrâneas	21
2.4. Características Químicas.....	21
2.4.1. Análises Isotópicas.....	22
2.4.2. Análise da Vulnerabilidade Natural e dos Riscos de Contaminação.....	22
2.5. O uso da água subterrânea	22
2.6. Potenciometria.....	22
2.7. Reservas.....	22
2.7.1. Reservas Reguladoras	23
2.7.2. Reservas Permanentes	23
2.7.3. Reservas Totais	23
2.7.4. Recursos Explotáveis	23
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	25
3.1. Pluviometria.....	25
3.2. Síntese do Balanço Hídrico.....	25
4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O AQUÍFERO AÇU	27
4.1. Poços de Monitoramento Implantados	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do Aquífero Açu, com destaque da zona de afloramento da Formação Açu da Bacia Potiguar nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte	19
Figura 2. Seção esquemática da Bacia Potiguar	20
Figura 3. Mapa de parte do Rio Grande do Norte, com a distribuição espacial dos poços cadastrados	20
Figura 4. Representação gráfica do balanço hídrico estabelecido para a região de Açu-Ipangaçu (Período 1910-1990)	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros dos elementos das análises físico-químicas realizadas nas águas do aquífero Açú, no total de 63 amostras	21
Tabela 2. Média pluviométrica anual de municípios do domínio do aquífero Açú	25
Tabela 3. Principais características dos poços construídos para o monitoramento no aquífero Açú	27

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO AQUÍFERO AÇU BACIA SEDIMENTAR POTIGUAR

RECURSOS HÍDRICOS

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

SUBÁREA: LEVANTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, em consonância com suas atribuições, propôs e definiu as bases para a implantação de rede de monitoramento integrado das águas subterrâneas abrangendo os principais aquíferos do país.

A rede de monitoramento, de natureza fundamentalmente quantitativa, foi concebida tendo como principal objetivo o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos de modo a propiciar a médio e longo prazos: i) A identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos; ii) A estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo; iii) A avaliação da recarga e o estabelecimento do balanço hídrico; iv) Informações do nível d'água; v) Determinação de tendências de longo termo tanto como resultado de mudanças nas condições naturais quanto derivadas de atividades antropogênicas etc.

Um dos principais aspectos do programa refere-se à proposição de um monitoramento integrado (águas subterrâneas e superficiais) em que o ambiente aquático é considerado de forma inteiramente inter-relacionável e não fracionado nos diversos componentes. Um aspecto que favorece esta integração é o fato da CPRM ser responsável pela implantação e operação de redes

hidrometeorológicas, telemétricas, de qualidade de água e sedimentométricas bem como monitoramento de níveis em açudes.

A estruturação do programa de monitoramento para cada aquífero ou local selecionado exige que seja feita uma caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação de dados existentes. Além disso, considerando a integração com o monitoramento hidrometeorológico são incluídos também dados relativos às estações existentes no domínio dos aquíferos enfocados além de estudos hidrológicos e climatológicos realizados na região enfocada.

A reunião e a interpretação dessas informações visam subsidiar a seleção dos locais para monitoramento bem como a avaliação da viabilidade de emprego dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas para interpretação dos resultados do monitoramento quanto à representatividade do aquífero nas bacias hidrográficas monitoradas, densidade, localização etc.

O presente relatório apresenta a integração das informações para o aquífero Açú, e constitui o estágio atual de conhecimento de suas características naturais, pressões percebidas e impactos identificados. Como resultados da análise dessas informações são apresentadas as principais demandas ao monitoramento e promovida a configuração da rede de monitoramento para o aquífero.

2. O AQUÍFERO AÇU - BACIA POTIGUAR

2.1. Características Gerais

A bacia Potiguar está localizada na extremidade nordeste do Brasil, mais precisamente na margem costeira norte do estado do Rio Grande do Norte e nordeste do Ceará. Apresenta área total de 60.000 km², sendo 40% localizados na porção emersa (ARARIPE e FEIJÓ, 1994). É limitada a oeste pelo Alto de Fortaleza, a sudoeste e ao sul pelo embasamento cristalino da faixa Seridó, e ao norte e a nordeste pela cota batimétrica de 200 m.

A sedimentação da bacia foi iniciada no Neocomiano a partir da geração de uma série de riftes estruturalmente controlada por grandes falhamentos. Uma grande transgressão marinha, no início do Albiano, marca a sedimentação das formações Açú, Ponta do Mel, Membro Quebradas e Formação Jandaíra.

A Formação Açú aflora na borda sul da bacia, sendo composta por espessas camadas de até 1.000 metros de arenito médio a grosseiro, esbranquiçado, intercalado com folhelho e argilito verde-claro e siltito castanho-

avermelhado. Apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. Possui mergulho suave para norte, quando aumenta gradativamente de espessura, chegando a atingir uma média de 500 m, em subsuperfície. Os calcários da Formação Jandaíra ocorrem sobrepostos à unidade Açú (ANGELIM *et al.*, 2006).

O aquífero Açú corresponde à porção inferior, essencialmente arenosa da formação e constitui a unidade hidrogeológica mais importante da bacia Potiguar. Ocorre em uma faixa de espessura média de 150 m na área de afloramento, que acompanha a borda desta bacia (Figura 1).

Este aquífero mostra-se livre em sua faixa de afloramento, apresentando uma vazão média de 10,0 m³/h. Quanto encoberto, em condições de confinamento ou semi-confinamento, as vazões chegam a atingir 200,0 m³/h.

As águas em geral são de boa qualidade permitindo uso para consumo humano, animal e industrial.

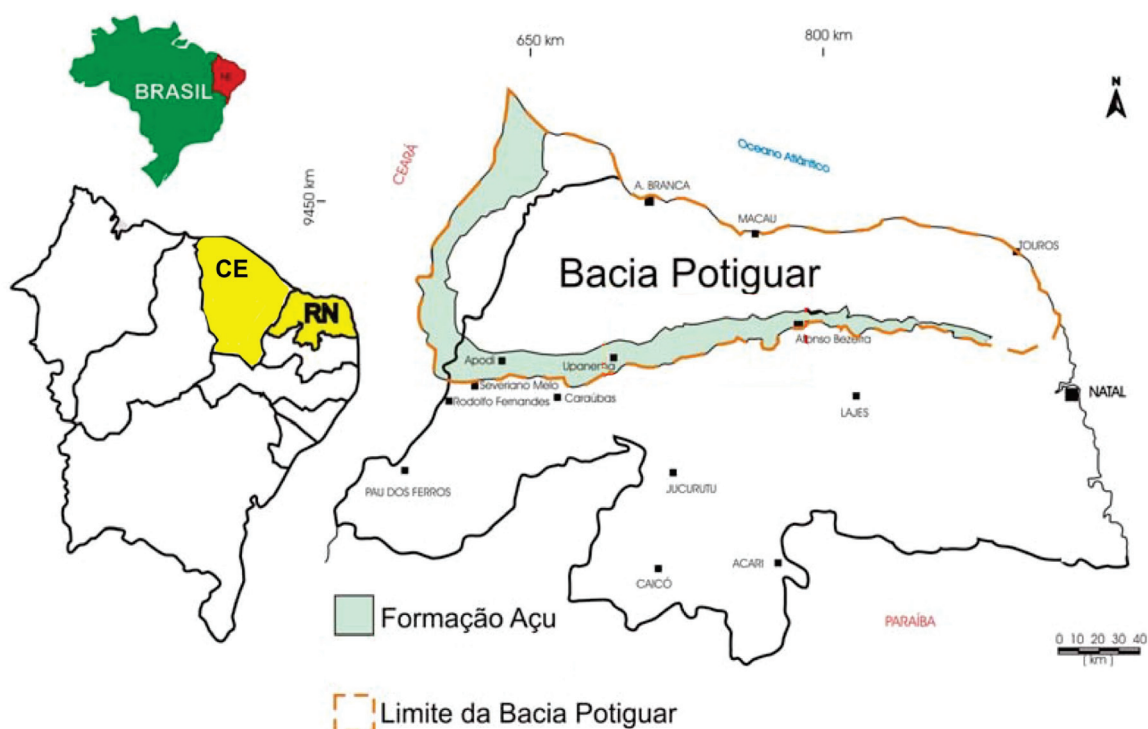


Figura 1. Localização geográfica do Aquífero Açú, com destaque da zona de afloramento da Formação Açú da Bacia Potiguar nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte
Fonte: modificado de MORAIS *et al.* (2005)

2.2. Aspectos Hidrodinâmicos

A área de recarga do aquífero Açú ocupa uma faixa, de direção leste-oeste, desde João Câmara a Apodi, com aproximadamente 255 km de extensão e 5 a 30 km de largura possuindo uma superfície total aproximada de 2.300 km². Para norte e até o litoral, o mesmo ocorre recoberto pelo calcário da Formação Jandaíra ou por coberturas terciário-quadernárias.

Ao sul da faixa central da área de recarga do Açú, no rio Piranhas/Açú, inserida em rochas cristalinas, está localizada a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, com capacidade para 2,5 bilhões de metros cúbicos. Suas águas são utilizadas no abastecimento do município de Mossoró e várias cidades da região semi-árida através de sistemas de adutoras. O rio Piranhas/Açú corta a faixa de recarga do Aquífero Açú numa

extensão de cerca de 20 km no sentido de sul para norte, com um fluxo superficial perene recarregando os aluviões da planície aluvial do rio Açu e o próprio aquífero.

A figura 2 apresenta uma seção regional esquemática da bacia Potiguar, com as mais importantes unidades

hidrogeológicas e a zona principal de recarga do aquífero Açu (área de afloramento). Quando não aflorante, o aquífero ocorre em todo o restante da bacia capeado pela Formação Açu Superior e pelos calcários da Formação Jandaíra, atingindo uma área total de cerca de 22.000 km² na parte emersa da bacia.

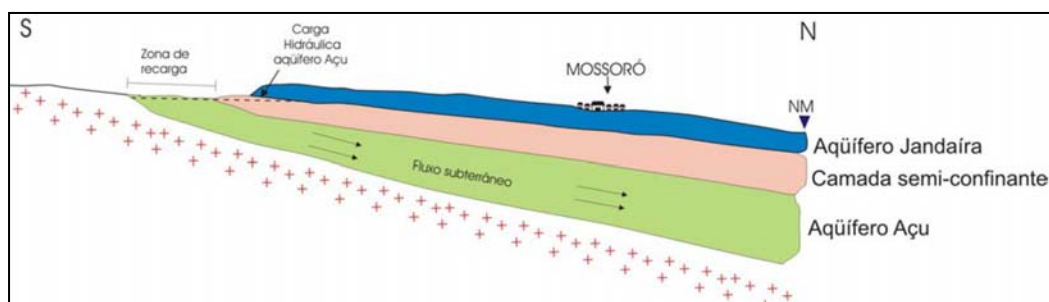


Figura 2. Seção esquemática da Bacia Potiguar
Fonte: modificado de Rebouças (1967, apud MORAIS, 2005)

A direção de fluxo é no sentido de sul para norte com as águas infiltrando na zona de afloramento da Formação Açu e seguindo para o mar. O aquífero Açu na sua zona de afloramento é referido como sendo do tipo livre. Nos demais domínios da bacia Potiguar o mesmo apresenta condições de semi-confinamento ou confinamento, dadas pelas camadas argilosas da porção superior da Formação Açu e/ou porção basal da Formação Jandaíra.

Dependendo das diferenças de cargas hidráulicas entre os aquíferos Açu e Jandaíra tem-se a ocorrência de drenança vertical ascendente ou descendente.

Segundo Feitosa (1996, apud MORAIS, 2005), o aquífero Açu na região de Mossoró era captado, em 1996, por 68 poços, com descarga total da ordem de $45,9 \times 10^6$ m³/ano. Foi estimada que esta descarga anual pudesse ser mantida, considerando bombeamento contínuo, durante os 20 anos seguintes, embora à custa de níveis dinâmicos profundos, entre 130 e 205 metros.

Na borda sul da bacia Potiguar foram cadastrados e selecionados 493 poços em cinco municípios do Rio Grande do Norte (Figura 3), sendo 248 em Açu; 85 em Ipanguaçu; 81 em Afonso Bezerra; 71 em Upanema; e 8 em Angicos.

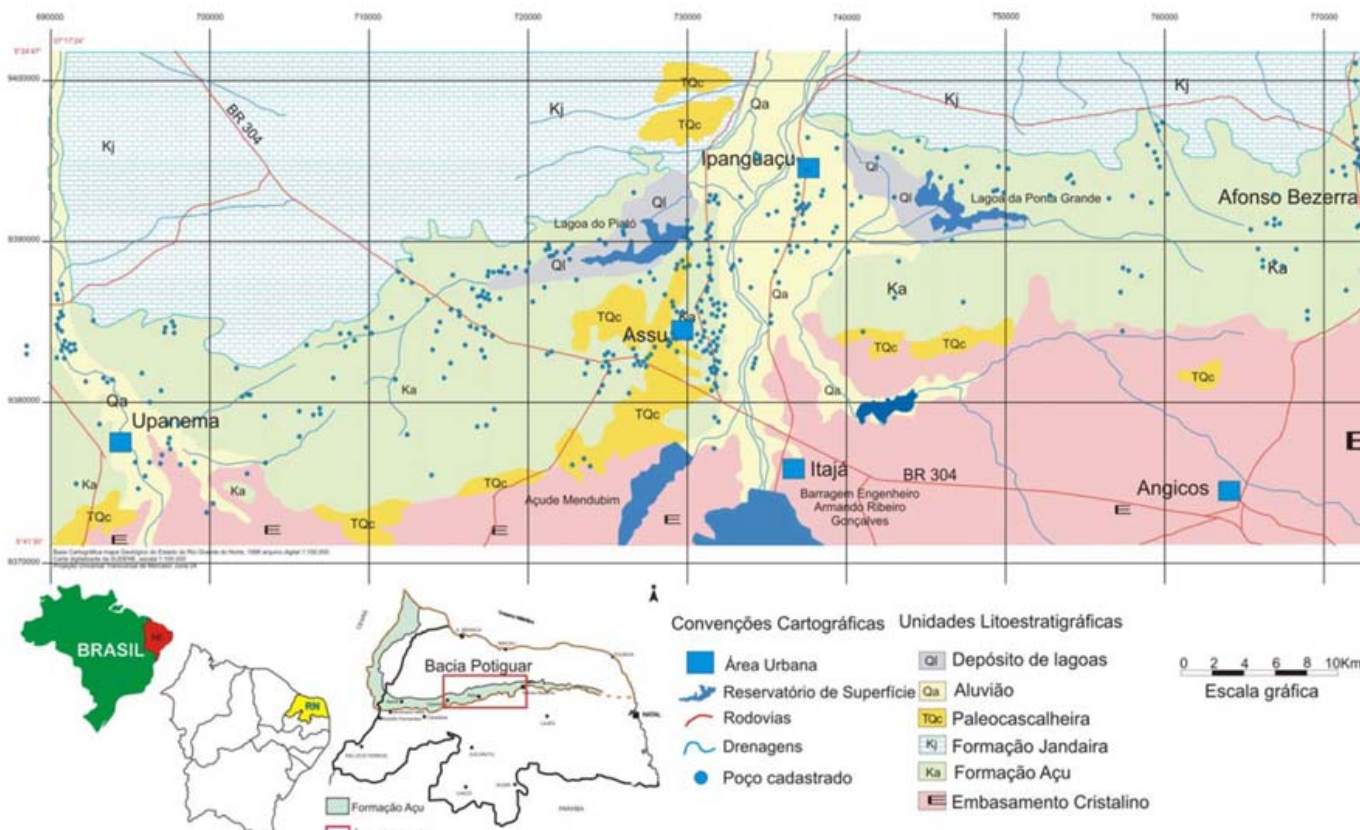


Figura 3. Mapa de parte do Rio Grande do Norte, com a distribuição espacial dos poços cadastrados.
Fonte: CPRM e UFRN (2007a)

O cadastramento de poços revelou (CPRM e UFRN, 2007a): profundidade variável de 15,0 a 148,00 m, com média de 44,9 m; vazão de referência entre 0,3 e 60 m³/h, com média de 10,2 m³/h; nível estático desde 4,0 até 138,00 m, com média de 25,7 m; e capacidade específica variando de 0,08 a 23,2 m³/h/m, com média de 2,8 m³/h/m.

A capacidade específica cresce de sul para norte, sendo da ordem de 1,0 m³/h/m no limite com as rochas cristalinas e de 6,0 m³/h/m junto aos calcários. Valores muito elevados, contudo, foram encontrados na planície aluvial do Açu, desde 20,0 até 52,3 m³/h/m.

As informações sobre transmissividade do aquífero Açu foram obtidas com base em resultados de testes de bombeamento de poços parcialmente penetrantes (CPRM e UFRN, 2007a). Este parâmetro mostrou variação de 15 a 242 m²/s, alcançando 2065 m²/dia por influência da recarga induzida do aquífero aluvial que recebe aporte permanente das águas do fluxo superficial perenizado. A condutividade hidráulica exibiu valores desde 1,43x10⁻⁶ até 1,24x10⁻³ m/s.

Dados gravimétricos, sondagens elétricas e perfis de poços indicam a ocorrência de altos e baixos estruturais que exercem grande influência nas espessuras saturadas do aquífero (MEDEIROS *et al.*, 2001, *apud* CPRM e UFRN, 2007a) e condicionam a delimitação de setores com diferentes transmissividades hidráulicas e possibilidades hidrogeológicas em termos de produtividade de poços e armazenamento de águas subterrâneas.

2.3. A recarga das Águas Subterrâneas

A recarga do aquífero Açu se processa diretamente pela infiltração de águas de chuva que caem sobre a superfície do terreno e nele se infiltram. Provavelmente ocorre recarga por infiltração das águas do fluxo superficial (principalmente os rios: do Carmo, Açu e Mulungu). O processo de recarga poderá ser dificultado em alguns setores pela ocorrência de níveis argilosos no topo da Formação Açu.

A estimativa da recarga foi feita utilizando-se dois métodos (CPRM e UFRN, 2007a): Lei de Darcy e balanço de cloretos. O primeiro método considera que, desde que o aquífero seja livre e em condições de equilíbrio, a infiltração eficaz é equivalente à vazão do fluxo subterrâneo natural anual. O valor encontrado corresponde a 12,0, mm de lâmina de água infiltrada ou 2,0% de taxa de recarga, tomando por base a precipitação pluviométrica média de 595,00 mm/ano.

O método do balanço de cloreto baseia-se no fato de que este íon é conservativo e não sofre modificações durante a infiltração, sendo aplicável em zonas áridas e zonas arenosas. Para o cálculo foi feita a distinção da pluviometria e concentração de cloreto na chuva para os setores oriental e ocidental da área de estudo, borda sul da bacia Potiguar.

Na porção oriental, as precipitações pluviométricas são da ordem de 560 mm e o conteúdo de cloreto nas águas

de chuva é de 2,70 mg/L. Visto que as concentrações de cloreto nas águas de recarga são de 200 mg/L na zona norte, contígua aos calcários, e de 600 mg/L, na zona sul, em direção à ocorrência das rochas cristalinas, estimou-se respectivamente, em 7,56 e 2,52 mm a recarga, que equivale a 1,35 e 0,45% da precipitação total anual.

Já no setor ocidental as precipitações são da ordem de 630 mm e o conteúdo de cloreto nas águas de precipitação é de 2,49 mg/L. A concentração de cloreto na água de recarga foi tomada como equivalente a 100 mg/L na zona norte, adjacente aos calcários, e de 200 mg/L na zona sul próximo ao cristalino, resultando em valores de recarga de 15,7 mm e 7,84 mm, correspondente a taxas de recarga de 2,5 e 1,24%, respectivamente.

A média geral de recarga foi estabelecida em torno de 1,4%.

2.4. Características Químicas

Os valores médios de parâmetros físico-químicos para análises relativas a 63 amostras de águas coletadas, em dezembro de 2005, em poços tubulares que penetram o aquífero Açu, encontram-se apresentados na tabela 1 (CPRM e UFRN, 2007b).

Tabela 1. Valores médios para parâmetros físico-químicos de 63 amostras no Aquífero Açu

VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
pH	5,7
C.E. (µS/cm)	1181,9
S.T.D. (mg/L)	597,9
Dureza (mg/L-CaCO ₃)	70,07
Cálcio (mg/L)	60,65
Magnésio (mg/L)	42,20
Sódio (mg/L)	99,37
Potássio (mg/L)	11,64
Ferro (mg/L)	0,38
Cloretos (mg/L)	302,2
Sulfatos (mg/L)	38,23
Nitratos (mg/L)	15,31

Fonte: Adaptado de CPRM e UFRN (2007b)

O pH variou entre 4,3 e 8,6, com valor médio de 5,7, indicando águas com tendência à acidez. Casos de águas alcalinas relacionam-se à influência das rochas carbonáticas.

A condutividade elétrica (CE) variou de 198,6 a 6.490,0 µS/cm, com média de 1.181,9 µS/cm. Os sólidos totais dissolvidos (STD) mostraram valores desde 101,0 a 3.450,0 mg/L, com média de 597,9, enquanto o cloreto exibiu valor mínimo de 14,8 e máximo de 2.244,2 mg/L, com média de 302,2 mg/L. Esses resultados permitem classificar as águas do aquífero Açu como de salinidade baixa a alta.

Verificou-se que a salinidade das águas diminui no sentido de sul para norte, na mesma direção do fluxo

subterrâneo, ou seja, dos setores de menor para maior transmissividade do aquífero. Quando há redução das espessuras do aquífero no sentido do fluxo subterrâneo, a salinidade se eleva, tal como se verifica em torno da lagoa de Piató.

Águas do tipo sódico-cloretadas evoluem para águas do tipo cálcio-magnesianas-cloretadas à medida que fluem de sul para norte. Nas proximidades com o aquífero Jandaíra as águas se tornam bicarbonatadas cálcicas.

Relativamente ao uso da água para consumo humano, 56% das amostras enquadram-se na categoria de boas a excelentes, enquanto 44% apresentam algum tipo de restrição, predominantemente de natureza organoléptica.

De modo geral, não foram identificadas restrições quanto ao uso da água na irrigação, visto que 40% das amostras são de baixa salinidade, sodicidade média e com pequeno risco de toxicidade. A exceção se faz para as amostras localizadas na porção sul da área, região de Afonso Bezerra.

2.4.1. Análises Isotópicas

A análise isotópica (oxigênio-18 e deutério) de águas coletadas em 14 poços no aquífero Açú demonstrou que, de modo geral, a infiltração da precipitação ocorre de forma direta e rápida. Poucos poços apresentaram valores indicativos de evaporação ou mistura com águas evaporadas. Verificou-se correlação entre a condutividade elétrica e a concentração de oxigênio-18 e a definição de dois grupos distintos indicando condições diferentes de recarga (UFC, 2007).

2.4.2. Análise da Vulnerabilidade Natural e dos Riscos de Contaminação

Foram identificadas três classes de vulnerabilidade para a área de ocorrência do aquífero Açú na borda sul da bacia Potiguar (CPRM e UFRN, 2007b):

- 1) Vulnerabilidade elevada na planície aluvial do rio Açú e nos vales dos rios do Carmo e Mulungu;
- 2) Vulnerabilidade moderada no setor oriental, a oeste do rio Açú e em torno da lagoa de Piató, além de domínios mais restritos próximos às cidades de Afonso Bezerra e Upanema;
- 3) Vulnerabilidade baixa em praticamente todo o setor ocidental ou a oeste do vale do Açú e também, no setor oriental em uma faixa relativamente estreita, contígua aos calcários da Formação Jandaíra.

Atividades urbanas e industriais representam riscos potenciais para as águas subterrâneas, em especial, na parte central da área de ocorrência do aquífero Açú, especificamente na planície aluvial do rio homônimo, onde a vulnerabilidade é elevada e o desenvolvimento das atividades urbanas e agrícolas é feito de forma indiscriminada.

As cidades de Açú e Ipangaçu concentram as maiores atividades urbanas. Nestas, o sistema de disposição local de efluentes com o uso de fossas e sumidouros, além da existência de postos de combustível e cemitérios não controlados ou monitorados, predispõem o aquífero à contaminação. Os contaminantes potencialmente envolvidos correspondem a nitrato, metais e hidrocarbonetos, em ordem decrescente de ocorrência.

O desenvolvimento de culturas com manejo agrícola intenso, marcado pelo uso de fertilizantes e agroquímicos, indica riscos potenciais de contaminação por nitrato e metais pesados.

É possível que o processo de contaminação possa estar sendo retardado ou reduzido em virtude da recarga contínua e direta do aquífero aluvial com águas da barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

2.5. O uso da Água Subterrânea

As cidades de Apodi, Upanema, Felipe Guerra, Rodolfo Fernandes e Severiano Melo são abastecidas pelo aquífero Açú. A captação d'água, em geral, é feita através de poços com profundidades em torno de 100 m e vazões de até 80 m³/h. O volume total bombeado é da ordem de 10 milhões de m³/ano. O uso da água na irrigação é ainda pouco expressivo, mas mostra tendência de crescimento. Águas classificadas como minerais ou potáveis de mesa são explotadas nos municípios de Apodi e Upanema (MELO *et al.*, 2006).

Como destacado por Melo (*op.cit.*) o uso das águas do aquífero tem sido limitado pela presença eventual de águas salinizadas, ocorrência relativamente frequente de poços com baixas vazões e pela falta de conhecimento de suas reais potencialidades.

2.6. Potenciometria

O comportamento do fluxo subterrâneo foi avaliado por CPRM e UFRN (2007a) com base em mapas potenciométricos gerados para os meses de setembro de 2005, dezembro de 2005, maio de 2006 e março de 2007.

Os mapas indicam fluxo subterrâneo regional dirigido para norte com inflexões para nordeste e noroeste em direção aos grandes vales, Açú, rio do Carmo e Mulungu. Divisores de águas subterrâneas são identificados nos extremos leste e oeste da área, influenciados pelos vales dos rios Mulungu e do Carmo.

O gradiente hidráulico nas porções mais elevadas é relativamente alto, em torno de 1% e no domínio das planícies aluviais é baixo, variando de 0,1 a 0,08%.

2.7. Reservas

A avaliação das reservas do aquífero Açú foi efetuada por CPRM e UFRN (2007a). Foram estimadas as reservas reguladoras, permanentes e totais, assim definidas:

Reservas Reguladoras. Correspondem às variações sazonais dos níveis potenciométricos.

Reservas permanentes. Volume d'água situado abaixo do nível potenciométrico mínimo. Também denominadas reservas seculares.

Reservas totais. Somatório das reservas reguladoras com as reservas permanentes.

2.7.1. Reservas Reguladoras

As reservas reguladoras (RR) foram estimadas utilizando a seguinte equação:

$$RR = A \cdot dh \cdot \mu$$

Onde:

A = área de ocorrência do aquífero (m²);

dh = variação sazonal de carga ou variação inverno – verão;

μ = porosidade eficaz dos estratos sujeitos às variações sazonais de carga (adimensional).

A flutuação sazonal do nível d'água (dh) foi avaliada em 0,54 m e a porosidade eficaz (μ) estimada em 2,1%. Portanto, as reservas reguladoras, na área foco do estudo com 1100 km², foram calculadas em 12,4x10⁶ m³.

2.7.2. Reservas Permanentes

Para avaliação das reservas permanentes foi utilizada a seguinte equação:

$$RP = A \cdot h \cdot \mu$$

Onde:

h = altura de carga abaixo do nível potenciométrico mínimo. Foi considerado o valor médio de 26 m, obtido a partir das espessuras saturadas efetivas totalmente penetrantes nos poços de produção (excluídos os argilitos)
 μ = porosidade eficaz dos estratos abaixo do nível mínimo, estimada em 2,1%.

O cálculo das reservas permanentes resultou em 600 x10⁶ m³.

2.7.3. Reservas Totais

As reservas totais são da ordem de em 612,4x10⁶ (somatório das reguladoras e permanentes). É destacado por CPRM e UFRN (2007a) que este volume é possível de ser armazenado ao longo do tempo. Entretanto é necessário cuidado na exploração do aquífero visto que o percentual de renovação é muito pequeno, representando somente 2%.

2.7.4. Recursos Explotáveis

Os recursos anuais explotáveis do aquífero Açú, na condição livre, foram adotados por CPRM e UFRN (2007a) como correspondentes às reservas reguladoras, ou seja, de 12,4x10⁶ m³. Os autores consideram a possibilidade de extrapolação deste volume, a partir da exploração, dentro dos limites permissíveis, dos poços de produção mediante rigoroso monitoramento dos níveis d'água.

3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3.1. Pluviometria

A estação chuvosa concentra-se entre os meses de janeiro a junho, com uma maior ocorrência de precipitações nos meses de março e abril, correspondendo a quase metade do total anual. O

período seco inicia-se no mês de julho e se estende até dezembro. Nesse período as chuvas equivalem a pouco mais do que 10% do total das precipitações anuais (MORAIS *et al.*, 2005). A tabela 2 apresenta a média pluviométrica anual para alguns municípios inseridos no domínio do aquífero Açú.

Tabela 2. Média pluviométrica anual de municípios do domínio do aquífero Açú

MUNICÍPIO	MÉDIA (mm)	SÉRIE HISTÓRICA	DADOS INCOMPLETOS
Upanema	666	1931-2004	1978-1992;1994;1997-1999; 2001; 2002; 2004.
Ipangaçu	595	1992-2004	1992
Açú	585	1910-2004	1910;1961;1962;1976;1986-1990.
Afonso Bezerra	536	1934-2004	1990-1995
Angicos	530	1911-2004	1988-1994;1996;2001;2002.
São Rafael	659	1923-2004	1980-1983; 1990; 1991; 1999; 2001; 2003; 2004.

Fonte: Morais *et al.* (2005)

3.2. Síntese do Balanço Hídrico

O balanço hídrico foi estabelecido por Morais *et al.* (2005) utilizando o método de Thornthwaite para o período 1910-1990. Verificou-se a ocorrência de déficit hídrico na maioria dos meses (9) com um total anual de 593,6 mm, não havendo excedente hídrico. A figura 4

consiste em uma representação gráfica do balanço na região de Açú - Ipangaçu em que se constata a entrada de água no solo nos meses de março e abril e a retirada de água nos dois ou três meses subsequentes, quando o déficit hídrico se estabelece. Dada a não determinação de excedente hídrico, não foi possível avaliar o montante potencial de água infiltrada, mas que provavelmente é bastante baixo.

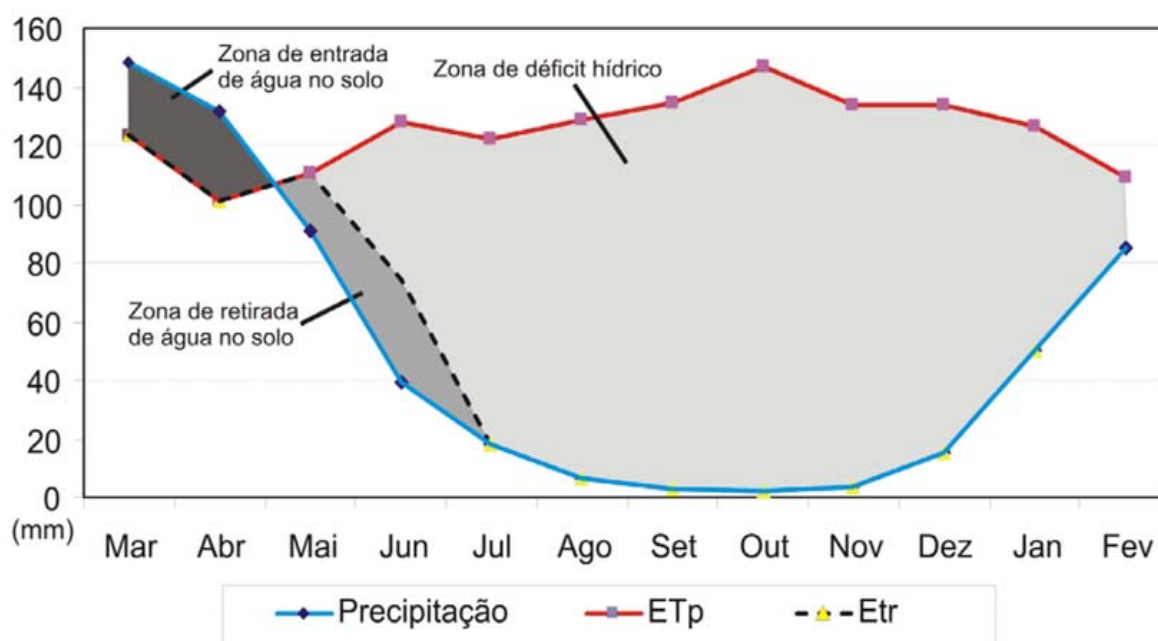


Figura 4. Representação gráfica do balanço hídrico estabelecido para a região de Açú-Ipangaçu (Período 1910-1990)

Fonte: Morais *et al.* (2005)

4. A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O AQUIFERO AÇU

Para o Projeto Rede Integrada de monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS, foram previstas perfurações de poços visando o monitoramento do aquífero Açú nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará.

Os pontos (locações), previamente selecionados segundo critérios adotados para a rede de monitoramento, foram visitados pela equipe executora do projeto e analisadas suas condições de segurança, posicionamento geológico e aspectos hidrogeológicos,

para que se pudesse proceder às perfurações dos poços de monitoramento.

4.1. Poços de Monitoramento Implantados

Foram perfurados e encontram-se em operação nove piezômetros no aquífero Açú, nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. As principais características destes poços de monitoramento estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Principais características dos poços construídos para o monitoramento no aquífero Açú

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	LAT	LONG	ESTADO	PROPRIETÁRIO	NE	PROF. (m)	Q (m ³ /h)
Upanema	Assentamento Esperança	-5.652	-37.286	RN	CPRM	12.87	42	1.2
Alto Santo	Campos Velhos	-5.522	-38.009	CE	CPRM	59.54	100	3.6
Quixeré	Centro do Idoso	-5.069	-37.987	CE	CPRM	5.85	100	3.273
Açú	Fazenda Olho a'Água do Mato	-5.560	-37.056	RN	CPRM	40.72	102	5.4
Afonso Bezerra	Fazenda São Sebastião dos Torquatos	-5.425	-36.531	RN	CPRM	11.32	97	6.5
Apodi	Secretaria de Agricultura	-5.661	-37.787	RN	CPRM	0.77	100	
Jaguaruana	Sítio Açude do Coelho	-4.905	-37.695	CE	CPRM			
Caraúbas	Assentamento Primeiro de Maio	-5.665	-37.485	RN	CPRM	60.0	120	
Jardim de Angicos	Serrinha de Cima	-5.508	-41.979	RN	CPRM	46.0	63	3.0

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os princípios básicos para um estudo hidrogeológico no tocante ao planejamento e à gestão da água são o correto dimensionamento de oferta e a demanda dos recursos hídricos. Porém, na hidrogeologia nem sempre é fácil definir o dimensionamento da oferta, ou seja, o cálculo de reservas e disponibilidades, pois envolvem aspectos geológicos e o uso e ocupação do solo, que quase sempre resulta em interferência antrópica sobre a qualidade das águas armazenadas em sub-superfície.

O monitoramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é fundamental para definir qualquer situação no planejamento e gestão das águas.

Para a implantação de monitoramento de águas subterrâneas é necessário que haja uma estrutura de caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação dos dados existentes e ampla pesquisa bibliográfica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIM, L. A. de A. (org.) *et al. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Escala 1:500.000: Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRMSEDEC-RNFAPER, 2006. 119 p. anexo + 2 mapas. Programa de Geologia do Brasil - PGB. Mapeamento geológico. Integrações Geológicas Regionais; Convênio CPRM - Serviço Geológico do Brasil/Governo do Estado do Rio Grande do Norte/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico - SEDEC-RN/Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte.

ARARIPE, P. T. & FEIJÓ, F. P. Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências* Rio de Janeiro: PETROBRÁS, v. 8, n.1, p.127-141.1994.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS E UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. *Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema Afonso Bezerra*. Recife: CPRM/FINEP 2007a.93p. il. Meta C. Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos. 1 CD-ROM.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS E UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. *Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema Afonso Bezerra*. Recife: CPRM/FINEP 2007b.93p. il. Meta D. Caracterização Hidroquímica e de Vulnerabilidade. 1CD-ROM

MELO, J. G., STEIN, P., VASCONCELOS, M. B., ROQUE DA SILVA, F. H. Recarga do aquífero Açú na borda sudoeste da bacia Potiguar. Trecho Apodi-Upanema. *Revista de Geologia*, v. 19, n. 1, p.61-72, 2006.

MORAIS, F.; MELO, J. G. DE; MEDEIROS, J. I. DE; SRIVASTAVA, N. K.; DINIZ FILHO, J. B.; LOPES, V. L.; OLIVEIRA, J. A. DE; VASCONCELOS, M. B. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Avaliação do aquífero Açú na borda sul da bacia Potiguar – Trecho: Upanema-Afonso Bezerra. Recife: CPRM/FINEP, 2005. 82 p. il. Meta A. Relatório do Estado da Arte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Análises Isotópicas. In.: *Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Leste da Bacia Potiguar: Trecho Upanema Afonso Bezerra*. Recife: CPRM/FINEP. 2007. 1 CD-ROM.

www.cprm.gov.br

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de
**Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Ministério de
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA