



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria do Planejamento
e Gestão



OS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ: Integração, Gestão e Potencialidades

Organizadores:

Cleyber Nascimento de Medeiros

Daniel Dantas Moreira Gomes

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Maria Lúcia Brito da Cruz

Governo do Estado do Ceará
Secretaria do Planejamento e Gestão - SEPLAG
Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE

OS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ: INTEGRAÇÃO, GESTÃO E POTENCIALIDADES

Organizadores:

Cleyber Nascimento de Medeiros
Daniel Dantas Moreira Gomes
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque
Maria Lúcia Brito da Cruz

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Cid Ferreira Gomes – Governador

SECRETARIO DO PLANEJAMENTO E GESTÃO (SEPLAG)

Eduardo Diogo

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE)

Flávio Ataliba F. D. Barreto – Diretor Geral

Adriano Sarquis B. de Menezes – Diretor de Estudos Econômicos

ORGANIZADORES

Cleyber Nascimento de Medeiros

Daniel Dantas Moreira Gomes

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Maria Lúcia Brito da Cruz

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza - UECE

Profa. Dra. Maria Lúcia Brito da Cruz – UECE

Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de Oliveira – UFC

Profa. Dra. Lúcia Maria Silveira Mendes – UECE

Prof. Dr. Reinaldo Antonio Petta - UFRN

Profa. Dra. Adryane Gorayeb Nogueira Caetano– UFC

Prof. Dr. Raimundo Elmo de Paula Vasconcelos Junior – UECE

Prof. Dr. Otavio José Costa Lemos – UECE

Prof. Dr. Manuel Rodrigues de Freitas Filho – FUNCEME / ProPGeo - UECE

Normalização

Helena Fátima Mota Dias

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação

Nertan Cruz de Almeida

Revisão

Ana Luiza Costa Martins de Souza

Fotos da Capa

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades
Cleyber Nascimento de Medeiros, Daniel Dantas Moreira Gomes, Emanuel
Lindemberg Silva Albuquerque, Maria Lúcia Brito da Cruz (Organizadores).
Fortaleza: IPECE, 2011. 268 p.

ISBN: 978-85-98664-20-0

1. Recursos Hídricos 2. Integração 3. Gestão 4. Potencialidades 5. Ceará

Copyright© 2011 – IPECE

Os artigos apresentados neste livro são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE.

APRESENTAÇÃO

“Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades” constitui-se de um trabalho elaborado através de uma parceria entre o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e o Programa de Pós-Graduação em Geografia (ProPGeo) da Universidade Estadual do Ceará (UECE), contando com o apoio do Banco do Nordeste.

A escolha do título “Os Recursos Hídricos do Ceará” vincula-se as peculiaridades geoambientais do Estado do Ceará frente às potencialidades e limitações dos recursos hídricos, aliada a sua gestão e integração, que por sua vez, remete-se ao subtítulo do livro.

Refletindo as condições dominantes de semi-aridez, o Estado do Ceará possui uma área aproximada de 148.825 km², sendo subdividido por 12 bacias hidrográficas, as quais agregam rios, riachos, lagoas e açudes em seus amplos aspectos, diante das políticas desenvolvidas na região.

Dessa forma, as pesquisas relacionadas aos recursos hídricos tornam-se fundamental, pois a água é um bem limitado e de valor econômico estimado, sendo destinada para diversos fins, tais como a agropecuária, indústria e o mais nobre de todos, o consumo humano.

Nesse contexto, a reunião de autores com perfis diferenciados possibilita uma leitura rica e profunda sobre os recursos hídricos do Ceará. O referido livro está subdividido em três etapas: Integração, Gestão e Potencialidades, onde cada etapa possui artigos que abordam questões inerentes à hidrografia presente no território cearense.

A primeira etapa é intitulada Integração dos Recursos Hídricos, contendo três artigos. O texto de Marcos José Nogueira de Souza, José Meneleu Neto, Maria Lucia Brito da Cruz e Vladia Pinto Vidal de Oliveira, que tem por título *Prognóstico da Gestão Ambiental da Área de Influência Direta do Açude Castanhão*, apresenta como propósito fundamental a projeção de tendências futuras a respeito da base físico-biótica (vertente ecológica) e do contexto social, econômico, político-institucional e cultural (vertente econômica)

da área, fundamentando-se, sobretudo, no comportamento do passado remoto ou recente e do presente das duas vertentes aludidas.

O artigo *Categorização de Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos e Problemas Ambientais: Cenários e Desafios*, de autoria de Flávio Rodrigues do Nascimento, compreende uma reflexão bem instigante com a temática dos recursos hídricos do Estado do Ceará, fazendo referências pertinentes como: a dinâmica ambiental e as respostas hidrológicas em bacias hidrográficas; o sistema de gestão de bacias, demandas e usos; e as alterações na higidez dos recursos hídricos: pontos de poluição, mudanças hidrológicas e diminuição da resiliência espaciotemporal.

Importância das Águas Subterrâneas do Vale do Cariri, Chapada do Araripe, no Estado do Ceará, de autoria de Itabaraci Nazareno Cavalcante e Liano Silva Veríssimo, é o último artigo dessa seção. Os autores apresentam com propriedade a importância das águas subterrâneas na região do Cariri, a qual se encontra assentado sobre rochas sedimentares, constituindo-se na maior e mais importante Bacia Hidrogeológica do Ceará, com os melhores sistemas armazenadores de água subterrânea representados, particularmente, pelos Aquíferos Missão Velha e Mauriti.

Gestão dos Recursos Hídricos é a segunda parte do livro, que contempla três artigos. Inicia-se com o texto intitulado *Dinâmica Fluvial no Semiárido e Gestão dos Recursos Hídricos: Enfoques sobre a Bacia do Jaguaribe – CE*, com autoria de Andrea Almeida Cavalcante e Sandra Baptista da Cunha. Esse artigo propõe discutir a importância dos estudos de dinâmica fluvial como ferramenta na tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos, com foco para análise de rios em áreas semiáridas, em que se destaca a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará.

Logo em seguida, Cleyber Nascimento de Medeiros, Daniel Dantas Moreira Gomes e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque apresentam com maestria a importância do *Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta ao Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos*. Essa proposta faz-se necessária em virtude da utilização de novas metodologias que contemplem a paisagem em seus diferentes aspectos, norteando a implantação de ações em apoio

ao gerenciamento dos recursos naturais e humanos de uma região através da análise espacial.

Para finalizar a segunda parte do livro, é apresentada algumas *Considerações sobre a Legislação dos Recursos Hídricos do Ceará*, de autoria de Carlos Marcio Soares Rocha, Daniel Dantas Moreira Gomes, Ludmila Prazeres das Flores Oliveira Rocha e Itabaraci Nazareno Cavalcante. Os autores direcionam suas reflexões na perspectiva de destacar que a legislação dos recursos hídricos é bastante ampla no âmbito federal e estadual, e que existem várias leis, RDC's (Resolução de Diretrizes do Colegiado) e portarias que regem a respeito dos recursos hídricos.

A terceira e última parte do livro é intitulada Potencialidades, a qual é representada por quatro artigos. O primeiro, de autoria de Itabaraci Nazareno Cavalcante e Maria da Conceição Rabelo Gomes traz para a reflexão a temática das Águas Subterrâneas do Ceará: Ocorrências e Potencialidades. Esse artigo retrata que mesmo diante das particularidades geoambientais, as formações geológicas que constituem aquíferos deixam de ter uma conotação de unidade para representarem um sistema, na concepção de que eles possam interagir com o meio ambiente de forma integrada.

Os autores Daniel Dantas Moreira Gomes, Cleyber Nascimento de Medeiros, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, César Ulisses Vieira Veríssimo e Cynthia Romariz Duarte apresentam um artigo intitulado *Contextualização Geoambiental no Semiárido Cearense: O Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras*. O artigo propõe-se a sistematização conceitual, a fundamentação teórica e as operações técnicas orientadas a partir da análise sistêmica, buscando abordar não somente a caracterização físico-geográfica dos ambientes que compõem a bacia hidrográfica, mas delineando uma avaliação dos sistemas ambientais diante da análise integrada da paisagem.

Bacias Hidrográficas Urbanas: Reflexões Sobre o Alto Curso dos Rios Catú e Mal Cozinhado no Município de Horizonte, Ceará/ Brasil, é um exitoso trabalho realizado por Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque e Marcos José Nogueira de Souza. Os autores abordam com muita propriedade a problemática socioambiental diagnosticada em bacias hidrográficas urbanas, destacando, notadamente, os reais impactos nos sistemas naturais presentes no alto

curso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado, frente ao significativo crescimento urbano vivenciado nas últimas décadas no Município de Horizonte, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.

Na perspectiva de apresentar as *Potencialidades de Aproveitamento Hídrico no Alto Curso da Bacia do Rio São Gonçalo-CE*, os autores Ícaro de Paiva Oliveira, Iaponan Cardins de Sousa Almeida e Marcos José Nogueira de Souza analisam com competência o potencial hidroclimático do alto curso da bacia do rio São Gonçalo – CE, visando o seu aproveitamento sustentável com base nas características geoambientais.

Por fim, os organizadores agradecem a todos os autores e instituições envolvidas, os quais possibilitaram a concretização do presente livro, contribuindo com a temática e disponibilizando a citada obra para a sociedade.

Os Organizadores

SUMÁRIO

SEÇÃO I – INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Prognóstico da Gestão Ambiental da Área de Influência Direta do Açude Castanhão	11
--	-----------

Marcos José Nogueira de Souza

José Meneleu Neto

Maria Lucia Brito da Cruz

Vladia Pinto Vidal de Oliveira

Categorização de Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos e Problemas Ambientais: Cenários e Desafios	38
--	-----------

Flávio Rodrigues do Nascimento

Importância das Águas Subterrâneas do Vale do Cariri, Chapada do Araripe, no Estado do Ceará	66
---	-----------

Itabaraci Nazareno Cavalcante

Liano Silva Veríssimo

SEÇÃO II – GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Dinâmica Fluvial no Semiárido e Gestão dos Recursos Hídricos: Enfoques sobre a Bacia do Jaguaribe - CE	83
---	-----------

Andrea Almeida Cavalcante

Sandra Baptista da Cunha

Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta ao Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos.....	113
---	------------

Cleyber Nascimento de Medeiros

Daniel Dantas Moreira Gomes

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Considerações sobre a Legislação dos Recursos Hídricos do Ceará ..	135
---	------------

Carlos Marcio Soares Rocha

Daniel Dantas Moreira Gomes

Ludmila Prazeres das Flores Oliveira Rocha

Itabaraci Nazareno Cavalcante

SEÇÃO III - POTENCIALIDADES

As Águas Subterrâneas do Ceará: Ocorrências e Potencialidades
..... 165

Itabaraci Nazareno Cavalcante

Maria da Conceição Rabelo Gomes

Contextualização Geoambiental no Semiárido Cearense: O Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibas 200

Daniel Dantas Moreira Gomes

Cleyber Nascimento de Medeiros

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

César Ulisses Vieira Veríssimo

Cynthia Romariz Duarte

Bacias Hidrográficas Urbanas: Reflexões Sobre o Alto Curso dos Rios Catú e Mal Cozinhado no Município de Horizonte, Ceará/Brasil
..... 222

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Marcos José Nogueira de Souza

Potencialidades de Aproveitamento Hídrico no Alto Curso da Bacia do Rio São Gonçalo - CE 249

Ícaro de Paiva Oliveira

Iaponan Cardins de Sousa Almeida

Marcos José Nogueira de Souza



Seção I
INTEGRAÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS



PROGNÓSTICO DA GESTÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO AÇUDE CASTANHÃO

Marcos José Nogueira de Souza¹

José Meneleu Neto²

Maria Lucia Brito da Cruz³

Vladia Pinto Vidal de Oliveira⁴

Introdução

A bacia do Rio Jaguaribe é a de maior dimensão do território estadual, com área de 74.600 Km², equivalente a cerca de 50% do Estado do Ceará. O Açude Castanhão é área de influência no Médio/Baixo Jaguaribe, tem 18.812 Km² e abrange os seguintes municípios no todo ou em parte: Itaíba, Palhano, Jaguaruana, Quixeré, Morada Nova, Limoeiro do Norte, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Nova Jaguaribara, Alto Santo, potirema, Iracema, Jaguaretama, Solonópole, Milha, Jaguaribe, Ererê, Pereiro, Orós e Deputado Irapuan Pinheiro (Figura 1). Com tais dimensões, a área apresenta-se, ambientalmente, com significativa diversidade.

Geologicamente, apresenta preponderância de terrenos cristalinos pré-Cambrianos. A esses, acrescentam-se vastos setores da Bacia Mesozóica do Apodi, além de coberturas Cenozóicas Tércio-Quaternárias.

Sob o aspecto geomorfológico, a área se apresenta como vasta depressão interplanáltica em níveis altimétricos inferiores a 300m e bordejadas por níveis de relevos elevados que compõem os maciços e cristas residuais.

Grande parte da área é submetida às irregularidades pluviométricas do clima semi-árido, comportando balanços hídricos negativos ao longo da maior parte do ano.

A rede de drenagem tem regime intermitente sazonal e nessa bacia estão situados alguns dos grandes reservatórios de acumulação d'água do Estado, como o Orós e Banabuiú. Na bacia do Jaguaribe está localizado o Açude Castanhão, cuja capacidade de acumulação aumentou consideravelmente

¹ Prof. Dr. do Departamento de Geografia e do ProPGeo/UECE.

² Prof. Dr. do Departamento de Geografia e do ProP Geo/UECE.

³ Profa. Dra. do Departamento de Geografia e do ProPGeo/UECE.

⁴ Professora Associada do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará -UFC e pesquisadora do CNPq.

Do ponto de vista edáfico, a área comporta um mosaico de solos também muito diversificado sob o ponto de vista dos tipos de solos, condições de fertilidade, potencialidades de uso e limitações. Estes são, em grande parte, revestidos por caatingas que ostentam variados padrões fisionômicos e florísticos, além de enclaves de cerrados.

Os múltiplos modelos de combinações mútuas entre os componentes ambientais, ensejam uma gama diversificada de recursos naturais nos sub-espacos regionais motivando um leque de exequibilidades de uso muito vasto. Mas há que considerar também o peso das limitações ao uso dos recursos que tem apresentado certo grau de agravamento em função dos usos predatórios que têm sido praticados. Extensas áreas do médio Jaguaribe apresentam evidências muito conspícuas do processo de desertificação. Outras áreas têm sido também fortemente afetadas pelo mau aproveitamento dos recursos naturais, o que tem sido evidenciado por um conjunto de manifestações que configuram desequilíbrios ou condições impactantes negativas, a saber: alteração e descaracterização da biomassa; aceleração erosiva; assoreamento de barragens e de rios; degradação dos solos; diminuição da produção agrícola; migrações; deterioração da qualidade de vida, dentre outras.

A área do Médio/Baixo Jaguaribe corresponde às terras de diversas microrregiões geográficas que se alinham, agregando as sub-bacias do Banabuiú, Salgado e Médio Jaguaribe, equivalentes à grande parte do território estadual. Nesta área se encontra a maior concentração de reservas hídricas superficiais do Nordeste, com aproveitamento pelos aglomerados humanos em atividades como pesca, agricultura irrigada, lazer e abastecimento.

O Prognóstico, objeto do presente trabalho, tem o propósito fundamental de projetar tendências futuras a respeito da base físico-biótica (vertente ecológica) e do contexto social, econômico, político-institucional e cultural (vertente econômica). Fundamenta-se no comportamento do passado remoto ou recente e do presente das duas vertentes aludidas.

Nos diversos sistemas ambientais identificados (figura 2), provenientes do diagnóstico realizado, constata-se que os impactos produzidos ao longo do processo histórico pelo uso e ocupação da terra, degradaram de modo gradativo e contínuo a base dos recursos naturais e a qualidade ambiental. Há necessidade premente de que nesses sistemas, as ações de recuperação ambiental sejam implementadas, evitando-se atingir níveis irreversíveis

Dois cenários devem ser considerados no Prognóstico: (1) Tendencial e (2) Desejável.

O Cenário Tendencial deve ser fundamentado em uma análise profunda e circunstanciada dos processos evolutivos da região, traçando-se o que se considera na trajetória mais provável da dinâmica ambiental e do desenvolvimento social e econômico.

O Cenário Desejável fica na dependência do balanço entre o futuro almejado pela sociedade e o cenário tendencial concebendo-se, por consequência, um comportamento prospectivo.

O cenário atual, tem condições identificadas a partir do mapeamento de uso e ocupação exibindo quadros preocupantes e não satisfatórios.

A área de influência do Castanhão tem a totalidade do seu território submetida à influência da semi-aridez. Sob o ponto de vista geoambiental, constata-se que, além das vulnerabilidades impostas pela irregularidade pluviométrica do semiárido, parte muito significativa dos solos apresenta-se degradada. Antes do Castanhão, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos tendiam para a insuficiência ou se exibiam com níveis comprometedores de poluição. De tal modo esse problema se agravava que, na área do bioma da caatinga, a deficiência dos recursos hídricos constituía o principal empecilho para a ocupação humana e para a satisfação das necessidades das atividades do meio rural. Desde os primórdios da colonização, especialmente a partir do século XVIII, a flora e a fauna vêm sendo afetadas pelas ações predatórias do homem na busca da sobrevivência. Assim, os sistemas ambientais não têm merecido a devida proteção, ameaçando as condições de sobrevivência da biodiversidade e fortalecendo as condições de riscos à ocupação humana. Esses riscos conduzem à condições irreversíveis quando se instalam os processos de desertificação ou condições extremas de degradação ambiental, a exemplo do que se verifica nos sertões de Jaguaribe, Jaguaratama e nas serras secas.

Cenário Atual

A ocupação da área do bioma caatinga, tem contribuído, historicamente, para justificar profundas transformações desse domínio geo-botânico, intensificando a ação dos processos morfodinâmicos naturais. O extrativismo vegetal indiscriminado, a pecuária extensiva, a agricultura praticada

com tecnologias muito rudimentares, são, dentre outros fatores, os principais agentes daquelas transformações.

Observa-se, via de regra, que não há compatibilidade do uso e ocupação da terra com o regime pluviométrico regional e nem com as condições de solos e da biodiversidade. Tem-se buscado muito mais adaptar o ambiente às necessidades do homem do que o contrário. Desse modo, a expansão das atividades praticadas no campo depende sempre da remoção do recobrimento vegetal primário. A devastação se expande em função da retirada de lenha e da produção de carvão vegetal para compor a matriz energética na região do Castanhão. Além disso, tem havido uma contínua e progressiva conversão da vegetação natural por pastagens naturais onde se pratica um sobrepastoreio que tende a suprimir o estrato herbáceo. O excesso de pastoreio mostra-se incompatível com a fragilidade ambiental, acentuando a degradação dos solos e da caatinga. Com isso, os ambientes físicos já não exibem marcas evidentes da auto-organização da biosfera sobre os mesmos. Em muitas áreas, a degradação ambiental atingiu condições praticamente irreversíveis e exibindo marcas nítidas de desertificação. Com o quadro fortemente impactado e a par da forte pressão exercida pela população sobre o vulnerável potencial de recursos naturais da área da caatinga, os problemas são sensivelmente agravados durante os períodos de secas recorrentes. Esse quadro assume proporções progressivamente mais graves onde maior é a degradação ambiental e nítidos são os efeitos da desertificação.

O ordenamento territorial é mal estruturado e com extrema deficiência de articulações inter-setoriais e de infraestrutura. A estrutura fundiária sertaneja é marcada por condições contraditórias capazes de exibir uma convivência simultânea de latifúndios improdutivos e pequenas propriedades inviáveis sob o ponto de vista social e econômico.

Os processos de uso e ocupação da terra induzem, por consequência, à degradação progressiva dos solos e à perda de produtividade das lavouras de subsistência.

Os impactos ambientais oriundos da desertificação se expõem na degradação da biodiversidade, na diminuição e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no assoreamento de vales e reservatórios, na perda física e de fertilidade dos solos.

De acordo com a tipologia de espaços degradados apresentada por Ab'Sáber (1977), identificam-se na área do Castanhão as seguintes feições indicadoras do processo de desertificação: “Altos pelados”, “salões”, vales e encostas secas, lajedos e campos de inselbergs, chãos pedregosos e áreas degradadas por raspagem. Elas são resultantes de três séculos de atividades rurais praticadas com técnicas muito rudimentares, centradas no pastoreio extensivo e algumas décadas de ações deliberadas de intervenção antrópica, com acentuado crescimento demográfico paralelo.

Os impactos sociais têm se traduzido em mudanças significativas que se manifestam na perda da capacidade produtiva dos grupos familiares. Tratando-se das populações sertanejas mais vulneráveis, submetidas à pobreza quase absoluta e a uma estrutura fundiária injusta, acentuam-se os movimentos migratórios, desestruturam-se as famílias e agravam-se os problemas das áreas urbanas incapazes de atender às necessidades mínimas dessa população.

Cenários Tendenciais

A base para a construção dos cenários tendenciais reflete o progressivo conhecimento adquirido pela equipe técnica ao longo da pesquisa e tem apoio teórico-metodológico no Projeto Áridas (Ministério do Planejamento e Orçamento, 1995), nos Cenários para o Bioma Caatinga (Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga, 2004) e no PAN-Brasil (MMA, 2004).

De acordo com o trabalho sobre o Bioma da Caatinga (op.cit. 2004) o ponto de partida para a teorização do cenário tendencial é dirigido no sentido de caracterizar uma listagem de macrotendências inerciais, entendidas como linhas de movimento da dinâmica ambiental, social e econômica que, na ausência de forças ativas em sentido contrário, tendem a prevalecer em futuro próximo.

Por áreas temáticas, essas macrotendências devem ser ordenadas conforme as dimensões que dão sustento à concepção de desenvolvimento sustentável: geoambiental, socioeconômica, científico-tecnológica e político-institucional.

A dimensão geoambiental tem como área estratégica fundamental a conservação da natureza e a proteção ambiental. O Diagnóstico e o cenário

tendencial para as áreas de influência do Castanhão apontam para as vulnerabilidades impostas pela irregularidade pluviométrica do semiárido e para a baixa capacidade de resistência às secas recorrentes. Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos tendem para a insuficiência ou exibem níveis comprometedores de poluição. Uma parte muito significativa dos solos apresenta-se degradada com algumas classes irreversivelmente comprometida pela erosão. Esses efeitos tendem a ser intensificados, ampliando as áreas correspondentes aos núcleos de desertificação, com possibilidades tendenciais de coalescência entre os mesmos, especialmente nos Sertões de Jaguaribe e Jaguaratama e nos ambientes serranos. Desde os primórdios da colonização, a flora e a fauna vêm sendo afetadas pelas ações predatórias do homem na busca pela sobrevivência.

Conforme Ab'Sáber (1977) todos os fatos pontuais ou areolares, suficientemente radicais para criar degradações irreversíveis nas paisagens semiáridas são processos de desertificação parciais, que tendem a ser progressivos. Influenciam na sua formação dois grupos de fatores: primeiramente ligados à pré-disposição geocológica (clima local, topografia e fenômenos de abrigo e de exposição aos elementos do clima, rocha-mãe e solos). Por outro lado, há que considerar os efeitos das atividades antrópicas que vão tendendo a impactar direta ou indiretamente os recursos naturais renováveis. Esses impactos podem ser constatados através da degradação da biodiversidade; da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; do assoreamento dos vales e reservatórios às custas de horizontes superficiais dos solos que são removidos; da ablação e do empobrecimento químico dos solos em face da pressão provocada pela agricultura de subsistência praticada com técnicas muito rudimentares sempre dependentes da incorporação de novas terras para manter o sistema produtivo.

Além da pressão das lavouras há considerar as influências do sobrepastoreio extensivo. Plantas componentes dos extratos herbáceo e arbustivo tendem a ser suprimidas com marcas evidentes para impulsionar os efeitos da degradação ambiental. O pisoteio excessivo do gado tende a comprometer a drenagem e a capacidade hídrica dos solos favorecendo a sua compactação e impermeabilização. Com isso, o escoamento superficial é intensificado, especialmente nas caatingas que exibem um padrão fisiônômico aberto e com biomassa escassa. Os sulcos de erosão e ravinamentos se expandem e ampliam-se as áreas com afloramentos rochosos, chãos

pedregosos e matações. A reprodução das plantas lenhosas da caatinga fica irreversivelmente comprometida quando o gado se alimenta dos brotos e germinações dessas espécies. Com o declínio das espécies mais palatáveis pelo gado e que integravam as comunidades vegetais primárias, criam-se condições para que a sucessão ecológica seja dominada por plantas invasoras como a jurema preta e algumas cactáceas. Configura-se, assim, um quadro de dinâmica ambiental regressiva repercutindo negativamente na qualidade e na quantidade do rebanho.

Outro condicionante tendencial da degradação dos sertões é o extrativismo vegetal indiscriminado. No Ceará, a caatinga arbórea ou arbóreo-arbustiva há muito vem sendo progressivamente devastada.

As espécies lenhosas que proliferavam nas comunidades vegetais primárias, estão sendo devastadas como fonte de madeira para finalidades as mais diversas - construção civil, cercas, mourões. Como efeitos impactantes mais negativos destaca-se o uso da caatinga como fonte energética. A extração de lenha é destinada a fins muito variados que vão desde o consumo doméstico como para olarias, a exemplo do que se verifica nos setores de planícies fluviais no Município de Russas.

Nos sertões, as práticas agrícolas tradicionais têm contribuído de modo evidente para a criação dos núcleos de desertificação que tendem a uma expansão crescente. Nos sistemas morfo-pedológicos que caracterizam as superfícies pediplanadas sertanejas do Castanhão, os Luvisolos dotados de média a alta fertilidade natural, foram as áreas mais intensamente ocupadas pelo binômio gado x algodão. Associados aos Neossolos Litólicos, constituem áreas mais diretamente submetidas aos processos de desertificação, de modo especial nos sertões do Médio Jaguaribe. Nos baixos níveis de terraços fluviais e nos pedimentos que têm caimento topográfico suave para os fundos de vales, o desmatamento desordenado, inclusive com a retirada das matas ciliares, tem intensificado o assoreamento das várzeas. Agravam-se assim os efeitos das inundações em anos de chuvas excepcionais.

A sistemática adotada no cultivo das lavouras de subsistência é a mais rotineira possível. Retirada sumária da vegetação sucedida pelas queimadas e preparo do solo para o plantio das lavouras de subsistência. Após alguns anos, a terra é deixada em pousio, criando-se condições para que a sucessão ecológica se estabeleça com a consequente expansão das “capoeiras”

que são utilizadas pelo gado. Após certo período e em consonância com a recuperação da capacidade produtiva dos solos, um novo ciclo de lavouras é retomado. É evidente que ao longo do tempo haverá um esgotamento progressivo dos solos que tendem a degradações irreversíveis instalando-se e expandindo-se os quadros de desertificação.

Nas planícies fluviais, o manejo inadequado dos solos pela agricultura irrigada conduz à salinização dos mesmos. Inviabiliza-se, por consequência, a possibilidade de recuperação de solos dotados de alta fertilidade natural, como os Neossolos Flúvicos. Aliando-se os processos de degradação ambiental e de expansão da desertificação às secas periódicas, expõem-se uma série de efeitos negativos sobre o quadro natural e socioeconômico das áreas de influência do Açude Castanhão.

Os efeitos da desertificação têm repercussões negativas as mais abrangentes, consubstanciando-se nos seguintes cenários tendenciais:

- Declínio da fertilidade natural dos solos e ablação dos horizontes superficiais;
- Intensificação do escoamento superficial agravando os efeitos da erosão laminar e dos processos lineares ligados ao escoamento difuso;
- Remoção do material coluvial na direção dos fundos de vale, colmatando terras naturalmente férteis como os solos das planícies aluviais;
- Degradação generalizada da biomassa das caatingas, das matas secas e da vegetação ciliar, bem como a extinção de muitas espécies vegetais e animais;
- Diminuição crescente da produção e da produtividade agropecuária;
- Perda de dinamismo das atividades ligadas ao setor primário da economia;
- A desertificação e as secas periódicas motivam desequilíbrios na economia regional e condicionam o aumento excessivo da concentração de renda, redução do mercado, desemprego crescente, processos migratórios e interrupção ou diminuição da produção das lavouras;

- A malha urbana do semiárido e de áreas submetidas à desertificação é pouco articulada, fracamente inter-relacionada e hierarquizada, agravando-se a fragilidade econômica com a expansão dos processos de desertificação.

Cenários Desejáveis

Na definição dos objetivos dos cenários desejáveis nas áreas de influência do Açude do Castanhão, há que considerar a necessidade de promover o uso e a conservação da biodiversidade, a gestão integrada dos recursos hídricos e demais recursos naturais, o controle da qualidade ambiental, a revitalização das bacias, subbacias e microbacias hidrográficas, a recuperação de áreas degradadas, o ordenamento territorial realizado em bases sustentáveis, a convivência com as secas, dentre outros.

Para que os cenários desejáveis sejam exequíveis, devem ser definidas ações para cada objetivo e sem os quais prevalecem as condições tendenciais.

Uso e Conservação da Biodiversidade

Trata-se de uma linha de ação que deve ser orientada no sentido de promover procedimentos capazes de viabilizar a proteção e a conservação das espécies, a proteção dos sistemas ambientais e do habitat, além de incentivar o manejo florestal e agro-silvo-pastoril.

As ações a serem postas em prática para o pleno alcance desse objetivo podem ser assim delineadas:

- Implementação da Estação Ecológica do Castanhão e de outras unidades de uso sustentável ou de proteção integral, representativas das fitofisionomias regionais e locais e da biodiversidade do bioma das caatingas, das matas secas e das matas ciliares;
- Estímulo à participação governamental e não governamental na criação e gestão das áreas protegidas;
- Implementação de programas contra desmatamentos desordenados e extração ilegal de madeira;
- Exercer controle e prevenção de queimadas e incêndios no bioma das caatingas e das matas ciliares;

- Estímulo à recomposição de áreas de preservação permanente (APP's) com ênfase para as matas ciliares das planícies fluviais;
- Delimitação de áreas prioritárias dos sertões de Jaguaribe, Jaguaratama, Nova Jaguaribara e nas serras secas visando à implementação de planos de manejo agroflorestais ou agrossilvopastoris.

Controle e Gestão Ambiental

Há necessidade premente de exercer um efetivo controle ambiental das atividades econômicas locais, visando destacar a gestão no sentido de detectar e monitorar as ações impactantes. Isso implica na necessidade de fortalecimento institucional e na capacitação de recursos humanos, além dos aspectos associados à educação ambiental e à articulação interinstitucional.

Ações prioritárias para os cenários desejáveis devem requerer:

- Controle ambiental das atividades de mineração especialmente na extração de argilas das planícies fluviais e no uso indiscriminado de lenha para as cerâmicas;
- Controle dos impactos ambientais das atividades agropecuárias que contribuem para a degradação dos solos, da biodiversidade e para a expansão da desertificação;
- Esclarecimento da sociedade a respeito dos efeitos nocivos de determinadas atividades, através da educação ambiental e do incentivo à participação das associações comunitárias no controle daquelas atividades;
- Fortalecimento das atividades de monitoramento, fiscalização e controle dos impactos produzidos pela poluição dos recursos hídricos e dos solos;
- Incentivo à criação de programas de recuperação ambiental de áreas degradadas;
- Combate ao tráfico ilegal de animais.

Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

Considerando-se a estratégia de desenvolvimento sustentável nas áreas de influência do Açude Castanhão, inquestionavelmente, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos assume o papel mais relevante. A necessidade do manejo integrado deve contribuir para evitar o desperdício e a incidência de conflitos sobre o uso da água. O que se busca em um cenário desejável é o uso eficiente e racional da água, atingindo-se um equilíbrio entre as demandas hídricas da sociedade e as disponibilidades efetivas das águas superficiais e subterrâneas.

O Projeto ARIDAS (BRASIL/MPO, 1995), alertava que uma política de otimização dos recursos hídricos, deve primar pela obtenção de padrões desejáveis de sustentabilidade hídrica e a redução da vulnerabilidade às secas periódicas. Três componentes devem ser estrategicamente considerados:

O físico, incluindo reservatórios, açudes, canais, poços, adutoras, cisternas de distribuição, estações de tratamento, dentre outros, não definidos de forma isolada e como um programa de obras, mas num contexto de uma política mais ampla que prevê a otimização da oferta de água ao nível de uma bacia ou das áreas de influência de uma grande represa;

O balanceamento entre a oferta e a demanda de águas superficiais e subterrâneas, através da institucionalização e planejamento adequados, de medidas legais, regulatórias e de sistema de tarifação; A manutenção e melhoria da qualidade da água, através da prevenção e controle da poluição.

Dentre as ações a serem implementadas na busca de um cenário desejável, deve caber destaque às seguintes:

- Estímulo à criação de comitês de bacias, agilizando-se procedimentos de cobrança pelo uso da água e do estabelecimento de critérios que conduzam à sustentabilidade para outorga e licenciamento da água;
- Desenvolvimento de modelos de gestão integrada de bacias, englobando aspectos referentes à quantidade e à qualidade da água e à proteção ambiental;
- Associar controles hidroambientais ao monitoramento climático;

- Implementação de um sistema sustentável de preservação da infraestrutura de recursos hídricos para promover a eficiência e reduzir as perdas no que tange ao armazenamento, captação e distribuição da água;
- Viabilização da transposição de água entre bacias;
- Monitoramento efetivo da qualidade da água envolvendo o controle corretivo e preventivo da poluição hídrica;
- Proteção da qualidade ambiental como forma eficaz de preservar e ampliar mananciais, assegurando a boa qualidade da água;
- Proteção e revitalização das microbacias e subbacias com destaque para a recomposição e preservação das matas ciliares e das nascentes fluviais;
- Controle do uso/ocupação da terra e do seu manejo adequado, minimizando-se impactos negativos como erosão de diques marginais, assoreamento dos leitos fluviais e contaminação das águas;
- Combate aos processos de desertificação e de salinização dos solos e das águas.

Ordenamento Territorial Ambiental

O ordenamento territorial consubstancia um esboço de zoneamento ambiental com informações sobre a base territorial. Essas informações são de natureza socioambiental subsidiando o sistema de planejamento na orientação de iniciativas de investimentos governamentais e da sociedade, em conformidade com as potencialidades e limitações da base de recursos naturais. Concretiza-se como um instrumento de configuração territorial de uma política de desenvolvimento. Requer, por consequência, a identificação e avaliação dos sistemas ambientais e o conhecimento de suas vocações naturais tendo em vista sua capacidade de uso.

Conforme as finalidades e de acordo com a sua implementação, o ordenamento territorial deve constituir um instrumento de planejamento que coleta, organiza dados e informações sobre o território, propondo alterna-

tivas de preservação e/ou recuperação da biodiversidade e a manutenção da qualidade ambiental nas áreas de influência do Castanhão.

Para a proposta de ordenamento territorial, há que considerar alguns aspectos relevantes. Sob o ponto de vista conceitual e metodológico dois enfoques principais devem ser contemplados: o holístico e o sistêmico. O primeiro, de caráter totalizante, para integrar o conjunto de fatores e de processos participantes do sistema, impedindo-se a coleção de temas setoriais isolados. O enfoque sistêmico deve ser adotado para que o ordenamento se faça em função das relações de interdependência entre a sociedade e a natureza. O enfoque sistêmico, sob esse ponto de vista, constitui instrumento indispensável na análise das interrelações de causa e efeito, definindo a sensibilidade e resistência dos ambientes em face do processo de uso e ocupação. Viabiliza, além disso, a seleção de manejos que se adequem às condições de exploração, preservação, conservação e/ou recuperação dos recursos naturais e, especialmente, da biodiversidade.

Os níveis de abordagem das propostas de ordenamento territorial devem ser de natureza analítica, sintética e dialética. O analítico para a identificação e caracterização dos componentes geoambientais e socioeconômicos; o sintético visando à caracterização dos arranjos espaciais dos sistemas ambientais e produtivos; o dialético para confrontar potencialidades e limitações de uso de cada sistema ambiental e os problemas que se afiguram em função da apropriação dos bens naturais.

Com base nesses pressupostos deve ser enaltecida a concepção de gestão dos recursos naturais da área como uma atividade complexa e que tem ações múltiplas, tais como: conservação da biodiversidade, diretrizes de uso e de conservação dos solos, controle da qualidade ambiental e gestão integrada dos recursos hídricos. Estas ações estratégicas devem ser concretizadas em consonância com produtos/atividades e subatividades, a saber: identificação e mapeamento dos sistemas ambientais; avaliação do estado de conservação dos sistemas ambientais; mapeamento do uso e ocupação da terra e da estrutura fundiária; criação e operacionalização de Sistema de Informações Geográficas e de áreas potenciais para a criação de unidades de conservação.

Na busca de um cenário desejável para o ordenamento territorial algumas ações devem ser implementadas além daquelas que foram precedentemente enunciadas:

- Efetiva implementação do zoneamento ecológico-econômico que abriga a compreensão integrada e holística da realidade geoambiental e socioeconômica do território;
- O Zoneamento, como instrumento capaz de garantir o ordenamento territorial, deve ser modulado no tempo, em função do enriquecimento do banco de dados e de informações e análises disponíveis a cada momento;
- Elaboração de planos diretores de desenvolvimento sustentável com a caracterização socioambiental integrada de cada zona e a concepção de programas prioritários;
- Ocupação demográfica e produtiva compatível com a capacidade de suporte dos recursos naturais e de acordo com o seu estado de conservação. Assegura-se assim, evitar a sobrecarga sobre os recursos ambientais ensejando o desenvolvimento das atividades econômicas;
- Reestruturação fundiária orientada para o desenvolvimento de atividades agropecuárias feitas em bases sustentáveis considerando: a redistribuição de terras acompanhada de assistência técnica, creditícia, armazenagem e comercialização; reforço da infraestrutura econômica-social no campo; criação de opções para reassentamento da população excedente;
- Desenvolvimento urbano com a identificação de vocações produtivas para os pequenos núcleos.

Combate aos Efeitos da Desertificação e Convivência com a Seca

Parcelas significativas dos sistemas ambientais integrantes das áreas de influência do Açude Castanhão exibem marcas evidentes da deterioração ambiental e da desertificação. Isso é particularmente notório nos Sertões de Jaguaribe, Jaguaratama, Nova Jaguaribara, em maior escala, e nos demais sistemas ambientais sertanejos. Nas serras secas e em cristas residuais há também evidências conspícuas dos processos.

Nos sertões semiáridos, em geral, algumas vulnerabilidades têm se manifestado secularmente. Algumas delas, conforme o Projeto ARIDAS (1995) é a pouca capacidade de resistência às secas, que se manifestam como crises econômicas e sociais. Afirma-se que elas se vêm agravando ao longo do tempo, em grande medida devido ao ritmo e à forma de ocupação demográfica e produtiva do vasto interior semiárido da região, causadores de sérias sobrecargas ao seu frágil meio ambiente e à base de recursos naturais relativamente pobre. As de origem econômico-social tomaram com a evolução mais recente da região, rumos que têm contribuído para acentuar os desequilíbrios distributivos e a pobreza, deixando antever tendências desestabilizantes.

Avaliadas em conjunto, essas vulnerabilidades representam ameaças à trajetória regional de desenvolvimento e se manifestam localmente nas áreas de influência do Açude Castanhão.

Em um cenário desejável para as áreas do Castanhão, Programas e Projetos a serem propostos devem considerar algumas prioridades, além de pressupostos que são alertados pela AGENDA 21 para o enfrentamento da desertificação. Dentre as diretrizes sugeridas a esse respeito, cabe destacar as seguintes:

- Fortalecer a base de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para as regiões susceptíveis à desertificação e à seca, incluindo os aspectos econômicos e sociais desses ecossistemas;
- Combater a degradação da terra através da conservação do solo e de atividades de florestamento e reflorestamento;
- Desenvolver e fortalecer programas de desenvolvimento integrados para a erradicação da pobreza e promoção de sistemas alternativos de vida nas áreas susceptíveis à desertificação;
- Desenvolver programas compreensivos anti-desertificação e integrá-los no planejamento ambiental;
- Incentivar e promover a participação e a educação ambiental com ênfase no controle da desertificação e no gerenciamento dos efeitos das secas.

É fundamental que se contemple, igualmente as políticas que estão sendo postas em prática a nível nacional pelo chamado PAN-BRASIL.

O Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN-BRASIL) está estruturado em documento síntese produzido pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, MMA, 2004), em edição comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – CCD.

Segundo as definições da CCD aplicadas ao Brasil as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) se concentram na Região Nordeste do país incluindo os espaços semi-áridos e subúmidos secos, além de algumas áreas afetadas pelos fenômenos da seca nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, na Macro-Região do Sudeste brasileiro adjacentes aos espaços subúmidos secos ou semiáridos.

Conforme se assinala no documento retromencionado, em conjunto, as ASD, objeto de ação do PAN-BRASIL, representam 1.338.076 km² (15,72% do território brasileiro) e abrigam uma população de 31,6 milhões de habitantes (18,65% da população do País). Em termos relativos, tem uma pluviosidade maior que outras regiões semelhantes do planeta, mas tem, também, a maior densidade demográfica; além disso, seu espaço abriga um bioma único no planeta, a Caatinga.

Considerando que as causas determinantes do processo de desertificação são múltiplas e complexas, há de se considerar que o modelo de desenvolvimento adotado ao longo de várias décadas, tem contribuído para o estabelecimento e expansão do processo de desertificação.

Conforme se afirma no documento do PAN-BRASIL (MMA, 2004), de maneira bem sumária se pode anotar que sobre uma variada gama de unidades goambientais, em sua maioria bastante vulneráveis à ação humana, ocorre uma uniforme e inadequada distribuição fundiária, aliada a uma expansão urbana desordenada, sobre os quais incidem, também uniformemente, a destruição da cobertura vegetal, o manejo inadequado de recursos florestais, o uso de práticas agrícolas e pecuárias inapropriadas e os efeitos socioeconômicos da variabilidade climática. A resultante desta constatação é a degradação ou a desertificação em vários graus de severidade. E assinala-se que, como consequência, ampliam-se as mazelas sociais, reduz-se a capacidade produtiva fazendo com que na atualidade as ASD apresentem, apesar das pressões antrópicas, um quadro de baixo dinamismo ou estagnação da atividade econômica, com

o conseqüente rosário de problemas sociais. Na busca de sua sobrevivência, os habitantes das ASD, tanto quanto o meio ambiente, se tornam cada vez mais vulneráveis e frágeis.

Os documentos norteadores de elaboração do PAN-BRASIL podem ser assim sumarizados:

A **CCD** - além da atenção ao cumprimento das obrigações assumidas pelo Brasil, o processo de construção do PAN-BRASIL se ateve ao conceito de um programa voltado à inserção da temática no planejamento global do país bem como a busca de pactos sociais e institucionais;

A **Agenda 21** - das várias contribuições e compromissos dela derivadas, adotaram-se conceitos fundamentais e recomendações para o desenvolvimento sustentável em toda a sua amplitude e uma atenção renovada às políticas específicas de proteção do meio ambiente;

A **Declaração do Semiárido** - configura-se instrumento central das contribuições da sociedade civil, incorporando proposições construídas a partir da realização da Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação - COP3 - (Recife-Pe, 1999), pela rede denominada Articulação no Semiárido ASA;

A **Conferência Nacional do Meio Ambiente** - realizada em 2003, tratando das questões relativas ao combate à desertificação, levando em consideração as várias proposições oriundas dos debates estaduais.

As estratégias e macro objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pelo Governo Federal e adotados no Plano Plurianual (PPA 2004-2007), representando o resgate dos compromissos assumidos pelo atual Governo Federal.

Os eixos temáticos extraídos do PPA e que têm mais estreita relação com o PAN-BRASIL são:

1. Redução da Pobreza e Desigualdade Social;
2. Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva;
3. Preservação, Conservação e Manejo Sustentável de Recursos Naturais;
4. Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Os quatro eixos estão assim sintetizados no documento que esboça a estruturação do PAN-BRASIL (MMA, 2004).

As propostas de ações focadas pelo Eixo 1 afirmam que o combate à desertificação se centrará na redistribuição de ativos por meio da Reforma Agrária e da melhoria da Educação Fundamental. O combate à pobreza e à insegurança alimentar e nutricional se dará por uma ação integrada de vários programas governamentais de apoio à Agricultura Familiar, bem como de programas emergenciais de distribuição de renda. Reafirma-se a importância de desenvolver mecanismos e medidas específicas para as regiões suscetíveis aos processos de desertificação.

As ações associadas ao Eixo 2 tratam de questões relacionadas com a ampliação sustentável da capacidade produtiva das ASD, considerando os atuais problemas e estágios da desertificação. Reafirma-se o setor de agricultura familiar como elemento central e dinâmico na construção de processos de desenvolvimento sustentável das ASD. Dá-se destaque igualmente à agricultura irrigada, demonstrando-se a preocupação com a prevenção e o controle da salinização dos solos em perímetros irrigados. Estabelece serviços como fator de ampliação da geração de riqueza e renda nas ASD.

No que diz respeito ao Eixo 3 que trata de questões ligadas à Preservação, Conservação e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais, dá-se ênfase às proposições como melhoria da gestão ambiental, ampliação de áreas protegidas, gestão dos recursos hídricos, uso sustentável de recursos florestais e realização do zoneamento ecológico-econômico em escalas apropriadas.

O Eixo 4 trata da Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional propondo-se ações no sentido de aprofundar e consolidar a experiência democrática com eficiente participação da sociedade civil.

Compromissos foram assumidos no modelo de Gestão do PAN-BRASIL, salientando-se, entre outros: a criação de um Conselho Nacional de Combate à Desertificação; de um Comitê para o acompanhamento da revisão de implementação do PAN-BRASIL; feita proposta da realização de 4 em 4 anos de um Seminário Nacional Sobre Desertificação, dentre outros.

O documento em análise sobre o PAN-BRASIL faz menção especial à contribuição técnica e financeira disponibilizada pela cooperação internacional, de modo especial a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação; do Governo da Alemanha por intermédio da GTZ (Cooperação Técnica Alemã); do Programa das Nações Unidas para o De-

envolvimento e do IICA (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura).

Tratando-se de posições e de ações estratégicas de combate à desertificação e convivência com a seca visando a uma perspectiva futura mais favorável, deve-se partir de alguns pressupostos fundamentais, considerando que:

- A Desertificação é um problema de natureza global, regional e local que inclui fatores de ordem social assim como de natureza físico-biológica;
- Parcelas significativas de terras estão sendo afetadas pela desertificação, reduzindo a qualidade de vida das populações sertanejas, parte das quais ao serem marginalizadas pela degradação ambiental, pressionam de modo mais intenso a base dos recursos naturais;
- A degradação ambiental atinge de modo mais intenso as populações mais pobres, desestruturando-as e afetando mais fortemente a grupos mais vulneráveis e impedindo um desenvolvimento equivalente da sociedade;
- As ações erosivas afetando os recursos genéticos tendem a reduzir consideravelmente a biodiversidade do semiárido dos sertões;
- Apesar de avanços na percepção do problema da desertificação, não existe ainda uma verdadeira consciência do processo por parte dos centros de decisão que viabilize uma coordenação, coerência e continuidade em seu tratamento.

Reconhecendo tais evidências, algumas ações estratégicas de combate à desertificação e de convivência com a seca devem ser postas em prática, conforme preceitos consagrados por organismos nacionais e internacionais:

- Tratar a desertificação como um problema de caráter urgente pelo governo e pela sociedade civil organizada;
- Abordar o problema da desertificação como um processo que incorpora os componentes sociais e naturais;
- Assegurar que na elaboração do Plano de Ação de Combate à Desertificação no Ceará, exista uma aceitação consensual e uma participação ativa de todos os setores envolvidos, de tal ma-

neira que se assegure uma coordenação, coerência e continuidade na implementação das ações;

- Estabelecer alta prioridade nos esforços para aliviar os níveis de pobreza, rompendo o ciclo perverso da miséria e da degradação ambiental;
- Criar um programa de educação não formal orientado no controle da desertificação para sensibilizar os tomadores de decisão e introduzir esta problemática nos conteúdos curriculares da educação formal;
- Adequar a legislação ambiental de modo a prevenir e controlar a degradação ambiental;
- Elaborar uma cartilha regional de desertificação com uma metodologia uniforme que sirva de base para um programa de monitoramento com avaliação de impactos ambientais e sociais, assim como a criação de um sistema de informação regional sobre o estado, detecção, prevenção e controle da desertificação;
- Assegurar recursos financeiros para apoiar os programas de prevenção e recuperação das áreas afetadas pela desertificação;
- Apoiar pesquisas multidisciplinares e o desenvolvimento de sistemas de monitoramento do processo com o objetivo de implementar propostas concretas de prevenção e controle da desertificação;
- Incluir nos planos de desenvolvimento sustentável a prevenção e o controle da desertificação com uma ação a ser priorizada;
- Apoiar decisivamente o PAN-BRASIL e a Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação como peças centrais dos esforços nacionais e internacionais na busca de soluções e na definição de estratégias capazes de superar esse flagelo;
- Promover o desenvolvimento de processos produtivos sustentáveis no Semi-árido: viabilizando o acesso à terra, desenvolvendo e incentivando atividades rurais adaptadas ao semiárido, capacitando os pequenos agricultores e investindo na melhoria dos sistemas tecnológicos;

- Ter a sustentabilidade socioeconômica das comunidades do semiárido do Castanhão como questão prioritária e enfatizando-se os seguintes aspectos: dar prioridade aos pequenos lavradores na implementação das políticas públicas; implementar programas de ocupação permanente da mão de obra nas áreas susceptíveis à desertificação; incentivar pequenas unidades produtivas locais, com decisivo apoio à agricultura familiar;
- Incentivar ações conjuntas com a sociedade visando: capacitar o associativismo, dando-se maior importância ao sistema de cooperativa; promover treinamento e difusão de tecnologias apropriadas ao semiárido; priorizar a segurança alimentar e de abastecimento; manter plano de ação de emergência durante as secas periódicas;
- Estabelecer mecanismos de manejo sustentável da biodiversidade, incentivando a recomposição da flora e da fauna e consolidando a conservação da biodiversidade;
- Propugnar pelo desenvolvimento científico e tecnológico no semiárido: fomentando as tecnologias existentes, difundindo sistemas tecnológicos para evitar o processo de salinização dos solos, adotando mecanismos de proteção e de recuperação dos solos, estabelecendo indicadores e sistema de monitoramento do processo de desertificação;
- Buscar a sustentabilidade em áreas susceptíveis à desertificação e com baixa capacidade de resistência às secas através do estímulo às atividades capazes de promover a sustentabilidade.

Domínios Naturais da Área de Influência indireta do Castanhão

Os Quadros de Cenários apresentados a seguir, sintetizam para os grandes Domínios Naturais da área de influência indireta do Castanhão, os traços fundamentais do Cenário Tendencial e do Cenário Desejado (Quadros 01 ao 05).

Quadro 01 – Cenários Tendencial e Desejável nas Áreas de Influência do Açude Castanhão - Tabuleiros

DOMÍNIO NATURAL	CENÁRIOS	
TABULEIROS	TENDENCIAL	DESEJÁVEL
<p>Área: 1.817 km²</p> <p>Municípios: Palhano, Itaíçaba, Jaguaratama, Russas, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Ibicuitinga, Tabuleiro do Norte, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Jaguaribara, Solonópole.</p>	<p>Degradação da cobertura vegetal para fins de implantação de equipamentos variados;</p> <p>Aumento da demanda por recursos hídricos em face da implantação de projetos de irrigação como o Tabuleiro de Russas;</p> <p>Áreas degradadas por exploração mineral;</p> <p>Diversidade biológica empobrecida;</p> <p>Recursos hídricos susceptíveis à contaminação por resíduos sólidos;</p> <p>Solos erodidos;</p> <p>Mudanças significativas dos padrões paisagísticos.</p>	<p>Desmatamentos controlados e alternativas de uso implementadas;</p> <p>Saneamento ambiental realizado nas áreas urbanas;</p> <p>Mineração controlada;</p> <p>Aumento da produção agrícola e melhoria dos sistemas tecnológicos.</p>

Quadro 02 – Cenários Tendencial e Desejável nas Áreas de Influência do Açude Castanhão – Chapada do Apodi

DOMÍNIO NATURAL	CENÁRIOS	
CHAPADA DO APODI	TENDENCIAL	DESEJÁVEL
<p>Área: 2.491 km²</p> <p>Municípios: Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Alto Santo, Russas, São João do Jaguaribe, Potiretama.</p>	<p>Conversão da cobertura vegetal para outras atividades;</p> <p>Ações erosivas exacerbadas;</p> <p>Feições cársticas e matas contíguas, de valor cênico e de biodiversidade depredados;</p> <p>Diversidade biológica empobrecida;</p> <p>Aumento da demanda por recursos hídricos em face da implementação de projetos de irrigação;</p> <p>Áreas degradadas por exploração mineral (calcário Jandaira);</p> <p>Recursos hídricos susceptíveis à contaminação por resíduos sólidos;</p> <p>Solos erodidos;</p> <p>Mudanças dos padrões paisagísticos da chapada.</p>	<p>Desmatamentos controlados e alternativas de uso implementadas;</p> <p>Mineração controlada;</p> <p>Aumento da produção agrícola, inclusive da agricultura familiar e melhoria dos sistemas tecnológicos;</p> <p>Extrativismo vegetal monitorado e controlado (plantas lenhosas da caatinga);</p> <p>Recursos florestais e faunísticos adequadamente manejados;</p> <p>Biodiversidade protegida, conservada e mantida;</p> <p>Sistemas agro-florestais implementados e economicamente prósperos;</p> <p>Mananciais protegidos.</p>

Quadro 03 – Cenários Tendencial e Desejável nas Áreas de Influência do Açude Castanhão - Vales

DOMÍNIO NATURAL	CENÁRIOS	
VALES (Planícies fluviais)	TENDENCIAL	DESEJÁVEL
<p>Área: 1.246 km²</p> <p>Municípios: Itaigaba, Jaguaruana, Russas, Quixeré, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Tabuleiro do Norte, São João do Jaguaribe, Alto Santo, Jaguaribe, Jaguaretama, Solonópole, Jaguaribe, Orós.</p>	<p>Aumento da demanda por recursos hídricos;</p> <p>Aumento do desmatamento das matas ciliares, incluindo áreas de APP's;</p> <p>Aumento da poluição hídrica;</p> <p>Concentração de moradias em áreas ribeirinhas;</p> <p>Comprometimento da qualidade das águas;</p> <p>Assoreamento de leitos fluviais e de áreas susceptíveis a inundações ou alagamento;</p> <p>Impactos da mineração de argilas e areias exacerbados;</p> <p>Ocupação urbana e periurbana desordenada;</p> <p>Incremento de ações capazes de comprometer a qualidade dos solos para fins de utilização não agrícola;</p> <p>Uso indiscriminado de agrotóxicos em áreas irrigadas, contaminando os mananciais e os solos.</p>	<p>Extrativismo vegetal e mineral controlado e monitorado;</p> <p>Recursos florestais e faunísticos adequadamente manejados;</p> <p>Subbacias e microbacias hidrográficas manejadas integradamente;</p> <p>Monitoramento da qualidade das águas realizado permanentemente;</p> <p>Expansão urbana nos baixos níveis de terraços fluviais controlada;</p> <p>Saneamento ambiental realizado;</p> <p>Controle da erosão e monitoramento do assoreamento realizados;</p> <p>Atividades de mineração monitoradas e controladas;</p> <p>Controle e monitoramento rigoroso visando evitar a expansão da degradação das matas ciliares e das áreas de preservação permanente (APP's);</p> <p>Controle da erosão dos diques marginais em face da degradação de matas ciliares.</p>

Quadro 04 – Cenários Tendencial e Desejável nas Áreas de Influência do Açude Castanhão – Serras Secas e Cristas Residuais

DOMÍNIO NATURAL	CENÁRIOS	
SERRAS: SERRAS SECAS E CRISTAS RESIDUAIS	TENDENCIAL	DESEJÁVEL
<p>Área: 1.246 km²</p> <p>Municípios: Jaguaruana, Russas, Morada Nova, Alto Santo, Jaguaribara, Jaguaretama, Solonópole, Jaguaribe, Iço, Orós, Ereré, Pereiro, Iracema, Potiretama, Ibicuitinga.</p>	<p>Áreas degradadas por exploração mineral;</p> <p>Diversidade biológica empobrecida;</p> <p>Ações erosivas intensificadas;</p> <p>Perda de solos;</p> <p>Redução, com tendência à extinção, das áreas cobertas por matas secas e caatinga arbórea;</p> <p>Aceleração dos processos de degradação ambiental nas vertentes e no entorno de nascentes fluviais.</p>	<p>Atividades de desmatamentos controladas;</p> <p>Mineração controlada;</p> <p>Recursos florestais e faunísticos com planos de manejo apropriados;</p> <p>Erosão controlada nas vertentes íngremes, entorno de nascentes fluviais e fundos de vales;</p> <p>Práticas conservacionistas de uso do solo implementadas;</p> <p>Sistemas agro-florestais, silviculturais implementados para reverter tendências de extinção das matas secas e ciliares, controlar a erosão e a degradação dos recursos hídricos e recuperar a diversidade biológica.</p>

Quadro 05 – Cenários Tendencial e Desejável nas Áreas de Influência do Açude Castanhão - Sertões

DOMÍNIO NATURAL	CENÁRIOS	
SERTÕES	TENDENCIAL	DESEJÁVEL
<p>Área: 11.508 km²</p> <p>Municípios: Alto Santo, São João do Jaguaribe, Iracema, Jaguaribara, Palhano, Russas, Morada Nova, Ibicuitinga, Limoeiro do Norte, Potiretama, Ererê, Jaguaratama, Jaguaribe, Solonópole, Orós, Tabuleiro do Norte, Pereiro, Milhã, Dep. Irapuan Pinheiro.</p>	<p>Exacerbação dos processos de degradação ambiental, culminando com a redução da biodiversidade e expansão das áreas susceptíveis à desertificação;</p> <p>Diversidade biológica progressivamente empobrecida;</p> <p>Ações erosivas intensificadas;</p> <p>Perda contínua de solos;</p> <p>Redução, com tendência à extinção das áreas cobertas por caatingas arbóreas e arbóreo-arbustivas;</p> <p>Sobrepastoreio intensificado;</p> <p>Comprometimento progressivo da capacidade produtiva dos solos;</p> <p>Inadequação crescente dos sistemas produtivos;</p> <p>Aumento do descompasso entre a capacidade produtiva dos recursos naturais e sua capacidade de recuperação;</p> <p>Baixa eficácia no combate aos efeitos da desertificação e das secas.</p>	<p>Sistemas agro-florestais e silviculturais implementados para reverter tendências de degradação generalizada das caatingas, controlar a erosão e recuperar a diversidade biológica;</p> <p>Extrativismo vegetal e mineral controlado e monitorado;</p> <p>Recursos naturais renováveis adequadamente manejados;</p> <p>Microbacias e subbacias hidrográficas integradamente manejadas;</p> <p>Monitoramento da qualidade dos solos e das águas realizado permanentemente;</p> <p>Controle da erosão e monitoramento do assoreamento dos rios e barragem realizados;</p> <p>Atividades de mineração monitoradas e controladas;</p> <p>Práticas conservacionistas de uso dos solos implementadas;</p> <p>Plano Estadual de Combate à Desertificação implementado.</p>

Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical**. Geomorfologia, n. 53, São Paulo, IGEOG, 1977b.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. **Plano plurianual 2004-2007**

CEARÁ . SECRETARIA DE PLANEJAMENTO. **Projeto Áridas**, Fortaleza, 1995.

CNRBC (Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga). 2004. **Cenários para o bioma Caatinga**. CNRBC, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Recife, Brasil.

Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. PANBrasil: **Programa de ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**_ edição comemorativa 10 anos da CCD - Brasília: MMA/SRH, 2004.

CATEGORIZAÇÃO DE USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E PROBLEMAS AMBIENTAIS: CENÁRIOS E DESAFIOS

Flávio Rodrigues do Nascimento ¹

Introdução

Com a concepção do ambiente, em grande parte, exterior à existência humana, os recursos hídricos são apreendidos somente como um recurso natural a ser explorado, entretanto, há sinais de degradação que ameaçam a segurança hídrica em diversas bacias hidrográficas, no que se refere à escassez da água doce, principalmente associada às vicissitudes climáticas. Isso indica a necessidade de se mudar o padrão de vida de agrupamentos sociais que beira à exaustão.

Em regiões semiáridas, como no Nordeste brasileiro (NEB), estes problemas são agravados por conta de seu quadro geoambiental vulnerável, no qual, principalmente os recursos de água, solo e geobotânico são consumidos e exauridos vorazmente, aumentando assim a susceptibilidade às contingências climáticas, sobretudo termopluviométricas. A redução da biodiversidade, a erosão dos solos e a diminuição espaciotemporal e quali-quantitativa das águas interiores, dos recursos de solo e vegetação, só para citar os mais prejudicados, dão sinais de profunda degradação ambiental na região fisiográfica dos sertões.

Com uma vocação histórica agropastoril desde os primórdios da colonização do Brasil, aliada às condições climáticas desfavoráveis, com as consecutivas e cíclicas secas, há um agravamento dos problemas de degradação ambiental nas paisagens sertanejas, sobretudo nas áreas de bacias hidrográficas semiáridas, em que a sustentabilidade dos recursos naturais é baixa, com base em ecodinâmica instável e níveis de criticidade hídrica comprometedores. Nada obstante, as representações espaciais das bacias

¹ Prof. do Deptº e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFF – RJ.

hidrográficas na condição de unidades funcionais de planejamento resguardam paisagens, onde ocorrem interações ambientais, colaborando para que sejam eleitas unidades de planejamento territorial/ambiental adequadas para extrapolar o simples gerenciamento dos recursos hídricos. Uma bacia de drenagem denota características geoambientais, formando unidade natural indissociável e interatuante, podendo facilitar o ordenamento territorial/ambiental, contribuindo para melhor aproveitamento da capacidade de suporte dos recursos naturais.

Ratifique-se que essa unidade é um sistema complexo dado o número de elementos e variáveis, interligados por meio de ciclos de transformação, auto-ajuste, dissipação e novamente auto-organização com produção de entropia. As relações mútuas entre seus elementos possibilitam a análise integrada do ambiente, auxiliando em uma acurada avaliação dos aspectos físicos, econômicos e sociais. Neste contexto, considerando a bacia hidrográfica (doravante b.h) na condição de unidade de intervenção e planejamento, o objetivo deste trabalho é destacar os principais usos dos recursos hídricos e dos ambientes hidromórficos nas bacias hidrográficas do Ceará (Figura 01), considerando as alterações na higidez das águas por meio dos pontos potenciais de poluição, mudanças hidrológicas, bem como na redução da resiliência espaciotemporal deste elemento vital.

A bacia como unidade de gerenciamento integrado dos recursos naturais, sobretudo dos mananciais, com fins de seu aproveitamento, coloca os recursos hídricos como elemento indispensável à vida e como insumo às atividades produtivas, pois os usos pelas populações, para irrigação, indústrias, atividades de lazer, dentre outros empregos múltiplos dos recursos hídricos, requer fontes em qualidade e quantidade saudáveis e seguras. Com essa necessidade, o Estado do Ceará, que tem como agravante ao aproveitamento dos recursos naturais a semiaridez, foi um dos primeiros da Federação a elaborar plano de recursos hídricos; isso em 1992, por meio da Lei Nº 11.996.



Figura 01 – Bacias Hidrográficas do Ceará.

Fonte: IPECE, COGERH.

A partir de então, o quadro hidrográfico do Estado individualiza bacias hidrográficas e conjuntos de bacias, que perfazem o montante de 11 grandes bacias hidrográficas. Dessas, a bacia do Rio Jaguaribe (74.621 km²) foi compartimentada em 5 bacias e a bacia Metropolitana (15.085 km²) é formada a partir do agrupamento de 16 bacias independentes. Essas unidades de planejamento, associadas ou não, são: Alto Jaguaribe (24.538 km²), rio Salgado (12.216 km²), Médio Jaguaribe (10.509 km²), Rio Banabuiú (19.810 km²) e Baixo Jaguaribe (4.970 km²) que são subdivisões da bacia do Jaguaribe; Parnaíba (composto pelos afluentes Poti, Macambira e o conjunto de sub-bacias Longá-Pirangi, 16.901 km²), Curu (9.000 km²), Coreau (10.500 km²) e Acaraú (14.560 km²) complementação à compartimentação hidrográfica cearense. Neste contexto, a bacia do Jaguaribe, compreende 50% de todo o Estado, drenando áreas ocupadas por 50% da população estadual, ou seja, drena áreas de municípios com mais de quatro milhões e cinquenta e três mil habitantes

Tais bacias, (com exceção à bacia do Parnaíba, que pertence à Região Hidrográfica Homônima) pertencem ao grupo de bacias do Atlântico Nordeste Oriental – bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico – trecho nordeste, estando limitada ao oeste pela bacia do Parnaíba, ao norte e ao leste pelo Atlântico e ao Sul pela região hidrográfica do São Francisco. Estas apresentam regime fluvial de enchentes durante as chuvas de verão-outono, sendo, a 3^a. em vazão, com 4,45 l/s/hm² (MMA/SRH, 2004), com vulnerabilidade natural às secas e criticidade de escassez hídrica, o que pode potencializar os conflitos pela água, inferior a 1/5 da vazão específica média nacional que é de 21l/s/km² (ABRH, 1987 in VIEIRA, 2002). Ademais, outra questão de destaque é, segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, que as bacias do semiárido cearense são parte integrante da Área Especial de Planejamento no contexto da desertificação.

2 - Dinâmica Ambiental e Respostas Hidrológicas em Bacias Hidrográficas

Os cursos d'água desempenham funções específicas dentro de cada ecossistema. Os rios, riachos e lagoas propiciam a formação de vegetação

ribeirinha, diminuindo a requeima foliar e a caducifolia através de um *feedback* de diminuição da evaporação e evapotranspiração e, manuseio da biodiversidade. Além disso, para o diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas, as condições climáticas, a natureza dos terrenos, os aspectos morfoedológicos, os geobotânicos e os de uso/ocupação do solo, influenciam diretamente os recursos hídricos de superfície. O escoamento fluvial e as reservas terrestres implicantes na dinâmica ecossistêmica que formam os geoambientes são, portanto, influenciados, como destaca o Quadro 01, com fatores que necessitam de observação no planejamento dos recursos hídricos.

Quadro 01 – Atributos Geoambientais Incidentes Sobre os Recursos Hídricos Superficiais .

TABULEIROS	TENDENCIAL DESEJÁVEL
Clima	Distribuição espacial do volume de frequência de chuvas, renovação das reservas hídricas, temperaturas e evapotranspiração e Influências sobre o balanço hídrico.
Natureza do terreno e litotipos	Condições geológicas e das formações superficiais, em terrenos impermeáveis, favorecem o adensamento dos cursos d'água e das depressões lacustres, evaporação. Com zonas permoporosas, a alimentação do lençol freático é favorecida.
Geologia-Geomorfologia	Processos de escoamento. Características dos perfis longitudinais e transversais dos rios e vales. Velocidade do escoamento ou retenção, capacidade de incisão para escavar vales e competência das condições de transporte de sedimentos e detritos, estão associados ao relevo, sua topografia e níveis de declividade.
Unidades Vegetacionais	Papel protetor das formações superficiais. Uma maior ou menor densidade vegetal, em sequência, magnificam ou atenuam o escoamento superficial nos interflúvios com vegetação densa influenciando o efeito <i>splash</i> e o escoamento. Menor cobertura vegetal no meio urbano provoca mudanças microclimáticas.
Uso/ocupação da terra	Efeitos ambientais, diretos e indiretos, no exutório podem ser assinalados: diretamente a retificação, a dragagem do rio e os barramentos indevidos alteram as condições naturais. Concorrem para as mudanças indiretas o desmatamento, a impermeabilização de superfícies e as mudanças no uso da terra. Áreas impermeabilizadas favorecem o escoamento. No meio urbano, a lavagem de superfícies carrega poluentes líquidos e sólidos. No meio rural, os agrotóxicos e o decapamento vegetal comprometem a recarga de aquíferos. Esses fatores em conjunto podem provocar modificações nas propriedades físicas e estruturais dos solos, na precipitação e temperatura.

Como destacou Cunha (1995), mudanças significativas em qualquer desses elementos, podem ocasionar efeitos e/ou impactos à jusante da bacia, bem

como nos fluxos energéticos de *output* ou *input* de sólidos e substâncias dissolvidas, que em função da escala ou intensidade, dos tipos de leitos e de canais, a morfologia da drenagem pode ser modificada.

O escoamento fluvial, com alimentação irregular e deficiente, apresenta pequena capacidade de entalhe, grosso modo, em todo o Ceará. Como conseqüências desse entalhe, ocorrem amplitudes altimétricas insignificante entre os interflúvios e os fundos de vales. Cabe exceção aos rios da Bacia do Parnaíba que drenam terrenos sedimentares do Planalto da Ibiapaba, no extremo oeste do Estado. Os rios, em grande parte, apresentam gradientes pouco inclinados e perfis transversais com vertentes planas ou ligeiramente côncavas. Sua rede potamográfica é reflexo direto das condições meso-climáticas. Por isso nas secas os rios “cortam” com exceção dos leitos perenizados dos maiores rios, que somam 1.948 km de vales úmidos. O arranjo, em planta, dos exutórios e dos principais tributários no semiárido cristalino, condiz com padrões de drenagem com distribuição espacial do seguinte modo: dendrítica ou arborescente, retangular dendrítica (atribuída aos fenômenos tectônicos), paralela, anastomosada ou cataclinal. Os sistemas hidrográficos em causa apresentam características de drenagem intermitente sazonal exorréica, típica de região semiárida intertropical.

Nos sertões, o padrão de drenagem dendrítica a subdendrítica de textura aberta, é fortemente controlado por fatores estruturais sob efeito de fraturamentos, originando modelo atual de vales com orientação conforme se façam sentir tais efeitos, demandando seus níveis de base local, isto é, seus exutórios e tomando-se por referência o nível de base geral – Oceano Atlântico. Não obstante, as chuvas, atingido a superfície, tendem a escoar e a não infiltrarem. Ao escoar, como nos terrenos impermeáveis ou de pouca porosidade dos sertões, alimentam os rios e vão ter com os talwegues. Assim, a hierarquia das drenagens é adensada em ordens de grandeza. Em parte, a água que não escoar e não evapora ou evapotranspira, retém-se no solo ou percola, alimentando o lençol freático conforme as variações faciológicas dos solos.

Nos maciços e cristas residuais, a drenagem é dentrítica e/ou subdentrítica fechada, predominantemente pinada, formando canais retilíneos e entrelaçados, de quando em quando, originando meandros com declinação inferior a 5° de declividade (3-8%). A depender da altitude e expressão arreal passam a exibir brejos de cimeira em suas vertentes de barlavento. Esse padrão de drenagem colabora com a intensificação da dissecação do relevo em feições colinosas convexas.

Nas porções pré-litorais a drenagem tem canais paralelos nos tabuleiros - com declínio discreto demandando os níveis de base, conforme esquema retromencionado -, e anastomosada na planície fluviomarinha (litoral). Sendo que nas coberturas sedimentares da Ibiapaba a drenagem é cataclinal, com leve caimento topográfico para Nordeste. Ocorre aí, garganta epigênica/boqueirão pela superimposição do Rio Poti demandando seu exutório, Parnaíba. Na Chapada do Araripe ocorrem os brejos de encostas e pés-de-serras, em razão de ressurgências, formando espraiamentos de sucessivos vales nos sopés dos contrafortes da Chapada, ao tempo que denunciam a exiguidade ou mesmo inexistência de rios no platô. Por seu turno, a Chapada do Apodi é cômgera ao Araripe neste contexto, de certo que forma micro-bacias, a exemplo da Malhada Vermelha no Município de Tabuleiro do Norte, como tributárias dos rios Quixerê e Jaguaribe. Em síntese, na Ibiapaba ocorrem rios obsequentes, a exemplo do Ipussaba e outros no Parque Nacional de Ubajara, bem como aqueles entre os municípios de Graça e Ibiapina, formando belas quedas d'água. Ao passo que no Araripe e Apodi os rios não formam rios consequentes e nem obsequentes, originando rios subsequentes alimentandos por nascentes, em níveis topográficos mais rebaixados.

Os rios do Nordeste, em determinadas épocas do ano, atingem o mar tratando-se de um dos fatores de originalidade dos sistemas hidrográficos e hidrológicos regionais, que ao contrário de outras regiões semiáridas do mundo, em que as drenagens convergem para depressões fechadas, os rios dessa região vão ter com o Atlântico. Por isto, no semiárido em geral, e no Ceará em Particular, os rios são de caráter intermitente, com drenagem exorréica, que em grande escala não permite a formação de solos

originalmente salinos, principalmente nas vertentes e interflúvios. Os sais dissolvidos da litologia cristalina, predominante na meso-estrutura, e aqueles provenientes das chuvas carregadas de águas evaporadas do oceano, vão ter com o nível de base após arraste pelo fluxo hídrico das torrentes. Pela capacidade de erosão, transporte e deposição, ademais, os rios são os principais agentes transformadores da paisagem, modelando o relevo. Neste contexto, processos fluviais como processos aluviais, compreendendo a erosão, transporte e sedimentação em leques aluviais e rios, ajudam a explicar a ocorrência de minérios como o urânio fosfatado a despeito das Sub-bacias do Rio Groaíras (2.917,3km²) em Santa Quitéria, contribuinte do Rio Acaraú, com a mina Itataia.

Em termos qualitativos, as características da rede de drenagem, segundo Oliveira e Ferreira (2001), podem ser definidas através de particularidades chamadas características fundamentais ou qualitativas (Quadro 02). Observamos, dentre outros aspectos, relevo acidentado pela assimetria das vertentes, influências tectônicas-rupturais na orientação da drenagem e forte integração dos canais de drenagem, colaborando para um desenho, em planta, da rede de drenagem de muitas ramificações na maioria das bacias hidrográficas do Ceará.

Os elementos qualitativos e as características naturais dos vales fluviais, demonstrados, no próximo quadro, são importantes no gerenciamento de recursos hídricos. Todavia, uma caracterização hidrológica mais rica passa por apreciação genérica da geomorfologia fluvial regional, no que se refere às características naturais dos rios e canais. Neste sentido, além dos tipos de padrão de drenagem, escoamento e sua gênese, os vales fluviais podem ser entendidos à luz dos tipos de leitos e dos tipos de canais. De vez que cada uma dessas fisionomias apresenta dinâmica peculiar das águas correntes, associadas à geometria hidráulica específica, originada pelos processos erosivos, de transporte hidrossedimentológico e agradacionais. Desta feita, o Quadro 03 generaliza as características naturais dos vales fluviais no Ceará.

Quadro 02 – Características Qualitativas da Bacia de Drenagem do Acaraú.

Características Qualitativas	Descrição	Não integrada – os canais não se ligam ()
Grau de integração	Caminho dos canais entre dois pontos. Quanto mais curto o caminho maior a integração	Não integrada – os canais não se ligam () Pouco integrada – poucos canais se ligam () Integrada – todos os canais se ligam (X)
Grau de uniformização	Repetição das formas da rede de drenagem num curto espaço	Não uniforme () Pouco uniforme () Uniforme (X)
Orientação	Direção predominante dos drenos	Não orientada () Pouco orientada () Fortemente orientada (X)
Grau de controle	Fatores que alteram o sentido da drenagem	Não controlada () Controlada (X) Altamente controlada ()
Angularidade	Mudança na direção dos leitos	Baixa (X) Média () Alta angularidade ()
Ângulos de juntura	Ângulo formado na foz de um tributário com seu receptor	Reto (X) Agudo () Muito Agudo ()
Simetria das vertentes	Correspondência em grandeza, forma e orientação relativa	Simétrica () Assimétrica (X)

Fonte: Adaptado com base em Oliveira e Ferreira (2001).

Quadro 03 – Características Qualitativas da Bacia de Drenagem do Acaraú.

Bacias de drenagem	Tipo de leito	Tipo de canais	Tipo de padrão de drenagem		
			Em função do Escoamento	Em função da Gênese	Em função da Geometria
Bacias	Leito menor, de varzante, maior excepcional	Meandrante, anastomosado na planície fluviomarina	Exorréica	Consequente, obsequente, subsequente.	Dendrítica e sub-dendrítica (médio e alto curso), paralelo (baixo curso)
Principais Sub-bacias	Leito menor, de varzante, e maior excepcional	Retilíneo paralelo e meandrante irregular	Endorréica	Consequente, obsequente, subsequente insequente	Dendrítica, Sub-dendrítica

Fonte: Adaptado com base em Oliveira e Ferreira (2001).

No que se refere às potencialidades hidrogeológicas, reservatórios subterrâneos diversos, desde zonas fraturadas ou de rochas intemperizadas do

substrato geológico Pré-Cambriano até depósitos quaternários aluviais, ocorrem nas depressões sertanejas. Os depósitos de aluviões apresentam dimensões variadas, geralmente reduzidas, contendo volumes de água acumulados que podem remontar às origens de suas formações geológicas. Sua disponibilidade pode ter potencial hídrico ainda não usado pelos homens, podendo as reservas serem acrescidas, se alguma demanda socioeconômica assim exigir. A capacidade de armazenamento de água subterrânea é fornecida por arranjos estruturais, localizados nos contatos geológicos, por falhas e no manto de alteração. As fissuras e fraturas, como porosidade secundária, no qual a água circula, apresenta condutibilidade hidráulica não com base em porosidade primária das rochas, como no caso de aquíferos clásticos, mas pelos efeitos dos componentes estruturais alimentados por precipitação atmosférica, rede hidrográfica e as aluviões. Em regra, as águas subterrâneas do domínio cristalino são limitadas. A vazão média em poços tubulares é ínfima, da ordem de 5 m³/h, e salinidade média da ordem de 2 mil mg/L, o que pode comprometer sua potabilidade. Dada a falta de fiscalização das atividades de perfuração e uso de poços, estima-se que no Nordeste existem aproximadamente 50 mil, e pouco mais de 20 mil estão em operação por motivos técnicos e/ou políticos (REBOUÇAS, 2002). Na região hidrográfica Atlântico nordeste oriental, essa situação pode ser agravada pela baixa vazão média com 2m³/h.

Nas áreas pré-litorâneas, costeiras, sedimentares e aluviais estão os maiores aportes de águas subterrâneas, mas exigindo rigores técnicos em suas explorações, assim como usos mais coletivos deste recurso tão valioso.

Com índices de evaporação críticos na região favorecedores de balanço hídrico deficitário, as águas subterrâneas se encontram mais bem protegidas, com uma parcela de perda hídrica consideravelmente menor do que aquela perdida por mananciais de superfície. Portanto, comportam-se como reservas hídricas que podem ser importantes principalmente durante as estiagens, para o aproveitamento prioritário humano, dessedentação de animais e outros. Por isso, desde já, as demandas para tal fim devem ser garantidas, em qualquer cenário considerável, conservando e distribuindo equilibradamente aportes deste recurso vital, em quantidades e qualidades mínimas, preferencialmente aos usos mais nobres da água.

3 – Sistema de Gestão de Bacias, Demandas e Usos

Pela necessidade que representa a água - como insumo produtivo, composição da paisagem, interferência em processos biogeoquímicos, para vida humana etc, os recursos hídricos são utilizados para múltiplos fins. Ocorre desde a retirada de água das coleções hídricas, promovendo perda entre derivação e o que retorna ao corpo hídrico, alterando sua quantidade, e perdas de qualidade por causa de finalidades subsequentes, a usos não consuntivos, quando não se tem necessidade de retirar as águas de suas coleções, isto é, o uso *in situ*. Nesse espectro, a Lei de Recursos Hídricos do Ceará (nº 11.996, de 24/07/1992) prevê alguns instrumentos legais, como outorga de direito de uso dos recursos hídricos, o licenciamento para obras hídricas e a cobrança pelo uso da água bruta. No prisma de recursos hídricos e convivência com o fenômeno da seca e combate à desertificação, ao passo que alguns dos principais problemas do semiárido brasileiro cabem referenciar a definição e caracterização das principais funções, com as respectivas subfunções em termos da gestão, oferta e conservação das águas das bacias hidrográficas cearenses (Quadro 04).

Quadro 04 – Funções do Sistema da Gestão de Água e Demais Sistemas, Considerados no Plano de Recursos Hídricos do Ceará em 1992.

GESTÃO		PLANEJAMENTO; ADMINISTRAÇÃO; REGULAMENTAÇÃO
OFERTA		Nucleação artificial; represamento; poços; cisternas
USO	CONSULTIVO	Abastecimento, irrigação, abastecimento industrial, aquicultura, abastecimento urbano.
	NÃO CONSUNTIVO	Geração hidrelétrica, navegação fluvial, lazer, pesca e piscicultura extensiva, assimilação de esgotos.
PRESERVAÇÃO		Lazer, turismo, manutenção do ciclo hidrológico e higidez hídrica, recarga de aquíferos, manutenção microclimática e da biodiversidade.
COMPLEMENTARES		Ciência e tecnologia, meio ambiente, planejamento global, incentivos econômicos, defesa civil

Fonte: Adaptado de Campos (2002).

Os usos não consuntivos não demandam padrões rígidos de qualidade, embora não se possa dispensar um mínimo de qualidade e de característi-

cas estéticas, sobretudo em relação à sua função paisagística. Assim, estão condicionados a recreação e lazer, transporte, navegação e diluição de dejetos. Ao passo que, isso, os usos consuntivos exigem melhores padrões de qualidade da água em virtude de englobarem o abastecimento público e industrial e agroindustrial (instalação de tanques para carcinicultura, por exemplo), agropólos (Baixo Jaguaribe, Baixo Acaraú, Cariri, Centro Sul, Ibiapaba e Metropolitano), dessedentação de animais e o mais nobre dos usos da água, o consumo/abastecimento humano.

Dentre as demandas por água observadas em Heller e Casseb (1995) no plano nacional, algumas podem ser constatadas como ocorrentes nas Bacias cearenses, no abastecimento das populações, setores produtivos e em outras demandas de usos, variando desde os mais nobres aos menos urgentes. Anotamos que, quanto maiores os núcleos urbanos e as atividades agrícolas, mais intensos são os consumos d'água. Assim, os núcleos urbanos das cidades e as atividades agroindustriais demandam os maiores aportes desses recursos e, conseqüentemente, ocasionam o maior volume de efluentes, entre eles: esgotos domésticos e industriais, graxas, águas compostas por defensivos químicos, rações e antibióticos para aquicultura, partículas em suspensão, dentre outros poluentes, quais sejam:

- público - rega de logradouros, parques e jardins, chafarizes, poços, edifícios públicos, piscinas públicas e recreação, escolas, hospitais, mercado público, pesca, paisagismo dentre outros;
- doméstico - higiene corporal, descarga de sanitários, preparo de alimentos, bebidas, lavagem de roupa e automotores, rega de jardins e quintal, limpeza em geral etc;
- comercial - restaurantes, bares e lanchonetes, lojas, postos de gasolina, frigoríficos, escolas, salões de beleza, dentre outros;
- agrícola e pecuária - irrigação e agropólos, lavagem de currais, instalações de tanques para clube "pesque-e-pague", abastecimento de açudes;
- industrial/agroindustrial - água como matéria-prima, consumida no processo, utilizada para resfriamento e lavagem, necessária para a instalação de sanitários, refeitórios, enchimento de tanques para carcinicultura.

- Especial - combates a incêndios, instalações desportivas, estações rodoviárias e aeroviárias, diluição de dejetos etc.

Não podemos deixar de mencionar as demandas pelas atividades de engenharia com barragens (açudagem) e perenização de seções dos rios, além daquelas voltadas ao turismo, ocupações lúdicas e de balneabilidade, pesca, piscicultura, maricultura, abastecimento animal, abertura de poços, principalmente nos sertões, e as necessidades de água da própria natureza, como a recarga de aquíferos. Nestes processos, ocorrem perdas na adução, no tratamento, na rede de distribuição e nos próprios domicílios, além dos eventuais desperdícios nos pontos de tratamento.

A pesca, recreação e contato primário, dessedentação de animais, diluição de dejetos, abastecimento público e irrigação ou uso residencial estão entre as principais modalidades de exploração dos recursos hídricos. Vale ressaltar que os corpos d'água se constituem como grande atrativo cênico, em que se praticam esportes náuticos, e que propiciam a preservação da comunidade aquática. Os córregos, riachos e açudes são usados para higiene, lavagem de roupas, irrigação de lavouras de subsistência e para o banho das comunidades carentes no meio rural, ao passo que o meio urbano os poluem com resíduos sólidos e dejetos. A demanda por água é intensificada nos meses de agosto e setembro, exatamente quando a evaporação é mais elevada, acarretando a diminuição da quantidade e qualidade hídrica, piorando as condições de vida destas comunidades e aumentando os conflitos por água.

Áreas de colúvios, perímetros irrigados, margens ribeirinhas, faixa de periferia das represas, serras com seus brejos e as áreas de chapadas, apresentam melhores condições edafoclimáticas no cerne dos sertões secos como áreas de exceção. A rigor, os usos dos recursos hídricos podem ser diferenciados ao longo do espaço conforme as unidades geoambientais, preferencialmente destacando alguns ambientes hidromórficos, que se configuram como se fossem oásis dos desertos quentes, atenuam as contingências termopluiométricas dos sertões semiáridos.

Nos litorais, as planícies fluvioamarinhas possibilitam a pesca artesanal, a maricultura e o turismo, bem como o desenvolvimento de estudos científicos e a conservação compulsória. Entretanto, estes geoambientes so-

frem problemas de degradação pela mobilização artificial das dunas, desmatamentos, urbanização e, principalmente, pelo definhamento de fontes de água, à montante nas bacias. Com o desenvolvimento da carcinicultura, a demanda por águas estuarinas é crescente, o que pode diminuir o fluxo fluvial das camboas, interferindo e desregulando a compensação da salinidade do estuário. As áreas que outrora foram salinas, naturalmente recolonizadas por apicuns (vegetação halofítica herbácea), quando o mangue não tenha se regenerado, constituem-se como áreas alagáveis e descampadas próximas à barra dos exutórios, que são ocupadas pela pecuária extensiva e extração de crustáceos, além de algumas representarem zona de litígio e conflitos entre comunidade tradicional e carcinicultores, com destaque as áreas potamais do oeste cearense - comunidade de Curral Velho, por exemplo, na planície fluviomarina do Acaraú.

As várzeas, típicas das planícies fluviais, inundadas somente em tempos de chuvas expressivas, estão presentes em todos os setores das Bacias - com exceção das serras cristalinas residuais e inselbergs -, comumente formando ecotónos com outros ambientes. Embora degradadas, são aproveitadas com a agricultura de vazantes e agropecuária extensiva. Do mesmo modo, em porções mais deprimidas da Depressão Sertaneja, distribuem-se, dispersamente, pelos sertões as áreas de acumulação inundáveis (baixios), que acumulam água ao final do período chuvoso, podendo originar pequenas lagoas, oferecendo-se como fontes opcionais para as comunidades.

As áreas de segurança dos açudes, ou seja, suas margens forjam ambientes hidromórficos. Com o período de escassez de chuvas e redução significativa de seu uso ótimo, como também durante a sangria desses reservatórios, condições edafológicas de maior umidade são atrativos a mais para o cultivo de policulturas, por pequenos proprietários e até mesmo por grandes proprietários - que têm áreas de açudes públicos em suas terras. Em todos os casos, os riscos de contaminação por fertilizantes, defensivos químicos e transporte de sedimentos são potencializados para o interior das coleções hídricas, podendo provocar eutrofização, principalmente os maiores açudes do Estado, tais como Castanhão (Médio Jaguaribe) e Orós (Alto Jaguaribe), Banabuiú (Bacia de mesmo nome), Pentecoste (Bacia do Curu), Edson Queiroz, Acaraú Mirim e Varjota (Acaraú), Jaburu I (Ba-

cia do Parnaíba) além dos outros mais de 120 monitorados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará.

Em meio às precárias condições de saneamento, algumas áreas de acumulações inundáveis ou mesmo lagoas ou planícies fluviolacustres são contaminadas com águas servidas em alguns Municípios, a exemplo de Mucambo, Sobral, Groaíras, Santana do Acaraú e Cruz (Bacia do Acaraú), Granja e Camocim (Bacia do Coreau), Mombaça e Milhã (Bacia do Banabuiú), Choró e Itapiúna (Sub-bacia do Choró/Bacia Metropolitana) formando as popularmente denominadas “capineiras”. Constituem formas alternativas para criação de pastos à alimentação de gado bovino por pequenos criadores.

Os açudes, mesmo com todos os problemas, sobretudo os públicos, as passagens molhadas - pequenos barramentos que retêm ínfimos volumes d’água temporariamente -, e as cisternas de placas são alternativas para o acesso à água das comunidades mais carentes. Cabe dizer que os ambientes hidromórficos quanto às formas de uso dos recursos hídricos, em conjunto, ajudam a compor os arranjos de uso/ocupação agrossocioeconômica (campos cultivados com desenvolvimento agrossilvopastoril), que de per si, demanda estudos analíticos aprofundados. Entrementes, é triste constatar a contaminação dos recursos hídricos e as possíveis mudanças hidrológicas.

Convém lembrar que um forte debate hoje sobre o abastecimento de água no Nordeste, mormente nos Estados setentrionais do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, concentra-se na conveniência, ou não, de promover a transposição no São Francisco. Essa questão remonta à metade do século XIX (1847), porém, até os anos de 1980, era um projeto tido como inviável em razão da falta de energia para o bombeamento demandado. Nesse período, dentre outras propostas, foi elaborado o primeiro projeto de transposição para vazão de 300mm³/s. O projeto atual prevê vazão média de 64 m³/s, para abastecimento rural, consumo humano e usos agrícolas difusos, abastecimento urbano e industrial e estímulo ao desenvolvimento de agricultura irrigada de alto valor agregado. Com isto, segundo o Governo Federal, as áreas irrigadas seriam ampliadas, a agroindústria e a indústria minero-metalúrgica seriam dinamizadas e outros serviços modernos restariam fortalecidos. Tecnicamente, esse projeto

propõe uma sucessão de canais, túneis, reservatórios e aquedutos que terão origem em duas 2 tomadas d'água à jusante da barragem Sobradinho. Com ramificações de aproximadamente 700 km de extensão, há 2 (dois) conjuntos de eixos, com duas fontes de captações d'água: uma tomada para o eixo norte, com instalação nas proximidades de Cabrobó-PE; outra para o eixo leste, saindo do reservatório de Itaparica; prevê dois eixos, tomando-se por base Sobradinho, partindo para oeste (Piauí) e para Sul (Bahia, indo para Sergipe através do Rio Vaza Barris).

Apesar de pequena proporção de vazão média do rio nos pontos de derivação, além da complexidade inerente de um projeto de transposição em termos técnicos e políticos, são conflitantes outros interesses dos 10 estados envolvidos. Ganham, portanto, efervescência temas envoltos em: negociação e solução de conflitos, abordagens econômico-financeiras, propostas para elaboração do projeto, aspectos institucionais, questões ambientais e sociais.

Para o Ceará, a agroindústria para exportação, a siderurgia no Porto do Pecém e a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) serão os beneficiários diretos da transposição, que terá como coletor o seguinte sistema: captação em Cabrobó (PE) – açude Atalho, no rio Cuncas, em Brejo Santo, Ceará – rio Salgado e Jaguaribe, até o açude Castanhão, e como um dos distribuidores, o Canal da Integração. Contudo, desses setores econômicos e porções do território beneficiados, a transposição mostra-se seletiva e excludente. Privilegia a grande Capital e a RMF, em detrimento dos pequenos produtores, pequenas médias cidades sertanejas. Além do mais, pouco se sabe a respeito dos impactos sobre a desertificação, além dos riscos de salinização por irrigação e o possível agravamento de conflitos pela terra e usos d'água. Apenas as sub-bacias do Médio e Baixo Jaguaribe, em articulação com bacias da Região Metropolitana estão inclusas no projeto, não havendo preocupação neste sentido em relação às demais bacias do Estado. No mais, essa bacia poderá sofrer como de resto outras regiões do Ceará, efeitos proeminentes da não-tecnificação do território e alocação de recursos em áreas não consideradas estratégicas para o setor empresarial e industrial, conforme perspectiva estadual.

4 - Alterações na higidez dos recursos hídricos: pontos de poluição, mudanças hidrológicas e diminuição da resiliência espaciotemporal

A água, recurso natural renovável, porém exaurível, é impactada por ações socioeconômicas que lhe conferem degradabilidade, reduzindo-lhe a higidez utilizável em intervalos espaciotemporais freqüentemente mais curtos. As formas de utilização da água, ao contrário do que ocorre com a maioria de outros recursos naturais que desaparecem com o uso, produzem modificações sensíveis em seus aspectos quali-quantitativos. Desta forma, a contaminação dos recursos hídricos compromete a resiliência das águas e a geodinâmica das Bacias, competindo para agravar o estado de conservação dos recursos naturais.

Os principais tipos de poluição (pontuais ou difusos) estão vinculados a diversos fatores e vetores, dentre eles a dificuldade de acesso tecnológico, o baixo nível de consciência humana e a falta ou carência de investimentos em saneamento ambiental. Dentre os principais citam-se:

- esgotos domésticos e comerciais - principais introdutores de matéria orgânica e demais compostos biodegradáveis e/ou não-biodegradáveis nos ecossistemas aquáticos contribuem para a depleção de O_2 e favorecem processos de eutrofização;
- águas servidas dos trabalhos agropecuários e de matadouros - os fertilizantes e defensivos agrícolas, em geral, podem ser transportados pelas águas da chuva, favorecendo processos de eutrofização, ou se infiltrarem no subsolo, acumulando nitratos e nitritos nas águas, deletérios à saúde humana. A lavagem de matadouros e o estouro de fossas sépticas contribuem para a poluição por matéria orgânica, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido nos corpos receptores;
- os despejos industriais/agroindustrias e hospitalares - principalmente ocasionados pelas olarias e indústrias, especialmente, de transformação espalhadas pelas Bacias, quando são lançados a céu aberto, incorporam-se à rede de drenagem quando não são diretamente despejados *in natura* nas coleções d'água. Podem variar conforme o porte da indústria, em composição e volume. Os perímetros irrigados podem contaminar as águas subterrâ-

neas com sais, exemplo do Tabuleiro de Russas, Chapada do Apodi, Icó Lima Campos no Vale do Jaguaribe, Curu-Paraipaba no vale do Rio Curu, Varjota e Baixo Acaraú, no Vale homônimo. A pesca da carcinicultura lança aos recursos hídricos grandes cargas de poluentes, incluindo restos de ração e antibióticos, que podem provocar aumento da turbidez, depleção de O₂, comprometimento da biota e eutrofização. As águas servidas dos hospitais são de alto risco à saúde pública, pois são ricas em substâncias patogênicas que vão ter com as drenagens, quase sempre sem tratamento.

Convém registrar que na RMF, em Sobral e no Crajubar (Crato-Juazeiro-Barbalha) ocorrem as maiores concentrações industriais de todo o Estado, e por consequência, os maiores problemas em relação às águas servidas de suas atividades. Nada obstante, os agropólos se destacam como os maiores utilizadores do produto água, merecendo igualmente atenção especial sobre sanitariedade ambiental e conflitos por utilização dos recursos naturais.

- deficiência na coleta sistemática de lixo e falta de aterros sanitários - parte do lixo produzido é depositado a céu aberto - por vezes, próximo aos veios fluviais e terrenos mais permoporosos. A disposição de lixo nos terraços mais baixos facilita a ação do chorume, induzindo o escoamento e/ou percolação de substâncias poluidoras. Um subproduto altamente tóxico que é comum na produção das cerâmicas e olarias é o cádmio. Em todo o Ceará a exigüidade de aterros sanitários, menos de uma dezena, é lastimável. A RMF dispõe de aterros sanitários em Caucaia, Fortaleza (em processo de desativação) e Aquiraz. Em toda região norte, para se ter uma idéia, o aterro de Sobral é o único, em consórcio com outros Municípios da Meruoca; embora sua localização seja na vertente ocidental da Serra do Jordão.
- águas urbanas de escoamento superficial - representam foco de poluição hídrica, no momento em que são transportados detritos e volumes poluentes de toda sorte pelas águas e ventos.

Segundo Campos (2002), o ambiente é contaminando com substâncias orgânicas, inorgânicas e tóxicas (metais pesados, ácidos, pesticidas etc), sais

não tóxicos (cloreto de sódio e sulfato de potássio) e substâncias antiestéticas. Em razão dos problemas sanitários envolvendo esses poluentes, às temperaturas elevadas e a diminuição da quantidade das coleções hídricas no segundo semestre de cada ano – associando-se à deposição de dejetos e aos hábitos da população - as chances de surgimento de enfermidades veiculadas pela água exigem maiores cuidados pelas autoridades competentes. O maior problema sanitário diz respeito às doenças provocadas pelos esgotos. Quando as águas em quantidade são insuficientes para higiene pessoal e/ou estão contaminadas podem causar doenças. Certamente, as fontes de poluição podem provocar o aumento de incidência de doenças de veiculação hídrica, - como malária, mal-de-Chagas, febre amarela, febre tifóide, tracoma, escabiose, lepra, conjuntivite, dermatites dentre outras -, tencionando a relação estreita entre água e saúde pública. Pode, ainda, elevar o teor de matéria orgânica nos lençóis subterrâneos e coleções d'água de superfície, tornando a qualidade da água imprópria para usos múltiplos.

É importante lembrar que, além dos problemas de saúde humana, a contaminação das águas afeta a qualidade e a diversidade biológica, ao passo que as atividades produtivas ficam comprometidas. Por isso é que a gestão dos recursos naturais, nesse caso preferencial, os hídricos, é urgente e - os Comitês de bacias têm papel preponderante para integrar institucionalmente os diversos interesses, pois seus poderes consultivos e deliberativos, de instância mais importante de participação e integração do planejamento e das ações relacionais aos recursos hídricos, são imprescindíveis na mediação dos conflitos, advindos das políticas econômicas e atividades sociais – uso e ocupação do solo (estrutura fundiária, urbanização etc) demografia, industrialização, impactos ambientais, macroprojetos, etc. obviamente, resguardam as devidas proporções de atuações e responsabilidades das três esferas governamentais.

A título de exemplificação, foram visitados diversos pontos potenciais de poluição em 25 municípios na Bacia do Rio Acaraú, no centro-norte cearense, considerando também as Estações de Tratamento de Água (ETA's) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Em maioria, as estações não apresentam condições ideais de funcionamento, cabendo às ETE's os maiores problemas. Neste sentido, é mister melhorá-las, porque, conforme Campos (2002), elas representam sistemas de tratamento econômico

e têm potencial para produzir efluentes isentos de helmintos, protozoários, bactérias e vírus, passíveis de uso para irrigação.

O processo de desenvolvimento deflagrado, nada obstante, provoca elevação na demanda pelos recursos naturais, sem proporcionalmente sequer promover melhoria na qualidade de vida da população residente. As atividades regionais desenvolvidas modificam os usos múltiplos da água e seus aspectos espaciotemporais, desfigurando as paisagens - amálgama dos componentes do quadro biofísico das Bacias-, reduzindo sua biodiversidade. Tendo como referência a complexidade que são as bacias hidrográficas, seus canais fluviais e o escoamento das águas, podemos dizer que ocorrem formas diversificadas e desregradas de ocupação do solo em seus domínios, em que emergem conflitos e impactos de variadas etiologias. Exemplo disto é o que se verifica com as tipologias de uso e ocupação da terra.

Conforme o uso e ocupação do solo podem ocorrer impactos ambientais diretos e indiretos nos exutórios das bacias. Sobre os impactos diretos, assinalamos: retificação, dragagem do rio e barramentos indevidos. Por outro lado, no que diz respeito aos impactos indiretos, é possível encontrar: desmatamento, impermeabilização de superfícies e mudanças no uso da terra; e, até mesmo ocorrer modificações nas propriedades físicas e estruturais dos solos, na precipitação e temperatura.

A depender das obras de engenharia e das sucessivas retificações dos rios, os impactos sobre b.h's, principalmente à montante de reservatórios, no próprio reservatório e em sua periferia, bem como à jusante da barragem podem ser de várias etiologias: hidrológicos, microclimáticos, geomorfológicos e bióticos (CUNHA, 1995). Em especial, a canalização, que pode ser observada nos perímetros irrigados e em alguns centros urbanos como Russas (Vale do Jaguaribe) e Crato (Vale do Salgado), Pacujá, Morrinhos e principalmente em Sobral (Vale do Acaraú), representam obras de engenharia desenvolvidas no sistema fluvial, envolvendo direta modificação da calha do rio e ocasionando impactos diretos no canal e na planície de inundação. O sinergismo das atividades socioeconômicas altera o equilíbrio dos canais, promovendo mudanças no ciclo hidrológico e nos processos fluviais. Ademais, sobre as características e problemas de canais retificados, pode ser produzido um “arquivo de informações”, para perspectivas de análises. Como exemplo, o Quadro 05 sumaria esses

aspectos, como reflexo das atividades socioeconômicas e da dinâmica biofísica no riacho Mucambinho em Sobral, margem esquerda do Acaraú e do Rio Granjeiro, na cidade do Crato, Bacia do Salgado – no extremo sul do Estado, bem como no Rio Maranguapinho, na RMF, um dos mais alterados do Estado, com poluição e retificações de canais.

Quadro 05 – Características e Problemas na Retificação do Canal do Riacho Mucambinho (Sobral) e dos Rios Granjeiro (Crato) e Maranguapinho (Fortaleza).

Aspectos do canal	Caracterização
Área ao redor/ocupação	Estrutura de concreto preservado a pouco deteriorada. Formação de bancos de areias povoados por vegetação. Lançamento de esgotos.
Margens	Ocupação com terrenos e loteamentos, sem erosão aparente. Vegetação herbácea e arbustiva ao fundo. Pequeno trecho de área permeável. Avenida asfaltada lindeira ao rio. Ocupação urbana densa em trechos do Rio Granjeiro, médio-baixo Mucambinho. Altíssima densidade de ocupação nas várzeas e leito menor do Maranguapinho, com sérios problemas ambientais deflagrados. Fluxo acentuado de veículos e pessoas. Proteção do canal com paralelepípedos e mureta. Ajardinamento para paisagismo e permeabilização para urbanização em Sobral.
Sedimentos de fundo	Areias e formação de bancos arenosos, blocos de concreto (rejeitos de construção) seixos.
Morfologia	Uniforme, obedecendo a um padrão meandrântico.
Fluxo	Uniforme, com soleiras e depressões.

Interferências humanas na geomorfologia fluvial afetam a bacia e seus canais constituintes, por isto o homem pode ser considerado um agente geomorfológico influenciador, por exemplo, da morfodinâmica. Os usos múltiplos d'água, com usos consultivos e não consultivos nas atividades rurais e urbanas alteram as condições naturais dos rios em foco, principalmente da sua dinâmica fluvial, com conseqüências de causa e efeito, podendo provocar impactos irreparáveis.

As transformações ambientais observadas na ocupação das mais diversas b.h's, no campo e na cidade, apontam para uma crescente pressão social

sobre os recursos naturais disponíveis. Os recursos hídricos, por exemplo, tiveram sua demanda elevada em face da diversificação dos seus usos múltiplos e do incremento urbano e agroindustrial — geralmente resultando em impactos ambientais que determinam um descenso nos índices de desenvolvimento social. Como se não bastasse, a compactação dos solos e ablação, desmatamentos, sobretudo da mata ciliar, compactação de várzeas pela pecuária extensiva, anos de secas, com “corte” do fluxo hídrico, são agravados pela intermitência da alimentação do regime fluvial. Esse fato compromete até a perenidade dos leitos dos açudes, desestabilizando a geomorfologia fluvial e a agropecuária nesses trechos. O barramento de cursos d’água rompe a dinâmica dos sistemas em seqüência - mostrando o relacionamento entre vários subsistemas - modificando o *input* de água na bacia de drenagem, impulsionadora das interações sistêmicas, influenciando no balanço de energia e matéria, comprometendo a geodinâmica e a renovação hídrica. Os fatores da exploração biológica são degradados, comprometendo a teia de relações naturais e o manuseio da biodiversidade. Com efeito, as feições topográficas, os processos morfogenéticos e morfodinâmicos atuantes precisam ser considerados para o uso do solo – agrícola e/ou urbano; isto em uma atenção mais globalizante, no diagnóstico das condições ambientais, colaborando para (re)orientar os assentamentos humanos e as atividades produtivas do ordenamento territorial. O mais grave de tudo isso, e sem respaldo legal, é a privatização das águas, impedindo o acesso da população a esse bem público universal e inalienável. Mesmo porque, não se pode negligenciar que os rios ainda condicionam a vida.

No contexto da geomorfologia fluvial, destacando os cursos d’água, em seus processos fluviais e formas resultantes dos escoamentos das águas, das principais características que condicionam o regime hidrológico, os rios ainda promovem certo estágio de resiliência dos aspectos bióticos e abióticos. Decerto, o poder de autodepuração dos veios fluviais, bem ou mal, ainda é latente, pela bioprodutividade da vegetação remanescente. Assim a resiliência espaciotemporal ainda se ajunta a outros fatores,

como destacou Campos (2002): os efeitos dos raios solares, a precipitação de particulados e a reaeração da água.

Concomitantemente, a poluição e o barramento dos recursos hídricos e as estiolações dos fatores de exploração biológica magnificam os conflitos decorrentes do uso e ocupação da terra. Nesse caso, podem desencadear usos potencialmente competitivos pela água, utilizações complementares, empregos que competem entre si, ditos vinculados e competitivos, e aplicações concomitantemente complementares dependentes e competitivas (CHRISTOFIDIS, 2002). Conflitos entre uso doméstico/público e comercial e agropecuário e industrial/agroindustrial e turismo e lazer e conservação compulsória e especial são corriqueiros.

As alterações ambientais vêm tornando a água, que ocorre em diferentes estados e formas - recurso natural renovável, porém esgotável -, cada vez mais escassa para seus diversos usos. Em razão de usos consuntivos, não consuntivos e conflitos emergentes, Christofidis (2002) assinala que a escassez de água produz uma redução de sua disponibilidade, manifestada tanto na crise atual da saúde quanto no problema de médio prazo da alimentação básica, agravando os índices de qualidade de vida, de hoje e das futuras gerações, no contexto regional. Faz-se mister, urgentemente, evitar litígios (atuais e futuros) para alcance dos usos conjuntivos associados aos partilhados dos recursos hídricos, definindo prioridades e eliminando os riscos de conflitos pelo uso da água. Igualmente, sem adequar o domínio dos usos e usuários da água, suas funções, categorização e escala de necessidades, não haverá melhoria nos índices de mensuração da qualidade de vida da população local e contígua (Quadro 06). Para tanto, esses fatores podem ser mitigados para as Bacias no Ceará e, servir de base aos Comitês de Bacias constituídos e operantes.

Quadro 06 – Usos, Funções e Utilizadores do Produto Água Associados a Aspectos de Imprescindibilidade, Possibilidade de Substituição e Feitos a Jusante em Bacias Hidrográficas.

Usos	Funções	Utilizador final/associado	Imprescindibilidade (I)	Possibilidade de substituição (S)	Efeito a jusante (J)
Bebida e alimentação	Biológica/ consumo	Homem/entidade concessionária, empresas de águas minerais, Animal/agropecuária; Fauna/meio ambiente, Culti-vos/irrigantes	5,2,5,5	B,B,B,B	(-)
Higiene/ Limpeza	Condução/ diluição/solvente	Homem/entidade concessionária,Animal/agropecuária, Homem/produzidor; Industrial/ agro-industrial	5,5,4	B,B,C	(-)
Produtor industrial/ agroindustrial	Uso da água no processamento/ meio de produção	Homem/produzidor/industrial/ agroindustrial	3	B/C	(-)
Navegação	Transporte/turismo	Homem/empresários do turismo	1	B	(0)(-)
Refrigeração	Temperatura/conservação	Indústria/agroindústria/ comércio	2	B	(-)
Sustentação à vida	Consumo (biológica)	Biodiversidade/humano	5	B	(-)
Lazer e Desporto	Suporte/estética	Homem/clubes/pesque e pague	3	B	(-)
Destinação final (rejeição)	Diluição/solvente	Homem/fauna e Flora	5	B	(+)(-)

Fonte: Obs: (I) indica a possibilidade existente com a tecnologia atual de alcançar a mesma finalidade com usos alternativos; (S) Reflete a existência de outro produto que possa substituir o “produto água”, total ou parcialmente, em algumas de suas funções. Adotou-se indicar se Existe Possibilidade (A), ou Não Existe (B) ou é Parcialmente substituível por algum outro produto (C); (J) Decorrentes da retirada de quantidade e/ou lançamento de resíduos, são indicados como Negativo (-), Positivos (+) ou nulos (0). Fonte: Adaptado de Frade e Alves (1991) in Christofidis (2002).

Últimas observações

A materialização deste trabalho pode subsidiar adequados modos de utilização de ambientes semiáridos, em especial ao disciplinamento de uso e ocupação do solo, tomando uma bacia hidrográfica como unidade tarefa no estudo e planejamento geoambiental, em face da degradação dos recursos naturais, preferencialmente os hídricos e da gestão ambiental com consequências nefastas ao estiolamento das águas superficiais.

A investigação da b.h’s como unidade natural e do gerenciamento calcada na questão dos recursos hídricos e degradação ambiental, sob o prisma de um contexto amplo de planejamento ambiental, permitirá a execução

de trabalhos holísticos na abordagem sobre os recursos hídricos. Concorrendo para destacarmos algumas das vantagens da concepção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e intervenção política, eis que:

- em seu âmbito, é possível subsidiar o desenvolvimento de parcerias e resolução de conflitos para usos dos recursos naturais, como ainda analisar a degradação ambiental tomando-se por base sistemas fluviais;
- estimula e permite a participação popular, democraticamente, com relação ao poder público, organizações não governamentais (ONG's) e entidades privadas; no que descentraliza os trabalhos de conservação e proteção ambiental, estimulando as integrações comunitária e institucional;
- comporta-se como uma unidade fisiográfica indissociável possível de ser compartimentada em trabalhos geoambientais integrados;
- possibilita uma forma racional de organização de banco de dados, além de garantir opções para o uso dos mananciais e de seus recursos naturais;
- evidencia o estado de degradação ambiental pela eutrofização, bem como pelo assoreamento dos corpos hídricos; e
- apresenta um arcabouço jurídico-ambiental bem consubstanciado para o combate à degradação ambiental/desertificação, nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's).

Assim é que, com a concepção de Bacia Hidrográfica como unidade de manejo geoambiental, auxilia também na gestão ambiental, para administração do espaço em tarefa, com maior grau de eficiência para o gestor designado.

Via de regra, as tipologias de uso/ocupação da terra reunidas pelos recursos agrossocioeconômicos, urbano-industrial e usos múltiplos dos recursos hídricos e ambientes hidromórficos, produzem alterações ambientais, nas b.h's. Dentre os principais, registramos a expansão urbana desordenada, com concomitante crescimento desordenado dos núcleos populacio-

nais; concentração de renda no campo e na cidade; emprego de técnicas agrossilvopastoris inadequadas; desmatamentos, queimadas, degradação pedológica; mineração clandestina; carcinicultura; ocupação de Áreas de Preservação Permanente; problemas oriundos do turismo e da agropecuária; poluição dos recursos hídricos e mudanças hidrológicas; aumento expropriador dos Complexos Agroindustriais e privatização das águas; problemas originários da industrialização e redução da biodiversidade, etc.

Convém registrar que a fruticultura em alguns perímetros irrigados, como nos baixos cursos do Acaraú e Jaguaribe, mantém relação direta com os mercados globais, no entanto, as salinizações e a sodificação induzidas pelo manejo equivocado da irrigação constituem sério problema que envolve os agropólos. O elevado grau de desperdício dos recursos hídricos e a degradação dos solos na irrigação comprometem a geração de riquezas e melhorias nos índices de qualificação sociais no mundo rural.

Uma classificação dos corpos hídricos com diretrizes ambientais para o seu enquadramento, assim como estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme a Resolução CONAMA nº 357 (17/03/2005), sendo suas outras diretrizes, também necessárias. Por todos esses motivos, é importante se considerar as mudanças no ambiente fluvial, no espaço e no tempo, desencadeadas pelas interferências humanas e suas resultantes sobre o ambiente; ao menos, que os agentes organizadores do espaço ponham em prática os preceitos da Agenda 21, especialmente o Capítulo 18, que trata da proteção, qualidade e abastecimento dos recursos hídricos, imbricado ao Capítulo 12.2, que considera o semiárido e a desertificação – por este ser um dos maiores problemas ambientais dos sertões como um todo.

Esses capítulos advogam o fato de que é mister: integrar medidas de proteção e conservar mananciais; desenvolver técnicas de participação do público nas decisões; mobilizar recursos hídricos, em especial nas zonas áridas e semiáridas; desenvolver ao abastecimento d'água (dessalinização, reuso e reposição de aquíferos etc.); e que, no manejo de ecossistemas frágeis em face da luta contra a desertificação e a seca considere-se a degradação da exploração biológica associada às atividades socioeconômicas, inciden-

tes sobre os recursos hídricos, a destacar: a degradação hidrológica superficial, pela perda da cobertura vegetal e a degradação das águas subterrâneas, por alteração das modificações nas condições de recarga. Esta questão ganha maior evidência quando se trata de um dos mais pobres estados da Federação, tem nas contingências do semiárido, ecozona que perfaz aproximadamente 92% de seu território, ou pouco mais de 136.000 km², um forte entrave ao aproveitamento dos recursos naturais, com destaque aos hídricos, associado às políticas não crastinatórias, piegas e pelegas, historicamente arroladas.

Entrementes, segundo Rebouças (2002), a crise de água no País, sobretudo no Nordeste decorre no geral de: um crescimento rápido e desordenado das demandas; degradação da qualidade dos mananciais normalmente utilizados em níveis inimagináveis; pela baixa eficiência dos serviços de saneamento básico; produção de áreas de risco; e agravamento dos efeitos da seca. Isto é consequência da urbanização e da industrialização, da história rural de aproveitamento extensivo do potencial hídrico do solo; do baixo nível tecnológico/organizacional, no plano primitivo de uso e ocupação do meio rural, ocasionando desmatamentos, contribuindo para erosão, empobrecimento das pastagens nativas, redução das reservas de água do solo e consequente queda progressiva da sua produtividade natural. Urge, como necessária, a gestão ambiental de bacias de drenagem como unidades de planejamento para minorar ou reverter o estado atual de degradação das paisagens, que reflete, direta ou indiretamente, seus efeitos deletérios na própria qualidade de vida dos povos.

Com esta realidade, concebendo a Bacia Hidrográfica como unidade territorial de planejamento, torna-se urgente reler os paradigmas de desenvolvimento regionais que, atrelados ao nacional e ao internacional, ante a globalização, determinam padrões degradadores e comprometedores de manejo das atividades produtivas, com destaque para as campesinas, em meio a reestruturações produtivas e territoriais seletivas, excludentes e elitistas e para os assentamentos humanos precários nas periferias urbanas.

Referências Bibliográficas

CAMPOS, Nilson. Gestão de Águas: novas visões e paradigmas. IN: Campos, N. e Studart, T. (organizadores). **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2002. p.17-24.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, Suzi (org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p. 13-28.

CUNHA, Sandra B. da. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do rio São João** (Rio de Janeiro/Brasil). Rio de Janeiro: Edição do autor, 1995. 415p.

HELLER, L. e CASSEB, M.M. Abastecimento de água. In **Manual de saneamento e proteção ambiental**. Belo Horizonte: DESA/GTZ, 1995.

NASCIMENTO, Flávio R. do. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – CE**. (Tese de doutorado). Niterói: UFF, 2006. 3325p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). e Secretária de Recursos Hídricos (SRH). **Documento de Introdução**. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Iniciando um processo de debate nacional. Brasília: MMA/SRH, 2004. 51p.

OLIVEIRA, Alcinone de e FERREIRA, Elisabeth. **Caracterização de Sub-bacias hidrográficas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 26-38.

REBOUÇAS, Aldo da C. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B.; e Tundisi, J. G. (orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002b. p. 151-199.

VIEIRA, Vicente P.P.B. Água Doce no Semi-árido. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p. 507-530.

A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO VALE DO CARIRI, CHAPADA DO ARARIPE – ESTADO DO CEARÁ

Itabaraci Nazareno Cavalcante ¹

Liano Silva Veríssimo ²

Introdução

Inserida na Bacia do Araripe, a região sul do Ceará, designada como Cariri, possui os melhores sistemas aquíferos do Estado onde estão localizadas as maiores reservas de água subterrânea, quase sempre de boa qualidade natural, abastecendo a maioria (90%) dos municípios através de poços tubulares e/ou fontes. Com a necessidade cada vez maior de água potável para atender à crescente demanda hídrica mundial, os recursos hídricos subterrâneos são mais explorados, haja vista que apresentam diversas vantagens quanto à qualidade, quantidade, localização, baixo custo de captação e tratamento.

O acelerado crescimento da população e da indústria na região do Vale do Cariri, Ceará – Nordeste do Brasil, tem concorrido para um aumento no consumo de água subterrânea. O uso desordenado e a ausência de medidas de proteção desse manancial levam à necessidade mais urgente de uma definição de regras e critérios para gerenciar tais recursos.

O Vale do Cariri (Foto 1) representa uma das mais importantes regiões em desenvolvimento no Ceará, onde estão localizados importantes municípios cearenses, a exemplo de Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Mauriti, Brejo Santo e Porteiras, sendo que os três municípios de maior expressão político-sócioeconômica são Juazeiro do Norte (248,2 km²), Crato (1.157,9 km²) e Barbalha (599,3 km²) que possuem 249.939, 121.428

¹ Professor Pesquisador na área de Hidrogeologia do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

² Geólogo, Mestre em Hidrogeologia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza, Ceará – Brasil.

e 55.323 habitantes, respectivamente, totalizando 426.691 habitantes (IBGE, 2010) e, dentre estes, Juazeiro do Norte apresenta o maior índice de urbanização, com uma concentração de mais de 90% de sua população na zona urbana. Esses três municípios constituem o eixo CRAJUBAR (CRA – Crato, JU – Juazeiro do Norte e BAR – Barbalha), centro maior de desenvolvimento do sul do Estado.



Foto 01 – Aspecto do Vale do Cariri Entre a Cidade de Barbalha e Juazeiro do Norte. Ceará. Autor : I.N. Cavalcante.

2 - Sistemas armazenadores das águas subterrâneas

A Chapada do Araripe possui altitudes que variam entre 700 a 1.000m e caracteriza-se por uma superfície plana, congruente com a estrutura geológica, que está limitada em toda sua extensão por escarpas erosivas, fazendo contato geológico com a Depressão Sertaneja na parte norte. Constitui-se de rochas sedimentares cretácicas e em sua porção superior dominam os

arenitos e siltitos da Formação Exu. A ausência de drenagem no topo da chapada é quase total, devido ao solo bastante homogêneo, arenoso e extremamente permeável.

Os litotipos, a disposição das camadas e o suave mergulho das camadas rochosas em torno de 5° de sul para norte favorecem a ocorrência de fontes hídricas naturais, responsáveis pela alimentação dos canais de drenagens da área, que se encontram inseridos na Bacia Hidrográfica do Jaguaribe, Sub-Bacia do Salgado.

MONT'ALVERNE *et al.* 1996, em estudo hidrogeológico realizado para o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM na Bacia Sedimentar do Araripe, propuseram a seguinte classificação hidrogeológica (Figura 1):

- A. *Sistema Aquífero Superior* (Formações Exu e Arajara) – com aproximadamente 320m de espessura;
- B. *Aquicluda Santana* – com aproximadamente 180m de espessura;
- C. *Sistema Aquífero Médio* (Formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha) – com aproximadamente 500m de espessura;
- D. *Aquicluda Brejo Santo* – com aproximadamente 400m de espessura, e;
- E. *Sistema Aquífero Inferior* (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo) – com 60 a 100m de espessura.

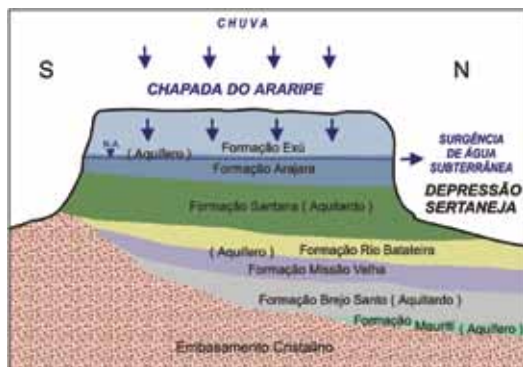


Figura 01 – Representação Esquemática das Unidades Hidro-Estratigráficas da Chapada do Araripe, Ceará. Fonte: Consórcio Cogerh/ Golder-Pivot, 2005.

O Sistema Aquífero Superior possui expressiva variação litológica, englobando termos areníticos a siltico-argilosos, com intercalações de arenitos grosseiros a conglomeráticos que refletem diferentes condutividades hidráulicas, tanto verticais quanto horizontais. A recarga aquífera é oriunda da infiltração pluviométrica direta e a água infiltrada no topo da chapada desce por gravidade até atingir o nível de saturação, passando a circular sub-horizontalmente no sentido dos exutórios naturais (Fontes naturais). Apesar de ser classificado como aquífero, ainda existem poucos dados hidrogeológicos sobre este sistema que, apesar da composição predominantemente arenosa, possui nível estático profundo e funciona mais como um aquífero de transferência para os sistemas sotopostos.

O Sistema Aquífero Médio tem sua recarga também pluviométrica, facilitada pelas elevadas permeabilidade e porosidade dos litotipos. O estudo isotópico de O_{18} e C_{14} executado na bacia admite a possibilidade de alimentação desse sistema aquífero por filtração vertical através do pacote sedimentar da Formação Santana (Mendonça, 1996), embora seja contestada, haja vista a ocorrência de camadas impermeáveis de folhelhos, argilitos e calcários, com espessura da ordem de 200m e, em segundo plano, devido às pressões confinantes que geram cargas potenciométricas mais elevadas no aquífero sotoposto na Chapada, impedindo qualquer fluxo vertical descendente (Mont'alverne *et al.*, 1996).

No Sistema Aquífero Médio estão localizados os poços tubulares (Figura 2) que cedem às maiores vazões do Vale do Cariri, chegando a 300 m³/h captadas por poços tubulares com profundidades predominantemente oscilando entre 80 a 200m, e responsáveis pela oferta hídrica para a população da região através da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará e demais operadoras. A descarga natural do sistema de fluxo hídrico subterrâneo se faz ao longo do vale do Rio Salgado e de seus afluentes, garantindo parcialmente o caráter perene de algumas drenagens da região. A descarga artificial ocorre principalmente através do bombeamento de poços tubulares pertencentes ao Sistema Aquífero Médio.

O Sistema Aquífero Inferior possui pequena a média vocação hidrogeológica, com os poços construídos neste sistema fornecendo vazões geralmente inferiores a 20m³/h, aumentando à medida que captam o Aquífero

Mauriti. Assim como os demais, sua recarga é proveniente das precipitações atmosféricas e seus exutórios são as redes de drenagem existentes na região.

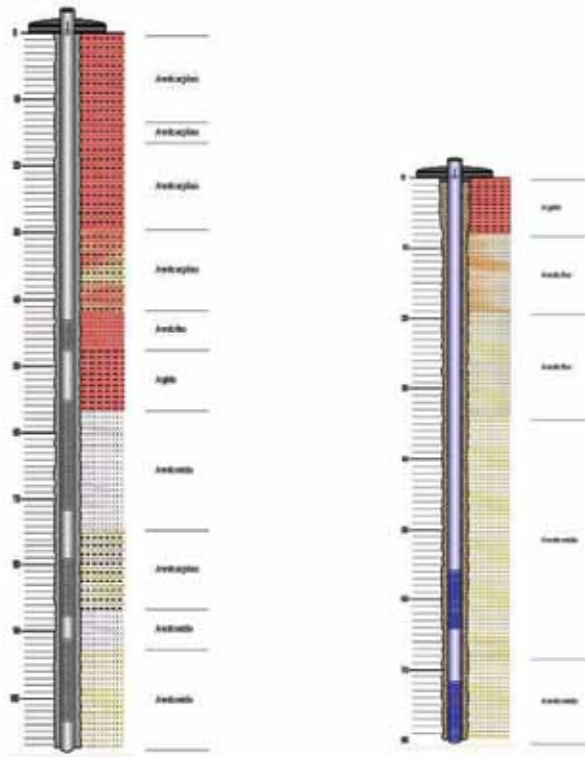


Figura 02 – Poços tubulares – Santa Rosa/Crato (esquerda) e Cachoeira/Juazeiro do Norte (direita) – Vale do Cariri, Ceará.

Qualidade das Águas Subterrâneas

A *água potável* é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem e que não venha prejudicar sua saúde, sendo de boa qualidade e sabor agradável. Nas análises físico-químicas e bacteriológicas, essas características podem ser observadas e relacionadas a padrões que, referente ao consumo humano e no caso do Brasil, são estabelecidos pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde do Brasil.

No geral, a qualidade das águas subterrâneas do Vale do Cariri é considerada boa, atendendo aos padrões vigentes no território nacional. Em termos de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), que reflete a mineralização iônica, dados das águas captadas por poços tubulares (48) na região de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha mostram que estas são classificadas como “*águas doces*”, cujas concentrações de STD são, predominantemente, inferiores a 300 mg/L e, portanto, aceitáveis para consumo humano já que o padrão estabelece STD inferior a 1000 mg/L.

A dureza das águas possui valores oscilando quase sempre abaixo de 250 mg/L de CaCO_3 , padrão de potabilidade, recebendo classificações entre “*brandas* (< 50 mg/L) a muito duras (> 200 mg/L)”, segundo aqueles adotados por Custódio & Llamas (1976).

Quanto às características de acidez ou alcalinidade das águas, observa-se que o pH oscila entre 5,0 a 8,5, refletindo caráter pouco ácido, porém com predominância dos valores considerados aceitáveis para águas utilizadas para consumo humano (pH entre 6,5 e 9,0) pela Portaria nº 518/2004 MS.

A classificação iônica das águas pode ser realizada com o Diagrama de Piper (Figura 3), onde se observam diferentes classes das águas subterrâneas da região de CRAJUBAR, sendo constatada a predominância das Bicarbonatadas - Mistas, seguidas das Cloretadas e Mistas, estabelecendo-se a relação iônica $r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} = e \text{ } r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++} > r\text{Na}^+$ ($r = \text{meq/L}$).

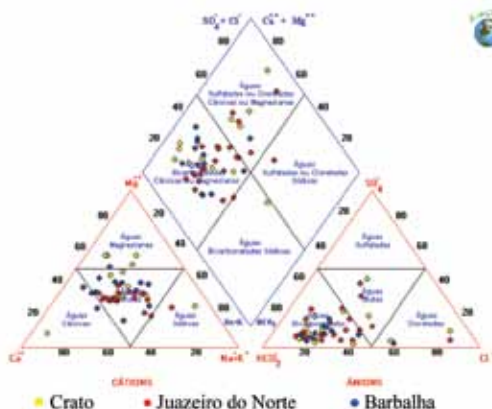


Figura 03 – Classificação iônica das águas subterrâneas no eixo CRAJUBAR - Vale do Cariri, Ceará - Fonte: Lopes, 2005.

Na região dos municípios de Mauriti e Brejo Santo, o Sistema Aquífero Médio possui águas Cloretadas - Sódicas, Cloretadas - Mistas, Bicarbonatadas - Mistas e Bicarbonatadas - Magnesianas (Figura 4) resultante de uma relação iônica entre ânions e cátions de $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^-$ e $rNa^+ = rMg^{++} > rCa^{++}$. Para o sistema Aquífero Inferior observa-se a presença das Bicarbonatadas - Mistas, Sódicas e Magnesianas, Cloretadas - Sódicas e Mistas -Sódicas (Figura 5) e uma relação iônica estabelecida por $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^-$ e $rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{++}$.

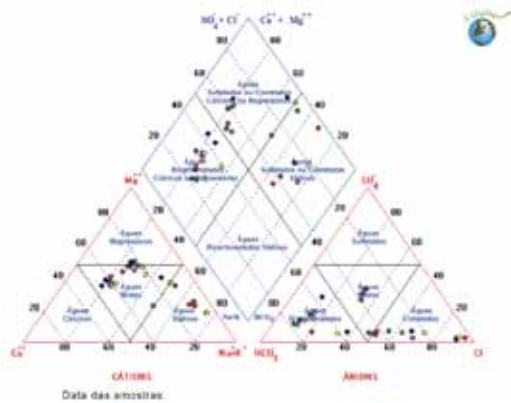


Figura 04 – Classificação Iônica das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Médio na Região de Mauriti e Brejo Santo, Vale do Cariri - Ceará. Fonte: Lopes, 2005.

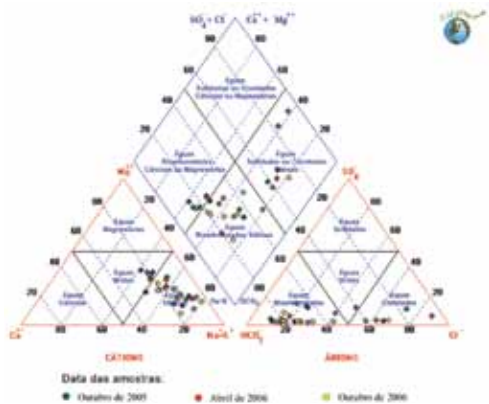


Figura 05 – Classificação Iônica das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Inferior na Região de Mauriti e Brejo Santo, Vale do Cariri - Ceará. Fonte: Guerra Junior, 2008.

exemplos desta situação em diversas regiões do mundo, a exemplo do que ocorre no México e no Texas/USA. Tais fatos têm levado pesquisadores a utilizarem o aquífero para finalidades além da exploração (Captação da água através de poços a um custo previamente definido), a exemplo das funções Transporte Aquífero e Banco de Águas.

Além da importância hidrogeológica, em que o Vale do Cariri se apresenta como o maior potencial hídrico subterrâneo atualmente estudado no Ceará, detendo os poços mais profundos do Estado e as maiores vazões captadas, estudos realizados por SANTIAGO *et al.* (1996) - Laboratório de Carbono-14 do Departamento de Física/CC/UFC - utilizando medidas isotópicas de Oxigênio 18 e Carbono 14 dessas águas subterrâneas demonstraram que elas possuem idades que vão dos tempos atuais (*Águas recentes*) a 12 mil anos (*Paleoáguas* com idade entre 8 e 12 mil anos), o que demonstra a necessidade, por si só, de estudos e medidas governamentais para o uso destes recursos sob o foco da sustentabilidade.

A evolução temporal da atividade de construção de poços tubulares no Cariri mostra que os poços mais antigos na região remontam a 1925 e, daí em diante, procedeu-se a evolução normal em função direta do crescimento populacional, até a década de 70 quando houve um crescimento na construção de poços até o momento atual, observando-se alguns picos na construção em razão direta de períodos de estiagem, a exemplo do que ocorreu entre 1979 a 1983 (Veríssimo, 1999). Atualmente, estima-se um número de 1.500 a 2.000 poços tubulares no Vale do Cariri que captam água para diversos usos e, destes, de 40 a 50% encontram-se no eixo CRA-JUBAR que, inclusive, possui captação de águas minerais.

No lado cearense da Chapada do Araripe existem 265 fontes que, segundo MONT'ALVENE *et al.* (1996), liberam um volume de água de 4.691 m³/h (4.691.000 litros/hora) contribuindo, sem dúvida, para a formação dos rios oriundos da chapada do Araripe, água para irrigação e abastecimento humano (Foto 2). Em nível de Brasil e com cadastro e medidas de campo, representa o maior número de fontes hídricas naturais, um bem indescritível em termos de beleza natural e potencial hídrico.

VERÍSSIMO & CAVALCANTE (1995) observaram que 95% das indústrias existentes na região do CRAJUBAR utilizavam água subterrânea para seu consumo e uso humano, e os 5% restantes utilizam água das fontes. Ainda, os poços utilizados na irrigação produziam 1.981 m³/h (8,5x10⁶ m³/ano), sendo usados principalmente na cultura de cana-de-açúcar. Na área utilizada pela Usina Manuel Costa Filho (Município de Barbalha), desativada, foram obtidas fichas técnicas de 19 poços que captavam 889 m³/h (1,9 x10⁶ m³/ano, considerando-se um regime de 8 h/dia) durante os nove meses do verão.

Na década de 90, os poços tubulares operados para abastecimento público pela CAGECE (Juazeiro do Norte e Barbalha) e pelo SAAEC (Crato) tinham profundidades entre 60 e 230 metros e produziam um volume de 4.369 m³/h mostrando a capacidade de oferta aquífera do Cariri (Tabela 1) para atender à demanda refletida pelo consumo “*per capita*” oscilando entre 300 e 370L/hab./dia.

Tabela 01 – Exemplo de Poços Utilizados no Sistema Público de Abastecimento de Água no Vale Do Cariri - Ceará.

Município (Nº poços)	Varição da profundidade (m)	Vazão média (m ³ /h)
Barbalha (4)	102 a 163	72,3
Crato (22)	60 a 130	97,2
Juazeiro do Norte (23)	91 a 227	113,9

Fonte: Guerra Junior, 2008.

Á época, VERÍSSIMO & CAVALCANTE (op. Cit.) estimaram que o volume explotado de 216 poços tubulares privados em uso (5.366 m³/h) alcançava, em regime de bombeamento de 8h/dia, o volume de 43.000m³/dia que, associado à oferta d'água para abastecimento público, alcança 53 x10⁶ m³/ano.

5 - Reservas e Disponibilidades Hídricas Subterrâneas.

O cálculo das reservas hídricas subterrâneas deve ser incorporado a qualquer projeto direcionado ao planejamento e gestão integrada de recursos hídricos. O planejamento dos recursos hídricos (superficial e subterrâneo) deve considerar o uso integrado das reservas, recursos e disponibilidades de água, associados a qualidade hídrica, ocupação do meio físico, uso e proteção (Cavalcante, 1998).

O fluxo da água em sub-superfície se processa de modo muito lento. Os tempos de residência das águas nos aquíferos são da ordem de dezenas de anos e, em alguns casos, se atinge a escala de centenas e até de milhares de anos, o que permite dizer que a água subterrânea pode ser um recurso mineral esgotável à escala da vida humana. Assim, o conceito de esgotabilidade do recurso hídrico está intrinsicamente à renovabilidade, ou seja, à velocidade de recarga hídrica subterrânea.

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo um ponto de vista natural ou utilitário. Tradicionalmente, estas reservas são classificadas como renováveis (dinâmicas ou reguladoras) e não renováveis (permanentes ou geológicas). As reservas totais são obtidas pela somatória das reservas renováveis e permanentes. Sob uma análise integrada, em função de escala de tempo de renovação e uso das águas, a classificação de reservas permanentes (não renováveis) não encontra respaldo, pois se sabe que a água subterrânea não está desconectada do ciclo hidrológico, participando efetivamente à medida que existe recarga, extração através de poços tubulares e descarga.

Deve ser observado que CAVALCANTE (2007 in FINEP/CPRM/UFC, 2006) considera, para efeito de cálculos de reservas hídricas subterrâneas, uma profundidade máxima de 250m em função direta da ausência de dados regionais de poços tubulares com maiores profundidades.

As reservas renováveis são representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres, participando do ciclo hidrológico em escala anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento.

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza (FINEP/CPRM/UFC, op. Cit.) monitorou entre os anos de 2005 e 2006, os níveis estáticos de 56 poços tubulares em uma área de 2.130 km² no Cariri, observando uma oscilação média de 2,0m e, considerando uma precipitação média de 970 mm/ano e porosidade efetiva de 10% para os aquíferos, mesmo sabendo ser este um valor conservador, obteve um volume hídrico precipitado de 2,06 bilhões de m³/ano.

O Sistema Aquífero Médio possui 300 x 10⁶ m³/ano como reservas renováveis, salientando-se que 2,3 x 10⁶ m³/ano derivam da contribuição das fontes

naturais existentes no sopé da Chapada do Araripe. O Sistema Aquífero Inferior é representado basicamente pelo Sistema Hidrogeológico Mauriti que possui um comportamento de meio fraturado e reservas renováveis de $60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

As reservas permanentes representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico em escala de tempo plurianual, centenária ou milenar, correspondendo aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (Rebouças, 1997; Cavalcante, 1998).

A ausência de um modelo geométrico definindo as espessuras reais e saturadas por blocos estruturais (grabens/horst) e uma profundidade máxima de 250m adotada a partir de perfis de poços tubulares, com múltiplas variações de perfis litológicos na área, foram aspectos observados por CAVALCANTE (2007) para o cálculo dessas reservas. As espessuras saturadas consideradas provêm da interpretação de perfis técnico-construtivos e litológicos de poços tubulares.

Para o Sistema Aquífero Médio foram consideradas espessuras médias saturadas de 64m e 32m para o meio livre e confinado, respectivamente, porosidade efetiva (η_e) de 10%, coeficiente de armazenamento (S) de $2,0 \times 10^{-4}$ e fator de segurança de 0,7, resultando em reservas permanentes de $9,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ para o Sistema Aquífero Livre e de $4,8 \times 10^9 \text{ m}^3$ para o Sistema Aquífero Confinado, resultando em um volume total de $14,3 \times 10^9 \text{ m}^3$ para as reservas permanentes deste Sistema Aquífero Médio.

O Sistema Aquífero Inferior é composto, no âmbito do Cariri, e na profundidade adotada (250m), pelo Aquífero Mauriti que possui um comportamento hidrogeológico essencialmente fraturado. A ausência de um modelo geométrico do sistema hidrogeológico e a falta de dados relativos aos intervalos das zonas fraturadas, potenciais armazenadoras de água subterrânea, nas fichas dos poços cadastrados, não possibilitou o cálculo de reservas permanentes.

Os recursos exploráveis (Potencialidade Aquífera) de águas subterrâneas representam os volumes que podem ser utilizados das reservas naturais, em função das reservas renováveis (reguladoras) ou dos meios técnico-financeiros de que se disponha, ou seja, da variável de decisão que leva em considera-

ção outros objetivos e fatores limitantes, a exemplo da taxa de renovabilidade natural (Cavalcante, 1998).

DUARTE (1997 in Cavalcante, op. Cit.) define recursos exploráveis como sendo “*aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente*” e os associa com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero, resultando no dimensionamento da potencialidade aquífera. Admite-se que, sem prejuízo para o aquífero, se possa explorar toda a reserva renovável e mais uma parcela da reserva permanente, que representem no período de 50 anos um valor de 30% dessas reservas. Desta forma, tem-se para o Sistema Aquífero Médio uma potencialidade de 386×10^6 m³/ano e para o Sistema Aquífero Inferior, adotando-se exclusivamente as reservas renováveis, 60×10^6 m³/ano, totalizando 446×10^6 m³/ano disponível para uso.

A “*disponibilidade hídrica*” refere-se ao volume que pode ser explorado sem risco de exaustão do sistema aquífero, que pode ser classificada na área de estudo nos seguintes tipos: (a) disponibilidade potencial do aquífero; (b) disponibilidade instalada dos poços, e; (d) disponibilidade instalável dos poços.

A *Disponibilidade Instalada dos Poços* corresponde ao volume de água subterrânea que pode ser captado a partir das obras instaladas, adotando-se a vazão máxima permissível de cada poço em regime de bombeamento contínuo.

A *Disponibilidade Efetiva dos Poços* representa os volumes atualmente captados, utilizando-se as vazões dimensionadas de bombeamento e o regime de bombeamento operante. Cavalcante (2007 in FINEP/CPRM/UFC, 2007) calculou que somente os poços operados pela CAGECE/SAAEC, com dados de vazão, bombeavam $35,6 \times 10^6$ m³/ano, enquanto que os poços públicos (226) e privados (423) exploravam $16,7 \times 10^6$ m³/ano, resultando em um volume explorado total de $52,3 \times 10^6$ m³/ano, representando 11,7% da potencialidade hídrica da área.

Referências Bibliográficas

CAVALCANTE, I. N. 1998. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza**, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 150p.

CAVALCANTE, I.N. & VERÍSSIMO, L.S. – 2003- **Importância das águas subterrâneas** – estudo de caso na região de Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha, ao sul do estado do Ceará – Brasil. Recife – PE. 13p.

CEARÁ - 1992. **Plano estadual dos recursos hídricos** - Secretaria de Recursos Hídricos. Diagnóstico. Vol. 1, Fortaleza.

FINEP/CPRM/UFC – 2007 – **Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe**. In Projeto comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semiárida do Nordeste Brasileiro. CPRM/REFO. Anexos. Fortaleza – CE.

GASPARY, J.; ANJOS, N. da F. R. dos; REBOUÇAS, A da C.; MANUEL FILHO, J.; LEAL, O; GARAU, J. P.; GUILLOT, P. - 1967. Estudo geral de base do vale do Jaguaribe. SUDEME-ASMIC Hidrogeologia. Recife - PE. Vol. 7

GUERRA JUNIOR, W.G. - 2008 – **Qualidade das águas subterrâneas nos municípios de Mauriti e Brejo Santo** – Vale do Cariri, Bacia do Araripe – Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado. Orientação: Prof. Dr. Itabaraci N. Cavalcante - DEGEO/CC/UFC. Fortaleza – CE, 62p.

LOPES, C. R. M. CAVALCANTE, I.N.; GUERRA JR, W.G. & DIAS, F.W.C. – 2005 - Qualidade das águas subterrâneas no Vale do Cariri - área em Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha - Estado do Ceará, Brasil. XIV Encontro Nac. de Perfuradores de Poços/II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. ABAS. Rio de Janeiro/RJ, 24p.

MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; COSTA, W. C.; DANTAS, J. R. A; LOPES, C. F.; MELO JUNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A ; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUZA, S. do R.; SILVA, E. C. C. da - 1996. *Projeto Avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe*. Ministério das Minas e Energia. De-

partamento Nacional da Produção Mineral. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. - Fase I. Recife. 100p. il.

RIBEIRO, J. A. & VERÍSSIMO, L. S. – 1995. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri. Vulnerabilidade natural das unidades aquíferas da região do Cariri. CPRM. Fortaleza. 30 p. il.

RIBEIRO, J. A.; VERÍSSIMO, L. S.; PRADO, F. da S.; RIBEIRO, J. A. P.; ANDRADE, T.T. B. de – 1996. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri. *Recursos hídricos e minerais do Município de Barbalha-CE..* CPRM. Fortaleza. 50 p. il.

SANTIAGO, M. F.; MENDES FILHO, J; SILVA, C. M. V. S; FRISCHKORN, H. - 1996. *Modelo isotópico da dinâmica dos aquíferos do Cariri.* Apêndice in Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe - Fase I. Recife.

VERÍSSIMO, L.S. – 1999 – A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento do eixo CRAJUBAR, Cariri Ocidental – Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia/CC/UFC. Orientador: Prof. Dr. Itabaraci N. Cavalcante – DEGEO/CC/UFC. Fortaleza – CE. 128p.



Seção II
**GESTÃO DOS RECURSOS
HÍDRICOS**



DINÂMICA FLUVIAL NO SEMIÁRIDO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: ENFOQUES SOBRE A BACIA DO JAGUARIBE-CE

Andrea Almeida Cavalcante ¹

Sandra Baptista da Cunha ²

Introdução

Os ambientes fluviais têm sido estudados desde os primórdios de nossas civilizações em razão da curiosidade e da necessidade de compreensão dos processos que ocorrem na evolução e esculturação do relevo. Por serem impulsionados a terem uma dinâmica muito intensa, estes ambientes estão em constante alteração, mudando seus mecanismos de transporte de sedimentos e formas deposicionais, e, por conseguinte, modificando as formas de usos por parte da sociedade.

Na atualidade, as práticas econômicas modificam o espaço físico na condição de valor de uso e valor de troca, gerando uma dinâmica de mercado em torno do próprio espaço, incluindo a adequação do meio ambiente circundante às necessidades sociais (BERNARDES e FERREIRA, 2003).

De modo especial, os ambientes fluviais têm sido amplamente alterados em razão dos diversos tipos de intervenções como barramentos de cursos d'água, retificação de canais, usos agropecuários em áreas de margens, o que pode levar, em alguns casos, à mudanças drásticas como o desaparecimento de canais. Na verdade, são raros os rios na atualidade que não têm sido afetados, direta ou indiretamente, pelos efeitos das atividades humanas. Por essa razão, a busca para entender o funcionamento desses sistemas tem sido cada vez mais necessária, a fim de dar respostas ao melhor planejamento das ações.

Nessa perspectiva, as ações ligadas ao planejamento e à gestão passam a fazer parte da pauta de discussões governamentais e institucionais, geran-

¹ Geógrafa e Mestre em Geografia pela UECE. Doutoranda em Geografia na Universidade Federal Fluminense-UFF.

² Geógrafa, Professora da Universidade Federal Fluminense-UFF, Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Pesquisadora do CNPq nível 1. Doutora em Geografia pela Universidade de Lisboa e Pós-Doutorado em Londres.

do a criação de um grande número de leis ambientais, visando ordenar, de modo planejado, o uso e a ocupação do território.

O planejamento territorial na atualidade, constitui uma valiosa ferramenta para organizar melhor a forma de ocupação e uso da terra em razão, principalmente, do crescimento da população mundial e modo de produção, que confere ao planeta forte ameaça de esgotamento de seus recursos naturais, tornando necessária a inserção de discussões relacionadas ao ordenamento e a sustentabilidade nos planos de governo.

As bacias hidrográficas, em função de suas características naturais, têm-se tornado importante unidade espacial utilizada para gerenciar unidades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente em virtude da grande pressão exercida sobre estes pelos usos da sociedade atual.

A dinâmica dos canais fluviais tem ampla importância na determinação das características morfológicas e biológicas dos rios, e de modo especial, informações sobre o regimes de máximas são importantes na análise de inundações e consequentes alterações nos canais (AQUINO, 2007). Desse modo, a dinâmica fluvial insere-se como um elemento de análise importante, senão fundamental, no âmbito da bacia hidrográfica, levando o entendimento do comportamento dos canais que se torna cada vez mais relevante no planejamento das ações que deverão orientar o ordenamento, principalmente as relacionadas ao gerenciamento de recursos hídricos.

Este trabalho propõe discutir a importância dos estudos de dinâmica fluvial como ferramenta na tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos, com foco para análise de rios em áreas semiáridas em que se destaca a Bacia do Rio Jaguaribe no Ceará.

1 - Dinâmica de Rios Semiáridos

Estudos sobre a dinâmica fluvial em áreas áridas e semiáridas têm se destacado, sobretudo, na região central da Austrália, sul da África e América do Norte, necessitando maior atenção na América do Sul e Ásia. Na América do Sul pesquisas nessa temática estão voltadas, na grande maioria, para as

áreas tropicais, onde os rios são perenes. Em meio à primazia dos estudos fluviais estarem voltados para áreas úmidas, Tooth (2000) mostra que o desenvolvimento da teoria para rios de regiões secas tem contado com ideias importadas de trabalhos realizados em rios de caudal permanente, o que pode trazer problemas, uma vez que muitos processos fluviais, de magnitude e frequência particulares, diferem da maioria das regiões úmidas de modo considerável.

Entre os trabalhos realizados no âmbito dos processos sedimentológicos em áreas semiáridas brasileiras, alguns destes têm se concentrado na Bacia do São Francisco, pela dimensão e importância em escala de Brasil, embora as nascentes deste rio estejam localizadas fora da fronteira do Nordeste Brasileiro (em áreas de fortes precipitações). Nessa linha, destacam-se, entre outros, os trabalhos como o de Cavalcante (2001) e de Wiegand (2009) que trabalharam transporte de sedimentos no Alto e Baixo Jaguaribe no Ceará, respectivamente.

Uma das características mais marcantes dos rios em áreas semiáridas são as grandes variações de descarga que esses rios experimentam em curtos espaços de tempo, o que lhes confere grande mobilidade de forma de leito. Tais rios tendem a responder facilmente a cada evento de fluxo e podem exibir grandes mudanças nos fluxos de maior magnitude, mesmo àqueles que ocorrem a cada 10 anos (HOOK e MANT, 2002).

Com relação aos padrões e formas, os canais entrelaçados constituem um dos tipos mais frequentes encontrados em áreas semiáridas, dado que se desenvolvem sob quatro circunstâncias frequentemente observadas nesses ambientes: predominância de intemperismo mecânico e abundante carga de fundo; declividades mais acentuadas; alta erodibilidade das margens em razão da presença de partículas maiores e vegetação mais esparsa; e alta variabilidade de descarga (GRAF, 1988).

Padrões do tipo canal simples (*single-thread*), caracterizados por trechos largos e rasos, fundo plano, também são muito encontrados. Tanto os entrelaçados (*braided*) como os (*single-thread*) são comuns em áreas de alta variabilidade de descargas, alto transporte de fundo e fácil erodibilidade de margens como é o caso de áreas semiáridas (GRAF, 1988; TOOTH, 2000).

Entretanto, a forte sazonalidade imposta, de modo especial pelas condições do clima, pode levar estes rios a desenvolverem padrões compostos (GRAF, 1988 e XU, 1996). Graf (1988) observou em rios no sudoeste da América que os canais podem se apresentar de modo composto, ou seja, um simples canal meândrico pode estar inserido dentro de um grande canal entrelaçado. Neste caso, baixos fluxos ocupariam o canal meândrico menor, enquanto os altos fluxos seriam espalhados pelo canal maior designado como entrelaçado. Para o autor, os canais compostos podem ser uma forma de padrões estáveis em áreas semiáridas.

A alta variabilidade de fluxo conduz os ambientes fluviais semiáridos a terem uma dinâmica muito intensa a cada passagem de estação chuvosa. São rios, em geral, com canais muito largos e rasos que passam a maior parte do ano com um canal ativo de apenas poucos metros. O Rio Jaguaribe, no Ceará, é um típico exemplo desse tipo de dinâmica, podendo experimentar uma variação de expansão de fluxo na calha fluvial de cerca de 300 m entre a estação seca e chuvosa, formando um típico entrelaçado (braided) em águas altas e um entrelaçado instável (*wandering braided*)¹ em águas baixas.

Em geral, a eficiência de transporte varia inversamente com a taxa de deslocamento lateral das margens, representando, a grosso modo, em termos de proporcionalidade de fluxo, que canais mais largos são menos eficientes (MACKIN, 1948). Nesse sentido, a estabilidade de margens tem um papel importante na eficiência dos canais, e portanto, na forma dos canais. De modo natural, margens menos estáveis, do tipo mais arenosas, são comuns em áreas semiáridas (SCHUMM, 1987; GRAF, 1988), fato que naturalmente contribui para justificar o predomínio de canais largos e rasos.

Considerando a baixa coesão das margens dos rios no semiárido, uma vez atingido o nível de margens plenas (*bankfull*²), os processos erosivos podem ser potencializados em questão de dias ou horas, de modo especial em áreas com predomínio de terrenos cristalinos, cujos níveis de água podem ser elevados em muito pouco tempo, mediante a intensidade das

¹ De acordo com Carson (1984) e Knighton e Nanson (1993), canais que experimentam forte variação de descarga com barras intercaladas no meio do canal e baixa resistência à erosão são denominados entrelaçados instáveis (*wandering braided*) ou simplesmente instáveis (*wandering*).

² Significa o débito de vazão líquida que preenche na medida justa o canal fluvial que se constitui como o de maior poder efetivo na esculturação do modelado do canal (LEOPOLD, 1994; KNIGHTON, 1998; CHARLTON, 2008). *Bankfull Discharge* é definido por Christofoletti (1981) como nível de margens plenas. Charlton (2008) expõe a dificuldade da definição da descarga de *bankfull* em campo devido à variação da altura de margens ao longo do canal mesmo em curtas distâncias. Isso implica que cada seção transversal possui um nível de *bankfull* variável e não necessariamente deve considerar o nível pleno de margens, podendo em alguns casos estar abaixo desse topo.

precipitações. Neste caso, margens desprovidas de vegetação seriam alvos fáceis de desmontes de materiais, provocando de forma rápida, o aumento na largura de canais, e, por conseguinte, o aumento dos processos de assoreamento. Para a sociedade, isso pode implicar, de modo direto, no aumento dos riscos de inundações, uma vez que a capacidade dos canais podem experimentar rápidas reduções.

O contexto observado traduz claramente que a dinâmica fluvial em áreas semiáridas pode ser tão intensa ou maior quanto em áreas tropicais úmidas, o que gera certa preocupação com a questão das intervenções, principalmente àquelas relacionadas ao barramento de cursos d'água. Para Graf (1988), sem dúvida as barragens estão entre os impactos diretos mais significativos nestas áreas, dadas às próprias variáveis naturais que já estão embutidas. O que há de consenso na literatura é que as barragens controlam as vazões líquidas e sólidas, uniformizando as vazões no processo hidrológico e suspendendo a carga sólida no processo sedimentológico, provocando mudanças significativas tanto à montante quanto à jusante (MACKIN, 1948; LEOPOLD et al 1964; GRAF, 1988; CUNHA, 1995; KNIGHTON, 1998; CARVALHO, 2008).

Nesse sentido, embora possam ter diversas funcionalidades, as barragens e/ou açudes³ afetam as condições naturais de descarga líquida de alguma forma, podendo determinar mudanças, que a longo prazo, produzem novas condições de estabilidade, através da relação entre a capacidade de transporte de fluxo e a carga de sedimentos liberada do reservatório, junto com a relação entre erosividade de fluxo e erodibilidade de margens (BRANDT, 2000).

As características das barragens podem afetar o fluxo de diferentes maneiras. Além disso, o número de barragens construídas num rio tem importante papel. O efeito de um açude pode ser pequeno comparativamente ao de uma barragem, mas quando combinado com sucessivos açudes, este pode ser até mesmo superior aos das barragens (THOMS e WALKER, 1993).

Segundo Brandt (2000) a maioria dos rios barrados alcança a metade do

³ Para os hidrólogos, os açudes representam o corpo d'água formado pela construção do barramento. O termo açude tornou-se usual no Ceará pelo regionalismo, porém ambos (barragem e açude) se configuram em uma barreira artificial feita transversalmente ao rio com a finalidade de reter a água, podendo ser pequena, média ou grande.

total de mudança de profundidade em sete (07) anos. Entretanto, rápidas mudanças na largura podem ocorrer antes mesmo do fechamento da barragem devido à construção da mesma. Por outro lado, há uma grande dispersão nos períodos de ajuste de largura e profundidade, podendo alcançar um máximo de 100 a 340 anos, respectivamente.

Em meio a essa discussão sobre os efeitos de barramentos surgem ainda questões relacionadas à importância da vazão ecológica para as áreas de jusante, hoje discutida sob o prisma do hidrograma ecológico (COLLISCHONN *et al.*, 2005), uma vez que objetiva enfatizar a necessidade de alterar práticas tradicionais de aplicação de vazões constantes de estiagem para a adoção de regimes hidrológicos que permitam a preservação de processos ecológicos (CHRISTOPHER *et al.*, 2008).

O regime hidrológico é, sem dúvida, um dos fatores mais importantes na qualidade ambiental de um rio e de seus ecossistemas associados. Variáveis como a magnitude das vazões mínimas, a magnitude das vazões máximas, o tempo de duração das estiagens, o tempo de ocorrência das cheias, a frequência das cheias, a época de ocorrência dos eventos de cheias e estiagens, entre outros, estão entre as mais importantes para essa qualidade ambiental (POFF *et al.*, 1997; BUNN e ARTHINGTON, 2002). Por isto, não é suficiente a definição de uma vazão mínima a ser mantida à jusante de um importante uso da água. Usualmente, empregam-se três hidrogramas ecológicos para cada meta de conservação ambiental, com base no clima (ano seco, médio e úmido) (CHRISTOPHER *et al.*, 2008). Alguns estudos, inclusive, sugerem a liberação de cheias induzidas por grandes reservatórios na tentativa de restabelecer ecossistemas aquáticos de jusante.

Embora as áreas semiáridas em geral caracterizem-se por longos períodos de estio, e nesse sentido os ecossistemas envolventes estejam adaptados a essa condição, não se pode negar a importância dos curtos períodos de cheias na manutenção destes, especialmente pelo fato da alta variabilidade de fluxo entre um período e outro que pode representar o ponto chave de equilíbrio.

3 - A Bacia do Rio Jaguaribe

O Rio Jaguaribe representa um importante exemplo de comportamento de drenagem no Semiárido Brasileiro, com cerca de 610 km de extensão e 74.000km² de bacia hidrográfica, englobando cerca de 50% de área do Es-

tado do Ceará (Figura 1). Tãmanha extensão desse rio em pleno semiárido levou-o a ser considerado o maior rio seco do mundo (CAMPOS, 2006), embora hoje tenha grande parte de seu canal perenizado por barragens que garantem maior fonte de recursos hídricos ao Estado do Ceará.

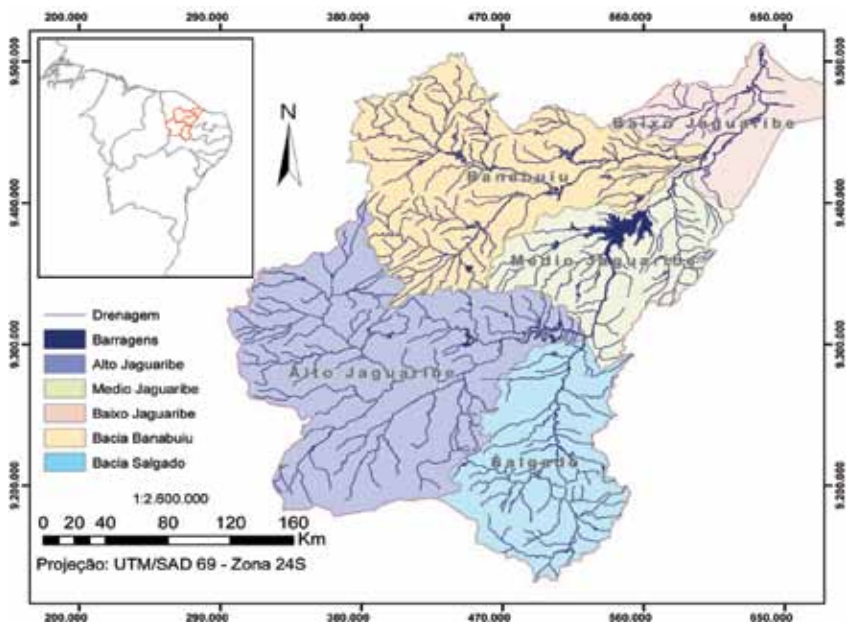


Figura 01 – **Localização da Bacia do Rio Jaguaribe no Nordeste Brasileiro, com a Divisão das Sub-Bacias.**

A Bacia do Jaguaribe é formada por 5 sub-bacias que são as bacias do alto, médio e baixo Rio Jaguaribe, Bacia do Rio Salgado e Bacia Rio Banabuiú, sendo estes dois últimos os dois maiores afluentes do Rio Jaguaribe.

O atual cenário hídrico visto nesta bacia revela-se como resposta à condição de um rio fortemente regularizado por um grande número de barragens de pequeno, médio e grande porte, em que a barragem do Castanhão (em funcionamento desde 2002) se destaca como a maior garantia para o Estado. Além destas, existem ainda outras formas de barramentos, menos expressivas, conhecidas popularmente como passagens molhadas.

O grande número de barramentos no Estado do Ceará é reflexo das peculiaridades climáticas (chuvas mal distribuídas e concentradas) e geológicas (predomínio de terrenos cristalinos) que inferem alto poder de escoamen-

to e, portanto, na reduzida capacidade de acumulação hídrica nas bacias. No referido Estado são aproximadamente 8.000 açudes com mais de 5 ha (COGERH, 2008) com capacidade total de acumulação aproximada de 18 bilhões de m³. Considerando barramentos de pequeno, médio e grande porte em geral é possível que haja algo em torno de 30.000 em todo o Estado do Ceará.

3.1 - Dinâmica Hidrológica: Variabilidades dos Fluxos do Rio Jaguaribe e de seus Principais Afluentes.

Conhecer a dinâmica hidrológica de um rio é o primeiro passo para entender as mudanças morfológicas que ocorrem ao nível dos canais fluviais e repercutem nas suas respectivas bacias hidrográficas. A informação hidrológica histórica de um rio traduz o retrato das alterações produzidas ao longo de curtos espaços de tempo como décadas, enquanto alterações mais complexas, como mudanças de curso ou abandono de canais, requerem investigação geológico-geomorfológica mais profunda, muitas vezes realizada a partir de datações.

Como forma e processo em bacias de drenagem estão intrinsecamente relacionados (GREGORY e WALLING, 1973), em geral tipos de usos e intervenções nos canais fluviais geram mudanças nos processos que por sua vez alteram a forma dos canais. Em efeito cadeia, tais alterações acabam repercutindo nas formas de usos e vice-versa. Entre as diversas ferramentas importantes para uma boa gestão dos recursos hídricos, estudos de dinâmica hidrológica são imprescindíveis para melhor adequação dos usos à conservação.

Entendendo que a Bacia do Rio Jaguaribe é a maior fonte de recursos hídricos superficiais do Estado do Ceará na atualidade, portanto de valor inestimável, considerou-se importante realizar uma análise detalhada do contexto hidrológico do Rio Jaguaribe nos últimos 50 (cinquenta) anos e suas repercussões na morfologia de canais, destacando a inserção de grandes barramentos. A caracterização hidrológica foi baseada em dados históricos de vazões diárias de 7 (sete) estações monitoradas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Tais estações foram escolhidas com base numa espacialização que considerasse as 2 grandes barragens (Orós e Castanhão) existentes no canal principal deste rio. Entre as estações escolhidas, três es-

tão no alto curso (Arneiroz, Iguatu e Icó), duas no médio curso (Jaguaribe e Alto Santo) e duas no baixo curso (Peixe Gordo e Banabuiú) (figura 2). Dados de precipitação diária (FUNCEME) referentes ao período analisado também foram utilizados a fim de traçar possíveis correlações entre chuva e vazão.

Entre as estações analisadas, a de Arneiroz, Iguatu, Icó, Jaguaribe e Morada Nova apresentaram os dados mais completos, embora com algumas falhas na série histórica. A estação de Alto Santo mostrou a menor série (apenas oito anos) e a mais incompleta, porém de grande relevância para análise da estação de Peixe Gordo.

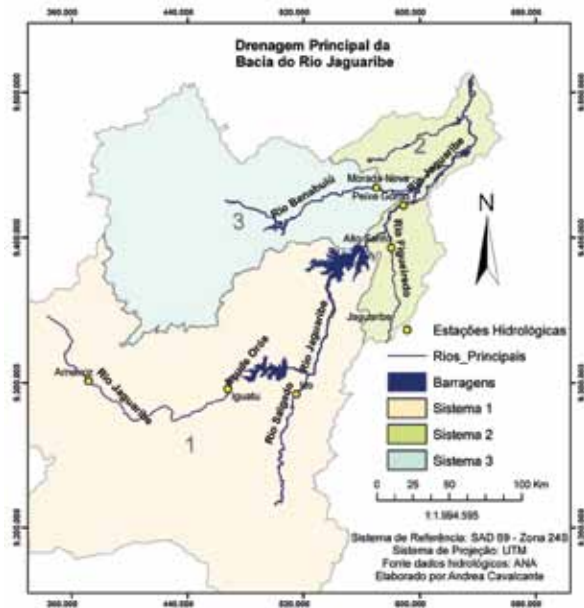


Figura 02 – Sistema Hidrológico com a Drenagem Principal da Bacia do Jaguaribe como Especialização das Estações Hidrológicas Monitoradas pela Ana.

Fonte de dados: Ana, COGERH. Organizado Pelo Autor.

A estação de Peixe Gordo, de maior interesse do ponto de vista da análise das mudanças fluviais provocadas pela Barragem do Castanhão, apesar de possuir uma boa série histórica (40 anos), também apresenta ausência de registro de 10 anos (1985-1995).

Para efeito deste estudo, a bacia foi dividida em três sistemas hidrológicos principais, considerando que o Castanhão passa a dividir a bacia em dois grandes sistemas hidrológicos (montante e jusante) e a Bacia do Banabuiú se constitui um sistema à parte que traz influências no Baixo Jaguaribe (figura 2). Deste modo seria: Sistema 1 (responsável pelo escoamento do alto curso até a barragem do Castanhão); Sistema 2 (responsável pelo escoamento do Rio Jaguaribe à jusante da Barragem do Castanhão); Sistema 3 (responsável pelo escoamento do Rio Banabuiú).

A tabela 1 apresenta as características hidrológicas das estações em análise tanto do Rio Jaguaribe como de seus afluentes. De modo geral, todas as estações são marcadas por grande amplitude de vazões entre período chuvoso e de estiagem, podendo variar de zero a $5.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, dependendo da localização da estação. Tais dados serão discutidos em detalhes nos itens 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3. Em razão do contexto geológico e climático da região, o regime de vazões tende a seguir o regime de precipitações que ocorre de fevereiro a maio, enquanto o restante do ano permanece sem chuva. Os dados quanto à vazão de recorrência ($Q_{1,5}$ e $Q_{2,33}$, distribuição estatística de GUMBEL) vistos na tabela 1, além das permanência de fluxos, serão discutidos nos itens 3.2 e 3.3.

Tabela 1 – Características Hidrológicas das Estações analisadas. Fonte de dados: ANA, COGERH.

Estações	Rio	PERÍODO DADOS	Área de Drenagem Km ²	Precipitação Média Anual série (mm)	Incliv. canal (cm km ⁻¹)	Largura canal (m)	Q Média Diária da Série (m ³ s ⁻¹)	Cota (m)	Qmáx Absoluta (m ³ s ⁻¹)	Cota (m)	Qmín Absoluta (m ³ s ⁻¹)	Q _{1,5} (m ³ s ⁻¹)	Cota (m)	Q _{2,33} (m ³ s ⁻¹)	Cota (m)	Perman. dias no ano Q<10 (m ³ s ⁻¹)
Aracêroz	Jaguaribe	1934-2007	5.897	590,36	104,5	30-60	6,42	1,41	983	7,37	0	123,80	2,90	233,50	3,94	339
Iguatu	Jaguaribe	1921-2007	21.683	725,50	31,4	12-180	26,96	2,46	2.765	9,26	0	318,34	3,75	615,27	5,08	295
Jaguaribe	Jaguaribe	1979-2007	39.800	927,70	39,8	15-350	55,14	2,85	3.485	7,14	0	325,60	4,21	749,20	4,97	182
Peixe Gordo 1	Jaguaribe	1967-2001	48.200	803,60	39,4	17-402	97,96	2,96	5.648	7,91	0	713,09	4,60	1384,40	5,38	219
Peixe Gordo 2	Jaguaribe	2002-2007	48.200	803,60	39,4	17-402	23,32	2,40	1.143	5,12	2,87	61,50	2,81	296,24	3,70	167
Isô - afluente direito	Salgado	1957-2007	11.879	938,30	62	11-160	27,21	3,20	1.482	7,90	0	292,34	4,28	463,96	5,50	266
Alto Santo-afluente direito	Figueiredo	1999-2007	2.023	855,60	76,7	8-60	1,84	1,16	505	5,91	0	41,23	2,52	133,41	3,72	357
Banabuiú-afluente esquerdo	Banabuiú	1973-2007	19.648	750,67	40,1	19-160	33,82	0,80	2.281	5,48	0,87	138,30	1,54	444,30	4,82	248

Área de drenagem: calculada a partir do ArcGis 9.3. Precipitação: a partir de dados da FUNCEME. Declividade: pelo coeficiente de rugosidade de Manning. Largura, Qm, Qmáx, Qmín – fonte: ANA. Q1,5 e Q2,33, foram calculados pela análise de recorrências (análise das máximas – utilizando distribuição estatística de GUMBEL). Perman. (Permanência): a partir da distribuição e frequência de fluxos.

3.1.1 - Sistema Hidrológico 1 – Alto e Médio Curso

O sistema 1 representa o de escoamento mais rápido e engloba as estações que estão localizadas no Alto e Médio Jaguaribe (Arneiroz, Iguatu, Jaguaribe e Icó), à montante da barragem do Castanhão (figura 2). Em geral, as figuras 3 e 4 demonstram claramente os pulsos hidrológicos em curtos espaços de tempo, definindo períodos de chuva e estiagem que são corroborados com a distribuição de chuvas plotadas no eixo secundário das figuras.

A estação de Arneiroz encontra-se a cerca de 90 km das áreas de nascentes, numa altitude de 340 m, com declividades em torno de 1 m km⁻¹. Os dados apresentam uma série de 73 anos, cujas vazões máximas ocorrem entre os meses de março e abril e as mínimas em janeiro. Verifica-se que na maior parte do ano a vazão é “zero” em razão do alto poder de escoamento influenciado pelo embasamento cristalino aflorante e pelas declividades acentuadas. A partir da série analisada, observou-se que o rio nesse trecho pode passar em média 260 dias por ano sem escoamento, o que representa 71,2% do ano sem vazão. Nos anos de seca severa (1958, 1983, 1998 e 2001) a vazão “zero” aparece nos 365 dias do ano. A maior vazão observada nesta estação foi de 983 m³ s⁻¹ em maio de 1985, ano de enchente no Estado do Ceará. A vazão média diária verificada para série foi de 6,42 m³ s⁻¹ (figura 3).

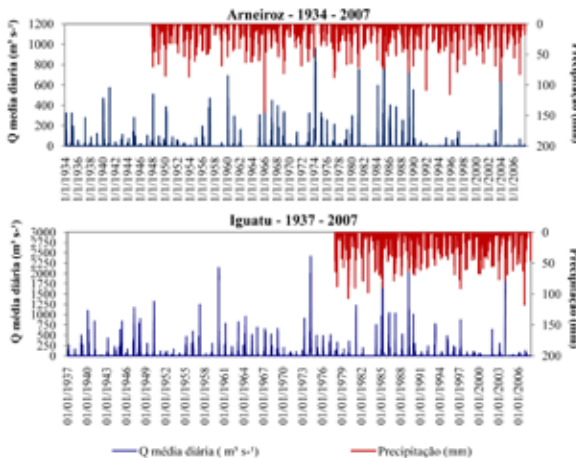


Figura 03 – Hidrogramas de Vazões Médias Diárias (série) com as Respetivas Precipitações Diárias para as Estações de Arneiroz e Iguatu. Fonte: ANA e FUNCEME.

A estação Iguatu está a 147 km da estação Arneiroz, numa altitude de 220 m e níveis de declividade que caem cerca de $0,30 \text{ m km}^{-1}$. Na série de 70 anos, a vazão média foi de $26,96 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, tendo registrada a máxima de $2.765 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (maio/1985) e a mínima “zero” (na maior parte dos anos observados). Para esta, a média de dias sem vazão foi de 240, representando 65,7% do ano. Em geral, as máximas anuais chegam a $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (figura 3).

Ambas as estações Arneiroz e Iguatu (figura 2), refletem um regime de fluxo muito semelhante, diferenciando-se apenas na proporcionalidade das vazões em razão das diferentes áreas de drenagem. Note que o regime de vazões segue o padrão das precipitações (figura 3).

A estação de Icó está localizada no maior afluente de margem direita (Rio Salgado) do Rio Jaguaribe (figura 2), tendo papel importante na análise hidrológica geral (figura 4). Diferente dos rios do restante da bacia, o Rio Salgado nasce ao sul do Ceará (Chapada do Araripe) numa região de precipitações mais elevadas. Por conseguinte, e diferente das estações de Arneiroz e Iguatu, a estação de Icó não tem registrado longos períodos sem escoamento ao ano.

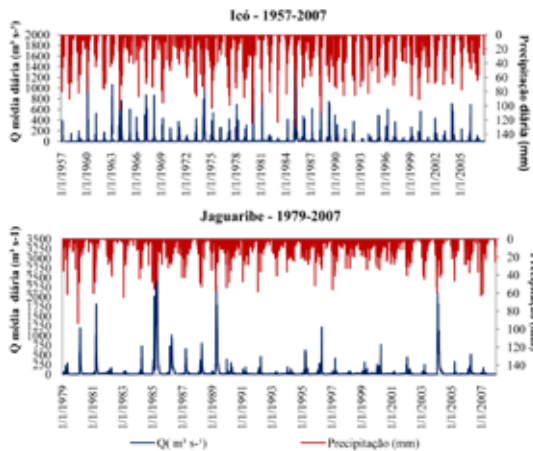


Figura 04 – Hidrogramas de Vazões Médias Diárias (Série) com as Respective Precipitações para as Estações de Icó (Rio Salgado-Afluente de Margem Direita) e Jaguaribe.

Fonte: Ana E Funceme.

Em geral as vazões mais baixas podem reduzir-se até valores abaixo

de $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, não chegando à vazão “zero”. Por essa razão, o rio Salgado anualmente contribui para elevar o nível das águas do Jaguaribe, influenciando no aumento de inundações. Atualmente, em associação com a vazão regularizada pelo Orós, é o maior contribuinte para a Barragem do Castanhão.

A estação de Icó está situada a cerca de 70 km da estação de Iguatu. Na série de 50 anos observada, verifica-se que esta estação possui vazão média diária (série) de $27,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com máxima de $1.482 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 1985 (figura 4). Os picos de vazão também ocorrem nos meses de março e abril, aparecendo de forma cíclica em toda série.

A estação de Jaguaribe pode ser considerada a mais representativa do Alto-Médio Jaguaribe para análise do período pré e pós Barramento, haja vista estar situada à montante do Castanhão. Em associação com a estação Peixe Gordo, é possível avaliar as maiores mudanças hidrológicas entre os dois períodos. Na série de 28 anos foram observadas vazões máximas de $3.485 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e mínimas de “zero” em raros dias, tendo médias diárias (série) acima das demais estações ($55,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Em geral, essa estação praticamente não apresenta períodos sem escoamento, podendo ocorrer vazões abaixo de $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em até 100 dias por ano, mas a regra é estar com vazões acima de $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, mesmo nos períodos mais secos do ano. Vale destacar que a análise dos dados históricos é feita a partir de 1979, quando a barragem de Orós já estava em funcionamento, portanto com o rio regularizado. Essa estação segue o ritmo hidrológico da Estação de Icó (rio Salgado), podendo, sintetizar a resposta hidrológica do Alto-Médio curso antes da Barragem do Castanhão.

3.1.2 - Sistema Hidrológico 2 – Baixo Curso (Análise Pré e Pós-Barramento)

O sistema hidrológico 2 representa uma zona de escoamento mais lenta devido à perda de declividade e aumento da largura, garantido maior permanência de fluxos ainda que baixos. Para efeito da análise desse sistema foram considerados dois períodos distintos relacionados à construção da Barragem do Castanhão: Pré-barramento (1967-2001) e Pós-Barramento

(2002-2007). Nesta análise, foram utilizadas 4 (quatro) estações: Icó, Jaguaribe, Alto Santo e Peixe Gordo.

A estação de Peixe Gordo é umas das mais importantes na análise das alterações fluviais provocadas pela barragem do Castanhão. Localiza-se no início do baixo Jaguaribe, à jusante do Castanhão, em declividades de $0,4 \text{ m km}^{-1}$. No médio-baixo curso do rio Jaguaribe os canais possuem largura de 200 a 500m e profundidade média de 3,3m. A estação de Peixe Gordo possui largura e profundidade média de 402m e 3m, respectivamente, podendo alcançar cerca de 6m nos trechos mais profundos em períodos de chuva (figura 5).



Figura 05 – Visão Panorâmica da Estação Peixe Gordo, Período Chuvoso.
Foto: Prefeitura Municipal de Tabuleiro do Norte-Ce (PMTN). 2008.

Até 2001, a estação de Peixe Gordo recebia o deflúvio oriundo da Barragem do Orós, do rio Salgado (estação Icó) e do Rio Figueiredo (estação Alto Santo). Como a barragem do Orós exerce forte controle à sua jusante, liberando vazões muito reduzidas nos períodos chuvosos ($1 \text{ a } 3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), pode-se dizer que a estação de Peixe Gordo, até 2001, recebia águas, principalmente, dois rios Salgado e Figueiredo.

Comparando as vazões máximas dos dois períodos, observa-se que enquanto o primeiro aponta um pico de $5.648 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (1974), o segundo período mostra um de apenas $1.143 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, não sendo visualizado nenhum outro pico considerável (figura 6).

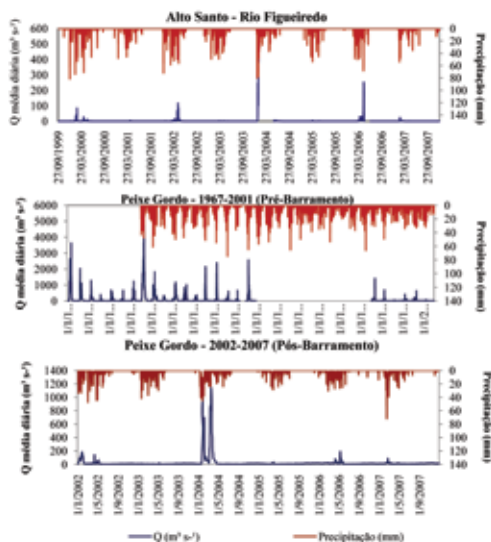


Figura 06 – Hidrograma de Vazões Médias Diárias e Respective Precipitações para as Estações Peixe Gordo (Pré-Barramento 1967-2001, e Pós-Barramento 2002-2007) e Alto Santo (Rio Figueiredo, Afluente de Margem Direita no Médio Jaguaribe).

Fonte: ANA e FUNCEME.

Diferente das estações do Alto Jaguaribe vazões “zero” são menos evidentes; entretanto, podem ocorrer numa média de 20-120 por ano no período pré-barramento. Com a barragem do Castanhão, em atividade a partir de 2002, dois detalhes importantes ficam evidentes: as máximas foram reduzidas e as mínimas aumentadas, não sendo mais registrado vazão “zero”. O pico observado em 2004 para a segunda fase corresponde ao pico também observado na estação de Alto Santo, que está à jusante da barragem (figura 6).

Note na figura 6 que a correlação de dados diários de precipitação entre os dois períodos demonstra que no período Pós-barramento as vazões passam a não mais responder diretamente ao ritmo de chuvas na bacia.

Na atualidade, a estação de Peixe Gordo responde ao ritmo hidrológico da estação de Alto Santo (rio Figueiredo). Embora a série seja pequena e os dados estejam incompletos é possível verificar que este afluente não apresenta vazões contribuintes na maior parte dos anos. Entretanto, mostra

um pico considerável ($505 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) no ano de 2004, que pode ter sido ainda maior devido o registro ser do mês de janeiro, quando as chuvas ainda não atingiram maior intensidade (março e abril).

Comparando as vazões médias mensais da série para as estações Icó, Jaguaribe e Peixe Gordo (pré e pós-barramento) observa-se que o pico de vazão da estação Peixe Gordo (pós-barramento) é antecipado, apresentando aumento das mínimas e redução das máximas (figura 7a).

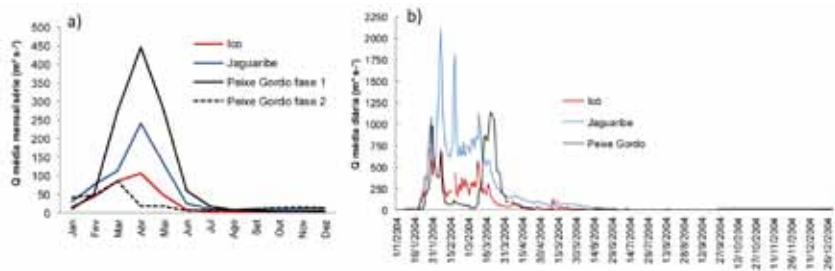


Figura 07 – **A) Correlação Entre as Médias Mensais das Séries Hidrológicas para as Estações que Influenciam Diretamente os Períodos Pré e Pós-Barramento. B) Correlação Entre as Médias Diárias das Séries Hidrológicas das Estações Icó, Jaguaribe e Peixe Gordo para o Ano de 2004 (Cheia).** Fonte: ANA.

Observando dados de 2004 (cheia) para as mesmas estações, nota-se que a estação de Peixe Gordo não segue o pulso hidrológico das demais, uma vez que esta passa a ser controlada pela barragem do Castanhão (figura 7b).

3.1.3 - Sistema Hidrológico 3 – Bacia do Rio Banabuiú

O maior afluente de margem esquerda (Rio Banabuiú) está situado no baixo Jaguaribe em declividades semelhantes à da estação de Peixe Gordo. Mesmo estando mais distante das outras estações, os principais picos observados também aparecem (1974, 1985 e 2004). A máxima registrada foi de $2.281 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 1974. Por outro lado, percebe-se que de 1990

a 2003 as vazões aparecem bem reduzidas, fato que pode estar associado à regularização da bacia e às médias um pouco menores das precipitações (figura 8). Observe que em 2004 há um pico de vazão superior a 1000 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ que está relacionado à necessidade de abertura de comporta da barragem do Arrojado Lisboa (1,7 bilhões de m^3).

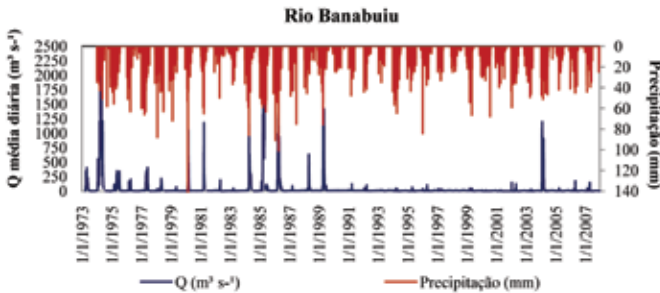


Figura 08 – Hidrograma de vazões diárias e respectivas precipitações para o Rio Banabuiu (1973-2007), afluente de margem esquerda no baixo Jaguaribe. Fonte: ANA.

3.2 - Frequência de Fluxos e Distribuição Temporal das Descargas: Análises Importantes na Gestão dos Recursos Hídricos.

Questões relacionadas ao conhecimento da probabilidade de cheias são sempre importantes na previsão do controle de inundações. Isso se torna ainda mais necessário quando cidades estão localizadas em áreas bem próximas aos cursos d'água como é o caso da maioria das cidades do vale do Jaguaribe. Em geral, tais cidades se desenvolveram dentro da planície fluvial deste rio, não distando, muitas vezes, mais que 3 km da calha fluvial. A cidade de Itaiçaba (baixo Jaguaribe), por exemplo, está há apenas 50m do talvegue do Jaguaribe nessa localidade.

Estudos de probabilidade de cheias na Geomorfologia Fluvial têm sido feitos a partir de análises clássicas, porém atuais, quanto à recorrência de enchentes e a permanência de fluxos mediante análise de séries históricas de vazão. Tais análises são realizadas com base nas máximas observadas (que geram os intervalos de recorrência de enchentes) e na distribuição

dos dados de vazão diária (série) por intervalos de fluxos (que geram a permanência de um dado fluxo no canal).

3.2.1 - Frequência de Fluxos

O resultado de uma curva de frequência de enchente (intervalo de recorrência) mostra o intervalo de tempo médio que um dado tamanho de enchente pode ocorrer como uma máxima anual (LEOPOLD, 1994). Por exemplo, uma enchente com intervalo de recorrência de 10 anos pode ocorrer uma vez a cada 10 anos ou tem 10% de probabilidade de ocorrer em qualquer ano. Historicamente alguns períodos de recorrência de descargas têm sido considerados especiais (descarga de *bankfull*, enchente média anual e enchente de 100 anos). Entretanto, como foram estudados a partir de regiões úmidas, Graf (1988) avalia como sendo de difícil aplicação para áreas semiáridas, em especial pelo fato de muitas áreas áridas e semiáridas experimentarem alguns anos sem vazão. Além disso, a ausência de registros nestas áreas se constitui em outro obstáculo para esse tipo de avaliação.

Wolman and Leopold (1964), sugerem um comum período de retorno ou Intervalo de recorrência para débito de margens plenas (*bankfull*) de 1,5 anos, podendo variar entre 1-2 anos. Em canais da Espanha, o período de retorno de 1,5-7 anos se acomoda melhor com altos valores na maior parte de regimes irregulares. Para Williams (1978) pode variar de 1,01-32 anos.

O intervalo de 1,5 anos para recorrência de vazão de margens plenas tem sido referenciado pela grade maioria dos autores. Entretanto, acredita-se que esses intervalos não se apliquem para as vazões de margens plenas (*bankfull*) na Bacia do Jaguaribe, tendo em vista que os picos de cheia observados variam entre $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $5.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, dependendo da estação, ou seja, nesse período de retorno sugerido (1,5 anos) as vazões estariam abaixo de $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, não caracterizando nível de margens plenas.

O intervalo de 2,33 anos tem sido usado com frequência para enchente média anual (LEOPOLD *et al*, 1964) que é considerada a média de uma série que identifica a máxima de cada ano.

De acordo com os hidrogramas já analisados para a Bacia do Jaguaribe, as maiores cheias ocorreram em 1974, 1985 e 2004. Embora existam alguns estudos hidrológicos para a Bacia do Rio Jaguaribe como o Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe realizado em 1967 por SUDENE/ASMIC, análises sobre vazões de recorrência e permanência de fluxos são raros para esta bacia. Acrescenta-se ainda que dados de vazão de margens plenas (*bankfull*) medidos também são inexistentes.

As figuras 9 e 10 mostram, em termos de probabilidade, possíveis intervalos de recorrência baseados nas vazões máximas das séries observadas para as estações em análise. Os intervalos de recorrência foram feitos com base na distribuição estatística de Gumbel Tipo I – valores extremos, a partir da seguinte fórmula: $IR = n + 1/m$, onde **n** é o número de vazões da série e **m** é a ordem de magnitude de cada vazão (LEOPOLD *et al* 1964). IR é dado em anos. De acordo com Heras (1973), a distribuição estatística de Gumbel tem sido aplicada em diversos canais efêmeros na Região Mediterrânea. Embora os valores extremos de Gumbel tipo I sejam um tanto restritivos, podendo divergir no caudal da distribuição e no alto período de retorno em particular (LÓPEZ-BERMUDEZ *et al*, 2002).

Como dados reais de vazão de margens plenas (*bankfull*) não foram coletados para as estações em análise, as cotas de $Q_{1,5}$ e $Q_{2,33}$ foram plotadas em cada perfil de cada estação a fim de observar os limites dessas vazões no canal. Vale ressaltar que a vazão de *bankfull* aqui analisada pressupõe que seja aquela capaz de cobrir as barras arenosas comumente observadas ao longo do canal (figuras 9 e 10).

Voltando a tabela 1 pode-se verificar os valores de $Q_{1,5}$ e $Q_{2,33}$ com as respectivas cotas para as estações em análise. Para todas as estações, observou-se que $Q_{2,33}$ mostra-se cerca de duas vezes mais elevada do que $Q_{1,5}$, o que não é comum observar na maioria dos rios, sendo estes valores sempre muito próximos. Acredita-se que essa variação possa estar relacionada à grande variabilidade de fluxo observada na bacia.

As maiores vazões observadas nas estações estão em cotas relativas acima de 6m, enquanto $Q_{1,5}$ varia entre as cotas de 1,5 m e 4,6 m dependendo

da estação. Para $Q_{2,33}$ tais cotas variaram entre 3,7 m e 5,5 m (figuras 9 e 10).

Observando a estação de Peixe Gordo (figura 9) como exemplo, tem-se que esta apresenta cota máxima observada acima de 7m. Em 1974, maior vazão da série, esta atingiu $5.648 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ numa cota 7,91m. O ano de 1985, também apresenta cota acima de 7,50 m para a mesma estação. Para esta estação, tem-se ainda que o intervalo de 1 a 3 anos apresenta vazões entre $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $1400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no primeiro período e de $36 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $235 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no segundo período, mostrando que esse intervalo de cheias deve ocorrer pelo menos a partir dos três anos. Cabe destacar que a análise de recorrência tanto de $Q_{1,5}$ como $Q_{2,33}$ para o período pós-barramento (segundo período) apresenta certa inconsistência, uma vez que não representa descarga de *bankfull*. Isso ocorre devido ao controle exercido pela barragem do Castanhão que só tem permitido abertura de comportas para efeito de segurança, ou seja, a abertura é aleatória e dependente de períodos de chuvas acima das normais.

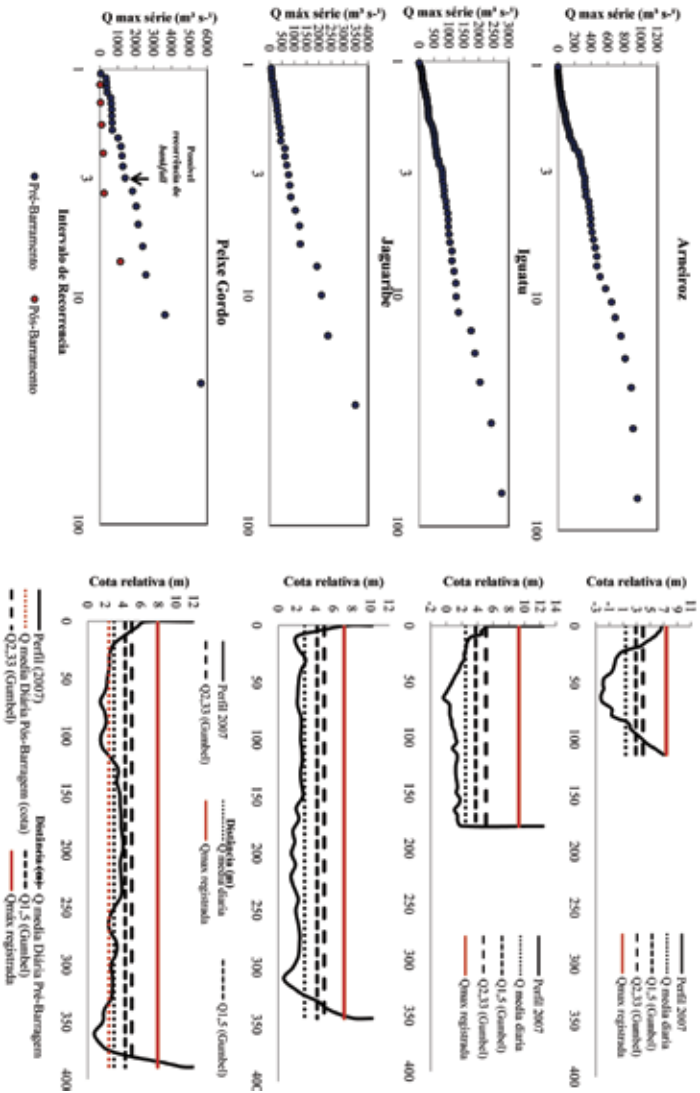


Figura 9 – Intervalos de Recorrência (IR) calculados a partir da distribuição estatística de Gumbel, para as estações do Rio Jaguaribe. Estação de Peixe Gordo apresenta intervalos de recorrência para dois períodos Ao lado de cada gráfico de IR foram plotados os perfis de cada estação com respectivas cotas relacionadas às vazões de $Q_{1,5}$ e $Q_{2,3}$, além das vazões médias e máximas registradas.

Fonte de dados: ANA.

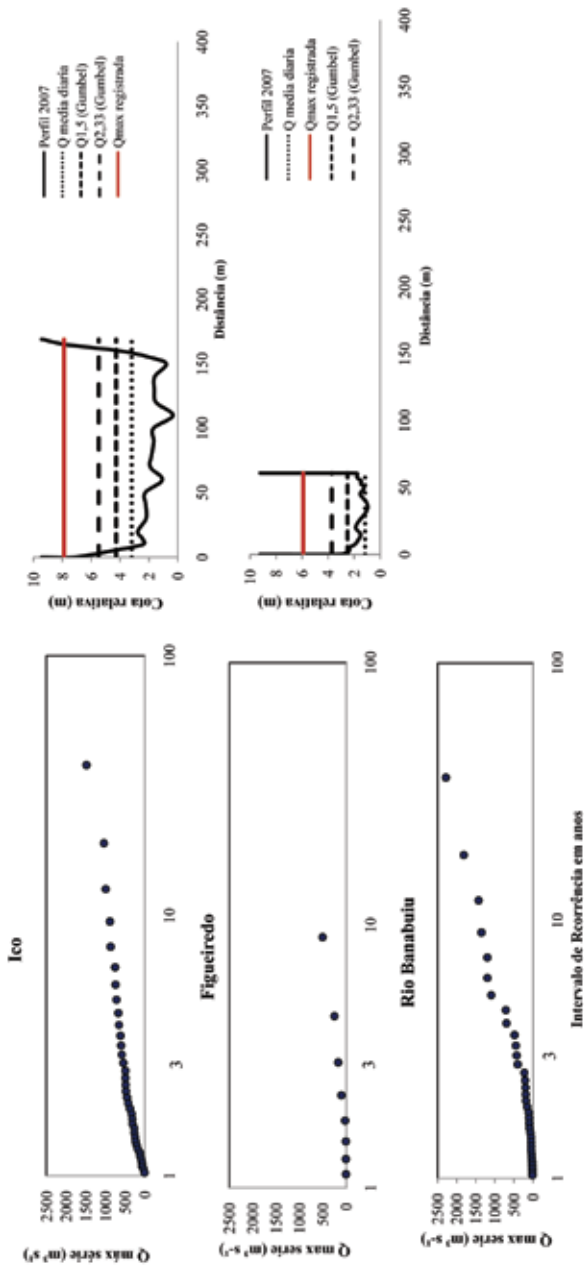


Figura 10 – Intervalos de Recorrência calculados a partir da distribuição estatística de Gumbel, para as estações dos principais afluentes do Rio Jaguaribe. Fonte de dados: ANA.

Nesse sentido, a vazão máxima de $1.143 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na cota 5,12 m observada no segundo período (pós-barramento) está relacionada com uma fase em que a barragem do Castanhão esteve com comportas abertas. Registros de vazões máximas medidas em campo em 2009 mostraram $1.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em cota de 5,74 m, o que nos leva a crer que esta seria uma possível cota de *bankfull* para a estação de Peixe Gordo.

Embora a maior parte das estações tenham os bancos arenosos cobertos em $Q_{1,5}$, considerou-se apropriado definir para todas as estações que a vazão de *bankfull* seria a de $Q_{2,33}$, uma vez que esta representaria uma média das máximas (figuras 9 e 10). Entretanto, por ser um dado de extrema relevância na análise da dinâmica morfológica de canais é interessante que este possa ser coletado em campo para análise e comparação posterior.

3.2.2 - Permanência de Fluxos

A análise da distribuição temporal dos fluxos é vista através da curva de permanência que indica o percentual de tempo que um dado fluxo permaneceu durante o ano. Esse é um dado importante para verificar que intervalo de vazões predominam num dado canal fluvial, que pode ser importante para entender a condição morfológica daquele canal e sua capacidade de resposta mediante um evento de máxima, e ainda na análise de hidrograma ecológico.

Utilizando a metodologia aplicada por Aquino (2007), as permanências de fluxos foram calculadas a partir da compartimentação dos dados de vazões médias diárias da série por intervalos (definidos previamente por ordem de grandeza), organizados numa tabela sem levar em conta a cronologia da ocorrência. Feito isso, registrou-se o número de dados contidos em cada intervalo, os quais foram colocados em uma curva acumulada de frequência, gerando-se um gráfico (intervalo X percentual de tempo por ano). Com isso, mediante a aplicação de uma regra de três simples, obteve-se o número de dias do fluxo de cada intervalo por ano.

A partir das análises realizadas, observou-se que os fluxos abaixo de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ predominam em quase todas as estações como é o caso de Arneiroz que passa cerca de 339 dias por ano com baixas vazões.

Observando as estações na tabela 1 e figuras 9 e 10, nota-se em geral que as médias diárias estão acima das vazões que de fato predominam no canal ($<10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) cerca de mais 50% do ano, deixando a maior parte do leito exposto principalmente nas estações de Iguatu, Jaguaribe, Peixe Gordo e Icó.

As estações que aparecem com vazões abaixo de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em cerca de 90% do ano são Arneiroz e Alto Santo que estão em áreas de maior declividade. A estação de Jaguaribe aparece com vazões como esta em cerca de 50% do ano, uma vez que a partir dessa estação o rio já se torna regularizado.

Com relação às máximas, em geral as estações apresentam permanências em possíveis vazões de *bankfull* no intervalo de 1-3 dias, podendo variar para menos ou para um pouco mais de acordo com o ano.

Como a vazão tende a aumentar com a área de drenagem, é natural que a permanência de fluxos elevados seja também maior no baixo curso do rio com a entrada dos grandes afluentes. Nesse caso, nas estações de Jaguaribe e Peixe Gordo ocorre a diminuição de vazões mínimas que passam a dar lugar à vazões um pouco mais elevadas. Por essa razão, de montante para jusante, há uma tendência à diminuição do número de dias com vazões abaixo de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Para Peixe Gordo (Pré-Barragem), 60% das vazões estão abaixo de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 11% estão entre $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 22% estão entre $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e 6% estão entre $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $6.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. No período pós-barragem, nota-se que as mínimas foram aumentadas, saindo de 11% para 43% nas vazões entre $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, tendo também as máximas reduzidas.

Variações significativas são observadas com relação às vazões mais elevadas na estação Peixe Gordo que está à jusante do último grande barramento deste rio. Contatou-se pela série histórica que vazões acima de $1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ podiam ser experimentadas de 3-80 vezes por ano no período pré-barramento dependendo do ano, podendo também ter ausência de vazões nos anos de seca. Para o período pós-barramento, vazões “zero” passam a ser inexistentes. Entretanto, vazões mais elevadas passam a ser controladas, não tendo sido registradas vazões acima de $1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ por mais de 5 dias, realidade que vai de encontro com a ideia do hidrograma ecológico.

Conclusões e Recomendações

De modo geral, a análise hidrológica mostra que as maiores enchentes observadas nessa bacia foram registradas em 1974, 1985 e 2004. As vazões máximas ocorrem geralmente entre os meses de abril e maio, enquanto as mínimas são verificadas nos meses de estiagem (julho a janeiro), quando é comum observar vazão “zero” em grande parte das estações, em especial àquelas que não são perenizadas pelas barragens do Orós (1961) e Castanhão (2002). Dentre estas, a estação de Alto Santo, localizada num dos principais afluentes de margem direita no médio curso (Rio Figueiredo) no período chuvoso, é a que passa a maior parte do tempo sem vazão.

A alta variabilidade dos fluxos na bacia, vista a partir dos hidrogramas, representa o comportamento de uma área tipicamente semiárida, onde os picos de descarga seguem exatamente o ritmo das precipitações.

Os largos canais, outra característica típica dessas áreas, experimentam longos períodos com vazões abaixo de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo que alguns trechos chegam a passar cerca de 60% do ano sem escoamento. Entretanto, a elevada amplitude de vazões é capaz de alterar a calha fluvial em pouco tempo, principalmente pela presença de fundo móvel, onde predomina areia média a grossa.

Os intervalos de recorrência apresentam fragilidades possivelmente em razão da alta variabilidade de fluxos. Neste trabalho, foi sugerido que a vazão de *bankfull* estaria mais adequada a um intervalo de recorrência de 2,33 anos ao invés de 1,5 anos, como sugere a literatura. Mesmo assim, o ritmo dos picos parece funcionar em ciclos que podem ter relação com a La Niña (responsável pelo aumento nas precipitações no Nordeste Brasileiro), o que precisa ser investigado. Em geral, seguem em média uma sequência de 3 anos secos, seguidos por um intervalo de 2-4 anos consecutivos com picos elevados.

Para o baixo Jaguaribe, a análise de intervalo de recorrência de cheias passa a ser controlada pela barragem do Castanhão a partir de 2002, o que do ponto de vista da gestão é uma garantia no controle de inundação no baixo

curso. Entretanto, é interessante atentar para a questão dos usos marginais pensando as possíveis reduções do nível de base local e consequente aumento da probabilidade de inundações no caso da necessidade de abertura das comportas por questões de segurança. Assim, torna-se necessária a realização de um mapeamento de áreas de riscos que considere a Faixa Marginal de Proteção do rio ou Área de Proteção Permanente, com fins de minimização da erosão de margens, consequente assoreamento e proteção da população.

O elevado percentual de permanências de baixas vazões intercaladas por picos que podem variar de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em questão de dias, associado à predominância de material de fundo grosseiro, induz a predominância de um padrão de canal (entrelaçado) que, embora possa ser considerado “estável” dentro do contexto semiárido, pode ser considerado “instável” frente aos usos.

Embora os barramentos tenham funções relevantes e necessárias no contexto semiárido, faz-se necessário pensar um planejamento para essa bacia que inclua na pauta de discussões a importância da implantação de um hidrograma ecológico. Isso porque a realidade observada na bacia do Jaguaribe, e em grande parte das bacias brasileiras, ainda traduz a ideia de que “não se pode perder água para o mar”, sem se dar conta de que outros ecossistemas estão sendo perdidos, principalmente àqueles ligados aos estuários e deltas, cuja rica biodiversidade se deve fundamentalmente ao papel desempenhado pelos rios e oceanos numa perfeita sintonia capaz de gerar a vida.

Em resumo, conhecer a dinâmica fluvial de um rio para poder agir com seguridade pode representar um diferencial no planejamento das ações que deverão orientar o gerenciamento de recursos hídricos no Estado, garantindo tais recursos a curto, médio e longo prazo.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Professores Edgardo Latrubesse e Sâmia Aquino do *Department of Geography and the Environment- University of Texas*

pelos valiosas discussões sobre dinâmica hidrológica durante o estágio na referida Universidade. Ainda à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES pela concessão de bolsa.

Referências Bibliográficas

AQUINO, S. 2007. Mecanismos de Transmissão de Fluxos de Água e Sedimentos em dois Grandes Rios Aluviais Brasileiros Impactados pela Atividade Humana: o Araguaia e o Paraná. *Tese de Doutorado*. Universidade Estadual de Maringá – UEM.

BERNARDES, J.A.; FERREIRA, F.P. de M. 2003. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (org.). *A Questão Ambiental: diferentes abordagens*. RJ: Bertrand Brasil.

BRANDT, S. A. 2000. Classification of Geomorphological effects downstream of Dams. *Catena* 40. P.375 – 401.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. 2002 Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* Vol. 30 No. 4 pp. 492-507.

CAMPOS, N.B. 2006. A Gestão das Águas e o Desenvolvimento do Estado do Ceará; uma perspectiva histórica. *T&C Amazonia*, Ano 4, n°9.

CARSON, M.A. 1984. The meandering-braided threshold: a reappraisal. *Journal of Hydrology*, 73. P. 315–334.

CARVALHO, N.O. 2008. *Hidrossedimentologia* Prática. 2ª ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência.

CAVALCANTE, A.A. 2001. Aspectos da Produção de Sedimentos e seus Efeitos na Gestão dos Recursos no Baixo Vale do Rio Jaguaribe. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Geografia-UECE. Fortaleza. 143p.

CHARLTON, R. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. Routledge. London and New York. 2008. 234p.

CHRITOFOLETTI, A. 1981. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher. 312p.

COGERH. 2008. Companhia e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. www.cogerh.com.br. Acessado em 14 de agosto de 2008.

- COLLISCHONN, W.; AGRA, S.G.; FREITAS, G.K.; PRIANTE, G.; TASSI, R.; SOUZA, C.F. 2005. Em busca do Hidrograma Ecológico. In: *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, João Pessoa, Nov. 2005, CD-ROM.
- CUNHA, Sandra B. 1995. Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil). RJ: Ed: Inst. de Geociências, UFRJ. 378 p.
- GRAF, W. 1988. *Fluvial Processes in Dryland Rivers*. The Blackburn Press. New Jersey, USA, 1988. 346p.
- GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. 1973. *Drainage Basin: form and process - a geomorphological approach*. London, Edward Arnold. 458p.
- HERAS, R. 1973. Estudio de máximas crecidas de la zona de Alicante-Almería-Málaga e de las lluvias torrenciales de octubre de 1973. Madrid, Centro de Estudios Hidrográficos. 12p.
- HOOK, J.; MANT, J. 2002. Morpho-dynamics of Ephemeral Streams. In: BULL, L.J. and KIRKBY, M.J. *Dryland Rivers. Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels*. Wiley. England. 173-204.
- KNIGHTON, D. 1998. *Fluvial Forms and Processes: a new perspective*. Arnold, London. 383p.
- KNIGHTON, D., NANSON, G. 1993. Anastomosis and the continuum of channel pattern, 18. *Earth surface Processes and Landforms*. pp. 613–625.
- LEOPOLD, L.B. 1994. *A view of the River*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. London, England. 298p.
- LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M.Gordon; MILLER, John P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. S. Chand & Company LTD. Ram Nagar, New Delhi-55.
- LÓPEZ-BERMUDEZ, F.; CONESA-GARCIA, C.; ALONSO-SARRIA, F. 1997. Floods: Magnitude and Frequency in Ephemeral Streams of the Spanish Mediterranean Region. In: BULL, L.J.; POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; BAIN, M.B.; KARR, J.R.; PRESTEGAARD, K.L.; RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E.; STROMBERG, J.C. *The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration*. Bioscience, 47(11):769-84.

MACKIN, J. Hoover. 1948. Concept of the Graded River. *Bulletin of the Geological Society of America*. Vol. 59. P. 463-512.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. 1997 The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, Vol. 47 No. 11 pp. 769-784.

SCHUMM, S.A.; MOSLEY, M.P.; WEAVER, W.E. 1987. *Experimental Fluvial Geomorphology*. Wiley, New York and Chichester. p.127-191.

SOUZA, C.; AGRA, S.; TASSI R.; COLLISCHONN, W. 2008. Desafios e oportunidades para a implementação do hidrograma ecológico. In: *REGA* – Vol. 5, no. 1, p. 25-38.

THOMS, M.C., WALKER, K.F. 1993. Channel changes associated with two adjacent weirs on a regulated lowland alluvial river. *Regulated rivers: Res. Manage.* 8. 271–284.

TOOTH, S. 2000. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. *Earth-Science Reviews*, 51. P.67-107.

WIEGAND, M. C. 2009. Proposta Metodológica para Estimativa da Produção de Sedimentos em Grandes Bacias Hidrográficas: estudo de caso Alto Jaguaribe, CE. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC. Fortaleza, 110p.

WILLIAMS G.P. 1978. Bankfull Discharge of Rivers. *Wat. Resour. Res.* 14:1141-1154.

XU, J. 1996. Wandering braided river channel pattern developed under quasi-equilibrium: an example from the Hanjiang River, China, *Journal of Hydrology*. (181). P. 85-103.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) COMO FERRAMENTA AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Cleyber Nascimento de Medeiros ¹

Daniel Dantas Moreira Gomes ²

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque ³

Introdução

Em virtude de ser a integralização e espacialização dos dados e informações um valioso instrumento de gestão pública, tem-se constatado que esse exitoso ferramental pode subsidiar o ordenamento territorial através de alternativas pertinentes e efetivas para uma determinada região. Dessa forma, o gestor público necessita conhecer geograficamente o seu território de atuação para uma administração eficiente, tendo em vista que os problemas a serem resolvidos possuem uma localização determinada.

Apesar de todas as discussões sobre crescimento econômico, meio ambiente, desenvolvimento e qualidade de vida, raramente se considera o princípio destes aspectos: o planejamento. Scarlato e Pontin (1999) definem o planejamento como sendo a soma de um conjunto de decisões baseadas em características técnicas do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região.

Nesse sentido, decisões que considerem somente informações parciais podem desencadear um desequilíbrio, implicando em aumento de custos e diminuição de rendimentos, contribuindo também para os processos degradacionais e de exaustão dos recursos naturais. Entende-se, portanto, que critérios subjetivos devem ser substituídos por análises mais abrangentes

¹ Estatístico e Mestre em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Analista de Políticas Públicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE.

² Geógrafo pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Mestre e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

³ Geógrafo e Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE.

e consistentes que dêem subsídios ao planejamento territorial.

Conforme Cunha (2001), para que as ações do poder público sejam orientadas às necessidades da comunidade e compatíveis com a realidade dos municípios, estados ou países, é importante conhecê-los segundo as suas potencialidades e vulnerabilidades ambientais, sociais e econômicas. Nesta perspectiva, o ordenamento territorial surge como um importante delineador das condições organizacionais e da funcionalidade dos sistemas urbanos e/ou rurais inerentes ao espaço geográfico.

Desse modo, faz-se necessária à utilização de novas metodologias que contemplem a paisagem em seus diferentes aspectos, norteando a implantação de ações em apoio ao gerenciamento dos recursos naturais e humanos de uma região através da análise espacial. Assim, uma base de dados com informações georreferenciadas sobre um território permite o aperfeiçoamento da gestão deste espaço a partir de suas características sócio-econômico-ambientais.

Utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG), os dados georreferenciados constantes sobre uma região podem ser consultados e analisados espacialmente, facilitando o entendimento destes e auxiliando no processo de tomada de decisão por parte do poder público e da sociedade.

Segundo Burrough (1987), SIG's são constituídos por um conjunto de ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (mapas) através da análise de dados georreferenciados.

Para Câmara et. al. (2005), é possível indicar entre as principais características dos SIG's a capacidade de inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censitário e cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e modelos numéricos do terreno, oferecendo mecanismos para combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar conteúdo da base de dados georreferenciada.

Neste contexto, o IPECE desenvolveu no ano de 2009 um SIG-WEB integrando dados socioeconômicos e cartográficos georreferenciados na internet. O referido sistema consiste no Ceará em Mapas Interativo, tendo

por objetivo fornecer informações para a sociedade e subsidiar os gestores públicos no planejamento de políticas públicas e na tomada de decisão.

O marco legal da gestão de recursos hídricos no Brasil é o Código de Águas, datado de 1934. Todavia, após os anos da década de 1980, o país passou por uma rápida modernização legal da gestão ambiental, fato comprovado pela aprovação da Lei 9.433, a Lei das Águas, regulamentando o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, que instituiu Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997; Nogueira, 2004).

Essa política se norteia nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; definindo a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos como sendo a bacia hidrográfica; e a sua gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo, ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade.

A lei das águas (Brasil, 1997) trouxe também uma abordagem inovadora para gestão dos recursos hídricos incorporando princípios de integração, descentralização e participação, assim como instrumentos que visam o planejamento e o ordenamento dos usos múltiplos, sendo, portanto, indispensável que se tenham dados sobre os recursos hídricos de uma região para o processo decisório.

Faz-se importante mencionar que o uso de SIG constitui-se em ferramenta fundamental de análise, permitindo várias possibilidades, como por exemplo, o estudo dos aspectos socioeconômicos de uma bacia hidrográfica e seus recursos hídricos, sobrepondo os mesmos e analisando-os de forma integrada.

Nesse sentido, o presente artigo propõe abordar aspectos ligados aos recursos hídricos do Estado do Ceará, tendo em vista a importância da espacialização das variáveis socioambientais na compreensão do espaço geográfico de maneira totalizante e de forma integralizada das relações sociedade e natureza, na perspectiva da geração de produtos cartográficos de qualidade e sem nenhum custo financeiro adicional. Salienta-se que a Internet é uma robusta ferramenta que pode ser utilizada nos mais longínquos territórios e com alcance em nível global.

Deve-se considerar também que os mapas utilizados para a gestão dos recursos hídricos e a organização territorial são dinâmicos, devendo ser atualizados constantemente, quando utilizados como um instrumento de tomada de decisão, ressaltando-se que à avaliação final dos resultados depende da qualidade e quantidade dos dados georreferenciados inseridos no SIG.

No âmbito desse artigo, será dado enfoque à disponibilização e análise de dados ligados aos recursos hídricos do território cearense disponíveis no sistema Ceará em Mapas Interativo, podendo-se, por exemplo, visualizar as bacias hidrográficas, rios, lagoas, açudes, entre outras informações, permitindo o planejamento e a pesquisa dos recursos hídricos do Ceará.

2 - Aspectos Metodológicos

2.1 - Desenvolvimento Conceitual: Dos Mapas Estáticos aos Interativos

Duas tecnologias alcançaram forte impulso na era da computação digital nos últimos anos: SIG's e Internet. A Internet, que no início da década de 1990 ainda era de uso restrito, hoje está presente na vida da maioria das pessoas, alterando radicalmente hábitos de comunicação, entretenimento, negócios e pesquisa, prometendo ainda mudanças significativas e imprevisíveis para a humanidade (MEDEIROS *et. al.*, 2010).

Com a crescente utilização das geotecnologias, muitas instituições vêm produzindo grandes quantidades de dados georreferenciados. Contudo, a disponibilização destes dados para a população ocorre ainda de maneira pouco eficiente gerando uma demanda pela busca de informações que não podiam devido à falta de recursos e domínio tecnológico, serem publicadas ou disponibilizadas eficientemente.

Não obstante, em virtude dos avanços técnico-científicos, observa-se nos dias atuais o aumento expressivo na disponibilização de dados na Internet, de modo a facilitar o acesso aos mais diversos tipos de dados, tendo em vista as inovações proporcionadas com as modernas ferramentas tecnológicas, que têm beneficiado o incremento e o uso de novos instrumentos (MOREIRA, 2010).

Nesse viés, existem basicamente dois métodos (estáticos e interativos) para publicar mapas na internet, que diferem entre si em relação à forma de acesso. Os mapas estáticos são disponibilizados na forma de imagem, não permitindo alteração de escala e de mapas visualizados, sendo úteis para usuários que desejam ter um mapa pronto. Exemplo deste tipo de informação pode ser encontrado no Ceará em Mapas (<http://www2.ipece.ce.gov.br/cearamapas>).

Já os mapas interativos integram informações de um banco de dados a elementos georreferenciados possibilitando a obtenção posterior desta informação a partir de um clique do mouse sobre este elemento, permitindo: adicionar e subtrair mapas na forma de camadas para serem visualizadas; localizar objetos geográficos e realizar filtros através de seus atributos; executar operações de *zoom* e alteração de escala; realizando assim operações de consulta e análise através de menus interativos do mapa.

Vale corroborar que a palavra interatividade é derivada do vocábulo inglês *interactivity*, e começou a ser usada por pesquisadores da área de informática a partir da década de 1960 para assinalar uma nova qualidade da computação (MOREIRA, 2010).

O termo foi criado para enfatizar uma mudança qualitativa na relação do usuário com o computador, na medida em que foram incorporados dispositivos de entrada e saída de dados nos sistemas computacionais, que permitiram uma maior interação homem-máquina (FRAGOSO, 2001).

Um SIG para ambiente *web* é definido em Ribeiro e Câmara (2003) como um SIG de 3ª Geração, caracterizado como um banco de dados geográfico compartilhado por um conjunto de instituições, acessível remotamente, por meio da internet, capaz de armazenar, além dos dados geoespaciais, as descrições acerca dos dados (metadados) e documentos multimídia associados (texto, fotos, áudio e vídeo).

Segundo Silva (2007), levar a informação espacial para internet é uma das tendências alcançadas no contexto da democratização cartográfica, neste sentido, a disponibilização de dados espaciais possibilita uma nova realidade através de aplicações SIG, representando uma evolução dos SIG's *desktop* para os SIG's distribuídos na internet.

Neste tocante, a Figura 1 mostra de forma simplificada um esquema de comunicação entre um computador remoto por meio de um cliente HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e um servidor de mapas contendo uma aplicação SIG na internet.

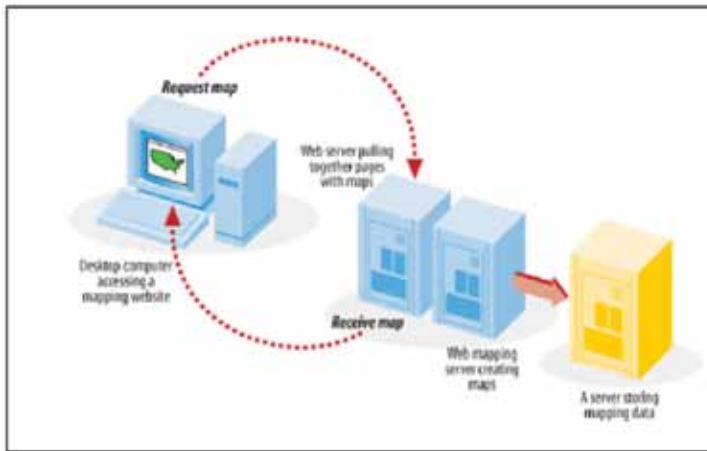


Figura 1 - **Informações Espaciais Disponibilizadas na Web.**

Fonte: MITCHELL (2005).

De acordo com Silva (2007), observa-se na citada figura que o cliente HTTP (representado pelo computador mais à esquerda) acessa uma página com conteúdo cartográfico, hospedada em um servidor de mapas remoto, este por sua vez, é o componente responsável por realizar a leitura dos dados geográficos e efetuar uma operação requisitada pelo cliente (aumentar a escala, movimentar o mapa para uma área específica, etc.) e converter o resultado desta operação em uma imagem mostrada no computador cliente.

O sistema Ceará em Mapas Interativo foi concebido e estruturado em softwares livres, apresentando uma interface amigável e aliado a um alto desempenho, com recursos e ferramentas de grande potencial para consulta e análise de dados georreferenciados em ambiente *web*. O projeto foi inteiramente executado por colaboradores do IPECE e possui as seguintes características técnicas: Software i3geo® como sistema base fazendo a interação entre usuário e máquina; sistema operacional Linux Ubuntu® e Servidor Apache® como hospedeiros; linguagens *PHP*, *javascript*, *ajax* e *jquery* mantém a comunicação entre os mesmos. Na geração dos mapas

interativos: Mapserver®, PHP Mapscript®, R(gráficos) + biblioteca spatstat; Para elaboração do banco de dados geográfico foi utilizado o sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL® com a extensão espacial Postgis®.

A base de dados socioeconômica e cartográfica utilizada para alimentar o banco de dados geográfico tem como fonte o IPECE e outras secretarias do Estado do Ceará, estando devidamente referenciada a fonte da informação. Quanto ao material cartográfico o mesmo está na projeção Geográfica, datum SAD-69.

Na próxima seção é realizada a descrição do sistema Ceará em Mapas Interativo, com suas funções de consulta e análise de dados georreferenciados.

2.2 - Descrição do Sistema

O sistema Ceará em Mapas Interativo está estruturado em cinco conjuntos de funções, conforme mostra a Figura 2.

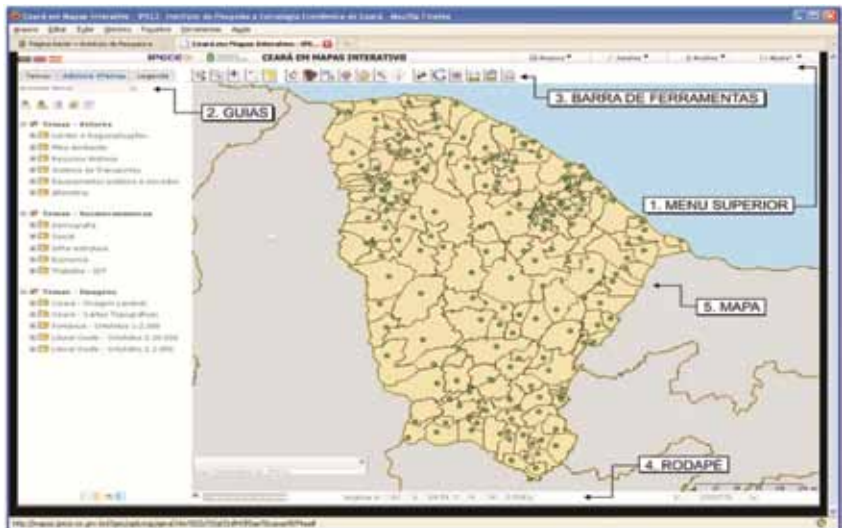


Figura 2 - Tela inicial do sistema Ceará em Mapas Interativo.

A função do *Menu Superior* é composta de ferramentas voltadas para a consulta e análise dos dados georreferenciados, estando dividido nas

subfunções: Arquivo, Janelas, Análise e Ajuda. Na subfunção de Ajuda encontram-se vídeos tutoriais e um formulário de contato, criando assim uma interação entre o IPECE e o usuário do sistema.




As *Guias* são fundamentais na utilização do sistema, pois são nelas que está concentrada a maioria das funções do Ceará em Mapas Interativo. São compostas por três Guias principais (Temas, Adiciona + Temas, Legenda).

Na guia Adiciona+Temas o usuário pode adicionar um determinado tema. Após adicionar o tema deve-se ir para a guia Temas, onde é feito o gerenciamento do mesmo. A compreensão das funções de cada uma delas é fundamental para a interação do usuário com o sistema, pois é a partir das guias que o usuário poderá acrescentar e retirar temas do mapa, mudar as cores da legenda, acessar a tabela dos temas, gerar gráficos, entre outros.

Os temas georreferenciados disponíveis no Ceará em Mapas Interativo foram agrupados em três categorias: Temas-Imagens, Temas-Socioeconômicos e Temas-Vetores. Os temas-vetores, por sua vez, estão dispostos em sete pastas: Limites; Localidades; Meio Ambiente; Recursos Hídricos; Sistema de transportes; Equipamentos e Altimetria.

No grupo Temas-Imagens estão disponíveis as cartas topográficas do Estado, ortofotos e imagens de satélite. Os mapas socioeconômicos possuem dados em nível de município sobre aspectos relacionados à demografia, indicadores sociais, infraestrutura, economia e trabalho.

A função da *Barra de Ferramentas* é composta por 18 subfunções, sendo que as mesmas permitem ao usuário do sistema efetuar operações de *zoom*, consulta e seleção dos temas presentes no Ceará em Mapas Interativo. A função do *Rodapé* contém parâmetros cartográficos como a escala e a localização de coordenadas.

O usuário pode também carregar no sistema um arquivo DBF com coordenadas georreferenciadas , bem como um arquivo no formato *Shapefile*  ou ainda fazer uma pesquisa sobre determinado assunto  (Nuvem de *tags*). Por fim tem-se a área da função *Mapa*, que consiste na área de visualização dos temas adicionados pelos usuários.

3 - Resultados

A informação e o conhecimento são hoje os principais insumos para o desenvolvimento das sociedades e devem ser disponibilizados visando atender às necessidades do governo e da sociedade em tempo hábil, com conteúdo e forma impecáveis (MEDEIROS *et. al.*, 2010).

Torna-se uma questão estratégica e de interesse de qualquer governante ter o conhecimento sobre o seu território, adotando políticas para o uso das informações georreferenciadas no intuito de se obter uma melhor gestão pública. Por outro lado, existe a necessidade da criação de uma infraestrutura para disponibilização de dados espaciais, refletindo o reconhecimento de que a informação é um bem da sociedade e deve estar disponível com qualidade, de forma livre, promovendo iniciativas públicas, privadas e individuais.

Neste sentido é que o Ceará em Mapas Interativo visa atender à sociedade e os gestores públicos disponibilizando informações georreferenciadas e cartográficas sobre as áreas social, econômica, ambiental e territorial do Estado do Ceará, pretendendo-se manter constantemente atualizado e acessível, o referido sistema.

O Sistema Ceará em Mapas Interativo permite a visualização, consulta e análise dos temas mapeados, otimizando o acesso a informação no intuito da tomada correta de decisão para uma gestão pública mais eficaz. A seguir, são mostrados exemplos de utilização do sistema para consulta e análise dos dados georreferenciados disponíveis no mesmo, **tendo como viés de análise os dados relacionados aos recursos hídricos do Estado do Ceará.**

Inicialmente apresenta-se na Figura 3 o mapa da Taxa de Abastecimento Urbana de Água dos municípios cearenses para o ano de 2008, podendo-se visualizar os municípios com maiores e menores taxas.

Clicando-se com a Ferramenta de Identificação sobre uma determinada cidade consultam-se as informações do banco de dados. Na referida figura tem-se a consulta para o Município de Fortaleza.

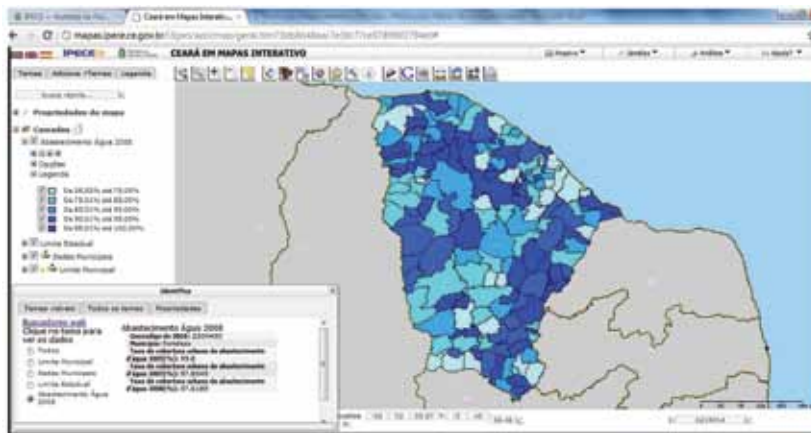


Figura 3 - Mapa da Taxa de Abastecimento Urbano de Água dos municípios cearenses para o ano de 2008, com consulta do indicador para o Município de Fortaleza.

Na opção Filtro da aba Temas, que indica os temas ativos no momento, o usuário pode selecionar as faixas de dados desejada. Na figura abaixo são exibidos somente os municípios com taxa de abastecimento de água maior que 95% em 2008. Desta forma, o sistema SIG-WEB reexibe o mapa temático de acordo com o objetivo da pesquisa do usuário, sendo assim um sistema dinâmico.

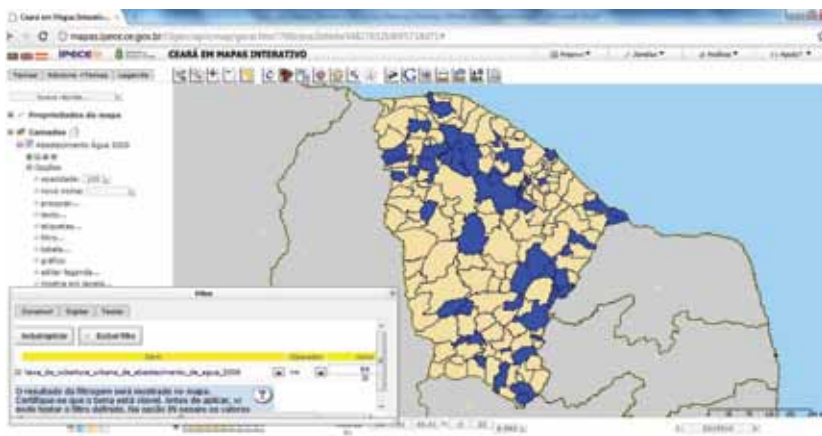


Figura 4 - Utilização da ferramenta Filtro selecionando-se os municípios com Taxa de Abastecimento de Água superior a 95%.

O Ceará em Mapas Interativo também permite o acesso ao banco de dados de cada tema, bem como a geração de gráficos, vinculando o mapa temático criado

fundamentais para o planejamento de projetos de gestão dos recursos hídricos do Estado.



Figura 7 - **Rios, açudes e bacias hidrográficas do Estado.**

Na Figura 8 exibe-se, a título de exemplo, a distância linear entre os açudes Gavião e Riachão, que alcançou o valor de 4,5 km, estando ambos os açudes localizados na Bacia Hidrográfica Metropolitana.



Figura 8 - **Zoom para os rios da área da Região da Bacia Hidrográfica Metropolitana, medindo-se a distância linear entre os açudes Gavião e Riachão.**

A Figura 9 apresenta a geração do mapa hidrográfico do Município de Chorozinho, destacando-se as lagoas, açudes e os rios, com inserção

da toponímia. O mesmo pode ser realizado para os outros municípios cearenses, de forma simples e ágil usando o sistema Ceará em Mapas Interativo em ambiente *web*.

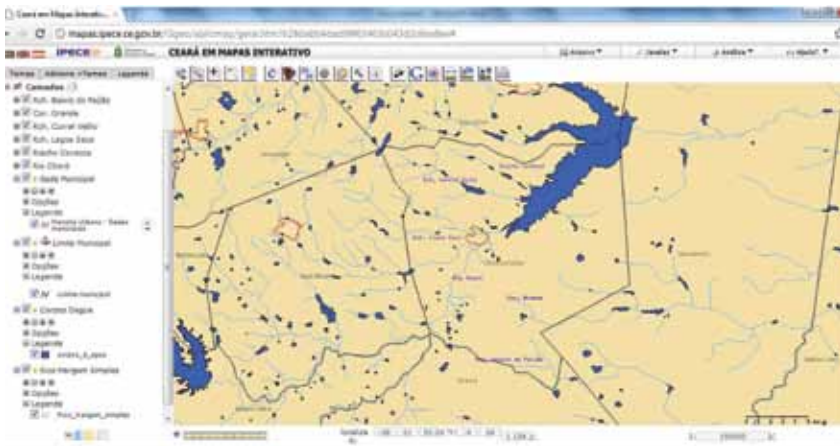


Figura 9 - Mapa hidrográfico interativo do Município de Chorozinho.

O sistema Ceará em Mapas Interativo possibilita a visualização de dados raster (imagem), especificamente imagens de satélite e ortofotos. Nas figuras a seguir, apresentam-se exemplos deste tipo de informação georreferenciada, as quais são fundamentais para o planejamento dos recursos hídricos e o conhecimento dos diversos aspectos existentes no terreno possibilitando a organização do espaço através da geração de mapas temáticos, servindo assim de insumo para a elaboração de zoneamentos.

Segundo Santos (2004), a organização do espaço sempre foi uma das prioridades para as pessoas que se propõem a viver em grupos sob objetivos e normas comuns. A manutenção da biodiversidade e a solução dos conflitos são importantes premissas para definição dos procedimentos de planejamento. O ordenamento territorial por meio do zoneamento e o estabelecimento de programas de ação na forma de normas ambientais são partes essenciais para um bom planejamento.

Outro conceito que se faz necessário citar é o de planejamento ambiental, haja vista a importância dessa tendência no campo da ciência geográfica.

De acordo com Floriano (2004), o planejamento ambiental é,

[...] uma ferramenta de gestão. É um processo de organização de tarefas para se chegar a um fim, com fases características e seqüências [...] para consecução de objetivos comuns, de forma que os impactos resultantes que afetam negativamente o ambiente em que vivemos sejam minimizados e que os impactos positivos sejam maximizados. (FLORIANO, 2004, p. 8).

Dessa forma, conforme pontua Floriano (2004), o planejamento ambiental se associa ao planejamento estratégico da gestão territorial, tendo em vista que se deve partir da dimensão organizacional para avaliar a forma como a organização encara o meio envolvente, atuando de forma proativa e definindo os seus propósitos, objetivos e políticas a serem adotadas.

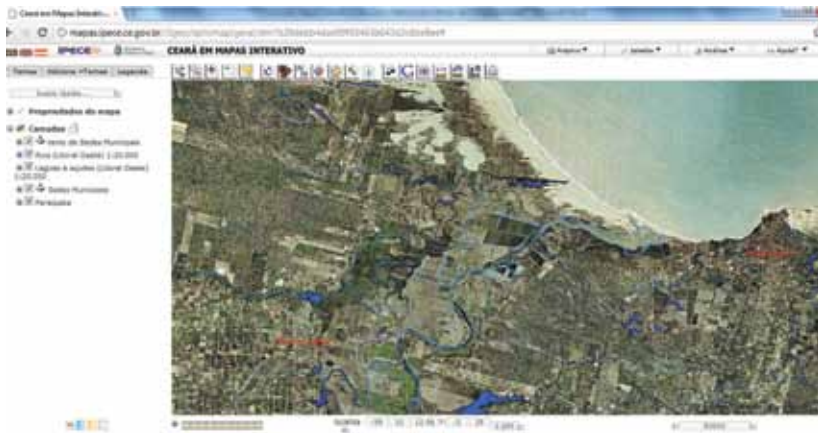


Figura 10 - Parte de ortofoto da região do Rio Curu entre os municípios de Paraibapa e Paracuru, como instrumento para o planejamento ambiental.

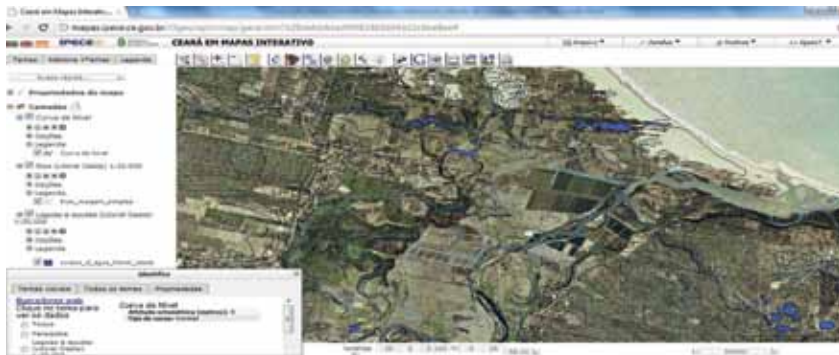


Figura 11 - Detalhe de ortofoto da região do Rio Curu entre os municípios de Paraibapa e Paracuru, identificando-se empreendimentos de carcinicultura na região.

Nesse viés conceitual, concorda-se com as idéias de Milaré (2000), que compatibilizar meio ambiente e desenvolvimento significa considerar os problemas ambientais dentro de um processo contínuo de planejamento, atendendo-se adequadamente às exigências de ambos e observando-se as suas interrelações particulares em cada contexto sociocultural, político, econômico, ecológico e dentro de uma dimensão tempo/espço.



Figura 12 - Imagem do satélite Landsat para o Estado do Ceará.

Segundo Medeiros *et. al.* (2005), o emprego de imagens de satélite é importante no mapeamento do meio físico de uma região, podendo-se delimitar os tipos

de vegetação, uso do solo, lagoas, rios, etc. Nesse contexto, a Figura 13 exibe o mosaico de imagens do satélite Landsat 5, referente ao ano de 2010 para o Estado do Ceará.

Além dos dados georreferenciados existentes no sistema o usuário também pode inserir dados externos através de arquivos DBF e arquivos *shapefile*. A Figura 13 mostra como inserir um arquivo *shapefile* ou coordenadas geográficas no sistema.



Figura 13 - Possibilidade de inserir dados externos no sistema Ceará em Mapas Interativo.

O usuário do Ceará em Mapas Interativo também pode acessar o banco de dados georreferenciado (imagens e vetores) em sistemas SIG Desktop, tais como o GVSIG®, Quantum GIS® ou o Arcgis®. Para tanto é necessário se realizar uma conexão WMS (*Web Map Service*), conforme pode ser visto na Figura 14.

Uma conexão WMS é um padrão da OGC (*Open Geospatial Consortium*) que especifica o serviço de visualização e consulta a dados georreferenciados. O serviço WMS permite superpor dados vetoriais a dados matriciais em diferentes formatos, sistemas de referência de coordenadas e projeções, situados em diferentes servidores. As petições WMS podem ser feitas por um navegador padrão em forma de URLs (CONCAR, 2010).



Figura 14 - Exemplo de conexão WMS realizada, gerando-se uma URL para acesso das informações via SIG's Desktop.

Outra informação fundamental disponível no sistema Ceará em Mapas Interativo refere-se aos metadados. Segundo Concar (2010), os metadados constituem o conjunto de informações descritivas sobre os dados, incluindo as características do seu levantamento, produção, qualidade e estrutura de armazenamento, essenciais para promover a sua documentação, integração e disponibilização. Este tipo de informação está presente para todos os temas disponíveis no Ceará em Mapas Interativo, tendo-se um exemplo na Figura 15.



Figura 15 - Exemplo de metadados disponível no Ceará em Mapas Interativo.

Conforme mostrado anteriormente, foram elaborados diversos mapas temáticos interativos permitindo se conhecer melhor os aspectos referentes aos recursos hídricos do Estado do Ceará.

O que distingue um SIG de outros tipos de sistemas de informação são as funções que realizam análises espaciais. Tais funções utilizam os atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas armazenadas na base de dados espaciais e buscam fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros (Câmara *et. al*, 1996).

Como os mapas temáticos foram inseridos dentro do ambiente de um SIG na internet, o sistema desenvolvido permite a realização de análises e consultas para obtenção de novos mapas temáticos a partir, por exemplo, do cruzamento de mais de um mapa, reclassificação das classes presentes em um mapa, consultas a partir de atributos alfanuméricos, etc.

4 - Considerações Finais

O Estado do Ceará vem apresentando um crescimento econômico e social acelerado nas últimas décadas, gerando com isso a necessidade de obtenção de informações voltadas para o planejamento e a elaboração de políticas públicas visando à melhora da qualidade de vida da população cearense.

Desta forma, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, pois se sabe que mais de 80% das informações relevantes de uma região são referentes à propriedades, escoamento de bens e serviços, recursos naturais e humanos, entre outras, sendo estas informações relacionadas a uma localização geográfica. Assim, justifica-se a execução de um projeto de elaboração de um SIG para coletar, padronizar, armazenar, analisar e disponibilizar informações georreferenciadas.

Neste contexto, o público beneficiado diretamente com o citado SIG-WEB consiste na população de uma maneira geral, representada em vários segmentos da sociedade, tais como: Pesquisadores, Professores, Estudantes, Universidades, Empresas públicas e privadas, ONGs e etc., os quais têm acesso às informações socioeconômicas e ambientais georreferenciadas e atualizadas do Estado do Ceará.

Como visão de futuro, o sistema Ceará em Mapas Interativo pode servir de piloto para a implantação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) no Estado do Ceará e, conseqüentemente, para o Brasil.

Com a construção deste banco de dados geográfico será possível evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de informações georreferenciadas pelos órgãos da administração pública cearense, bem como será permitido promover as condições necessárias para o compartilhamento, a disseminação e o uso das informações georreferenciadas disponíveis no acervo das instituições do Governo do Ceará.

Uma IDE tem por objetivo unificar as informações georreferenciadas produzidas pelos órgãos públicos e, até mesmo privados, em um banco de dados geográfico, disponibilizando o acesso aos dados e metadados (fonte dos dados) na internet através de um sistema de informações georreferenciadas interativo, visando à tomada de decisão dos gestores administrativos e facilitando no ensino-aprendizado da cartografia escolar nos níveis fundamental, médio e superior, assim como permitindo o planejamento e o monitoramento das ações governamentais (CONCAR, 2010).

Ressalta-se que outras iniciativas de disponibilização de informação georreferenciada na internet foram e estão sendo elaboradas, como por exemplo, o Atlas dos Recursos Hídricos do Ceará (<http://atlas.srh.ce.gov.br/>) da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH), o sistema de mapeamento dos espelhos d' água do Ceará (<http://map.funceme.br/espelhos/>) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), o sistema de Mapas Interativos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<http://www.ibge.gov.br/mapas/>), entre outros. O desafio futuro é pensar em uma unificação dessas informações disponíveis nos mais diversos sistemas que estão à disposição da sociedade.

A facilidade de se obter uma geoinformação é uma questão importante que vem se desenvolvendo e se consolidando nos últimos anos. Através da internet é possível disponibilizar dados geográficos, entre outras milhares de variáveis possíveis, por meio de aplicações de geoprocessamento. Vale salientar que as suas ferramentas podem ser utilizadas para diversas áreas do conhecimento, inclusive no estudo dos recursos hídricos, viés delineador do presente artigo.

Nessa perspectiva, vale corroborar que as ferramentas SIG são de significativa importância na tomada de decisões, com destaque para as potencialidades do SIG-WEB Ceará em Mapas Interativo, que vem tornando-se cada vez mais presente em aplicações nos diversos segmentos da sociedade e das instituições públicas e privadas, tendo em vista o seu caráter multifinalitário e multidisciplinar. O Ceará em Mapas Interativo está disponível no site do IPECE (www.ipece.ce.gov.br) ou diretamente no link <http://mapas.ipece.ce.gov.br>.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: 1997.

BURROUGH, P.A, 1987. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** Oxford, Claredon Press, 193p.

Câmara G., Casanova, M., Hemerly, A., Magalhães, G., Medeiros, C., 1996. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** Campinas, São Paulo. Instituto de Computação, UNICAMP, 197p.

CÂMARA, G., CASANOVA, M.A., DAVIS JUNIOR, C., VINHAS, L., QUEIROZ, G, 2005. **Bancos de Dados Geográficos.** Curitiba, Editora MundoGEO.

CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia, 2010. **Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.** Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/06/2011.

CASANOVA, M. *et. al.* **Integração e interoperabilidade entre fontes de dados geográficos.** In: Casanova, M. (Org.) Banco de Dados Geográficos. 2005. p.p. 305-340. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/>. Acesso em 10/01/2010.

DAVIS, C., CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M., 2001 **Introdução a Ciência da Geoinformação.** INPE, São José dos Campos: São Paulo.

Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso em: 22/03/2010.

HUBNER, C.E; OLIVEIRA, F.H, 2008. **Gestão da Geoinformação em Implementações Multiusuários**. COBRAC-2008, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis, 10p.

FLORIANO, E. P. **Planejamento Ambiental, Caderno Didático nº 6**. 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 2004. 54p.

FRAGOSO, S. **De interações e interatividade**. 2001. Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação, X, 2001, Brasília. Disponível em: <http://www.miniwebcursos.com.br/artigos/PDF/interatividade.pdf>. Acesso em: 25/08/2011.

MEDEIROS, C.N. **Geoprocessamento na Gestão Municipal: Mapeamento do Meio Físico e Socioeconômico do Município de Parnamirim - RN**. 2004. Dissertação de Mestrado do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN.

MEDEIROS, C. N; ARAGÃO, M. C. A; GOMES, D. D. M. **Ceará em Mapas Interativo – sistema de informações geográficas na Internet utilizando software livre**. In: XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia, 2010, Aracaju – SE. Anais.

MEDEIROS, C. N.; Petta, R. A.; Duarte, C. R. **Estudo do meio físico para avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim (RN), utilizando técnicas de geoprocessamento**. Revista Geociências, ano 24, n. 3. p. 239-253, out. 2005. ISBN: 0101-9082.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

MOREIRA, S. A. G. **Cartografia multimídia: possibilidade para a produção de novos conhecimentos geográficos (?)**. In: In: XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia, 2010, Aracaju – SE. Anais.

MITCHELL, T., 2005. **Web Mapping Illustrated: Using Open Source**

GIS. Toolkits, O'Reilly Media, Inc.

NOGUEIRA, D. Participação e Reconhecimento na Organização Social em torno da Gestão de Recursos Hídricos: Uma análise comparada da Bacia do Rio das Velhas/MG e da Bacia do Rio dos Sinos/RS. Brasília: UnB, 2004. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, R. F., 2004. Planejamento Ambiental Teoria e Prática. Ed. Oficina de Textos, São Paulo/SP.

RIBEIRO, G; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. 2003. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>. Acesso em: 17/02/2011.

SANTOS, R. F. 2004. Planejamento Ambiental. Teoria e Prática, Ed. Oficina de Textos, São Paulo/SP.

SILVA, M.R., 2007. Desenvolvimento de uma aplicação SIG-WEB voltada ao turismo. Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET, João Pessoa, PB, 62p.

XAVIER-DA-SILVA, J., 2001. Geoprocessamento para Análise Ambiental. Rio de Janeiro.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A LEGISLAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ

Carlos Marcio Soares Rocha¹

Daniel Dantas Moreira Gomes²

Ludmila Prazeres das Flores Oliveira Rocha³

Itabaraci Nazareno Cavalcante⁴

Introdução

Quando se fala de recursos hídricos deve-se saber que o uso deste bem, que é limitado e de valor econômico estimado, é destinado para diversos fins.

A legislação dos recursos hídricos é bastante ampla no âmbito federal e estadual e existem várias leis federais, RDC's (Resolução de Diretrizes do Colegiado) e portarias que regem esta dinâmica de verificação de parâmetros que as compõe.

Podemos atribuir à criação da Diretoria de Águas do Ministério da Agricultura, em 1933, e à edição do Código de Águas, em 1934, o início do processo de gestão das águas no Brasil, de forma mais abrangente.

Outros fatos marcantes foram a criação do Departamento Nacional de Águas e Energia - DNAEE, em 1965, e a instituição do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH - por iniciativa do DNAEE, em 1978, objetivando o uso racional das disponibilidades hídricas das bacias hidrográficas federais.

No entanto, a gestão dos recursos hídricos, de forma integrada e sistêmica, passou a ser preocupação maior da sociedade e dos governantes, a partir da década de 80, tendo como principais marcos, a CPI dos Recursos

¹ Químico Industrial, Mestre e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

² Geógrafo pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Mestre e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

³ Químico Industrial, Mestre e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

⁴ Professor Pesquisador, Dr. em Hidrogeologia. Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará - UFC.

Hídricos, em 1982, o primeiro Seminário Internacional sobre Gestão de Água promovido pelo DNAEE, em 1983 e, finalmente, a promulgação da Constituição Federal de 1988 que atribuiu à União, no seu Art. 21, Item XIX, a incumbência de institucionalizar um Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (Vieira, 2003).

O nosso país tem dimensões continentais; portanto, as características no que diz respeito aos recursos hídricos são bastante distintas.

Tem regiões, como o Norte, Suldeste, Centro-Oeste e Sul que são dotadas de reservas imensas, no que diz respeito à quantidade e qualidade, e outras em que as reservas são escassas e de qualidades diminutas, como a Região Nordeste.

O Estado do Ceará está inserido na Região Nordeste, que encontra-se com 72,24% de seu território dentro do polígono das secas, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

O Estado está no domínio da caatinga, com período chuvoso restrito a cerca de quatro meses do ano e alta biodiversidade adaptada. A sazonalidade característica desse bioma se reflete em uma fauna e flora adaptadas às condições semiáridas.

O território cearense é dividido em sete bacias hidrográficas sendo a maior delas a do rio Jaguaribe. Sua bacia hidrográfica compreende mais de 50% do Estado. O rio tem 610 km de extensão. Os dois maiores reservatórios de água do Ceará são barragens que represam o Jaguaribe: Açude Orós e Açude Castanhão, com as respectivas capacidades de armazenamento em 2,1 e 6,7 bilhões de metros cúbicos. Os afluentes mais importantes do rio Jaguaribe são os rios Salgado e Banabuiú.

As outras bacias são: a do rio Acaraú com um dos maiores reservatórios do Estado, o açude Araras com capacidade para um bilhão de metros cúbicos; do rio Coreaú; do rio Curu; do Litoral, que drena boa parte do litoral norte onde os principais rios são Aracatiaçu, Aracatimirim, Mundaú e Trairi; na região metropolitana onde os principais rios são Ceará, Cocó, Pacoti e Choró; e parte da bacia do rio Parnaíba.

No que diz respeito às legislações estaduais, alguns Estados estão em estágio bem avançados e outros estão iniciando a formulação de suas políticas. BARROS, na Tabela 1, relaciona os estados brasileiros que possuem leis de recursos hídricos, bem como os órgãos e entidades previstas nessas leis.

Tabela 1 – Estados Brasileiros que possuem Leis de Recursos Hídricos

Estado	Lei de Rec. Hídricos	Prevê CERH	CERH Implantado	Prevê Comitê	Prevê Agência
Alagoas	S	S	S	S	S
Bahia	S	N	S ¹	N	N
Ceará	S	S	S	S	N ²
Distrito Federal	S	S	S	S	N
Espírito Santo	S	S	S	S	S
Goias	S	S	S	S	S
Maranhão	S	S	N	S	S
Mato Grosso	S	S	N	S	N
Minas Gerais	S	S	S	S	S
Pará	S	S	S	N	N
Paraíba	S	S	N	S	N
Paraná	S	S	S	S	S
Pernambuco	S	S	S	S	N
Piauí	S	S	N	S	-
Rio de Janeiro	S	S	S	S	S
Rio Grande do Norte	S	S	S	S	S
Rio Grande do Sul	S	S	S	S	S
Santa Catarina	S	S	S	S	N
São Paulo	S	S	S	S	S
Sergipe	S	S	S	S	S
Tocantins	N	S ³	S	-	-

LEGENDA: S - Sim ; N - Não ; CERH - Conselho estadual de recursos Hídricos

¹ A Lei de Recursos Hídricos do Estado não prevê a criação do Conselho, entretanto, o mesmo foi criado através da Lei nº 7.354/98.

² A COGERH é considerada uma agência de bacia.

³ Apesar de não existir lei específica de recursos hídricos, o Estado editou o Decreto nº 637/98 que cria o CERH

Domínio Federal e Estadual da Água.

Atualmente, existe um conflito em relação aos domínios dos recursos hídricos na zona semiárida do Nordeste, pois as águas que correm em rios que nascem e apresentam sua foz no território de um determinado Estado, são de seu domínio.

Entretanto, a Constituição trás uma ressalva, no caso das decorrentes de obras da União.

A Constituição de 1988, definiu os bens dos Estados e os bens da União, como podemos ver a seguir: Bens da União - Art. 20, inciso III, são bens da União “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”. Bens dos Estados: a Constituição Federal, Art. 26, inciso I, inclui entre os bens do Estados “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósitos, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União” (Brasil, 1997b, p. 20).

A partir desses artigos pode-se interpretar que as águas estaduais, ou seja, oriundas de rios estaduais, quando entram em açudes construídos pela União, são de domínio da União e, essas mesmas águas, quando liberadas no leito do rio, voltam a ser de domínio do Estado.

Nesse contexto, as retiradas a montante dos reservatórios construídos pela União, ou seja, as retiradas diretamente da bacia hidráulica do reservatório teriam sua concessão/autorização outorgada pela União. As retiradas feitas a jusante do reservatório construído pela União, ao longo do leito do rio, teriam sua concessão/autorização outorgada pelo Estado. Nesse caso, os(as) usuários(as) outorgados(as) pelo Estado somente iriam dispor da água quando o organismo federal, que gerenciasse as águas em depósito, as liberassem para o leito do rio. É evidente que uma estreita colaboração entre os Estados e a União seria necessária. (SRH, 1992a).

Na prática, o que ocorre é que a mesma água pode ser outorgada pelo Estado e pela União. Essa situação quebra um princípio fundamental do gerenciamento dos recursos hídricos: a unicidade de responsabilidade pela outorga. Decorre, então, a possibilidade, no caso da falta de perfeito entrosamento Estado-União, de volume de água outorgado superar o volume disponível. (SRH, 1992b).

Para tentar minimizar isso, no Ceará, o PLANERH, propôs a criação de um Grupo de Trabalho Permanente de técnicos das áreas federal e estadual, com o objetivo de estudar as questões relativas à outorga das águas públicas e avaliar as consequências, sobre a relação oferta x demanda

da água e da construção de novas barragens.

O Ceará destaca-se, no Nordeste, por possuir a maior quantidade de açudes. Existiam até 1992, 7.227 açudes de pequeno, médio e grande porte, 43 construídos pelo poder público, por particulares e em regime de cooperação. Com um potencial de acumulação de 11,52 bilhões de metros cúbicos de água (SRH, 1992b).

Ao longo dos anos de 1992 a 2002, vários açudes (públicos e privados) foram construídos, ampliando a capacidade de acumulação de água no Estado.

Dada a situação de semi-aridez, que caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal das precipitações e pela concentração das chuvas num período de três a cinco meses do ano, associada ao fato de apresentar a grande maioria do seu território com embasamento cristalino, o Ceará possui uma situação onde os rios são intermitentes, apenas apresentando fluxo de água no período chuvoso. Por isso a necessidade de construção de açudes que guardem a água no período chuvoso para ser utilizada no período seco.

A alternativa da açudagem no Ceará, com o objetivo de reter água no período chuvoso, foi institucionalizada pela Resolução de 25 de agosto de 1832, quando governava esta província o tenente José Mariano de Albuquerque Cavalcante. No entanto, coube a Martiniano de Alencar, cuja primeira administração da província ocorreu de 1834 a 1837, a continuidade das ações nesse sentido com a efetivação de mecanismos que incentivavam a construção de açudes como alternativa contra as secas.

Isso se deu através da promulgação da Lei n.º 59, de 26 de setembro de 1836, que estabeleceu, no orçamento deste ano, gratificações de dois contos de réis aos(as) que “fabricassem” açudes em suas terras. No ano seguinte, mediante a Lei n.º 84, de 25 de setembro de 1837, o incentivo governamental foi reduzido à metade, ou seja, um conto de réis (Nascimento, 1988).

No período de 1848 a 1858, houve uma interrupção da política de açudagem no Ceará, que foi retomada pelo presidente provincial João

Silveira de Souza, com a promulgação da Lei n.º 870, de 16 de setembro de 1858, onde assumia o compromisso de destinar quinhentos mil réis para a construção de um açude no povoado de São Francisco, em Uruburetama, e um conto de réis para a construção de um açude na serra de São Pedro, em Umari, do termo de Crato (Nascimento, 1988).

Esta alternativa já vislumbrava a tendência secular do Estado em investir recursos públicos já em propriedades privadas das oligarquias.

A opção da açudagem como medida de enfrentamento das secas é bastante antiga, talvez esta situação tenha ajudado na consolidação da chamada Solução Hidráulica, onde destacava-se a construção de obras de acumulação de água como a intervenção dominante do Estado em relação ao tratamento dos recursos hídricos no nordeste semiárido, como foi visto no item anterior.

Apesar da opção de construção de açudes ser bastante antiga, bem como os incentivos dados no passado para essas intervenções, a maioria dos grandes açudes existentes no Ceará foram construídos pela União, mais especificamente pelo DNOCS.

Como pode ser visto na Tabela 2, onde mostra os açudes existentes no Ceará com capacidade de acumulação acima de 200 milhões de metros cúbicos de água.

Açude	Município	Capacidade (m ³)	Construção
Castanhão	Alto Santo	6.700.000.000	DNOCS
Orós	Orós	1.940.000.000	DNOCS
Banabuiú	Banabuiú	1.600.999.936	DNOCS
Araras	Varjota	860.899.968	DNOCS
Pedras Brancas	Quixadá	434.040.000	DNOCS
Pentecoste	Pentecoste	395.630.016	DNOCS
Pacoti	Horizonte	380.000.000	Estado
General Sampaio	General Sampaio	322.200.000	DNOCS
Trussu	Iguatu	260.570.000	DNOCS
Edson Queiroz	Santa Quitéria	250.500.000	DNOCS
Pacajus	Pacajus	240.000.000	Estado
Jaburu I	Ubajara	210.000.000	Estado
Caxitoré	Pentecoste/Umirim	202.000.000	DNOCS

Fonte: COGERH (2003).

O Ceará foi o mais contemplado com a Política Federal de Açudagem Pública. Foram construídos 73 açudes, com capacidade de armazenar 7.888.674,000 m³ até 1990.

Após este ano, foram concluídos nessa ação de açudagem pública pelo

DNOCS mais 11 (onze) reservatórios, que são: Atalho (Brejo Santo), Trussu (Iguatú), Trici (Tauá), Fogareiro (Quixeramobim), Serafim Dias (Mombaça), Jenipapeiro (Dep. Irapuam Pinheiro), Tejuçuoca (Tejuçuoca), Edson Queiroz (Santa Quitéria), Patos (Sobral), Prazeres (Barro) e Pompeu Sobrinho (Choró), os quais têm capacidade de armazenar 1.025.800,000 m³, totalizando 84 reservatórios com capacidade de armazenar 8.914.474,000 m³, no Programa de Açudagem Pública no Ceará, realizado pelo Governo Federal até 2002 (Zaranza, 2003).

A evolução do arcabouço institucional para tratar da questão da água no Ceará teve início no Governo César Cals, com a criação, através da Lei n.º 9.498, de 20 de julho de 1971, da Superintendência de Obras Hidráulicas do Estado do Ceará (SOEC), tendo, entre outras, a atribuição de construir açudes e poços. Nesse mesmo ano foi criada a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Através da Lei n.º 618, de 26 de setembro de 1972, foi criada a Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas Artificiais (FUNCEME), na época vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Outra ação governamental ocorreu com a criação do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, Lei n.º 10.840, de 10 de outubro de 1983, que tinha entre suas atribuições definir a política de recursos hídricos para o Ceará; promover a integração e articulação, para o planejamento e execução, entre as entidade estaduais que atuam na áreas de recursos hídricos.

Peixoto (1990), afirma que a criação do Conselho de Recursos Hídricos do Ceará, foi motivada pela constatação, por parte do governo da época, da “...multiplicidade de instituições atuando na área de recursos hídricos de forma desordenada e com as mais diversas vinculações administrativas”. Entretanto, a criação do referido Conselho em nada alterou o quadro existente à época, pois não chegou a assumir suas atribuições, não chegando sequer a aprovar o seu regimento interno.

Não obstante, essas iniciativas anteriores, o marco histórico da evolução do quadro institucional da gestão dos recursos hídricos no Ceará, é a criação da Secretaria Estadual dos Recursos Hídricos (SRH), através da Lei n.º 11.306, de 01 de abril de 1987. Esta lei estabelece no seu artigo 6º

que é atribuição da SRH: Promover o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos do Estado, coordenar, gerenciar e operacionalizar estudos, pesquisas, programas, projetos, obras, produtos e serviços tocantes a recursos hídricos, e promover a articulação dos órgãos e entidades do setor com os federais e municipais. Também nesse ano, foi criada, pela lei n.º 11.380 de 15 de dezembro de 1987, a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), vinculada a SRH.

Apesar da criação da SRH, em 1987, ainda não existia dentro do aparato estatal uma visão clara da necessidade de uma gestão integrada da água, ficando restrita a ações de ampliação da oferta de água, através de açudes, poços, adutoras e principalmente na implantação de perímetros públicos estaduais de irrigação, tendo quase nenhuma ação de gestão integrada de água propriamente dita. Naquele momento, a SRH se volta fortemente para um uso setorial: a irrigação. Essa característica só vai mudar no início da década de 90, após a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos e da Lei Estadual de Recursos Hídricos.

Esse forte viés voltado para a irrigação, assumido pela SRH, pode ter sido em função da tradição dos órgãos e recursos humanos incorporados por ela, e pelo fato de ter sido criado na época o Ministério da Irrigação e este tinha projetado metas ambiciosas de expansão das áreas irrigadas para o Nordeste.

A promulgação da Constituição Estadual do Ceará, em 1989, acompanhando a Constituição Federal de 1988, definiu atribuições relativas ao recursos hídricos de domínio estadual. Como pode ser visto no artigo 326 da Constituição do Ceará:

“a administração manterá atualizado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e instituirá, por lei, seu sistema de gestão, congregando organismos estaduais e municipais e a sociedade civil e assegurará recursos financeiros e mecanismos institucionais necessários para garantir: I – a utilização racional das águas, superficiais e subterrâneas; II - O aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio dos custos das respectivas obras na forma da lei; III – a proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu

uso atual ou futuro; IV – a defesa contra eventos críticos, que ofereçam riscos à saúde, e à segurança pública, e ocasionem prejuízos econômicos ou sociais; § 1º - A gestão dos recursos hídricos deverá: I – propiciar o uso múltiplo das águas e reduzir seus efeitos adversos; II – ser descentralizada, participativa e integrada em relação aos demais recursos naturais; III – adotar a bacia hidrográfica como base e considerar o ciclo hidrológico, em todas as suas fases. § 2º - As diretrizes da política estadual dos recursos hídricos serão estabelecida por lei.”

A Lei Estadual de Recursos Hídricos

A Lei de Recursos Hídricos do Ceará, no seu art. 1º estabelece os seus objetivos:

“I - compatibilizar a ação humana com a dinâmica do ciclo hidrológico, de forma a assegurar as condições para o desenvolvimento econômico e social, com melhoria da qualidade de vida e em equilíbrio com o meio ambiente; II - assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social possa ser controlada e utilizada, em padrões de qualidade e quantidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras; III - planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, controle, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos.” (SRH, 1994).

Nos seus princípios fundamentais, a Lei de Recursos Hídricos do Ceará estabelece que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, descentralizado e participativo; a unidade básica de gerenciamento é a bacia hidrográfica; a água é um recurso limitado e dotado de valor econômico; os recursos hídricos são bens de uso múltiplos e competitivos.

A Lei de Recursos Hídricos dividiu o Ceará em 11 unidades básicas de gerenciamento: Bacia do Coreauá; Bacia do Poti-Longá; Bacia do Acaraú; Bacia do Litoral; Bacia do Curu, Bacias Metropolitanas; Bacia do Baixo Jaguaribe; Bacia do Médio Jaguaribe; Bacia do Alto Jaguaribe; Bacia do Banabuiú e Bacia do Salgado.

Na realidade, por vários motivos, essa divisão não obedece necessariamente

os limites das bacias hidrográficas existentes no Ceará. São duas bacias hidrográficas propriamente ditas, definidas pela drenagem do seu rio principal: Bacia do Curu e Bacia do Acaraú; Uma formada pelo rio Poti, e vários afluentes do Longá, que faz parte da bacia do rio Parnaíba, localizado no Estado do Piauí: Bacia do Poti-Longá; Outras 03 que, na verdade, são formadas por um conjunto de bacias hidrográficas de vários rios litorâneos: Bacia do Coreauá, Bacia do Litoral e a Bacia Metropolitana; E, por fim, as 05 bacias que foram estabelecidas da subdivisão da Bacia do Rio Jaguaribe, proposta pelo PLANERH, devido a sua grande dimensão (correspondendo a 48% do território cearense), esta foi subdividida em: Bacia do Alto Jaguaribe, Bacia do Médio Jaguaribe, Bacia do Baixo Jaguaribe, Bacia do Banabuiú e Bacia do Salgado. (SRH, 1992).

No âmbito da Lei Estadual de Recursos Hídricos foi instituído o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, que visa à coordenação e execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como à formulação, atualização e execução do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Na sua estrutura organizacional, o SIGERH congrega instituições estaduais, federais e municipais, em três subsistemas: Sistema de Gestão (instituições com atribuições de planejamento, administração e regulamentação dos recursos hídricos); sistemas afins (responsáveis pelas obras e serviços de oferta, utilização e preservação dos recursos hídricos); e Sistemas Correlatos (instituições ligadas a serviços de planejamento e coordenação geral, incentivos econômicos e fiscais, ciência e tecnologia de defesa civil e meio ambiente). Além das instituições públicas executoras, existem os órgãos colegiados: I - Conselho de Recursos Hídricos do Ceará - CONERH; II - Comitê Estadual de Recursos Hídricos - COMIRH; III - Secretaria dos Recursos Hídricos - Órgão Gestor; IV - Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH; V - Comitê de Bacias Hidrográficas – CBH.

O CONERH é o órgão de coordenação, fiscalização, deliberação coletiva e de caráter normativo, com as seguintes finalidades: Coordenar a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos; Formular, explicitar e negociar

políticas de utilização, oferta e preservação dos recursos hídricos; Promover a articulação entre os órgãos estaduais, federais e municipais e a sociedade civil; Deliberar sobre assuntos ligados aos recursos hídricos (SRH, 1992b).

O COMIRH é um órgão colegiado formado por técnicos(as) das instituições estaduais ligadas a recursos hídricos, e analisará os problemas do ponto de vista técnico funcionando apenas como órgão consultivo. Suas atribuições são: Assessorar tecnicamente o CONERH; Compatibilizar tecnicamente os interesses setoriais em problemas envolvendo água; Emitir parecer prévio, de natureza técnica, sobre projetos e construções de obras hidráulicas (SRH, 1992b).

Os CBH - Comitês de Bacias Hidrográficas, são organismos colegiados integrantes do Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, com funções deliberativas e consultivas, constituídos por representantes dos(as) usuários(as), da sociedade, do poder público municipal e dos órgãos públicos estaduais e federais, que tenham interesse ou atuem na bacia, com o objetivo de colocar em prática o processo de Gestão Participativa da Bacia Hidrográfica.

Ao analisar os principais preceitos da Lei de Recursos Hídricos do Ceará e da Lei Nacional de Recursos percebemos diferenças que merecem alguns comentários.

Destacamos a que diz respeito à Agência de Água, prevista na Lei Nacional, que, todavia, a Lei do Ceará não contempla. Argumenta-se que a maioria das bacias hidrográficas cearenses seriam deficitárias do ponto de vista de arrecadação financeira com a cobrança pelo uso da água, e por isso não teriam condições de manter uma Agência de Água. Essa situação na realidade nos parece a predominância de uma lógica centralizadora, onde todo o dinheiro a ser arrecadado e o próprio planejamento das ações públicas nas bacias seriam centralizadas num organismo de gerenciamento estadual. O que destoa da proposta da Agência de Bacia prevista na Lei Nacional de Recursos Hídricos e do modelo francês, onde as Agências de Águas, uma para cada bacia, são estabelecimentos públicos, de caráter administrativo e com autonomia financeira. São os órgãos executivos que aplicam a política estabelecida pelo comitê através do programa de

intervenção (Leal, 1998).

Na evolução institucional no setor de recursos hídricos no Ceará, o marco do processo de operacionalização da gestão participativa pode ser definido a partir da criação da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH, pela Lei Estadual no 12.217, de 18 de novembro de 1993. Com a criação da COGERH teve início o trabalho de mobilização e apoio à organização dos(as) usuários(as) de água para a participação na gestão dos recursos hídricos.

Para a operacionalização da Política Estadual de Recursos Hídricos, que passa pelo planejamento, administração e regulamentação, o SIGERH definiu o Sistema de Gestão, que é composto de um órgão gestor, a SRH, e suas vinculadas (FUNCEME, SOHIDRA, COGERH), que executam as funções de gestão delegadas pelo órgão gestor.

A FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos é uma fundação pública de direito privado, criada em 1972, sob a denominação Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas Artificiais, vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Em 1987, a FUNCEME teve seu nome modificado para Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, passando a ser vinculada à SRH. Em 1988, a FUNCEME absorveu parte das atividades da extinta Superintendência de Desenvolvimento do Ceará – SUDEC. Em 1993, passou a integrar a estrutura da nova Secretaria de Ciência e Tecnologia do Ceará - SECITECE. Em 1997, a FUNCEME volta a fazer parte da SRH. O retorno da FUNCEME para a SRH deveu-se à observância de que a Fundação deveria destinar-se a subsidiar as demandas da SRH, relacionadas à implantação do SIGERH.

A SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas, é uma autarquia, criada em 1987, que incorporou parte da SOEC, da Companhia de Desenvolvimento Agropecuário – CODAGRO e parte da SUDEC. Apresenta entre as suas atribuições, de acordo com sua lei de criação: coleta e organização de informações com vistas ao balanço hídrico; execução de estudos e projetos objetivando o aproveitamento de águas subterrâneas e superficiais; execução de obras e serviços de engenharia

hidráulica; gerenciamento de sistemas e aproveitamento sócio-econômico das áreas de influência das bacias hidráulicas públicas; estudos, projetos e implantação de sistemas de irrigação estaduais. A SOHIDRA teve historicamente um papel importante na implantação e acompanhamento dos perímetros irrigados construídos pelo Estado do Ceará, bem como no incentivo da irrigação nas bacias dos açudes públicos a partir da distribuição de sistemas de irrigação. Atualmente, a SOHIDRA é responsável pelo acompanhamento das obras de açudes e adutoras que são construídos pelas firmas contratadas pela SRH, pela locação e construção de poços para obtenção de água subterrânea e a instalação de dessalinizadores. Atua também na construção de açudes, adutoras e sistemas de irrigação, e após a construção essas obras são repassadas, respectivamente, à COGERH, CAGECE e a SEAGRI (Secretaria Estadual de Agricultura Irrigada), para que sejam gerenciadas. É importante acrescentar que todos os perímetros públicos construídos pela SOHIDRA, foram repassados para a SEAGRI (atual S.D.A.).

A COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos, criada em 1993, é uma empresa da Administração Pública Indireta, dotada de personalidade jurídica própria, organizada em forma de sociedade anônima. Tem a finalidade de gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes dos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado, visando equacionar as questões referentes ao seu aproveitamento e controle. É responsável pela gestão da água bruta em todo o Ceará. Entre as ações que a COGERH desenvolve, podemos citar: monitoramento dos recursos hídricos; formação e assessoramento dos comitês de bacia hidrográfica; operação e manutenção dos açudes estaduais; estudos relacionados à gestão de recursos hídricos; cobrança pelo uso dos recursos hídricos; etc.

Entre as várias atribuições da COGERH, destaca-se a operacionalização da gestão participativa dos recursos hídricos, através da definição participativa da operação dos reservatórios públicos e a formação dos comitês de bacias hidrográficas. Até o ano de 2004, foram instalados os comitês das seguintes bacias: Curu, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe, Salgado, Banabuiú e Metropolitanas.

Em 1996, a COGERH assumiu o sistema que fornece água para a Região

Metropolitana de Fortaleza, incluindo os açudes, o Canal do Trabalhador e estações de bombeamento e ainda o sistema de distribuição de água bruta para o distrito industrial de Maracanaú. Todo esse sistema era gerenciado pela CAGECE; todavia, como a atribuição de gerenciar a água bruta é da COGERH, o Governo do Estado do Ceará estabeleceu um acordo onde a COGERH passaria a gerenciar o sistema metropolitano e a CAGECE passaria a pagar pela quantidade de água utilizada na sua estação de tratamento. Com esse acordo, a CAGECE passa a se preocupar com as suas efetivas atribuições que é o tratamento e distribuição da água nos assentamentos urbanos.

A criação da COGERH resultou em algumas superposições de atribuições, pois a mesma não estava prevista na Lei Estadual de Recursos Hídricos, de 1992. Essa situação deve ter provocado alguns conflitos institucionais que tiveram de ser negociados e acomodados no decorrer do processo de gestão dos recursos hídricos nos últimos anos.

A atual legislação estadual não apresenta a figura da Agência, mas com a promulgação da Lei Federal, é provável que seja necessária uma revisão da Lei Estadual dos Recursos Hídricos. Atualmente, está tramitando na Assembléia Legislativa um Projeto de Lei de reforma da Legislação Estadual de Recursos Hídricos.

A Lei Nacional de Recursos Hídricos, cria a figura das Agências de Água, estabelecendo que estas devam exercer a função de secretarias executivas do respectivo ou respectivos Comitês, tendo como principais atribuições: manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação; manter o cadastro de usuários(as) de água; efetuar, mediante delegação dos(as) outorgantes, a cobrança pelo uso da água; gerir o Sistema de Informação sobre recursos hídricos em sua área de atuação; promover os estudos necessários para a gestão da água; elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação dos respectivos Comitês.

Dado que a Legislação de Recursos Hídricos do Ceará não estabelece a figura da agência e bacia, a COGERH vem ocupando essa lacuna, na prática, como se fosse uma agência estadual, uma vez que realiza várias

atribuições que seriam pertinentes a uma agência de água, tais como: a cobrança pelo uso da água; o papel de secretaria executiva nos Comitês; realizam os estudos e dar apoio técnico para a tomada de decisão para a operação dos sistemas hídricos, etc.

No caso do Ceará, é pouco provável que as bacias existentes tenham condições econômicas de implantar agências de água, nos moldes em que estabelece a Lei Nacional de Recursos Hídricos. Com isso, é necessário definir uma forma de resolver este impasse, pois a figura da agência é de extrema importância para o comitê, enquanto órgão de apoio e executor das suas deliberações.

O Sistema Estadual de Recursos Hídricos, conforme está descrito nesta pesquisa, composto pela SRH, COGERH, SOHIDRA e FUNCEME, foi modificado pela reforma administrativa realizada pelo atual governo, em janeiro de 2003. Nessa reforma, a FUNCEME passou para a Secretaria de Ciência e Tecnologia, e estava previsto a extinção da SOHIDRA, cujas funções e funcionários(as) seriam absorvidos pela COGERH. No entanto, a extinção da SOHIDRA não se concretizou, ficando o Sistema Estadual de Recursos Hídricos composto pela SRH, COGERH e SOHIDRA.

Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH

O PLANERH está previsto no Capítulo VI da Lei nº 11.996/92. É um importante instrumento de política estadual, devendo o Estado mantê-lo atualizado, assegurando os recursos financeiros e mecanismos institucionais para garantir: a utilização racional das águas, superficiais e subterrâneas; o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio dos custos das respectivas obras, na forma da Lei; a proteção das águas contra ações que possam comprometer seu uso, atual ou futuro; a defesa contra secas, inundações e outros eventos críticos, que ofereçam riscos à saúde e segurança públicas, e prejuízos econômicos e sociais; e o funcionamento do sistema de previsão de secas e monitoramento climático.

O PLANERH será aprovado por Lei, cujo Projeto deverá ser encaminhado à Assembléia Legislativa do Estado até o final do primeiro ano do mandato

do Governador, devendo o mesmo ser revisto, atualizado e consolidado. Os dispêndios financeiros para elaboração e implantação do Plano deverão constar das leis sobre o Plano Plurianual, Diretrizes Orçamentárias e Orçamento Anual do Estado.

Por força do disposto no art. 16, deverá ser publicado, até o dia 30 de junho de cada ano, o relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Ceará, com avaliações e recomendações que permitam atualizar e aperfeiçoar o Plano, destacando em especial: a) os relatórios específicos sobre cada bacia hidrográfica e sobre os aquíferos subterrâneos; b) as necessidades de recursos financeiros para os planos e programas estaduais e regionais; c) as demandas de aperfeiçoamento tecnológico e de capacitação de recursos humanos, inclusive de aumento de produtividade e de valorização profissional das equipes técnicas especializadas em recursos hídricos e campos afins das entidades públicas e privadas; e d) as propostas de aperfeiçoamento das formas de participação da sociedade civil na formulação e implantação dos planos e programas de recursos hídricos.

Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNORH

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNORH constava do Capítulo VII da Lei nº11.996/92, mas seus artigos foram revogados pela Lei nº 12.245, de 30 de dezembro de 1993.

O art. 1º estabelece que o FUNORH está vinculado à Secretaria dos Recursos Hídricos, e foi criado com a finalidade de dar suporte financeiro à Política de Recursos Hídricos do Estado e às ações dos componentes do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH.

Seus objetivos são o financiamento de projetos voltados para a Política Estadual de Recursos Hídricos, para que sejam asseguradas as condições de desenvolvimento de recursos hídricos, e melhoria da qualidade de vida da população do Estado em equilíbrio com o meio ambiente, e a aplicação dos recursos de investimentos oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, repassados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

- COGERH, cabendo a esta a aplicação dos recursos necessários para custear as atividades do gerenciamento dos recursos hídricos, envolvendo os serviços de operação e manutenção dos dispositivos e da infraestrutura hidráulica e dos sistemas operacionais de cobrança junto aos diversos usos e usuários dos recursos hídricos.

Respeitando-se as prioridades e metas da Administração Pública Estadual, serão observadas as seguintes diretrizes na formulação dos programas de financiamento do Fundo: a) concessão de financiamento a instituições públicas ou privadas envolvidas na Política de Desenvolvimento de Recursos Hídricos do Estado; b) ação integrada com as secretarias do Estado envolvidas com a Política de Recursos Hídricos; c) adoção de prazos e carências de acordo com a maturação do projeto e limite de financiamento em função das capacidades de endividamento dos tomadores finais; d) custos financeiros definidos em função dos aspectos sociais e econômicos do Projeto; e e) uso criterioso dos recursos e adequadas políticas de garantias a fim de assegurar racionalidade, eficiência, eficácia e retorno às aplicações.

Os beneficiários dos financiamentos concedidos com recursos do FUNORH são as instituições públicas ou privadas envolvidas com a Política Estadual de Recursos Hídricos.

As fontes do Fundo são os recursos de origem orçamentária do Tesouro do Estado, os provenientes de operações de crédito contratados com entidades nacionais e internacionais, os provenientes de retorno de financiamento sob a forma de amortização do principal, atualização monetária, juros, comissões, mora ou sob qualquer outra forma, os recursos de investimentos provenientes da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, o resultado de aplicações de multas cobradas dos infratores da legislação de águas e outras fontes de recursos, provenientes da União, do Estado, dos Municípios e entidades nacionais e internacionais.

Deverão constar do orçamento do Estado, vinculadas à Secretaria dos Recursos Hídricos, as despesas relativas aos recursos que serão aportados

ao Fundo a cada ano, bem como os valores compatíveis e suficientes para satisfazerem as obrigações de amortização dos empréstimos pelo Tesouro do Estado que se destinarem à integralização do Fundo. Estes recursos de operações de crédito que constituirão o Fundo serão reembolsados pelo Governo do Estado na forma do contrato de empréstimo.

Órgão Gestor

A Lei de Política estabelece que, no Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos, caberá à Secretaria dos Recursos Hídricos, sem prejuízo das suas demais atribuições: a) cumprir o Código de Águas e a legislação supletiva e complementar; b) promover o inventário das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas; c) dar suporte técnico ao COMIRH, aos CBHs e CBRMF, no âmbito de suas atribuições; d) cadastrar os usuários das águas, estimar as demandas de águas atuais e futuras, outorgar o direito de uso das águas segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PLANERH; e) controlar e fiscalizar as outorgas, aplicar sanções de advertência, multas, embargos administrativos e definitivos, de acordo com o regulamento desta Lei; f) planejar, proteger, executar e operar obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e de interesse comum previstas no Plano Estadual de Recursos Hídricos, com rateio de custos entre os setores beneficiados, em cooperação ou convênio com instituições componentes do SIGERH; g) prestar assistência técnica e realizar programas conjuntos com os municípios, no que se refere a uso múltiplo, controle, proteção e conservação dos recursos hídricos; h) promover a integração dos aspectos quantitativos e qualitativos do gerenciamento dos recursos hídricos, articulando-se, pelos meios que forem determinados em regulamento, com os órgãos e entidades integrantes do sistema de administração da qualidade ambiental; i) efetuar o controle e o monitoramento da quantidade da água mediante redes de observação hidrológicas, hidrogeológicas e hidrometeorológicas; e j) realizar programas de estudos, pesquisas, desenvolvimento de tecnologia, treinamento e capacitação de recursos humanos necessários ao SIGERH no âmbito de suas atribuições.

Demais Instituições Integrantes do SIGERH

No Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, caberão às instituições participantes do Sistema de Administração da qualidade ambiental, a proteção, o controle e o desenvolvimento do meio ambiente e uso adequado dos recursos naturais, no âmbito de suas respectivas atribuições, conforme for estipulado no regulamento desse Sistema: a) analisar e propor o enquadramento dos corpos de águas em classes de uso preponderante, de forma compatibilizada com o Plano Estadual de Recursos Hídricos; b) calcular e efetuar a cobrança das tarifas de utilização de recursos hídricos para fins de diluição, assimilação e transporte de esgotos e efluentes urbanos, industriais e agrícolas; c) dar suporte ao COMIRH, aos CBH's e ao CBRMF; d) efetuar o controle e o monitoramento da qualidade das águas; e) cadastrar as fontes e licenciar as atividades potencialmente poluidoras dos recursos hídricos, aplicar as multas e sanções previstas em lei, destinando os resultados financeiros ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos; e f) realizar programas de estudos, pesquisas, desenvolvimento de tecnologia, treinamento e capacitação de recursos humanos, necessários ao SIGERH, no âmbito de suas respectivas atribuições.

À Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, no âmbito do SIGERH, sem prejuízo das suas demais atribuições, caberá zelar pela qualidade da água para consumo humano, articulando-se com a Secretaria da Saúde para o exercício da vigilância sanitária referente às doenças de veiculação hídrica.

Ainda à SEMACE, mas em conjunto com a Secretaria de Desenvolvimento Agrário, no exercício de suas respectivas competências e sem prejuízo das suas demais atribuições: a) controlar o uso de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura, com vistas à proteção dos recursos hídricos contra poluição; b) prevenir a erosão do solo rural, tendo em vista proteger os recursos hídricos contra o assoreamento e a poluição física; c) fomentar o aproveitamento racional das várzeas, considerando o zoneamento das áreas inundáveis e o equilíbrio ambiental; e d) fomentar a irrigação, com

utilização racional dos recursos hídricos, de forma compatibilizada com o Plano Estadual de Recursos Hídricos.

A Lei nº 11.996/92 determinou que o Governo do Estado, através da Secretaria dos Recursos Hídricos, buscasse entendimentos com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, ou com órgão sucedâneo, no sentido de que fosse criado um grupo técnico visando a adequar o gerenciamento das águas aos interesses do Estado do Ceará e da União no semiárido cearense.

A Política trata, no seu capítulo IV, dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos, distribuídos ao longo de três seções, a primeira tratando da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a segunda da cobrança pelo seu uso e a última do rateio de custos das obras de recursos hídricos.

Da Outorga de Direito de Uso e da Licença para Execução de Obras

Aspectos gerais

O art. 4º da Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992 trata da necessidade da outorga do direito de uso dos recursos hídricos ao condicionar a implantação de qualquer empreendimento que consuma recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos e a realização de obras ou serviços que alterem o regime, sua quantidade ou qualidade, à autorização da Secretaria dos Recursos Hídricos, esta na qualidade de órgão gestor dos recursos hídricos no Estado do Ceará. Ressalta, ainda, que esta autorização poderá ser deferida, mas que o outorgado depende ainda das demais formas de licenciamento expedidas pelos órgãos responsáveis pelo controle ambiental, na forma prevista.

Regulamentando o artigo 4º da Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, o Governo do Estado editou o Decreto nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994.

Este diploma legal traz os princípios gerais e programáticos da outorga. No que diz respeito aos primeiros, a água constitui direito de todos para as primeiras necessidades da vida e seu uso tem função social preeminente,

com prioridade para o abastecimento humano, e o aproveitamento social e econômico, inclusive como instrumento de combate à disparidade regional e à pobreza nas regiões sujeitas a secas periódicas. Além disso, é dever de toda pessoa física ou jurídica zelar pela preservação dos recursos hídricos nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, e o uso da água será compatibilizado com as políticas de desenvolvimento urbano e agrícola e com o plano nacional de reforma agrária.

No que tange aos princípios programáticos, a concessão, fiscalização e controle da outorga deverão destacar a necessidade de compatibilizar a ação humana em qualquer de suas manifestações, com a dinâmica do ciclo hidrológico, de forma a assegurar as condições para o desenvolvimento social e econômico, com melhoria da qualidade de vida e em equilíbrio com o meio ambiente e assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento econômico, seja controlada e utilizada em padrões de qualidade e quantidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras, em todo o território do Estado do Ceará.

Prevê também a necessidade de planejamento e gerenciamento, de forma integrada, descentralizada e participativa, o uso múltiplo, o controle, a conservação, a proteção e a preservação dos recursos hídricos, cuidando para que não haja dissociação dos aspectos qualitativos e quantitativos, considerando as fases aérea, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico.

O art. 6º do mencionado Decreto traz algumas definições a saber: a) corpo d'água é a massa de água que se encontra em um determinado lugar, podendo ser subterrânea ou de superfície e sua quantidade variar ao longo do tempo, compreendendo cursos d'água, aquíferos, reservatórios naturais ou artificiais; b) bacia hidráulica é o espaço ocupado pela massa de água do açude, até o limite de seu sangradouro; c) vazão nominal de teste de poço é a descarga regularizada pelo poço no período de 24h (vinte e quatro horas); d) capacidade de recarga do aquífero é a reposição sazonal da água retirada ou evadida de reserva subterrânea; e) vazão regularizada é a quantidade média anual de água que pode ser fornecida pelo açude com uma determinada segurança de tempo de utilização; e f) usuário é a pessoa física ou jurídica cuja ação ou omissão altere o regime, a quantidade ou a qualidade d'água ou o equilíbrio de seus ecossistemas.

Aspectos Específicos

Alteração do prazo da outorga de direito de uso. Com o advento da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que estabeleceu o prazo máximo de outorga em 35(trinta e cinco) anos, por se tratar de critério geral, a legislação cearense teve de ser alterada. Assim, em 28 de abril de 1999, foi editado o Decreto nº 25.443 (MAIA, 1999b), que alterou o artigo 22 do Decreto nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994, igualando o prazo ao do art. 16 da Lei federal acima citada.

Aquicultura

A Política Estadual de Recursos Hídricos, disciplinada pela Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992, estabelece como princípio de aproveitamento dos recursos hídricos o incentivo ao seu uso em múltiplas finalidades e a necessidade de se regulamentar a exploração da aquicultura em águas de domínio do Estado, ou pela União delegadas. Tal política impulsionou o Governo do Ceará a mais uma vez ser pioneiro no que tange à legislação de recursos hídricos. Em 03 de outubro de 2001, editou o Decreto nº 26.398, que regulamentou a exploração da aquicultura em águas de domínio do Estado, ou pela União delegadas.

Este diploma legal foi revogado pela Lei nº13.497, de 06 de julho de 2004, que dispôs sobre a Política Estadual de Desenvolvimento da Pesca e Aquicultura, criou o Sistema Estadual da Pesca e da Aquicultura - SEPAQ e manteve a autorização para exploração da aquicultura em águas de domínio do Estado, ou pela União delegadas, por intermédio do instituto da outorga do direito de uso da água sendo que a área disponível para implantação de projetos deverá ser no máximo de 1% do espelho d'água do açude, calculada com base no reservatório com 50% de sua capacidade máxima de armazenamento de água; e nos açudes de uso previsto inicialmente como exclusivo para o abastecimento da população, a área a ser utilizada fica reduzida à metade, ou seja, não poderá ultrapassar a 0,5% do espelho d'água, calculada nas mesmas condições (art. 16, § 3º). A outorga será deferida de acordo com o volume de água existente no reservatório, sendo levados em consideração os cenários futuros da gestão do corpo hídrico (art. 16, § 1º).

Da área disponível para o cultivo, ora mencionada, a metade será outorgada de acordo com a legislação, a particulares ou entidades públicas e o restante às associações, cooperativas e colônias de pescadores, desde que atendidos os requisitos contidos nesta Lei e na legislação em vigor. Terão prioridade para implantação de projetos de aquicultura as associações compostas por moradores que tiveram suas propriedades desapropriadas para construção do reservatório, as compostas por moradores das agrovilas e as associações, cooperativas ou colônias de pescadores residentes na vizinhança do corpo hídrico.

A outorga para implantação de aquicultura em tanques-rede em espelhos d'água somente será deferida para projetos cujas gaiolas estejam localizadas no mínimo a 200 (duzentos) metros de pontos de captação d'água dos sistemas de abastecimento público.

Os pedidos de outorga para utilização, na aquicultura, pelas associações, cooperativas e colônias de pescadores, deverão apresentar, além das exigências contidas na legislação específica, a fotocópia autenticada da documentação comprobatória de sua existência, a comprovação da existência de pescadores no seu quadro social e a fotocópia autenticada da ata da assembleia da entidade, assinada pelos seus membros, contendo a manifestação destes no tocante à implantação do projeto e aprovada da forma como determina seu estatuto social.

O empreendedor assumirá inteira e total responsabilidade por quaisquer danos ou prejuízos ocorridos durante a execução do projeto de aquicultura, inclusive submetendo-se às penalidades civis, penais e administrativas cabíveis, ficando a Secretaria da Agricultura e Pecuária - SEAGRI, a Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, e a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, integrantes do Sistema Estadual da Pesca e da Aquicultura - SEPAQ, isentas de toda e qualquer reclamação decorrente de acidentes, mortes, perdas, destruições e perecimento de animais, de forma parcial ou total. Além disso, o empreendedor de projeto de aquicultura deverá prover a área a ser cultivada com bóias de sinalização colorida, respeitada a legislação pertinente.

O procedimento para obtenção da outorga, que o Decreto nº 26.398/2001 descrevia em todas as suas etapas (art. 15), foi também revogado pela chamada Lei da Pesca e esta limitou-se apenas a determinar que a tramitação do procedimento administrativo para obtenção da autorização para implantação de projeto de aquicultura dar-se-á da forma prevista nesta Lei e seu Regulamento. Atualmente está em fase de elaboração o decreto regulamentando a outorga de direito de uso dos recursos hídricos para aquicultura.

Existindo trecho de área marginal de reservatório, este poderá ser destinado por meio de autorização de uso, em ato do Secretário dos Recursos Hídricos, a título precário e gratuito, necessário à instalação e manejo do empreendimento de aquicultura, devendo vincular-se às necessidades da área outorgada para exploração e ser dimensionado e localizado no projeto apresentado. Esta área destina-se à retirada do pescado do reservatório e ao manejo do cultivo, podendo ser utilizadas rampas e atracadouros para barcos, em estruturas móveis, em áreas de vazante, e construídas estruturas para guarda de insumos nas áreas públicas fora da faixa de preservação permanente, respeitadas as exigências constantes na legislação pertinente. Em se tratando de entidade ou órgão público, mesmo com fins científicos, o trecho de área marginal do reservatório será destinado por meio de cessão de uso.

O exercício da atividade da aquicultura obriga o interessado, pessoa física ou jurídica, ao cadastro próprio de aquicultor expedido pelo órgão ou entidade competente do SEPAQ, além dos cadastros, das licenças ambientais e outorgas estabelecidas pela legislação específica (art. 12, § 1º). Além disso, as espécies da fauna ou da flora manejadas em face da atividade de aquicultura, bem como a quantidade de ração que lhes será ministrada, seu transporte, comercialização e os equipamentos a serem utilizados nos respectivos empreendimentos serão definidos via Resolução do Conselho Estadual de Pesca e Aquicultura - CONPESCA.

Outorga preventiva

A Portaria nº 048/2002, de 20 de março de 2002, do Secretário dos Recursos Hídricos, autorizou, atendendo à solicitação da Câmara Técnica de Outorga,

à Diretoria de Administração de Recursos Hídricos, encarregada da análise, processamento e deferimento das outorgas no âmbito dos recursos hídricos estaduais, a expedir outorgas preventivas aos interessados, sendo, necessário, contudo, que sejam preenchidos os requisitos constantes na legislação estadual de recursos hídricos para o seu deferimento.

Descentralização de etapas do processo de outorga a Portaria nº 220/2002, de 21 de outubro de 2002, do Secretário dos Recursos Hídricos, considerando a necessidade de descentralizar o procedimento para deferimento dos pedidos de outorga de uso dos recursos hídricos e de licenças para obras de oferta hídrica, em apoio técnico e operacional à Diretoria de Administração dos Recursos Hídricos autorizou a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH a receber e protocolizar pedidos de outorga de uso dos recursos hídricos e de licenças para obras de oferta hídrica.

Além disso, a COGERH ficou autorizada a promover os estudos técnicos necessários ao deferimento dos pedidos e emitir pareceres com seu posicionamento técnico, remetendo posteriormente os processos à Secretaria dos Recursos Hídricos, visando a embasar as decisões finais a serem tomadas pela Diretoria de Administração dos Recursos Hídricos.

Nos estudos mencionados no parágrafo anterior, a COGERH deverá: analisar o pedido de outorga em relação ao universo de usuários outorgados do sistema hídrico considerado; exigir todos os dados e informações do formulário-padrão, inclusive aqueles que se referem ao requerente e que constituirão os dados cadastrais; considerar a responsabilidade de quem oferece a informação, sobretudo, quando se referir à vazão e disponibilidade (volume atual) em mananciais sob a responsabilidade do requerente; adotar o prazo de 04 (quatro) anos com realocação anual; observar os prazos legais para expedição da outorga e da licença, baseando-se rigorosamente na data de entrada do pedido no seu protocolo ou no da Secretaria dos Recursos Hídricos; enviar correspondências aos interessados com aviso de recebimento (AR); e adequar seu banco de dados informatizado ao da Diretoria de Administração dos Recursos Hídricos da Secretaria dos Recursos Hídricos e compartilhar os resultados obtidos com esta última.

Estabelece, ainda, que a renovação da outorga do direito de uso dos recursos hídricos pressupõe a manutenção das condições da outorga anterior, com alteração apenas do prazo de validade e, caso haja necessidade de aumento da captação de recursos hídricos pelo usuário, este deverá pleitear nova outorga, que será objeto de análise e dependerá das condições de oferta e da entrada de novos usuários no sistema.

Finalmente, o art. 4º desta Portaria autoriza a COGERH a proceder à fiscalização dos usos dos recursos hídricos estaduais ou pela União delegados, podendo para tanto credenciar servidores como fiscais.

Outras considerações sobre a outorga de direito de uso da água

A Constituição Federal, em seu art. 21, XIX, prevê competir à União definir os critérios de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que dispôs sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, assim estabeleceu:

O regime de outorga de direitos de uso de recursos Hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos uses da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Essa norma legal é vinculante para a ação governamental federal e estadual na outorga dos direitos de uso. Os governos não podem outorgar usos que agridam a qualidade e a quantidade das águas, assim como não podem agir sem equidade ao darem acesso à água. Machado (2000) apresenta o conceito, abaixo:

Outorga é “consentimento, concessão, aprovação, beneplácito.” No sentido especificamente jurídico, a outorga vai exigir a intervenção do Poder Executivo federal (art. 29, I, da Lei 9.433/97) e dos Poderes Executivos estaduais e do Distrito Federal (art. 30, I, da lei mencionada) para manifestar sua vontade. A regulamentação da lei indicará os critérios gerais de outorga, como estes critérios integrarão as resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (art. 35, X, da Lei 9.433/97).

A outorga não configura prestação de servidão pública, como ocorrerá quando uma empresa se destinar à distribuição da água em uma cidade.

A prestação de servidão pública, conforme o art.175 da Constituição Federal, está sujeita à realização de licitação, seja esta prestação efetuada diretamente pelo Poder Público ou sob o regime de concessão ou permissão.

A outorga visa a dar uma garantia quanto à disponibilidade de água, sendo que o conceito de disponibilidade hídrica admite diferentes formulações, porque a vazão fluvial é uma variável aleatória, e não uma constante; e, diante desta inconstância, constata-se que os outorgados não têm direito adquirido a que o Poder Público lhes forneça o quantum de água indicado na outorga.

Da cobrança pela utilização dos recursos hídricos

Aspectos Gerais

Outro importante instrumento da gestão estadual de recursos hídricos no Ceará é a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, efetivada segundo as peculiaridades das bacias hidrográficas, respeitando, além dos critérios estabelecidos pelo CONERH, os seguintes: a) ela considerará a classe de uso preponderante em que for enquadrado o corpo d'água onde se localizam o uso, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada, o seu regime de variação, o consumo efetivo e a finalidade a que se destina; e b) pela diluição, transporte e a assimilação de efluentes do sistema de esgotos e outros líquidos, de qualquer natureza, serão considerados a classe de uso em que for enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos e físico-químicos dos efluentes e a natureza da atividade responsável por estes.

A lei ainda destaca que poderão deixar de ser cobrados os usos insignificantes, e, no tocante à geração de energia elétrica, será aplicada a legislação federal específica.

A regulamentação da cobrança veio por intermédio do Decreto nº 24.264/96, de 12 de novembro de 1996, que estabeleceu em seu primeiro artigo que a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

do Ceará – COGERH ficaria encarregada de calcular e efetivar a cobrança pela utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos dominiais do Estado.

Os recursos financeiros oriundos da cobrança pela utilização dos recursos hídricos são aplicados de acordo com o que estabelece o art. 2º da Lei nº 12.245, de 30 de dezembro de 1993, alterado pela Lei nº 12.664, de 30 de dezembro de 1996.66 (art. 2º) (MAIA, 1999b).

Este diploma legal estabeleceu que, na primeira etapa de implantação da cobrança 67, seria cobrada tarifa dos seguintes usos e/ou usuários: a) indústrias; b) concessionárias de serviço de água potável; c) usuários onde a água é entregue pressurizada, com bombeamento ou conduzidas em canais; e d) irrigação e aquíicultura (com derivação de água bruta e/ou utilização de espelhos d'água), considerando o volume em metros cúbicos efetivamente consumido pelo usuário.

A medição do volume de consumo de água bruta utilizada pelos usuários será efetivada das seguintes formas: a) medição do consumo mediante a utilização de hidrômetro volumétrico aferido e lacrado pelos fiscais da COGERH; b) medições frequentes de vazões das aduções de grande porte, onde seja inapropriada a instalação de hidrômetros convencionais, para obtenção de dados dos volumes efetivamente consumidos pelos usuários; e c) mediante estimativas indiretas, considerando as dimensões das instalações dos usuários, os diâmetros das tubulações e/ou canais de adução de água bruta, a carga manométrica da adução, as características de potência da bomba e energia consumida, tipo de uso e quantidade de produtos manufaturados, processos ou culturas que utilizem água bruta.

Referências Bibliográficas

BARROS, Flávia Gomes, OS AVANÇOS DA LEI DAS ÁGUAS, Civil, Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Consultora Gerente de Desenvolvimento Institucional da SRH-MMA.

BRASIL, Constituição. 16 ed. São Paulo: Saraiva 1997b.

LEAL, M. S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 122p.

MAIA, Alexandre Aguiar (org.), Legislação sobre o Sistema Integrado dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (1987-1994), 2ed. Fortaleza: SRH, 1999a.

MAIA, Alexandre Aguiar (org.), Coletânea da Legislação de Recursos Hídricos do Estado do Ceará 1995-1999. Fortaleza: SRH, 1999b.

MACHADO, Paulo Affonso Leme, **Direito Ambiental Brasileiro**, São Paulo: Malheiros, 2000.

NASCIMENTO, Francisco de Sousa. **Quadrilátero da Seca**. Fortaleza: Editora Stylus, 1988.

PEIXOTO, A. B., **Recursos Hídricos e Irrigação no Estado do Ceará: análise institucional**. Fortaleza: UFC, 1990. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Economia Rural, 1990.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico. Vol. 1. Fortaleza: SRH, 1992a.

_____, Legislação sobre Sistema Integrado dos Recursos Hídricos do Ceará. Fortaleza: SRH, 1994a.

_____, A Nova Política de Águas do Ceará. Fortaleza: SRH, 1992b, 83p.

VIEIRA, Vicente P. P. B., Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semi-árido, RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.2 Abr/Jun 2003, 7-17.

ZARANZA, Antônio Ribeiro. **A Gestão Participativa dos Recursos Hídricos e a Alocação Negociada de Água: Experiência na Bacia Hidrográfica no Rio Curu**. Fortaleza: UECE, 2003. Especialização em Planejamento e Gestão Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, 2003, 164p.

SILVA, Ubirajara Patricio Alvares, ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DA GESTÃO PARTICIPATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará – UFC, 2004.



Seção III
POTENCIALIDADES



AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEARÁ: OCORRÊNCIAS E POTENCIALIDADES

Itabaraci Nazareno Cavalcante ¹

Maria da Conceição Rabelo Gomes ²

Introdução

A designação de *sistemas aquíferos* é utilizada com a visão de que existe uma interação efetiva entre as águas subterrâneas e o ciclo hidrológico dependendo, basicamente, do tempo e da forma como as águas subterrâneas vêm à superfície, seja sob a forma de fontes, interagindo com drenagens efluentes, ou sendo captadas por poços para utilizações múltiplas. Desta forma, as formações geológicas que constituem aquíferos deixam de ter uma conotação de *unidade* para representarem um *sistema* na concepção de que eles possam interagir com o meio ambiente (CAVALCANTE, 1998).

O Estado do Ceará tem 75% de sua superfície representada por rochas do embasamento cristalino (Ígneas e metamórficas) que ocupam, predominantemente, a parte central do território cearense, capeadas por delgados solos ou manchas de sedimentos. Nas fronteiras estaduais, ao leste (Rio Grande do Norte) têm-se litotipos representantes da Bacia Potiguar, mais conhecida como Chapada do Apodi; ao sul (Pernambuco) estão as rochas sedimentares que compõem a Bacia Sedimentar do Araripe; ao oeste (Piauí) têm-se as clásticas da Bacia do Parnaíba, formadoras da Serra da Ibiapaba e, ao norte (Oceano Atlântico) estão posicionados os litotipos costeiros da Formação Barreiras e sedimentos das Dunas. Além dessas áreas, têm-se as rochas sedimentares das bacias geológicas interiores, a exemplo de Icó/Lima Campos/ Malhada Vermelha (Figura 01).

Os aquíferos que ocorrem no Estado do Ceará podem ser enquadrados nos tipos intersticiais (Porosos), cárstico-fraturados e fraturados (Fissurais). Dentre os *intersticiais* destacam-se os existentes em bacias sedimentares (Sul,

¹ Professor Pesquisador, Dr. em Hidrogeologia. Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará - UFC.

² Doutoranda em Hidrogeologia. Programa de Pós-Graduação em Geologia do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. Bolsista CAPES/ REUNI.

Leste e Oeste) e aqueles relacionados aos depósitos recentes, de reduzidas espessuras e potencialidades hídricas, representados pelas aluviões e as coberturas sedimentares costeiras que ocorrem de maneira contínua ao longo da costa cearense. Bacias sedimentares interiores ocorrem em extensões menores, de forma descontínua, na região centro sul do Estado, no entorno do açude Orós.

Os aquíferos intersticiais rasos estão presentes de maneira descontínua em manchas isoladas de reduzida espessura, capeando indistintamente as bacias sedimentares ou o embasamento cristalino. Os intersticiais de grandes espessuras de sedimentos ocorrem representando, particularmente, as Bacias do Apodi e do Araripe, embora alguns ainda permaneçam sem estudos hidrogeológicos detalhados, a exemplo daqueles que ocorrem na região do Iguatu. Os aquíferos cárstico-fissurais são encontrados na zona de ocorrência cearense da Bacia Potiguar e, com menor frequência, no Serra Grande e em zonas essencialmente carbonáticas, quando estes possuem, inúmeras vezes, porosidade e permeabilidade causadas por dissolução.



Figura 01 - Domínios Hidrogeológicos do Ceará.

Os aquíferos fissurais e os oriundos de dissolução, representados por rochas cristalinas e carbonáticas, sendo que os primeiros abrangem a maior área estadual de ocorrência (75%), apresentam-se com baixa potencialidade e com águas geralmente de elevada concentração de Sólidos Totais Dissolvidos – STD em cerca de 70% dos poços tubulares.

A Bacia Sedimentar do Araripe, dentre todas, é a mais estudada hidrogeologicamente, sendo pesquisada desde o começo da década de 80 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e Universidade Federal do Ceará (UFC), através dos Departamentos de Geologia e Física que desenvolveram pesquisas em nível de Graduação e Pós-Graduação.

Em termos de faixa costeira, a Região Metropolitana de Fortaleza tem sido objeto de pesquisas, particularmente nas últimas três décadas, através de projetos desenvolvidos nos campos de dunas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) a fim de captação de água subterrânea para abastecimento público, pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e Departamento de Geologia/CC/UFC através de projetos acadêmicos. Constitui-se, desta forma, como a segunda área melhor estudada pela Hidrogeologia no Ceará.

A área do domínio hidrogeológico do cristalino tem sido estudada pela CPRM e pelo Departamento de Geologia/CC/UFC porém, até o momento, ainda existem poucos estudos em função do território ocupado. O cárstico (Apodi) foi estudado recentemente pela COGERH/SRHC, que desenvolveu um projeto integrado com o Rio Grande do Norte e que representa, assim, o primeiro estudo sobre um aquífero trans-fronteiriço estadual.

2 - Poços Tubulares

Poço tubular pode ser definido como sendo *“Uma obra que envolve o conhecimento hidrogeológico, de engenharia civil e sanitária, executado segundo um projeto técnico que proporcione a otimização da relação custo/benefício, objetivando*

a captação de água subterrânea e com vida útil previamente definida”. De acordo com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS (CPRM, 2011), existem 19.445 poços cadastrados para o Ceará e que são utilizados para diversos fins, predominando o uso doméstico, apesar da água subterrânea ser utilizada na indústria, irrigação, dessedentação animal e lazer, dentre outros (Figura 02). Ressalta-se que na região do Vale do Cariri, sul do Ceará, existe um pouco mais de 1.000 poços tubulares cadastrados e o uso predominante é direcionado para o abastecimento hídrico da população, onde mais de 95% desta é atendida pela água subterrânea. Exemplo de uso para a agricultura irrigada encontra-se na Chapada do Apodi, fronteira com o Rio Grande do Norte, onde os poços construídos no meio cárstico (Calcário Jandaíra) são utilizados substancialmente para a cessão de água a ser utilizada na irrigação de grandes culturas, a exemplo de banana e melão.

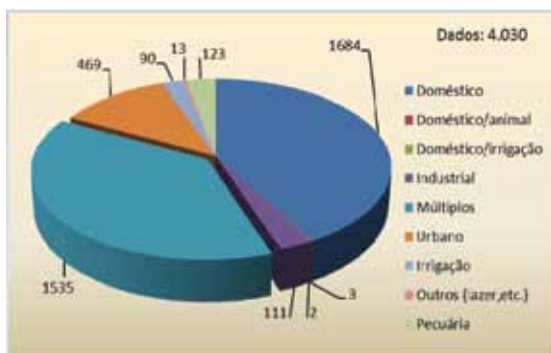


Figura 02 - Uso das águas subterrâneas do Estado do Ceará.

Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

A profundidade dos poços existentes no Ceará é variável, e a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH/CE) os classifica como *poços rasos* (Profundidade até 20m), *medianamente profundos* (Profundidade entre 20 e 50m) e *profundos* (Profundidade acima de 50m). Os dados constantes no SIAGAS refletem a predominância de *poços profundos*, seguidos dos *medianamente profundos* e dos *rasos* (Figura 03), sendo mister ressaltar que, invariavelmente, os mais profundos encontram-se na Bacia do Araripe, atravessando litotipos sedimentares, principalmente os poços cedidos pela PETROBRAS para o governo cearense, cujas profundidades de perfuração alcançam até

1.524m (Araripe) mas com a completação do poço de 900m; exemplos são o de Icapuí (861m) e o de Santana do Cariri (902m), sendo que o restante geralmente situa-se até 573m.

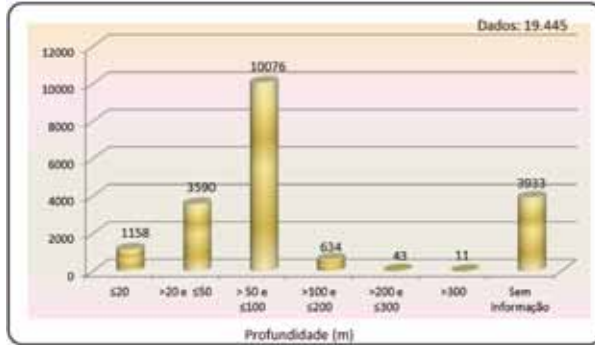


Figura 03 - **Profundidade (m) dos poços do Estado do Ceará**
Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

Na região central cearense, onde predomina o Sistema Hidrogeológico Cristalino, os poços possuem profundidade média de 60m (Figura 04) embora, atualmente, se tenha perfurações que alcançam cerca de 150m. Convém ressaltar que, particularmente neste Domínio, a profundidade do poço tubular não é diretamente proporcional a sua vazão, ou seja, aprofundar a perfuração para a construção de um poço tubular não significa, necessariamente, que encontremos mais água em profundidade.

Na faixa costeira cearense, onde encontramos sedimentos clásticos com pequenas espessuras, a exemplo do que ocorre nas Dunas e Barreiras, a profundidade dos poços é geralmente inferior a 50m, com os poços do Sistema Hidrogeológico Barreiras sendo classificados predominantemente como *medianamente profundos* e os das Dunas/Paleodunas como *poços rasos*.

No geral, observa-se que o zoneamento de profundidade dos poços ressalta no Ceará a predominância de poços de até 66m que ocupam a parte central e faixa costeira, sendo que nesta última predominam aqueles com profundidade inferior a 41m; poços profundos (66m a 200m) encontram-se esparsos no domínio cearense, predominando ao leste (Chapada do Apodi) e ao sul (Chapada do Araripe), quando a profundidade chega a ficar em torno de 900m.

As águas subterrâneas não são fotogênicas e somente são visíveis no momento em que são captadas pelos poços, jorram dos poços artesianos (Jorrantes) ou migram graciosamente das diferentes e diversas fontes hídricas naturais. A profundidade em que as encontramos geralmente reflete seu nível estático natural, ou nível hidrostático ou nível d'água, e que aqui estabelecemos que pode ser *raso* (*Freático*) (Profundidade do nível estático até 15m), *medianamente profundo* (Profundidade do nível estático entre 15m e 30m) ou *profundo* (Profundidade do nível estático superior a 30m). Convém lembrar que o pesquisador deve ter o cuidado para não estar tomando medidas errôneas deste parâmetro, haja vista que o nível estático ao ser medido em um poço pode estar sendo influenciado, por exemplo, pela operação de outro(s) poço(s) que gera(m) um *cone de depressão* (ou de bombeamento) e, conseqüentemente, passa a ter um comportamento dinâmico refletindo profundidades díspares em relação ao comportamento natural. Tal equívoco pode resultar em interpretações direcionadas para a sobre-exploração (super-exploração, super-exploração, *over exploitation*) inexistente.

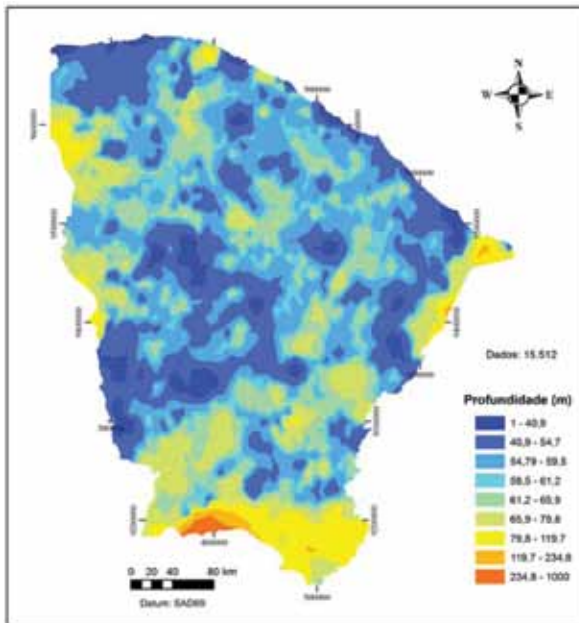


Figura 04 - Zoneamento de profundidade (m) dos poços do Estado do Ceará. Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

No Ceará, a profundidade para se encontrar água subterrânea é variável, oscilando desde poucos metros (ambientes costeiros e aluvionares) até acima de 100m (Chapada do Araripe), a exemplo dos níveis anômalos encontrados em Santana do Cariri (453m) e Araripe (419m) constantes no Sistema SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2011). Por outro lado, tais dados mostram que podemos encontrar águas subterrâneas a grandes profundidades, cujos aquíferos podem proporcionar grandes vazões (acima de 200 m³/h).

Observa-se que de um total de 19.445 dados de nível estático (Figura 05), existe um número significativo de poços (13.063) sem informação da profundidade do nível d água. Do restante, 5.076 possuem níveis freáticos (Profundidade até 15m) mostrando águas subterrâneas rasas, muitas vezes susceptíveis à poluição de origem antrópica, particularmente em meios urbanos.

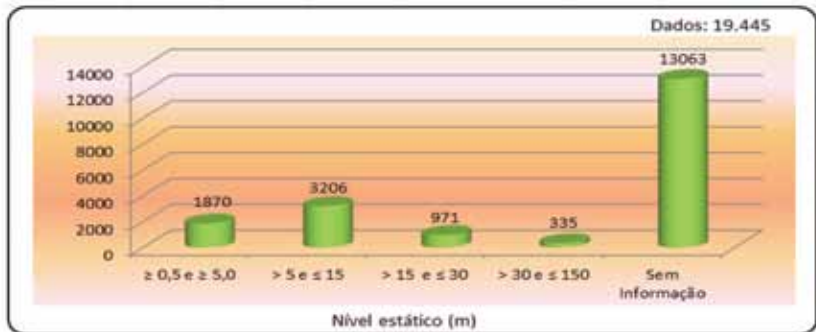


Figura 05 - **Nível estático (m) das águas subterrâneas do Estado do Ceará.** Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

O zoneamento da profundidade em que se encontram as águas subterrâneas no Ceará (Figura 06) mostra que realmente predomina a ocorrência de águas rasas (freáticas), com ocorrência esparsa em termos de porção central cearense refletindo mais a ocorrência de pequenas bacias sedimentares interiores e zonas aluvionares. As maiores profundidades de nível estático são encontradas a noroeste, oeste e sul, correspondendo a áreas do Apodi, bacia do Poti e Chapada do Araripe.

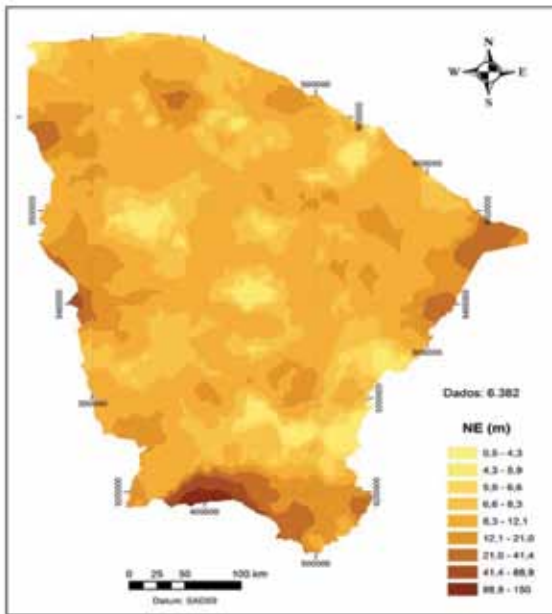


Figura 06 - **Zoneamento de nível estático (m) dos poços do Estado do Ceará.** Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

A *vazão natural* do poço depende das características hidrogeológicas e do projeto técnico-constructivo da obra. No Ceará, o ambiente hidrogeológico existente propicia vazões naturais que oscilam de poucos a até 350 m³/h, com os valores anômalos referentes ao contexto estadual (acima de 100 m³/h) sendo encontrados na chapada do Apodi (Quixeré), Crato (até 350 m³/h), Missão Velha (336 m³/h), Barbalha (348 m³/h) e Juazeiro do Norte (250 m³/h), dentre outros.

Nos 19.445 poços cadastrados no SIAGAS (CPRM/SIAGAS, 2011) (Figura 07) predominam vazões oscilando de poucos a até 3,0 m³/h (15.233 poços), refletindo a construção de poços no contexto cristalino, em ambientes hidrogeológicos com pequena vocação aquífera e/ou com projetos técnicos desenvolvidos para poços com atendimento domiciliar, onde a captação hídrica subterrânea se faz de modo aleatório e sem critérios técnicos definidos.

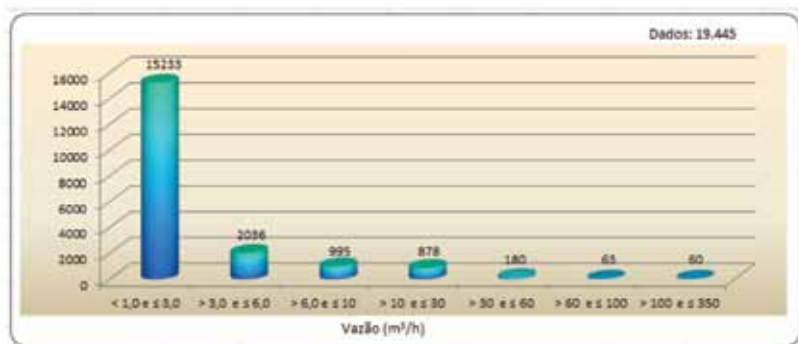


Figura 07 - **Vazão (m³/h) dos poços do Estado do Ceará.**
Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

O zoneamento das vazões dos poços (Figura 08) ressalta a predominância das vazões inferiores a 3,0 m³/h, com vazões um pouco acima encontradas aleatoriamente no território cearense, associadas quase sempre à existência de rochas sedimentares ou às manchas de sedimentos litorâneas e aluvionares, enquanto aquelas superiores a 100 m³/h situam-se no Apodi (nordeste) e Araripe (sul), cujos poços são utilizados no âmbito municipal ou pertencem a indústrias e/ou projetos agropecuários.

3 - As Águas Subterrâneas Por Bacia Hidrográfica

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão figura como um dos princípios fundamentais do gerenciamento dos recursos hídricos. No planejamento das ações regionais, utilizando-se os comitês de bacia, procurou-se atender a esse princípio e, ainda, a outro ponto referente à racionalidade do processo de administração: as unidades regionais de gerenciamento. Estas, também denominadas regiões hidrográficas, deveriam ter áreas de mesma ordem de grandeza. Assim, para o Ceará foram delineadas 11 (onze) regiões hidrográficas: Metropolitana, Curu, Acaraú, Coreauá, Poti (Parnaíba) e Litorânea (Aracatiaçu) e as bacias pertencentes à Bacia do Rio Jaguaribe, sendo elas a do Alto Jaguaribe, Salgado, Médio Jaguaribe, Banabuiú e Baixo Jaguaribe.

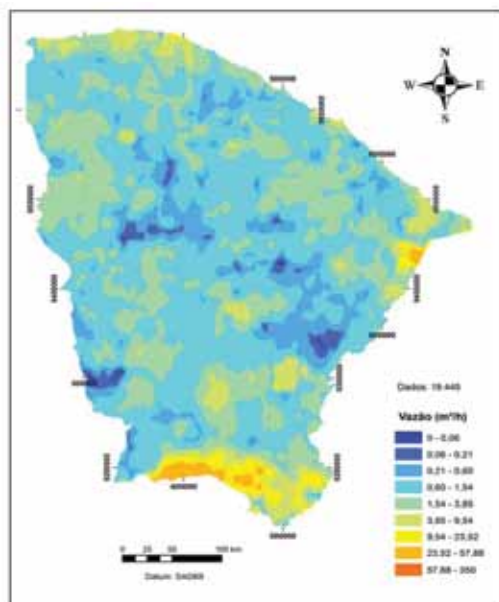


Figura 08 - **Zoneamento de vazão (m³/h) dos poços do Estado do Ceará.** Fonte de dados: CPRM/SIAGAS, 2011.

3.1 - As Bacias Metropolitanas

Localizadas ao nordeste do Ceará, possuem 15.085 km² e compõem-se por 14 bacias independentes, das quais as bacias dos rios Pirangi (4.374 km²), Choró (4.751 km²), Pacoti (1.258 km²), São Gonçalo (1.332 km²) e os sistemas Ceará/Maranguape (780 km²) e Cocó/Coaçu (500 km²) são hidrologicamente mais representativas, estando as demais bacias Gereraú (120 km²), Cahuípe (274 km²), Juá (122 km²), Catu (156 km²), Caponga Funda (59 km²), Caponga Roseira (69 km²), Malcozinhado (382 km²), Uruaú (262 km²) e Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (646 km²) restritas à zona costeira sendo que, ao todo, engloba total ou parcialmente 41 municípios, com destaque para a Região Metropolitana de Fortaleza, que abriga em torno de 40% da população estadual (CEARÁ/COGERH/VBA, 2000a).

Em termos regionais, nas Bacias Metropolitanas podem ser definidos quatro (04) Sistemas Hidrogeológicos representados pelas Aluviões, Dunas, Barreiras e Cristalino (Rochas do Embasamento Precambriano) que podem, no geral, ser também posicionados como Domínios Hidrogeológicos, ou seja, Domínio Poroso Clástico (Aluviões, Dunas e Barreiras) e Cristalino.

O Arquivo de Dados gerado para o Projeto “*Pacto das Águas*” (INESP, 2009a) possui 17.964 poços, sendo 16.019 tubulares e 1.945 escavados (Cacimbas), além de 05 fontes naturais. Ressalta-se que o referido cadastro foi composto a partir dos dados do SIAGAS, FUNCEME, SOHIDRA, COGERH, DNOCS e FUNASA, dentre outros.

Segundo CORDEIRO *et al.*, 2009 (in INESP, 2009a), Fortaleza é o município com o maior número de poços (50,67%) (9.104, sendo 8.097 tubulares e 1.007 escavados), seguido de Caucaia (11,64%) (2.020, sendo 1.774 tubulares e 246 escavados) e Aquiraz (7,60%) (1.367, sendo 1.243 tubulares e 124 escavados). Em termos de profundidade, 77,8% daqueles cadastrados com esta informação mostram que existe uma predominância de poços com mais de 50m (37%) – “*Poços Profundos*”, 36% de 21 a 50m – “*Poços Medianamente Profundos*” e 27% com profundidades menores do que 20m – “*Poços Rasos*”.

Nas Bacias Metropolitanas o Domínio Hidrogeológico Cristalino ocupa 63% da área. Regionalmente, possui fraca vocação aquífera e isto influencia nas vazões encontradas. É comum se observar a associação do cristalino com áreas de planícies fluviais e flúvio-marinhas, e nessas regiões a existência de carnaubais é um forte indicativo da existência de águas subterrâneas salinas.

A profundidade destes poços oscila predominantemente de 30 a 80m, com maior índice entre 50 a 60m, mas deve ser ressaltado que atualmente existem poços neste domínio com profundidades em torno de 150m. CORDEIRO *et al.*, 2009 (in INESP, 2009a) mostra que da análise de 3.000 poços neste contexto a média de profundidade é de 56m e 55% deles possuem profundidade maior ou igual a 60m. O nível estático oscila entre 5 e 10m (35,4%), inferior a 5m (32%) e de 10,1 a 15,0m (18,8%) mostrando um comportamento predominantemente freático.

Em relação às vazões, a média obtida de 2.232 poços (74,2%) é de 2,9 m³/h. A vazão inferior a 3,0 m³/h predomina em 70% dos poços e em 30% deles supera tal valor, alcançando valores acima de 7m³/h em 9,6% deles. No âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, CAVALCANTE (1998) mostrou que os poços tubulares neste contexto possuíam profundidades variáveis de 30 a 80m, predominando de 50 a 60m. O nível estático ocorria, predominantemente, entre 0,7 e 15m (96,3%), com mínimo de 0,7m, máximo de 47m e média de 6m. As vazões predominantes ocorriam geralmente abaixo de 2 m³/h, com máxima de 22,6 m³/h, e a capacidade específica era normalmente inferior a 1,0 [(m³/h)/m].

O Domínio Hidrogeológico Poroso é representado nas Bacias Metropolitanas por Sistemas Hidrogeológicos Aluvionar, Dunas e Barreiras representativos dos sedimentos clásticos que ocupam predominantemente a área. É muito comum a perfuração atravessar mais de um sistema, particularmente porque o perfurador visa a obtenção de melhores vazões para o cliente e, assim, o poço passa a captar água de dois ou mais aquíferos, dificultando uma classificação de sistema aquífero único.

Dos 12.911 poços cadastrados neste domínio, 72,6% possuem informações sobre profundidade, refletindo uma média de 37,6 m, sendo que 86,6% têm profundidade máxima de 60m. Em relação a vazão, 41,5% possuem dados que refletem média de 3,74 m³/h, sendo que em 58,3% dos casos ela é superior a 2m³/h.

- *Sistema Hidrogeológico Aluvionar*

As planícies fluviais ocupam as bordas de drenagens, quase sempre com pequenas espessuras do pacote clástico e são caracterizadas pela variação de níveis de sedimentos, onde a energia de transporte e a rocha-fonte fazem com que coexistam desde a argila até matacões, predominando as frações argila, silte e areia, frequentemente intercaladas com níveis orgânicos oriundos da migração de partículas das zonas de mangue.

Quase não existe utilização destas aluviões para captação de água subterrânea no âmbito das Metropolitanas, particularmente na RMF, salvo

exceções em comunidades ribeirinhas que as utilizam através de cacimbas. As águas subterrâneas das aluviões dos rios Cocó e Maranguapinho estão seriamente comprometidas pela poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, raramente permitindo a utilização de suas águas para fins de consumo humano.

As aluviões constituem aquíferos livres, com espessuras de sedimentos de até 15 metros e nível estático sub-aflorante, freático, geralmente inferior a 5m. A profundidade do poço é geralmente inferior a 10m e poucos possuem dados de vazão, geralmente obtidos de informações verbais dos proprietários, predominando valores da ordem de $3\text{m}^3/\text{h}$.

- *Sistema Hidrogeológico Dunas*

Ocupa áreas bordejando a orla costeira, adentrando um pouco mais ao continente nos setores central - Município de Fortaleza, e a oeste - Município de São Gonçalo do Amarante, formando campos morfologicamente homogêneos, recortados ocasionalmente pela rede de drenagem e possibilitando a existência de lagoas interdunares, sendo composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, finas a médias, com diâmetro efetivo entre 0,15 a 0,25 mm e espessuras oscilando, no geral, entre 10 a 25m. Ocasionalmente ocorrem intercalações de níveis siltico-argilosos a argilosos oriundos da própria variação da energia de deposição dos clásticos, e a presença de intercalações de argilas orgânicas, de tonalidades escuras. No geral, repousam sobre os sedimentos do Sistema Hidrogeológico Barreiras ou sobre manchas aluvionares.

Representam um aquífero livre com espessuras saturadas de até 10m, com nível estático freático, sub-aflorante nas áreas de descarga, predominando profundidades até 5m. Possui como característica básica uma dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento do sistema como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades sotopostas, a exemplo do Barreiras. Constitui o melhor potencial hidrogeológico das Bacias Metropolitanas, predominando vazões acima de $3\text{m}^3/\text{h}$ (48,8%) sendo que destas, 29% estão acima de $7\text{m}^3/\text{h}$.

As características hidrodinâmicas médias obtidas através de testes de aquíferos e de produção para diversos campos de Dunas/Paleodunas

operados pela CAGECE constam na Tabela 01 e refletem aspectos relacionados às variações litológicas, que denotam a maior ou menor presença de níveis síltico-argilosos e variação da espessura saturada (CAMPOS & MENEZES, 1982).

Tabela 01 - Valores médios do Aquífero Dunas em municípios das Bacias Metropolitanas – Ceará

Local	Município	Nº de Testes	Q (m ³ /h)	K (m/s) x 10 ⁻⁴	T (m ² /h)	ho (m)
Cocó	Fortaleza	135	6,0	2,50	6,98	7,7
Pecém	Pecém	22	2,4	1,40	3,88	7,7
S. Gonçalo	S. Gonçalo	09	8,7	1,00	4,32	12,0
Beberibe	Beberibe	62	2,4	0,73	2,37	9,0

Fonte: Campos & Menezes, 1982.

LEGENDA: Q – Vazão do poço; K – Condutividade hidráulica; T – Transmissividade; ho – Espessura saturada.

CAVALCANTE (1998) mostra que as águas deste sistema na RMF são captadas por poços tubulares rasos com profundidades inferiores a 20m, que produzem vazão média de 6m³/h podendo alcançar, localmente, até 15 m³/h.

- *Sistema Hidrogeológico Barreiras*

Este sistema possui espessuras no geral inferiores a 60m, predominando de 40 a 50m, apresentando uma expressiva variação litológica representada por intercalações de níveis arenosos, sílticos e síltico-argilosos que refletem diferentes condutividades hidráulicas. Localmente constitui um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função dos níveis silto-argilosos.

O nível estático é predominantemente freático (88,8%), com mínimo de 1m e máximo de 35m. As vazões geralmente são inferiores a 3m³/h (60%) porém, localmente, podem apresentar vazões bem superiores, chegando a valores próximos a 20m³/h (CAVALCANTE, 1998).

Em projeto desenvolvido na Região Metropolitana, BIANCHI *et al.*, 1984 (in CAVALCANTE, op. Cit.) estimaram para a condutividade hidráulica um valor de $1,8 \times 10^{-6}$ m/s, refletindo mais as características de um aquífero. CAVALCANTE (1998) estimou em 15m a espessura média saturada deste sistema hidrogeológico, mostrando que o nível estático da água subterrânea ocorria predominantemente a profundidades inferiores a 15m (91%) (mínima de 1m, máxima de 35m e média de 8,6m), sendo captadas por poços tubulares de 40 a 60m de profundidade que produziam vazões predominantes inferiores a $2\text{m}^3/\text{h}$ (41%), com média de $2,8\text{m}^3/\text{h}$.

3.1.1 - Reservas, Recursos e Disponibilidade de Águas Subterrâneas.

O conhecimento das reservas hídricas subterrâneas é importante para qualquer projeto de planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. O planejamento dos recursos hídricos deve considerar o uso integrado das reservas, recursos e disponibilidades de água, associados à caracterização socioeconômica, qualidade hídrica, ocupação do meio físico, uso e proteção.

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo um ponto de vista natural ou utilitário. Tradicionalmente, estas reservas são classificadas como renováveis (Dinâmicas ou reguladoras) e não renováveis (Permanentes ou geológicas), sendo as reservas totais a resultante da somatória das duas.

As *reservas renováveis* constituem o volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres, e que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento. As *reservas permanentes* representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico na escala de tempo plurianual, centenária ou milenar, correspondendo aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados.

Os *recursos exploráveis* de água subterrânea são os volumes que podem ser utilizados das reservas naturais, em função das reservas renováveis (Reguladoras) ou dos meios técnico-financeiros de que se disponha,

ou seja, da variável de decisão que leva em consideração outros objetivos e fatores limitantes, a exemplo da taxa de renovabilidade natural.

COSTA (1997) define *recursos exploráveis* (*Reservas exploráveis*) como sendo “*Aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente*”, associando-os com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero, resultando no dimensionamento da potencialidade aquífera. Admite, ainda, que sem prejuízo para o aquífero, se possa explorar toda a reserva renovável (Rr) e mais uma parcela da reserva permanente (Rp), que representem no período de 50 anos um valor de 30% das reservas. Assim, os *recursos exploráveis, ou potencialidade aquífera* são definidos como sendo: $P = Rr + (i \cdot Rp)$, onde P – Potencialidade aquífera, Rr – Reserva renovável, i – Percentual da reserva permanente a ser utilizado (%) (0,006) e, Rp – Reserva permanente.

Além da utilização de termos como “*reservas*” e “*potencialidades*” aquíferas, o termo denominado de “*disponibilidade*” vem sendo empregado comumente nos trabalhos sobre planejamento e gestão das águas subterrâneas. Ela se refere ao volume que pode ser explorado sem risco de exaustão do sistema aquífero (COSTA, op.cit.), podendo ser subdividida nos seguintes tipos: (a) Disponibilidade potencial do aquífero; (b) disponibilidade instalada (efetiva) dos poços, e; (c) disponibilidade instalável dos poços.

Nas Bacias Metropolitanas existe o predomínio do Cristalino seguido do Barreiras. A precipitação pluviométrica média anual oscila de 707 mm (Palhano) a 1.558 mm (Pacoti) com média, obtida entre 36 municípios, de 1.100 mm/ano (INESP, 2009a), o que equivale a um volume hídrico precipitado sobre as Metropolitanas de $16,6 \times 10^9 \text{ m}^3$ ao ano e, a depender dos coeficientes de infiltração e da porosidade efetiva de cada sistema hidrogeológico, a recarga será efetiva e diferenciada. É importante ressaltar que o Cristalino (Fissural) não pode ser generalizado como aquífero, haja vista que seu comportamento é anisotrópico e heterogêneo, possuindo permeabilidade e porosidade primárias praticamente nulas.

Os parâmetros hidrodinâmicos para as unidades hidrogeológicas foram obtidos do Plano dual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992) (Tabela 02),

onde se observam valores mais elevados para o Sistema Dunas, reflexo das suas características mineralógicas e texturais naturais, além de significantes espessuras saturadas.

Tabela 02 - Parâmetros hidrogeológicos nas Bacias Metropolitanas Ceará

Sistema Hidrogeológico	Parâmetro		
	T (m ² /s)	K (m/s)	U
Aluvionar	2,0 x 10 ⁻¹	1,6 x 10 ⁻⁴	10 ⁻¹
Dunas	2,0 x 10 ⁻¹	2,0 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻¹
Barreiras	2,0 x 10 ⁻³	4,0 x 10 ⁻⁵	1,0 x 10 ⁻²
Cristalino	-	1,0 x 10 ⁻⁷	4,0 x 10 ⁻³

Fonte: Ceará, 1992

LEGENDA: T – Coeficiente de Transmissividade K – Coeficiente de condutividade hidráulica; U – Coeficiente de restituição

As reservas hídricas subterrâneas das Bacias Metropolitanas são apresentadas em diferentes estudos e projetos com diferentes números, razão direta do foco do estudo, dimensionamento da área e sistemas hidrogeológicos envolvidos. Neste item serão apresentados alguns dos principais estudos e resultados obtidos, ressaltando-se os parâmetros envolvidos.

No PERH (CEARÁ, 1992) foram calculadas as reservas permanentes e exploráveis de águas subterrâneas, sendo que as aluviões representam a única unidade hidrogeológica para a qual foram calculadas as reservas isoladamente, função direta de sua ocorrência restrita à bacia. As reservas permanentes representam 2.202 x 10⁹ m³ e as exploráveis são de 378 x 10⁹ m³/ano, enquanto que para as manchas aluvionares, as permanentes são de 87 x 10⁶ m³ e as exploráveis constituem 21 x 10⁶ m³/ano.

No Contrato nº 09 PROGERIRH-CE-SRH-98 – PILOTO (CEARÁ/COGERH/VBA, 1999) procedeu-se os estudos referentes aos “*Aspectos Hidrogeológicos da Região Costeira das Bacias Metropolitanas do Estado do Ceará*” em 3.396 km², tendo 20 km de largura e ocupando toda a faixa costeira

das Bacias Metropolitanas, resultando nos dados apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 - Reservas de águas subterrâneas dos Sistemas Dunas/Paleodunas e Barreiras nas Bacias Metropolitanas - Ceará

Sistema Hidrogeológico	Área (km ²)	Reservas	
		Permanentes (m ³)	Renováveis (m ³ /ano)
Dunas/Paleodunas	370	355 x 10 ⁶	83 x 10 ⁶
Barreiras	2.344	1,7 x 10 ⁹	58,6 x 10 ⁶
TOTAL	2.714	2,05 x 10 ⁹	141,6 x 10 ⁶

Fonte: COGERH, 1998

Outro projeto desenvolvido no contexto das Metropolitanas foi o “*Plano de Gerenciamento de Águas das Bacias Metropolitanas*” (CEARÁ/COGERH/VBA, 2000a) que trabalhou os Sistemas Dunas e Barreiras como um único sistema hidrogeológico (Dunas/Barreiras) utilizando 4.603 poços, dos quais considerou 2.244 poços com vazão. Os estudos foram focados apenas nas áreas próximas da Região Metropolitana de Fortaleza, mais precisamente nos trechos de Aquiraz/Pindoretama (216 km²) e Pecém/Caucaia (81 km²) onde foram calculadas as *reservas permanentes (Rp)*, *renováveis (Rr)* e *explotáveis (Re)*, sendo elas: Aquiraz/Pindoretama (Rp = 726,3 x 10⁶ m³; Rr = 10 x 10⁶ m³/ano; Re = 10,5 x 10⁶ m³/ano); Pecém/Caucaia (Rp = 214,2 x 10⁶ m³; Rr = 7 x 10⁶ m³/ano; Re = 10,5 x 10⁶ m³/ano).

No Projeto “*Pacto das Águas*” (INESP, 2009a) foi utilizado o cadastro de poços até 2006 (16.019 poços tubulares e 1.945 escavados (cacimbas)) que refletiu uma *disponibilidade efetiva instalada*, bombeando-se 8h/dia, de 92 x 10⁶ m³/ano, distribuídos da seguinte forma: Domínio Poroso Clástico (6.647 poços) com 72,6 x 10⁶ m³/ano, Domínio Poroso Aluvionar (26 poços) com 0,7 x 10⁶ m³/ano e Domínio Cristalino Fissural (2.231 poços) com 18,6 x 10⁶ m³/ano.

No Contrato nº 09 PROGERIRH-CE-SRH-98 – PILOTO (CEARÁ/COGERH, 1999) realizado na Faixa Costeira das Bacias Metropolitanas estimou-se a existência de 2.500 poços tubulares rasos (Vazão média de 1,5 m³/h) e 2.000 poços tubulares (Vazão média de 3m³/h), que bombeando-se 6 horas ao dia resultou em uma *disponibilidade efetiva instalada* de 21,3 x 10⁶

m³/ano, ou seja, 15% das reservas renováveis calculadas para os Sistemas Dunas/Paleodunas e Barreiras e a 0,97% das reservas totais calculadas neste projeto, demonstrando que somente uma parte ínfima deste recurso é captada através dos poços das Bacias Metropolitanas.

O fluxo da água em subsuperfície se processa de modo muito lento. Os tempos de residência das águas nos aquíferos são da ordem de dezenas de anos e, em alguns casos, se atinge a centenas e, até mesmo, milhares de anos, o que permite dizer que a água subterrânea pode ser um recurso mineral esgotável à escala da vida humana. Assim, o conceito de esgotabilidade do recurso hídrico está intrinsecamente à renovabilidade, ou seja, a velocidade de recarga hídrica subterrânea.

No “*Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza*” (AUMEF, 1984 in CAVALCANTE, 1998) utilizou-se 550 poços tubulares e as *reservas exploráveis* estimadas foram: Sistema Cristalino com 0,93 milhões de m³/ano; Barreiras com 340,8 x 10⁶ m³/ano e, as Dunas-Paleodunas com 55 x 10⁶ m³/ano.

CAVALCANTE (Op. Cit.) utilizando dados de área (A = 184,7 km²), variação do nível estático ($\Delta h = 1,5\text{m}$) e porosidade efetiva ($\eta_e = 15\%$), estimou para as *reservas renováveis do Sistema Dunas/Paleodunas* um volume de 41,5 x 10⁶ m³/ano. Considerando a espessura média saturada (b) de 6,4 m, a *reserva permanente* obtida para este sistema foi de 177 x 10⁶ m³. Utilizando dados de área (A = 615 km²), variação de nível estático ($\Delta h = 0,5\text{m}$) e porosidade efetiva ($\eta_e = 5\%$), este autor obteve para as *reservas renováveis do Sistema Barreiras* um volume de 15,3 x 10⁶ m³/ano. Considerando-se uma espessura média saturada (b) de 15 m, estimou para as *reservas permanentes* um volume de 461 x 10⁶ m³.

3.2 - **Bacia do Curu**

Esta bacia possui uma área de drenagem de 8.528 km² (CEARÁ, 1992) e praticamente não existem trabalhos em nível regional de cunho hidrogeológico. No trabalho desenvolvido no “Pacto das Águas” (INESP, 2009b) é ressaltado que na Bacia do Curu existem dois domínios hidrogeológicos representados pelos litotipos sedimentares e os de rochas cristalinas (Fissural) onde existiam, até 2006, 1.418 poços, sendo que

os tubulares predominam com 98%. O meio fissural detém 73,7% dos poços e Canindé (272 poços), Caridade (165 poços), Pentecoste (157 poços) e Itapajé (131 poços) são os municípios que se destacam em número de obras de captação.

Predominantemente, os poços possuem profundidades inferiores a 60m e vazões inferiores a 5,0 m³/h. A disponibilidade efetiva instalada foi calculada em 9,2 x 10⁶ m³/ano, destacando-se o domínio fissural com 5,2 x 10⁶ m³/ano.

3.3 - **Bacia do Litoral**

Esta região hidrográfica possui 8.619 km², englobando as Bacias do Aracatiáçu (3.415 km²), Mundaú (2.227 km²), Aracati-Mirim (1.565 km²), Trairi (556 km²) e Zumbi (193 km²), além de uma Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED) de 663 km².

Nas Bacias do Litoral foram individualizados cinco (5) Sistemas Hidrogeológicos: Aluviões, Dunas, Barreiras e Serra Grande que representam o Domínio Hidrogeológico Poroso, e as rochas metamórficas e ígneas que, juntas, representam o Domínio Hidrogeológico Fissural e nos quais se observa a distribuição dos 1.262 poços, onde está claramente evidenciada a predominância do Sistema Cristalino (72,5%) a começar da porção central até o sul da bacia, enquanto que as maiores áreas de manchas sedimentares ocorrem ao norte (Sistema Hidrogeológico Barreiras) da Bacia.

Em termos de evolução da construção de poços tubulares (1.262) nas Bacias do Litoral, observa-se que 90% dos poços foram construídos a partir da década de 80. Quatro (4) municípios concentram 802 poços (63,5%), sendo eles: Itarema (317) 25,1%, Itapipoca (194) – 15,4%, Amontada (185) – 14,6% e Irauçuba (106) – 8,4%.

Em relação à profundidade destas obras, existe uma predominância do intervalo de 20 a 50m (26,1%) – *Poços medianamente profundos* - seguido daqueles com profundidades inferiores a 20m (23,7%) – *Poços rasos* - e, acima de 50m – *Poços profundos* - têm-se 50%.

No geral, observa-se que os poços construídos no *Sistema Hidrogeológico Fissural* (Cristalino) possuem profundidades preferencialmente oscilando entre 40 e 80m. CORDEIRO *et al.*, 2009 (in INESP, 2009c) mostram que da análise de 546 poços tubulares, 87% têm esta informação e refletem média de 61,4 m, sendo que 59,5% possuem profundidade superior ou igual a 60m.

O nível estático das águas subterrâneas é freático, oscilando predominantemente abaixo de 15m (86,7%). Em relação às vazões, 74% dos poços possuem este dado e refletem média de 1,9 m³/h; 27% são superiores a 2m³/h e em 33,7% são inferiores a 0,50 m³/h. Ainda mais, observa-se que as vazões inferiores a 3,1 m³/h predominam em 82% dos poços e somente em 18% deles supera tal valor, ficando acima de 7m³/h em 5,5% deles.

Os parâmetros relativos à coeficiente de condutividade hidráulica (K) e coeficiente de restituição (U) adotados para esta bacia no Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992) foram, respectivamente, $1,0 \times 10^{-7}$ m/s e $4,0 \times 10^{-3}$.

O *Domínio Hidrogeológico Poroso* (Sistemas Hidrogeológicos Aluvionar, Dunas, Barreiras e Serra Grande) detém 636 poços, sendo representado essencialmente pelos arenitos do Sistema Barreiras e sedimentos arenosos das Dunas. Do total destes poços, 85,7% possuem dados de profundidade refletindo média de 46,5m, e 88% deles têm profundidade máxima de 60m (CORDEIRO *et al.*, 2009 in INESP, 2009c).

O nível estático nos poços tubulares oscila, predominantemente, abaixo de 10,1m (82,7%), seguido do intervalo de 10,1 a 15m (9,5%) caracterizando um comportamento freático (inferior a 15m) predominando com 92,2%.

A vazão inferior a 3,1 m³/h predomina em 43,6% dos poços e acima de 7,1 m³/h em 32,3%. Observa-se que estas vazões são maiores do que àquelas encontradas no Sistema Hidrogeológico Cristalino mostrando, desta forma, a melhor vocação aquífera do Domínio Poroso.

Em função da ausência de estudos hidrogeológicos que contemplem todos os sistemas hidrogeológicos individualizados para a Bacia do Acaraú, neste item serão abordados os Sistemas Aluvionar, Dunas e Barreiras, sendo eles os mais usuais na exploração das águas subterrâneas.

O *Sistema Aluvionar* constitui um aquífero livre, possuindo níveis estáticos sub-aflorantes, podendo ser designados de *freáticos* (rasos). O nível estático ocorre sempre em profundidades máximas de 4m, sub-aflorante, propiciando a captação de suas águas através de poços com profundidades inferiores a 10m e, segundo CORDEIRO *et al.*, (INESP, op. Cit.), de 71 poços analisados com dados de profundidade, se obteve a média de 6,8m.

Somente 15,5% (11) destes poços possuem dados de vazão, média de 15,5 m³/h, com mínima de 2m³/h. Nos poços tubulares predominam as vazões superiores a 7m³/h (100%) e isto é reflexo da composição litológica mais arenosa e melhores espessuras saturadas do sistema.

O *Sistema Dunas* possui larguras variáveis e espessuras diversas que, no geral, podem chegar a 50m, designado como aquífero livre, poroso, nível estático sub-aflorante (Menor que 5m) e vazões elevadas, podendo ser superiores a 15m³/h.

O *Sistema Barreiras* é composto por sedimentos clásticos inconsolidados, apresentando, no geral, uma interdigitação de níveis arenosos, siltosos e argilosos que se alternam entre si, com colorações variando de creme a avermelhada, e tendo níveis conglomeráticos na base. Os parâmetros hidrodinâmicos obtidos do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, op. Cit.) (Tabela 04) mostram valores mais elevados para o Sistema Dunas.

Tabela 04 - Parâmetros Hidrogeológicos dos Sistemas Hidrogeológicos nas Bacias do Litoral- Ceará

Sistema Hidrogeológico	Parâmetros		
	T (m ² /s)	K (m/s)	U
Aluvionar	2,0 x 10 ⁻¹	1,6 x 10 ⁻⁴	10 ⁻¹
Dunas	2,0 x 10 ⁻¹	2,0 x 10 ⁻⁴	10 ⁻¹
Barreiras	2,0 x 10 ⁻³	4,0 x 10 ⁻⁵	10 ⁻²
Serra Grande	1,0 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻⁶	5,0 x 10 ⁻⁴
Cristalino	-	1,0 x 10 ⁻⁷	4,0 x 10 ⁻³

Fonte: CEARÁ, 1992

LEGENDA: T – Coeficiente de Transmissividade K – Coeficiente de condutividade hidráulica; U – Coeficiente de restituição

3.3.1 - As Reservas e Disponibilidades Hídricas Subterrâneas

A precipitação pluviométrica média anual nesta bacia oscila de 539 mm (Irauçuba) a 1.589 mm (Trairi) com média, obtida entre 20 municípios, de 1.000 mm/ano (INESP, 2009c), refletindo um volume hídrico precipitado de $8,6 \times 10^9 \text{ m}^3$ ao ano. As reservas e disponibilidades das águas subterrâneas foram obtidas do PERH (CEARÁ, 1992) (Tabela 05).

Tabela 05 - **Reservas e disponibilidades de águas subterrâneas por Sistema Hidrogeológico das Bacias do Litoral - Ceará**

Sistema Hidrogeológico	Área (km ²)	Reservas		
		Renováveis (m ³ /ano) x 10 ⁶	Permanentes (m ³) x 10 ⁶	Totais (m ³) x 10 ⁶
Aluvionar	230	1,1,	76,9	78
Dunas	316	31,6	252,8	284,4
Barreiras	1.792	27,7	918,5	946,2
Serra Grande	31	0,0172	0,98	0,99
Cristalino	6.248	6,2	-	-
Reserva Explotável (m ³ /ano) x 10 ⁶				
Aluvionar			19,2	
Dunas			64,0	
Barreiras			137,7	
Serra Grande			0,098	
Cristalino			11,29	
Disponibilidade Atual (m ³ /ano)				
Aluvionar			49.200	
Dunas			1,82 x 10 ⁶	
Barreiras			2,62 x 10 ⁶	
Serra Grande			13.700	
Cristalino			4,67 x 10 ⁶	

Fonte: CEARÁ, 1992

As reservas permanentes do Domínio Cristalino não foram calculadas em função do seu caráter anisotrópico e heterogêneo. Os dados de disponibilidade de água subterrânea para a bacia são derivados daqueles existentes no *Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH*, aonde foram realizados cálculos estimativos para a disponibilidade de água subterrânea

nas Bacias do Litoral, resultando em um volume de $9,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Ainda, ressaltando-se que as *reservas exploráveis* calculadas no PERH foram de $232,28 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, observa-se que o volume representativo da disponibilidade captado pelos poços tubulares representa 3,9% destes recursos.

No Projeto “*Pacto das Águas*” (INESP, 2009c), CORDEIRO *et al.* (1999) através da utilização de 889 poços bombeando 8 horas/dia, ressaltam que a *disponibilidade efetiva instalada* nas Bacias do Litoral é de $11,16 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo $8,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para o Domínio Poroso Clástico (474 poços), Domínio Aluvionar (11 poços) de $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e de $2,26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para o Domínio Fissural (404 poços).

3.4 - Bacia do Acaraú

Esta bacia possui 14.423 km^2 onde estão inseridos 22 municípios e os sistemas hidrogeológicos ocupam áreas diversas com predomínio do Cristalino (82,5%). A precipitação pluviométrica média anual oscila de 685,7 mm (Tamboril) a 1.627 mm (Meruoca) com média, obtida entre 19 municípios, de 950 mm/ano (INESP, 2009). Isto significa que, sobre a Bacia de Acaraú (14.423 km^2) precipita um volume hídrico de $13,7 \times 10^9 \text{ m}^3$ ao ano e, a depender dos coeficientes de infiltração e da porosidade efetiva de cada sistema hidrogeológico, a recarga será efetiva e diferenciada. Porém, deve ser ressaltado que o Sistema Cristalino (Fissural) não pode ser generalizado como aquífero, tendo em vista seu comportamento anisotrópico e heterogêneo, possuindo permeabilidade e porosidade primárias praticamente nulas.

Os parâmetros hidrodinâmicos foram obtidos do PERH (Tabela 06) em que se observam valores mais elevados para o Sistema Dunas, reflexo da boa seleção granulométrica, arredondamento e esfericidade, além de significantes espessuras saturadas.

Tabela 06 - **Parâmetros dos sistemas hidrogeológicos na Bacia do Acaraú - Ceará**

Sistema Hidrogeológico	Parâmetros		
	T (m ² /s)	K (m/s)	U
Aluvionar	2,0 x 10 ⁻¹	1,6 x 10 ⁻⁴	10 ⁻¹
Dunas	2,0 x 10 ⁻¹	2,0 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻¹
Barreiras	2,0 x 10 ⁻³	4,0 x 10 ⁻⁵	1,0 x 10 ⁻²
Serra Grande	1,0 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻⁶	5,0 x 10 ⁻⁴
Jaibaras	1,0 x 10 ⁻⁴	1,3 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻³
Ubajara	1,0 x 10 ⁻⁴	1,6 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻³
Cristalino	-	1,0 x 10 ⁻⁷	4,0 x 10 ⁻³

Fonte: CEARÁ, 1992

LEGENDA: T – Coeficiente de Transmissividade ; K – Coeficiente de condutividade hidráulica; U – Coeficiente de restituição

3.4.1 - Reservas e disponibilidades hídricas subterrâneas.

As reservas permanentes e exploráveis de águas subterrâneas foram calculadas no PERH (Tabela 07). Os volumes hídricos representantes das permanentes das aluviões representam 337,9 x 10⁶ m³ e, destas, 84,4 x 10⁶ m³/ano (25%) representam as reservas exploráveis, sobressaindo-se em relação aos demais domínios porosos clásticos em função particularmente da área ocupada na bacia, associada aos parâmetros hidrogeológicos. Deve ser ressaltado que, em função do caráter anisotrópico e heterogêneo do meio cristalino (Complexos Igneo e Metamórfico) não foram calculadas as reservas permanentes para este contexto, sendo estimado um valor para as reservas exploráveis.

Tabela 07 - **Reservas de águas subterrâneas por sistema hidrogeológico da Bacia do Acaraú - Ceará.**

Sistema Hidrogeológico	Reservas hídricas (x 10 ⁶)	
	Reservas Permanentes - R _p (m ³)	Reservas Exploráveis - R _e (m ³ /ano)
Aluvionar	337,9	84,4
Dunas	21,3	5,3
Barreiras	171,3	25,7
Serra Grande	15,1	1,5
Jaibaras	287,1	28,7
Ubajara	19,4	1,9
Cristalino	-	21,2
TOTAL	1.190,0	253,1

Fonte: CEARÁ, 1992

Até 1989, existiam na Bacia do Acaraú 949 poços tubulares cadastrados, com o Cristalino detendo 707 (74,5%). Dos poços no cristalino, 596 (84,3%) contêm dados de vazão que refletem disponibilidade hídrica de 1.586,3 m³/h onde, considerando-se uma taxa de bombeamento de 12 horas/dia, se tem 6,9 x 10⁶ m³/ano. Para o meio sedimentar foram cadastrados 242 poços (25,5% do total) com 207 (85,5%) possuindo dados de vazão e que reflete disponibilidade de 1.330 m³/h, ou seja, 5,8 x 10⁶ m³/ano (Taxa de 12h/dia de bombeamento). Sobral se destaca com 176 poços tubulares sendo que, destes, 166 poços se encontram no cristalino, seguido de Santa Quitéria com 156 poços e, destes, 129 estão localizados no cristalino.

As disponibilidades efetivas de água subterrânea para a Bacia foram calculadas, por município, no Projeto “*Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba*” tomando-se por base o cadastro de 956 poços no cristalino e 418 no meio sedimentar. A *disponibilidade efetiva instalada* obtida foi de 2.487 m³/h para uma taxa de bombeamento de 12h/dia, resultando em um volume hídrico de 10,9 x 10⁶ m³/ano. Associando-se a instalável (6 x 10⁶ m³/ano) resulta em uma *disponibilidade efetiva total* de 16,9 x 10⁶ m³/ano, sendo que Acaraú (956 m³/h), Cruz (277 m³/h), Sobral (196 m³/h) e Morrinhos (190 m³/h) foram os municípios com os maiores valores de disponibilidade hídrica instalada (CEARÁ/COGERH, 2000b).

Observa-se que no PERH foram realizados cálculos estimativos para a disponibilidade efetiva total de água subterrânea na Bacia do Acaraú, onde se considerou diferentes médias para os domínios hidrogeológicos para cada unidade municipal, resultando em um volume de 2.916 m³/h. Ainda, observa-se que na avaliação realizada no ano 2000 (CEARÁ/COGERH, 2000b) utilizando dados de poços do SIAGAS (1999), a disponibilidade efetiva instalada (2.487,3 m³/h) mais a disponibilidade efetiva instalável (1384,2 m³/h) resultou em uma *disponibilidade efetiva total* de 3.871,5 m³/h, ou seja, 955,1 m³/h (32,7%) acima da disponibilidade hídrica total exposta no PERH. Ainda mais, ressaltando-se que os *recursos exploráveis* calculados no PERH foram de 253,1 milhões de m³/ano, observa-se que no ano 2000 o volume máximo captado pelos poços tubulares (3.871,5 m³/h ou 16,9 milhões de m³/ano) representava somente 6,67% destes recursos.

No Projeto “Pacto das Águas” (INESP, 2009c), CORDEIRO et al. (1999) observa-se que através da utilização de 1.432 poços bombeando 8 horas/dia, a *disponibilidade instalada* na Bacia do Acaraú é de 16,47 x 10⁶ m³/ano,

sendo $2,18 \times 10^6$ m³/ano para o Domínio Poroso Clástico (129 poços), Domínio Aluvionar (100 poços) de $4,95 \times 10^6$ m³/ano e de $9,34 \times 10^6$ m³/ano para o Domínio Fissural (1.203 poços).

3.5 - Bacia do Coreaú

A Bacia do Coreaú possui 10.657 km² onde estão localizados 16 municípios. Os sistemas hidrogeológicos ocupam diferentes áreas, com destaque para o Cristalino que ocupa 5.107 km² (47,9 %), ressaltando-se a ocorrência do Domínio Barreiras em 2.966,5 km² (27,8%).

A precipitação pluviométrica média anual nesta bacia é de 1.101 mm, oscilando anualmente de 826 mm (Ijoca de Jericoacoara) a 1.483 mm (Ubajara), com a média sendo obtida dos dados de 16 municípios, em uma série de dados de 20 anos (FUNCEME in INESP, 2009d). Isto significa que, sobre a área da Bacia de Coreaú (10.657 km²) precipita um volume hídrico de $11,7 \times 10^9$ m³/ano e, a depender dos coeficientes de infiltração e da porosidade efetiva de cada sistema hidrogeológico, a recarga será efetiva e diferenciada. Porém, deve ser ressaltado que o Sistema Cristalino (Fissural) não pode ser generalizado como aquífero, tendo em vista seu comportamento anisotrópico e heterogêneo, possuindo permeabilidade e porosidade primárias praticamente nulas.

Os parâmetros hidrodinâmicos foram obtidos do PERH (Tabela 08), onde se observam valores mais elevados para o Sistema Dunas/Paleodunas, reflexo da boa seleção granulométrica, arredondamento e esfericidade, além de significantes espessuras saturadas.

Tabela 08 - Parâmetros dos sistemas hidrogeológicos na Bacia do Coreaú - Ceará

Sistema Hidrogeológico	Parâmetro Hidrogeológico		
	T (m ² /s)	K (m/s)	U
Aluvionar	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	10^{-1}
Dunas	$2,0 \times 10^{-1}$	$2,0 \times 10^{-4}$	10^{-1}
Barreiras	$2,0 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$1,0^{-2}$
Serra Grande	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-4}$
Cristalino	-	$1,0 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-3}$

Fonte: CEARÁ, 1992

LEGENDA: T – Coeficiente de Transmissividade K – Coeficiente de condutividade hidráulica; U – Coeficiente de restituição

3.5.1 - Reservas e disponibilidades hídricas subterrâneas

As reservas permanentes e exploráveis de águas subterrâneas foram calculadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PERH (CEARÁ, op. cit.) (Tabela 09). As exploráveis (Re) foram dimensionadas em função das características físicas de cada sistema, representando somente uma parcela (10 a 25%) do volume hídrico total existente, de modo a não impactar os aquíferos com a retirada desta água.

Tabela 09 - **Reservas de água subterrânea da Bacia do Coreau - Ceará**

Sistema Hidrogeológico	Reservas Hídricas Subterrâneas (x 10 ⁶)	
	Reservas Permanentes - R _p (m ³)	Recursos Exploráveis - R _e (m ³ / ano)
Aluviões	78,3	19,5
Dunas	191,4	47,8
Coberturas	137,7	20,6
Barreiras	1.203,8	180,6
Serra Grande	20,5	2,0
Jaibaras	42,6	4,3
Ubajara	250,6	25,0
Cristalino	-	9,2
TOTAL	1.924,9	309,0

Fonte: CEARÁ, 1992

As reservas permanentes do Sistema Barreiras destacam-se com $1,2 \times 10^9$ m³ e, destas, $180,6 \times 10^6$ m³/ano (15%) representam as reservas exploráveis, sobressaindo-se em relação aos demais domínios porosos clásticos em função, particularmente, da área ocupada na bacia. Deve ser ressaltado que, em função do caráter anisotrópico e heterogêneo do meio cristalino (Complexos Igneo e Metamórfico) não foram calculadas as reservas permanentes para este contexto, sendo estimado um valor para as reservas exploráveis.

Segundo o PERH (CEARÁ, 1992), até 1989 existiam na Bacia do Coreau 315 poços tubulares cadastrados, com o cristalino detendo 135 (42,8%). Do total, 272 (86,3%) contêm dados de vazão que retratam uma disponibilidade de 1.065 m³/h (Taxa de bombeamento de 12 h/dia) (4.662.948 m³/ano). Coreau (205 m³/h), Tianguá (150 m³/h) e Ubajara (145 m³/h) foram os municípios com as maiores disponibilidades hídricas totais.

No projeto “*Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba*” (CEARÁ/COGERH, 2000b). Neste, adotou-se uma taxa de bombeamento de 12h/dia e vazão de 1,7 m³/h para o domínio fissural, obtendo-se uma *disponibilidade efetiva instalada* de 958,8 m³/h (4,2 x 10⁶ m³/ano), que somada a instalável (3,80 x 10⁶ m³/ano) resulta em uma *disponibilidade efetiva total* de 1827 m³/h (8,0 x 10⁶ m³/ano).

Observa-se que na avaliação realizada no ano 2000 (CEARÁ/COGERH, 2000b), a *disponibilidade efetiva total* de 1.827 m³/h reflete um volume hídrico de 762,5 m³/h (71,6%) acima da disponibilidade hídrica total exposta no PERH. Ainda mais, ressaltando-se que os *recursos exploráveis* calculados no PERH foram de 309 x 10⁶ m³/ano, observa-se que no ano 2000 o volume máximo captado pelos poços tubulares (1.827,1 m³/h ou 8 x 10⁶ m³/ano) representava somente 2,6 % destes recursos.

No Projeto “Pacto das Águas” (INESP, 2009), CORDEIRO *et al.*, 1999 (in INESP, 2009d) através da utilização de 691 poços bombeando 8 horas/dia, ressaltam que a *disponibilidade instalada* na Bacia do Coreaú é de 9,27 x 10⁶ m³/ano, sendo 5 x 10⁶ m³/ano para o Domínio Poroso Clástico (301 poços), Cárstico (29 poços) de 0,55 x 10⁶ m³/ano, Aluvionar (43 poços) de 0,74 x 10⁶ m³/ano e de 2,98 x 10⁶ m³/ano para o Domínio Fissural (318 poços).

O fluxo da água subterrânea se processa lentamente e os tempos de residência destas águas nos aquíferos são da ordem de dezenas a milhares de anos e, assim, é recomendável que o planejamento de utilização dos aquíferos considere os potenciais de renovabilidade, a integração com o meio hidro-ambiental, a capacidade de regeneração das águas servidas que retornam ao manancial em apreço e, principalmente, o limite de intervenção humana que não deve ultrapassar o aceitável pelas condições inerentes ao meio local.

3.6 - **Bacia do Parnaíba (Poti)**

A Bacia do Parnaíba, também denominada Poti, abrange 16.900 km² onde estão localizados 14 municípios, sendo o Sistema Hidrogeológico Metamórfico o mais representativo em distribuição espacial com 9.631 km² (57 %), seguido pelo Serra Grande que ocupa 6.058,18 km² (35,8%).

Até 1989, existiam na bacia do Poti 590 poços tubulares cadastrados, com o cristalino detendo 428 (72,5%). Do total de poços cadastrados, 469 (79,5%) contêm dados de vazão que retratam uma disponibilidade de 1.688,80 m³/h, ou seja, considerando-se uma taxa de bombeamento de 12 horas/dia, existia um volume de $7,4 \times 10^6$ m³/ano.

Para o contexto sedimentar existem 162 poços (27,4%) com 145 (89,5%) possuindo dados de vazão e que refletem uma disponibilidade de 819,1 m³/h, ou seja, 3.587.658 m³/ano (taxa de 12h/dia de bombeamento). O cristalino possui 324 poços com dados de vazão e uma disponibilidade de 869,7 m³/h, ou seja, $3,8 \times 10^6$ m³/ano (taxa de 12h/dia de bombeamento).

A disponibilidade efetiva instalada na Bacia do Poti é de $6,5 \times 10^6$ m³/ano, que associada à instalável ($3,8 \times 10^6$ m³/ano) perfaz um volume total de $10,4 \times 10^6$ m³/ano onde Crateús se destaca com $1,6 \times 10^6$ m³/ano, seguida de São Benedito com $1,2 \times 10^6$ m³/ano e Carnaubal com $1,1 \times 10^6$ m³/ano . A demanda efetiva instalável (potencial) pode tornar-se instalada, dependendo da implementação de projetos de recuperação e/ou instalação de poços produtores já cadastrados.

Os dados cedidos pela companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH (CEARÁ/COGERH, 2000b) mostram que em 1999, 13 sedes municipais eram abastecidas com água subterrânea, consumindo um volume de 181.814 m³/mês para abastecer de 33,37% (Acarauá) a 100% (Marco) da população das sedes municipais, com um total de 46.618.973 habitantes sendo beneficiados a uma taxa de 130 L/hab/dia.

3.7 - Bacia do Rio Jaguaribe

No âmbito do Baixo-Médio Jaguaribe, a CPRM realizou a “*Avaliação das Potencialidades Hídrica e Mineral do Médio-Baixo Jaguaribe - CE*” (VERÍSSIMO *et al.*, 1996) que apresenta dados das potencialidades hídrica e mineral do Médio-Baixo Jaguaribe, englobando 21 municípios do Vale do Jaguaribe, com aproximadamente 20.600 km². Faz uma abordagem sobre a contextualização geoambiental, das atividades econômicas, das potencialidades minerais, dos indicadores de potencialidades, do estado atual dos recursos naturais, e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Sobre as águas subterrâneas, utiliza os dados apresentados no PERH (1992) integrando-os com dados atuais de abastecimento humano.

A hidrogeologia da Bacia do Jaguaribe é extensa, compreendendo domínios hidrogeológicos sedimentares e cristalinos que ocorrem em aproximadamente 73.000 km². Porém, o grande destaque em termos de ocorrência, reservas e vazões de poços ocorre na Sub-Bacia do Salgado onde estão as melhores formações geológicas sedimentares para armazenamento e liberação de águas subterrâneas, propiciando reservas significantes, poços com até quase 1000m de profundidade e vazões que alcançam 300 m³/h.

As Tabelas de 10 a 14 mostram as reservas de águas subterrâneas para a Bacia do Jaguaribe, com destaque para a Sub-Bacia do Salgado, onde está inserida a maior bacia hidrogeológica cearense, o Vale do Cariri, com o Aquífero Missão Velha possuindo as maiores reservas hídricas.

Tabela 10 - Reservas das águas subterrâneas da Sub-Bacia do Salgado Ceará

Sub-Bacia	Aquífero	Rr (m ³ /ano) x 10 ⁶	Rp (m ³) x 10 ⁶	Re (m ³ /ano) x 10 ⁶
Salgado	Aluviões	30	220	30
	Feira Nova	30	1270	-
	Missão Velha	15	2100	225
	Mauriti	3,5	247	28,5
	Cristalino	-	-	5,3

Fonte: CEARÁ, 1992.

LEGENDA: Reservas: Rr – renováveis; Rp – permanente; Re – explotáveis

Tabela 11 - Reservas hídricas subterrâneas da Sub-Bacia do Alto Jaguaribe – Ceará

Sub-Bacia	Aqüífero	Rr (m ³ /ano) x 10 ⁶	Rp (m ³) x 10 ⁶	Re (m ³ /ano) x 10 ⁶
	Aluviões	27,5	193	27,5
Alto Jaguaribe	Coberturas Tércio -Quaternárias	5,0	-	5,0
	Cristalino	-	-	17

Fonte: CEARÁ, 1992.

LEGENDA: Reservas: Rr – renováveis; Rp – permanente; Re – exploráveis

Tabela 12 - Reservas hídricas subterrâneas da Sub-Bacia do Médio Jaguaribe - Ceará

Sub-Bacia	Aqüífero	Rr (m ³ /ano) x 10 ⁶	Rp (m ³) x 10 ⁶	Re (m ³ /ano) x 10 ⁶
	Aluviões	17	120	11
Médio Jaguaribe	Coberturas Tércio -Quaternárias	0,3	-	0,3
	Cristalino	-	-	7,9

Fonte: CEARÁ, 1992.

LEGENDA: Reservas: Rr – renováveis; Rp – permanente; Re – exploráveis

Tabela 13 - Reservas das águas subterrâneas da Sub-Bacia do Banabuiú - Ceará

Sub-Bacia	Aqüífero	Rr (m ³ /ano) x 10 ⁶	Rp (m ³) x 10 ⁶	Re (m ³ /ano) x 10 ⁶
	Aluviões	12	86,7	12
Banabuiú	Coberturas Tércio -Quaternárias	1,8	-	1,8
	Cristalino	-	-	7,7

Fonte: CEARÁ, 1992.

LEGENDA: Reservas: Rr – renováveis; Rp – permanente; Re – exploráveis

Tabela 14 - Reservas das águas subterrâneas da Sub-Bacia do Baixo Jaguaribe - Ceará

Sub-Bacia	Aqüífero	Rr (m ³ /ano) x 10 ⁶	Rp (m ³) x 10 ⁹	Re (m ³ /ano) x 10 ⁶
	Aluviões	42	723	42
	Dunas	6,7	150	6,7
	Coberturas Tércio-Quaternárias	6,9	-	6,9
Baixo Jaguaribe	Cristalino	-	-	1,3

Fonte: CEARÁ, 1992.

LEGENDA: Reservas: Rr – renováveis; Rp – permanentes; Re – explotáveis

Observa-se que, à época, por falta de dados não foram apresentadas as reservas das formações Jandaíra e Açú localizadas na Chapada do Apodi, estudadas posteriormente pelo governo cearense.

Referências Bibliográficas

BIANCHI, L.; PADILHA, M.W.M.; TEIXEIRA, J.E.M. - 1984 - **Recursos de água subterrânea na R.M.F.** Fatores Condicionantes. *In*: Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos na R.M.F. - Fase I. Fortaleza. SEPLAN - AUMEF, v. 1, 139 p.

CAMPOS, L.A.S. & MENEZES, M.A.S. - 1982 - **Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará.** II congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. Salvador - BA. p. 29-42.

CAVALCANTE, I.N. - 1986 - Caracterização hidroquímica preliminar da captação de Abreulândia - Fortaleza/CE. Seminário. IG/USP. 24 p.

CAVALCANTE, I.N. - 1997 – **Hidrogeologia de meios fissurados.** III Curso de Especialização em Hidrogeologia Aplicada – CEHA. IG/UFPA. 25 p.

CAVALCANTE, I.N.; TAJRA, A.A.; FRANGIPANI, A.; VERÍSSIMO, L.S. -1997 - As águas subterrâneas do Estado do Ceará. I Fórum Interamericano de Gestão de Recursos Hídricos. SRH/MMA/IICA. Fortaleza - CE. 12 p.

CAVALCANTE, I.N. - 1998 - Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. Inédito. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo/USP 156 p.

CAVALCANTE, I. N. – 2001 - As Águas Subterrâneas do Estado do Ceará – Nordeste do Brasil. Instituto Hidroambiental Águas do Brasil. IHAB. 85p.

CEARÁ - SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – 1992 – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Estudos de Base II. Fortaleza – CE. SRH. p. 871 – 1114.

CEARÁSRH - 2004. Plano Estadual dos Recursos Hídricos - Secretaria de Recursos Hídricos (PLANERH). Diagnóstico. V. 1, Fortaleza. p49 – 58.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil – 2011 - Banco de dados do SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

COSTA, W.D. – 1997 – Uso e gestão de água subterrânea. In: FEITOSA, F.A.C. & MANUEL FILHO, J. (1997) – Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM. Cap. 14. p. 341 – 365.

CEARÁ/COGERH/VBA – 1999 - Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. CD ROM.

CEARÁ/COGERH/VBA – 2000a - Serviços de Campo para Avaliação do Potencial de Águas Subterrâneas e de Lagos das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CE. Relatório Final. SRH/COGERH. Fortaleza – CE. 81 p. Anexos.]

CEARÁ/COGERH – SRH. ENGESOFT-MONTGOMERY WATSON – 2000b - Projeto “Estudos Básicos e Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba”. CD ROM.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009a – Caderno Regional das Bacias Metropolitanas. Volume 9. Pacto das Águas – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará. 135p.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009b – Caderno Regional para a Bacia do Curu. Volume 4. Pacto das Águas – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará. 115p.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009c – Caderno Regional para a Bacia do Litoral. 1 vol. Pacto das Águas – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009c – Caderno Regional para a Bacia do Acaraú. Volume 1. Pacto das Águas – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará. 127p.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009d – Caderno Regional para a Bacia do Coreaú. 1 Vol. Pacto das Águas – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará.

CONTEXTUALIZAÇÃO GEOAMBIENTAL NO SEMIÁRIDO CEARENSE: O Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibas

Daniel Dantas Moreira Gomes ¹

Cleyber Nascimento de Medeiros ²

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque ³

César Ulisses Vieira Veríssimo ⁴

Cynthia Romariz Duarte ⁵

Introdução

A bacia hidrográfica do Rio Jaibas, no Estado do Ceará/Brasil, abriga certa diversidade de domínios naturais e paisagísticos, tendo em vista que se localiza em uma região de semiaridez, que contrasta com a paisagem da serra subúmida da Meruoca e do planalto da Ibiapaba. Evidenciando que seus recursos naturais são bem particulares ao contexto geoambiental ao qual se encontra inserido.

Nesse sentido, objetiva-se a sistematização conceitual, a fundamentação teórica e as operações técnicas orientadas a partir da análise sistêmica, buscando abordar não somente a caracterização físico-geográfica dos geoambientes que compõem a bacia hidrográfica, mas objetivando uma avaliação dos sistemas ambientais diante da análise integrada da paisagem.

O estudo tem como base teórico-metodológica o levantamento bibliográfico e empírico, buscando analisar as feições e características físico-naturais da seção estudada orientada pelo viés geossistêmico, a partir da concepção do enfoque holístico-sistêmico dos componentes ambientais e sociais que

¹ Geógrafo pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Mestre e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

² Estatístico e Mestre em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande Do Norte - UFRN. Analista de Políticas Públicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE.

³ Geógrafo e Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE.

⁴ Professor Dr. do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará -UFC.

⁵ Professora Dra. do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará -UFC.

compõem um todo integralizado no espaço-tempo. Para tanto, a metodologia está baseada nos preceitos da análise geoambiental, pressupondo a interrelação entre os fatores dos meios abiótico, biótico e socioeconômico (SOUZA, 2000).

Destarte, a sistematização conceitual, a fundamentação teórica e as operações técnicas foram orientadas a partir da análise integrada da paisagem, buscando abordar não somente a caracterização físico-geográfica da bacia hidrográfica, mas objetivando uma avaliação dos sistemas ambientais frente aos mais diversos processos de uso e ocupação da terra.

Antes de qualquer consideração que aborde a contextualização geoambiental no contexto semiárido cearense, destaca-se a busca pela sustentabilidade como viés orientador das ações e processos que se materializam na bacia hidrográfica em questão, revendo, nesse caso, todas as interações inerentes à Sociedade e à Natureza, que se tornam uma bússola para a implementação dos processos de planejamento, gestão territorial e ambiental (RODRIGUEZ & SILVA, 2002). Desta forma, busca-se através de fundamentos conceituais do estudo das paisagens, a partir de uma visão sistêmica, a sustentabilidade, utilizando a bacia hidrográfica como unidade ambiental de análise.

A bacia hidrográfica é uma unidade espacial utilizada para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a qual se encontra em consonância com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Destaca-se que essa unidade territorial representa uma sistemática ideal para a análise dos recursos naturais da superfície terrestre, por se configurar um sistema com características físicas e naturais homogêneas, facilitando assim a implantação de ferramentas de planejamento e gestão ambiental e territorial.

Conforme Soares (2001), a identificação de áreas como unidade ambiental, e as intervenções por esta sofrida, ao longo de sua história, conduzem ao estudo da paisagem, necessária para identificação, classificação, diagnóstico, prognóstico e análise da mesma, destacando assim, suas características homogêneas, cujos limites ultrapassam as demarcações jurídicas e administrativas. Nesse contexto, encontram-se as delimitações por elementos naturais, como as bacias hidrográficas.

Nesse sentido, é importante considerar as características naturais da bacia hidrográfica como um todo integralizado, analisando-a de forma sistêmica e considerando-a num só conjunto, pois essas características refletem inúmeros processos de sua evolução e determinam sua capacidade de suporte e ocupação, possibilitando ou não o melhor aproveitamento dos seus recursos naturais.

A partir desse viés de análise e reflexão, busca-se abordar a concepção integrativa que deriva do estudo unificado das condições naturais em que vive o homem e onde se adaptam os demais seres vivos (SOUZA, 2000), corroborando a necessidade do uso e gestão racional dos recursos hídricos, sobretudo, na área que compreende a bacia hidrográfica do Rio Jaibas.

A necessidade de estudos que possam subsidiar o planejamento e gestão dos ambientes hídricos devem ser abrangentes e capazes de avaliar a degradação crescente dos recursos naturais, partindo dos princípios de uma visão holística e integrada desde o diagnóstico até a avaliação das características e funcionamento dos elementos que compõem os sistemas ambientais, sociais e econômicos (GUERRA & MARÇAL, 2006), evitando assim a degradação ambiental.

Salienta-se que a degradação ambiental é consequência do uso indisciplinado dos recursos naturais, sejam eles renováveis ou não renováveis, onde ações de uso indiscriminados contribuem para tornar os recursos renováveis em não renováveis, provocando o esgotamento dos solos devido ao grau irreversível dos impactos ambientais face à capacidade de suporte dos geossistemas, que são materializados, conseqüentemente, nas bacias hidrográficas (NASCIMENTO *et.al.*, 2007).

Nessa perspectiva, conforme pontua Cunha e Guerra (1996), um dos principais fatores que a degradação e deterioração da qualidade ambiental têm provocado é o desenvolvimento de processos erosivos acelerados. A análise integrada de dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitoecológicos, climatológicos e de uso e ocupação, juntamente com a interpretação de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, têm auxiliado na análise da degradação ambiental e facilitado na identificação de áreas mais propícias aos processos erosivos.

De acordo com Cunha e Guerra (*op. cit.*) a degradação ambiental não pode ser analisada apenas sob o ponto de vista físico, uma vez que deve ser entendida de forma global, integrada, sistêmica e holística, ou seja, considerando em sua totalidade as relações existentes entre a sociedade e natureza, tendo em vista a existência de um conjunto complexo de atores/fatores que moldam o espaço geográfico.

Para o desenvolvimento desse estudo, do ponto de vista metodológico, optou-se adotar a sub-bacia do Rio Jaibas, pertencente à bacia do Acaraú, como uma bacia hidrográfica, sendo levada em conta sua unidade territorial natural, cujos limites são determinados pelo escoamento das águas superficiais do Rio Jaibas e pela topografia que delimita o rio.

A bacia hidrográfica do Rio Jaibas localiza-se na porção Centro-Norte do Estado do Ceará, a uma distância de 257 km da capital Fortaleza. Ocupa uma área de 1.567 km², situada entre as coordenadas 4°08'50,13" e 3°35'41,96" de latitude Sul e 40°51'40,51" e 40°21'09,92" de longitude Oeste, é uma importante sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, como já mencionado anteriormente (Figura 01).

A bacia hidrográfica em estudo banha nove municípios do Estado do Ceará. A tabela 01 apresenta a área dos municípios que são banhados pela bacia, dentre os quais se destaca com maior percentual (31,6% da área total da bacia) o Município de Sobral, este apresentando uma significativa diversidade ambiental, caracterizado pela influência paisagística da Meruoca em contraste com o sertão oriental da Ibiapaba, formando uma grande rede de retalhos litológicos, pedológicos e vegetal. O Município de Ibiapina não será levado em consideração no desenvolvimento do trabalho, pois este não chega a representar 1% da área total envolvida no estudo.



Figura 01 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras, Estado do Ceará. Fonte de dados: .

Tabela 01 – Municípios banhados pela bacia hidrográfica do rio Jaibaras

Municípios	Área Total do Município (km ²)	Área Banhada pelo Jaibaras(%)	Área representativa do Jaibaras (km ²)	Porção em % da bacia
Alcântaras	138,60	19,28	26,73	1,70
Cariré	756,89	58,32	441,45	28,10
Graça	281,89	99,31	279,97	17,70
Ibiapina	414,90	2,00	8,30	0,52
Meruoca	144,94	14,98	21,72	1,38
Mucambo	190,54	71,37	135,99	8,70
Pacujá	76,10	100,00	76,71	4,90
Reriutaba	383,12	21,34	81,76	5,40
Sobral	2.122,98	23,31	494,93	31,60

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Caracterização dos Sistemas Ambientais

A importância da caracterização dos sistemas ambientais, pelo viés integrativo, se destaca como método para compreender o espaço geográfico em uma determinada porção espacial, tendo em vista que o estudo dos geossistemas nos fornece elementos para o conhecimento da estrutura e do funcionamento da natureza, proporcionando, assim, o planejamento racional de uso e ocupação da terra.

Conforme Bertrand (1969), a paisagem é considerada como o resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que se inter-relacionam de forma dialética e mútua, formando, na paisagem um conjunto único e indissociável em constante evolução.

Nessa perspectiva, Sotchava (1977) descreve o geossistema com uma unidade dinâmica que possui uma organização geográfica própria, classificado em homogêneos ou diferenciados, que podem ser hierarquizados em três níveis: planetário, regional e topológico, sendo todos chamados de geossistemas.

Dentre as características do modelo proposto por Sotchava (*op. cit.*) ressalta-se: a utilização da análise integrada; a conexão entre a natureza e a sociedade; e que além dos fenômenos naturais, inclui os econômicos e sociais; e a compreensão da qualidade ambiental.

Para Souza (2000), o geossistema é um sistema geográfico natural ligado a um território e deriva das relações mútuas entre os componentes do potencial ecológico e da exploração biológica e destes com a ação antrópica, ou seja, são os pressupostos da análise integrada do meio ambiente.

Para a classificação das paisagens naturais (e sistemas ambientais), torna-se necessário distinguir duas categorias de sistematização: a tipologia e a regionalização. A tipologia significa distinguir as unidades pela sua semelhança e repetição, dependendo de determinados parâmetros de homogeneidade, já a regionalização significa determinar as unidades pela sua personalidade e individualidade (RODRIGUEZ & SILVA, 2002).

Neste contexto, corrobora-se que a análise integrada de dados geológicos,

geomorfológicos, pedológicos, fitoecológicos, climatológicos e de uso e ocupação, juntamente com a interpretação de imagens de sensoriamento remoto, favorecidos pelos Sistemas de Informações Geográficas, têm auxiliado na análise da degradação ambiental e facilitado na identificação dos sistemas e subsistemas ambientais, tendo em vista que esses estudos têm fornecido elementos para o conhecimento da estrutura e funcionamento da natureza, proporcionando, assim, o planejamento racional de uso e ocupação do solo.

Partindo dos princípios da metodologia desenvolvida por Souza (2000), que se baseia nos preceitos da análise geoambiental, a qual se pressupõe a inter-relação entre os fatores dos meios abiótico, biótico e socioeconômico, foram classificados na bacia hidrográfica do Jaibaras os seguintes sistemas ambientais: Depósitos Quaternários; Depressão Sertaneja; Maciços Residuais e Planalto Sedimentar da Ibiapaba. Dentro desses quatro compartimentos, foram classificados os subsistemas ambientais, respectivamente, representados pelos: Alvéolos, Planícies Fluviais; Sertão do Acaraú; Cristas Residuais, Vertente Úmida/ Subúmida da Serra da Meruoca, Vertente Seca da Serra da Meruoca; Planalto da Ibiapaba, Depressão Periférica de Ibiapaba e Escarpa de Ibiapaba, como podem ser visualizados no quadro 01 e na figura 02.

Quadro 01 - Sistemas e subsistemas da bacia hidrográfica do Rio Jaibaras

SISTEMAS AMBIENTAIS	SUBSISTEMAS AMBIENTAIS
Depósitos Quaternários	Alvéolos
	Planícies Fluviais
Depressão Sertaneja	Sertão do Acaraú
Maciços Residuais	Cristas Residuais
	Vertente Úmida / Subúmida da Serra da Meruoca
	Vertente Seca da Serra da Meruoca
Planalto Sedimentar da Ibiapaba	Planalto da Ibiapaba
	Depressão Periférica de Ibiapaba
	Escarpa de Ibiapaba

Fonte: Desenvolvido pelos autores

A seguir, são apresentadas as principais características de cada sistema ambiental e de seus respectivos subsistemas que foram diagnosticados e áreas mapeadas na bacia hidrográfica do Rio Jaibas.

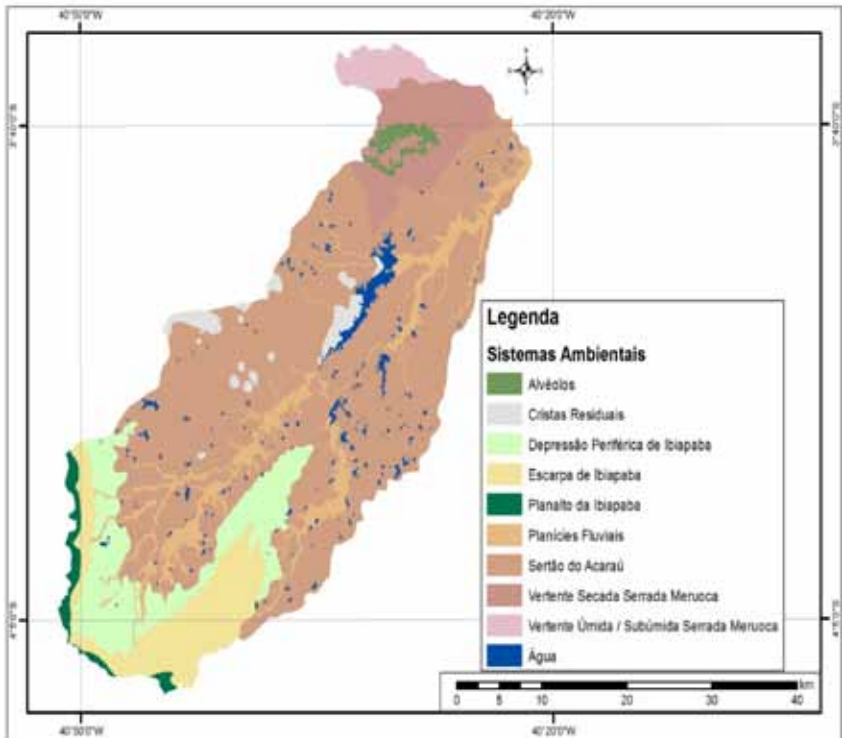


Figura 02 – Subsistemas da bacia hidrográfica do Rio Jaibas.

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Sistema Ambiental: Depósitos Quaternários / Subsistema: Alvéolos

Esse sistema ambiental está localizado na vertente ocidental, ou seja, à sotavento da serra da Meruoca, onde sofre menos a influência das chuvas orográficas. Representa uma área de aproximadamente 16,14 km². Possui como tipo climático apenas o tropical semiárido, onde apresenta 6 meses secos, possuindo média pluviométrica de 82 mm/ano. Suas principais características paisagísticas são retratadas na figura 03.

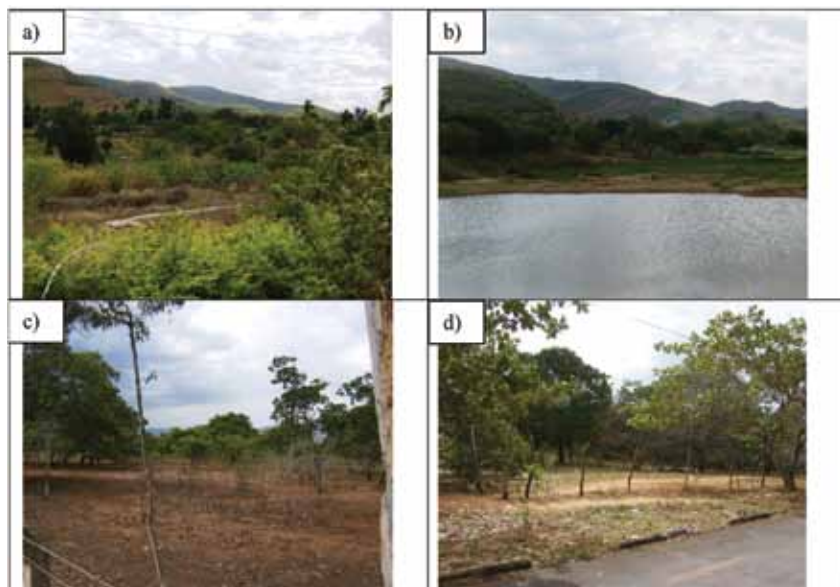


Figura 03 - **Subsistema de alvéolos localizado na vertente ocidental:** a) cobertura vegetal deste subsistema é bastante variada; b) hidrografia superficial intermitente, influenciada pelo período de chuva, com presença de pequenos barramentos de água ; c) culturas de cajú ; d) acúmulo de resíduos sólidos em local inadequado. Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Destaca-se que essa área possui uma hidrografia superficial intermitente, influenciada pelo período de chuva, com presença de pequenos barramentos de água. Os solos de maior abundância são Argissolos, com uma relativa profundidade, sendo desenvolvidos, com horizontes B em cores Vermelho-Amarelo a Vermelho, com textura média a argilosa abaixo de um horizonte A ou E de cores cinzentas ou claras e de textura arenosa a média. Apresenta uma litologia composta de monzonitos e granodioritosesienitos, com predomínio da fácies equigranular; granulação média a grossa, datada da era do Paleozóico no período Cambriano, de idade variando de 532 a 523 milhões de anos.

A cobertura vegetal deste subsistema é bastante variada, com espécies da Caatinga Aberta Arbustiva e Mata Seca. Dentre os principais desgastes observados, podemos destacar a descaracterização da cobertura vegetal

primária, com a sua retirada para a agricultura e para as culturas de cajú; acúmulo de resíduos sólidos em local inadequado em desacordo com a legislação vigente; e descaracterização das áreas de preservação permanente para o cultivo de culturas temporárias, a qual tem influenciado e provocado a perda da biodiversidade local.

Sistema Ambiental: Depósitos Quaternário / Subsistema: Planícies Fluviais

Compreende uma área de 139,32 km², apresentando uma superfície mais plana da bacia, inferiores a 3° de declividade, também apresenta as menores altitudes da bacia, que variam entre 90 e 160 metros. As planícies fluviais têm menor capacidade de entalhe, constituindo também ambientes de exceção, onde há maior facilidade de acúmulo hídrico. A figura 03 mostra algumas particularidades desse sistema ambiental.

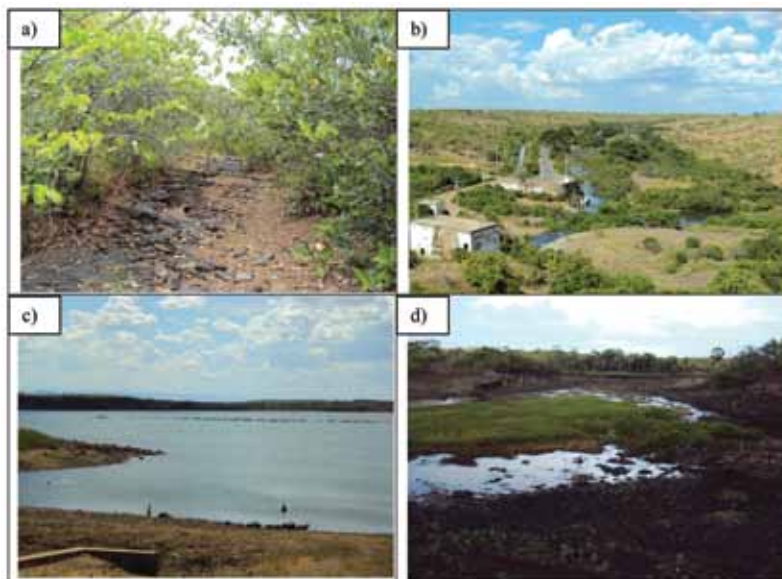


Figura 04 – **Subsistema das planícies fluviais localizado em toda a extensão da bacia:** a) hidrografia superficial intermitente; b) cobertura vegetal primária composta da Caatinga Aberta Arbustiva e Mata Ciliar ; c) pesca artesanal nas barragens ; d) solos são do tipo Neossolos Flúvicos ;
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Esse sistema ambiental está localizado em toda a extensão da bacia, onde sofre maior diferenciação e variações de acordo com a quantidade pluviométrica. Possui uma hidrografia superficial intermitente, influenciada pela pluviometria, com um padrão de drenagem dendrítica. Os solos são do tipo Neossolos Flúvicos profundos. A cobertura vegetal primária destes locais era composta, predominantemente, por espécies da Caatinga Aberta Arbustiva e Mata Ciliar.

Do ponto de vista ambiental, as planícies fluviais apresentam grandes potencialidades dentro do contexto semiárido cearense, tendo em vista os seus potenciais quanto aos recursos hídricos e suas áreas agricultáveis. Dessa forma, há o predomínio de grandes propriedades, latifúndios, nessas áreas.

Nota-se também a presença de cultivos permanentes e temporários, como o extrativismo vegetal (carnaúba), retiradas de vegetação para utilização como matriz energética, extrativismo mineral (argila) e pecuária. Outra característica importante é a captação de água por poços artesianos ou profundos de maneira desordenada, bem como a pesca artesanal nas barragens. Em virtude de suas potencialidades, como já mencionado, corrobora-se que os sítios urbanos encontram-se encravados, sobretudo, neste ambiente.

Dessa forma, nota-se a descaracterização da cobertura vegetal primária; extrativismo vegetal e mineral descontrolado; diminuição da biodiversidade; sobrepastoreio; deposição dos resíduos sólidos em local inadequado; assoreamento de rios e riachos; cultivo em áreas de preservação permanente; rebaixamento do lençol freático; diminuição da carga hídrica; sítios urbanos não planejados; poluição dos recursos hídricos; e sobreutilização dos recursos naturais.

Sistema Ambiental: Depressão Sertaneja / Subsistema: Sertão do Acaraú

Esse é o maior sub-sistema ambiental da bacia possuindo uma área de 884,84 km² e apresenta-se com superfície de declives variando entre 6°

e 12°, ou seja, ondulado e encontra-se inserida na depressão sertaneja da bacia, que varia, do ponto de vista altimétrico, entre 160 e 300 metros. O padrão de drenagem é dendrítico, apresentando um sistema de drenagem deficitário, tendo em vista que a maior parte do ano o canal fluvial é intermitente.

Possui um mosaico de solos bastante diversificado, composto por Neossolos Litólicos, Luvisolos, Planossolos e Argissolos. A cobertura vegetal deste subsistema varia entre as unidades fitoecológicas, destaca-se o fato de uma área de aproximadamente 67,72 km² encontrar-se com solo exposto associado com vegetação rasteira, o que demanda uma grande preocupação frente aos processos de degradação ambiental e, conseqüentemente, aos processos de desertificação.

A agricultura é de subsistência, com milho e feijão nas pequenas propriedades e próximo aos recursos hídricos, a qual é materializada pelo uso da terra na forma da pecuária extensiva e pelo extrativismo vegetal. As principais classes identificadas no mapeamento foram: Agricultura e Pecuária; a presença de lavra de extração de areia, arenito, argila, calcário, conglomerado, granito e áreas requeridas para pesquisa em minério de ferro e minério de cobre.

É notória uma forte descaracterização da cobertura vegetal; sobrepastoreio; esgotamento dos solos, com o truncamento do horizonte superficial; diminuição da biodiversidade; carência de melhores técnicas de proteção dos solos às intempéries do clima e as formas de uso da terra; cultivo em áreas de preservação permanente; assoreamento dos cursos d'água; diminuição da carga hídrica; sítios urbanos sem planejamento; e acúmulo de resíduos sólidos em local inadequado. Algumas dessas características são retratadas nas figuras seguintes.

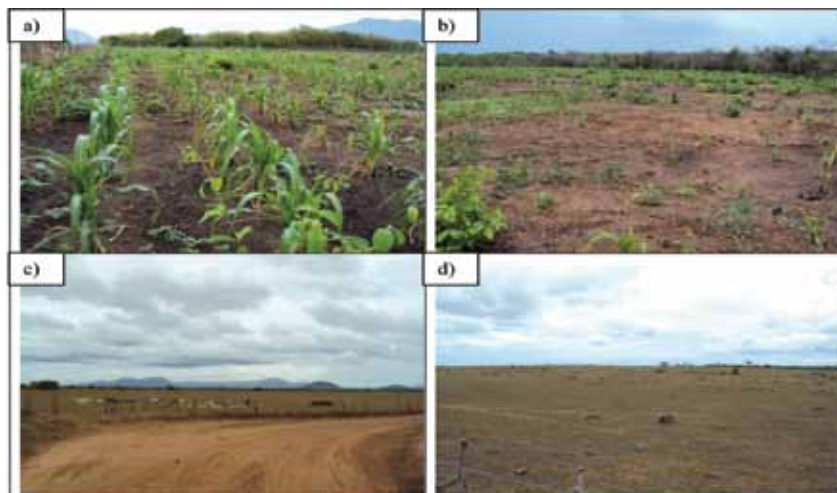


Figura 05 – Subsistema do sertão do Acaraú: a) agricultura é de subsistência; b) descaracterização da cobertura vegetal; c) uso da terra na forma da pecuária extensiva; d) solo expostos.

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Sistema Ambiental: Maciços Residuais / Subsistema: Cristas Residuais

Esse sistema ambiental apresenta área com superfície de declividade superior a 15° de declive e encontra-se inserida na depressão sertaneja da bacia, que varia, nesse compartimento, entre 200 e 700 metros (Figura 06), compreendendo uma área com 33,82 km². Do ponto de vista hidrológico, a drenagem é caracterizada como intermitente. Apresenta um mosaico de solos com grande variedade, resultantes da associação de Planossolos e Neossolos Litólicos, sendo comuns os solos rasos, afloramentos rochosos, chãos pedregosos e campos de inselbergs.



Figura 06 – Subsistema de cristas residuais: os solos rasos, afloramentos rochosos, chãos pedregosos e campos de inselbergs.

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Possui entre as suas principais unidades litoestratigráficas a Formação Frecheirinha, Suíte intrusiva - Subalcalina a alcalina Meruoca, Formação Parapuí, possuindo sua Morfoestrutura pertencente aos Escudos e Maciços Antigos. Dentre as principais modificações da paisagem, podemos observar a presença de lavra de extração de granito e áreas requeridas para pesquisa em minério de ferro e minério de cobre, bem como a extração da cobertura vegetal nativa em áreas de forte declive, que provocam e/ou potencializam o aumento dos processos erosivos e desmoronamento de blocos rochosos.

Sistema Ambiental: Maciços Residuais / Subsistema: Vertente Seca da Serra da Meruoca

O sistema ambiental Maciços Residuais (Figura 07) possui 110,05 km² de área e apresenta uma litologia composta, predominantemente, de Monzonitos, Granodioritos e Sienitos com predomínio da fácies equigranular; granulação média a grossa, presente na Suíte intrusiva - Subalcalina a alcalina Meruoca.



Figura 07 – Subsistema da Vertente Seca da Serra da Meruoca: forte descaracterização da cobertura vegetal original.

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Apresenta área com superfície com declividade superiores a 25° de declive, com altimetria variando entre 200 e 860 metros. A incidência do clima tropical quente semiárido de 7 a 8 meses secos nos setores Sul e Oeste é predominante. A rede de drenagem apresenta forte controle estrutural, com o desenvolvimento de uma forma subparalela.

Ocorrem os solos rasos do tipo Neossolos Litólicos Eutófrico e Luvisolos. A cobertura vegetal deste subsistema varia entre as unidades

fitoecológicas, possuindo 25% de Caatinga Arbustiva Aberta, 4% Caatinga Arbustiva Aberta Degradada, 8% de Mata Saca, 56% de Mata Seca Degradada, 3% de Mata Úmida e 3% de Solo Exposto.

Há a predominância de propriedades agrícolas de pequeno porte. Existem poucas propriedades sem uso e em grande parte praticam extrativismo. Nos maciços com solos mais espessos ocorre a prática de culturas temporárias, já em maciços com solos menos espessos somente o extrativismo. A base da produção é a subsistência para as culturas temporárias e de subsistência/comercial para as culturas permanentes. As culturas permanentes utilizam as áreas mais úmidas deste compartimento, sobretudo à barlavento. Há a presença de lavra de extração de granito e áreas requeridas para pesquisa em minério de ferro. As principais classes identificadas no mapeamento foram: Agricultura e Pecuária com 4,37 km²; Extrativismo e Pecuária com 27,24 km².

Dentre as principais modificações observadas nesse subsistema, podemos destacar a forte descaracterização da cobertura vegetal original; erosão em sulcos; perda do horizonte superficial do solo; diminuição da biodiversidade; exploração agrícola em áreas inadequadas e em desacordo com a legislação vigente; cultivo em áreas de preservação permanente; assoreamento das nascentes, rios e riachos; acúmulo de resíduos sólidos em local inadequado; sítios urbanos sem planejamento; poluição dos recursos hídricos; desmatamento e queimadas indiscriminadas.

Sistema Ambiental: Maciços Residuais / Subsistema: Vertente Úmida / Subúmida da Serra da Meruoca

Apresenta uma área representada por 35,84 km² dentro da bacia, composta principalmente por uma litologia de Monzonitos, Granodioritos e Sienitos com predomínio da fácies equigranular; granulação média a grossa, presente na Suíte intrusiva - Subalcalina a alcalina Meruoca.

Possui área com superfície de declividade superiores a 25° de declive, com altimetria variando entre 330 e 890 metros. O clima principal é o tropical quente semiárido, caracterizado, predominantemente, por 6 meses secos. A rede de drenagem apresenta forte controle estrutural, com o desenvolvimento de uma forma subparalela. Os solos rasos são do tipo Neossolos Litólicos. A cobertura vegetal deste subsistema varia entre as unidades fitoecológicas, possuindo 16,93 km² de Mata Seca Degradada e 15,05 km² de Mata Úmida.

Há a predominância de propriedades agrícolas de pequeno porte. Existem poucas propriedades sem uso e em grande parte praticam extrativismo. Nos maciços com solos mais espessos ocorre a prática de culturas temporárias e nos maciços com solos menos espessos somente o extrativismo. A base da produção é de subsistência para as culturas temporárias e de subsistência/comercial para as culturas permanentes. Destaca-se que as culturas permanentes utilizam as áreas mais úmidas.

É perceptível a descaracterização da cobertura vegetal, conforme pode ser visualizada na figura 08. Nessa perspectiva, é perceptível a erosão em sulcos; perda do horizonte superficial do solo, promovendo o surgimento e o deslizamento de blocos rochosos; diminuição da biodiversidade; exploração agrícola em áreas inadequadas; cultivo em áreas de preservação permanente; assoreamento das nascentes, rios e riachos; acúmulo de resíduos sólidos em local inadequado; poluição dos recursos hídricos; desmatamento e queimadas; e sobreutilização dos recursos naturais, sobretudo nas áreas vulneráveis do ponto de vista ambiental.

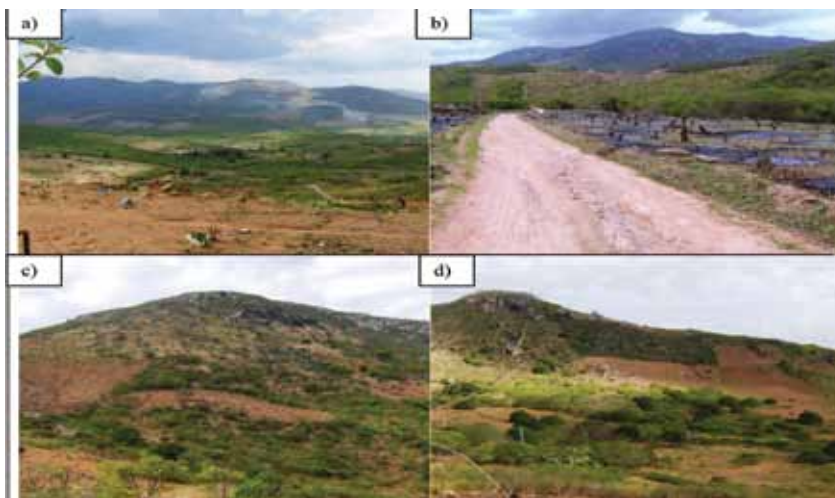


Figura 08 – **Subsistema da Vertente Úmida / Subúmida da Serra da Meruoca:** a) propriedades agrícolas de pequeno porte ; b) descaracterização da cobertura vegetal; c) erosão em sulcos e perda do horizonte superficial do solo; d) descaracterização da cobertura vegetal em áreas de declive superiores a 25°. Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Sistema Ambiental: Planalto Sedimentar da Ibiapaba / Subsistema: Planalto da Ibiapaba

Esse compartimento apresenta uma litologia composta, predominantemente, de Conglomerados e Arenitos, em parte feldspáticos, com intercalações de siltitos e folhelhos, pertencente ao Grupo Serra Grande. Engloba uma área de 22,66 km² inserido na bacia hidrográfica do Rio Jaibas.

Está localizada na área de maior altitude da bacia, que varia entre 900 e 950 metros. Possui terrenos planos com declividade inferiores a 5°. O clima principal é o tropical quente semiárido, com 6 meses secos, mas é bastante influenciada por chuvas orográficas. A cobertura vegetal deste subsistema varia entre as unidades fitoecológicas, possuindo 16,24 km² de Mata Úmida, 4,09 km² de Mata úmida Degradada e 2,29 km² de Caatinga Arbórea.

A base da produção é de subsistência para as culturas temporárias. Vale salientar que alguns setores desse subsistema ambiental foram requeridos para pesquisa em fosfato. Como reflexo paisagístico, nota-se, principalmente, a descaracterização da cobertura vegetal primária; extrativismo vegetal; diminuição da biodiversidade; cultivo em áreas de preservação permanente; e sobreutilização dos recursos naturais.

Sistema Ambiental: Planalto Sedimentar da Ibiapaba/ Subsistema: Escarpa de Ibiapaba

O subsistema Escarpa da Ibiapaba (Figura 09) compreende uma área de 136,36 km² da bacia e apresenta uma litologia composta de Conglomerados e Arenitos, em parte feldspáticos, com intercalações de siltitos e folhelhos, pertencente ao Grupo Serra Grande.



Figura 09 - Subsistema: Escarpa de Ibiapaba: apresenta declividades superiores a 27°, com altimetria variando entre 270m e 910m.

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Em virtude de suas particularidades geomorfológicas dentro da bacia hidrográfica do Rio Jaibas, esse subsistema apresenta declividades superiores a 27°, com altimetria variando entre 270m e 910m. Possui uma superfície bastante acidentada, resultante de processos erosivos diferenciais, onde a diferença de resistência das rochas origina relevo acidentado e de escarpa festonada. O clima principal é o tropical quente semiárido de 6 meses secos. Possui maior disponibilidade hídrica, bastante influenciada por chuvas orogênicas. A rede de drenagem apresenta grande capacidade energética, com competência de cavar vales em forma de “V”. Do ponto de vista pedológico, nota-se a presença, sobretudo, de Neossolos Litólicos e Argissolos. A cobertura vegetal é compreendida pela unidade fitoecológica de maior porte, representadas por Mata Úmida, Mata Seca e Caatinga Arbórea.

A base da produção é a subsistência para as culturas temporárias e de subsistência/comercial para as culturas permanentes. Existem áreas requeridas para pesquisa em fosfato em alguns setores. Ficou diagnosticada, principalmente, a descaracterização da cobertura vegetal primária; extrativismo vegetal com a consequente diminuição da biodiversidade; cultivo em áreas de preservação permanente; e sobreutilização dos recursos naturais.

Sistema Ambiental: Planalto Sedimentar da Ibiapaba
Subsistema: Depressão Periférica de Ibiapaba

Com uma área de 163,24 km² da bacia, o subsistema depressão periférica da Ibiapaba, possui uma superfície dissecada, resultante de processos erosivos diferenciais, onde a diferença de resistência das rochas origina relevo acidentado, possuindo declive variando entre 3° e 15° e com altimetria alterando entre 180 e 520 metros.

O clima preponderante é o tropical quente semiárido de 6 meses secos. A rede de drenagem apresenta grande capacidade energética com vales em forma de “V”, com o desenvolvimento de uma forma subparalela. Presença de Neossolos Litólicos e Argissolos. A cobertura vegetal é compreendida pelas seguintes unidades fitoecológicas, representadas por 87,20 km² de Caatinga Arbórea e 71,18 km² de Caatinga Arbustiva Aberta, conforme pode ser vista na figura 10.

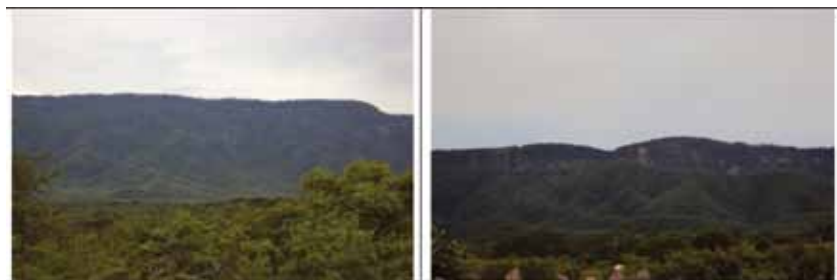


Figura 10 – Subsistema da depressão periférica de Ibiapaba: Agricultura de subsistência, com milho e feijão nas pequenas propriedades e próximo aos recursos hídricos. Fonte: Desenvolvido pelos autores.

O uso da terra se encontra materializado, principalmente, na forma da pecuária extensiva e da silvicultura. Ocorrência de sítios urbanos. Presença de indústrias de pequeno e grande porte. Agricultura de subsistência, com milho e feijão nas pequenas propriedades e próximo aos recursos hídricos. Pesca comercial e artesanal em açudes. Presença de lavra de extração de areia, arenito, argila, calcário, conglomerado e granito, bem como áreas requeridas para pesquisa em minério de ferro e minério de cobre.

Nota-se, portanto, a descaracterização da cobertura vegetal primária; o extrativismo vegetal e mineral descontrolado; diminuição da biodiversidade; sobrepastoreio; resíduos sólidos em local inadequado; assoreamento de rios e riachos; cultivo em áreas de preservação permanente; diminuição da carga hídrica; sítios urbanos não planejados; poluição dos recursos hídricos; e sobreutilização dos recursos naturais.

Conclusões e Recomendações

A bacia hidrográfica foi a unidade territorial escolhida para realizar esse diagnóstico geoambiental, tendo em vista a sua delimitação espacial como unidade de planejamento e gestão. Esse estudo se fundamentou nas bases teórico-metodológicas do método sistêmico e na análise geossistêmica, onde foi possível caracterizar os sistemas ambientais, identificando as interrelações dos seus componentes, na perspectiva de retratar as áreas mais vulneráveis diante dos processos de uso e ocupação da terra.

Nesse contexto, faz-se necessário compreender de forma integralizada os sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Jaibas, principalmente, pelo desdobramento da degradação ambiental diagnosticada em alguns setores, imbricada ao processo histórico de ocupação da bacia, fato notório e materializado nas diferentes paisagens sob influências dos agentes organizadores do espaço.

Dessa forma, as marcas do antropismo são identificadas por manifestações variadas nos mais diversos sistemas e subsistemas ambientais, nas quais se incluem, dentre muitas outras: o desmatamento indiscriminado das matas ciliares que revestem as planícies fluviais; o manejo inadequado dos solos e dos recursos hídricos, resultando na aceleração dos processos erosivos com o conseqüente adelgaçamento dos solos e a intensificação do assoreamento dos rios e açudes; olarias sem nenhum licenciamento às margens do rio, além do desaparecimento de fontes perenes e sazonais, com reflexos na conservação dos recursos naturais renováveis, sobretudo, dos solos e das vegetações.

Na tentativa de atenuar essa relação conflituosa entre sociedade e natureza, surge a necessidade da elaboração de propostas ao manejo dos recursos naturais para melhoria da qualidade ambiental, através da conscientização do consumo desses recursos e, além disto, o manejo correto dos mesmos, conforme as condições de potencialidades e de limitações de uso e ocupação das unidades de paisagem, com fins de deter e/ou recuperar as áreas vulneráveis ou degradadas, ou mesmo em decurso da degradação ambiental.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 8 de janeiro de 1997.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra.** Nº. 13. São Paulo: IGEOG – USP, 1969. p. 141 - 152.

GOMES, D. D. M. **Análise da Degradação da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras / Ce por Meio de Ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.** 2010. Monografia (Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza – CE.

GOMES, D. D. M. **Geoprocessamento Aplicado à Análise da Vulnerabilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras – Ceará.** 2011. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

GUERRA, Antônio José Teixeira & MARÇAL, Mônica dos Santos. Geomorfologia e unidade de paisagem. In. GUERRA, Antônio José Teixeira & MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do. CUNHA, Sandra Batista da. SOUZA, Marcos José de. CRUZ, Maria Lúcia Brito da. **Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação.** **Boletim Goiano de Geografia.** Goiânia - Goiás - Brasil. v. 28. n. 1. p. 41-62. 2008

ROCHA, Alessandra Bezerra da; BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove; SILVA, Paulo César Moura da; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera. **Mapeamento geomorfológico da bacia do Apodi-Mossoró - RN – NE do Brasil.** Fortaleza: Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo. SILVA, Edson Vicente da. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002

SOARES, Fátima Maria. **Unidades do relevo como proposta de classificação das paisagens da bacia do Rio Curú - Estado do Ceará.** São Paulo: Tese de Doutorado, Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 2001.

SOTCHAVA, V. A. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão, 16. São Paulo: IGEOG – USP, 1977. 51p.

SOUZA, M. J. N. LIMA, L.C, MORAES, J.O. de. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará.** Fortaleza: ed. Funece, 2000.

BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: REFLEXÕES SOBRE O ALTO CURSO DOS RIOS CATÚ E MAL COZINHADO NO MUNICÍPIO DE HORIZONTE, CEARÁ/BRASIL.

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque¹

Marcos José Nogueira de Souza²

Introdução

Em virtude do significativo processo de urbanização que tem ocorrido com maior intensidade desde o final do século XX até início do século XXI, tem-se constatado que a população mundial está se concentrando cada vez mais nas áreas urbanas, sobretudo nos países emergentes dentro do contexto capitalista, como é o caso específico do Brasil. Atualmente, mais de 80% da população vive em áreas urbanas nas grandes, médias e pequenas cidades brasileiras.

Neste contexto, encontra-se o embate complexo e contraditório presente na relação sociedade e natureza, tendo em vista que as cidades surgiram, primordialmente, desde as civilizações mais antigas até as atuais, às margens dos rios, pois a água é de fundamental importância para a manutenção da vida e por terem essas áreas melhores potencialidades naturais para atrair e impulsionar a fixação da população.

A esse respeito, expande-se, concomitantemente, o processo de urbanização acelerado e desordenado para além da capacidade de suporte dos sistemas ambientais, seccionados, na compreensão da presente análise, pelos sistemas fluviais, potencializando sérios problemas socioambientais urbanos que vão desde a degradação, poluição e/ou contaminação dos cursos d'água até a canalização e remodelação do canal de drenagem, influenciando, dessa forma, maiores vulnerabilidades e riscos socioambientais.

Vale salientar que o aumento das vulnerabilidades e riscos ambientais estão

¹ Geógrafo e Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE.

² Prof. Dr. do Departamento de Geografia e do ProPGeo/UECE.

ligados diretamente ao crescimento demográfico, à concentração urbana e à densidade populacional, como é facilmente verificado nos grandes centros urbanos, fruto das políticas desenvolvimentistas de alocação de investimentos em algumas cidades em detrimento de outras.

Diante dessa realidade, as bacias hidrográficas urbanas, materializadas nos córregos, riachos, rios, lagoas e açudes, estão cada vez mais sendo deterioradas pelas ações antrópicas, tendo em vista a visão dicotômica da relação sociedade e natureza que separa os condicionantes naturais dos condicionantes humanos. Nesse viés contraditório, a água é um componente fundamental para a manutenção da vida e, ao mesmo tempo, espaço/*locus* destinado à poluição e/ou contaminação.

Nessa perspectiva, esse estudo propõe-se a uma reflexão e análise integrada acerca da problemática socioambiental diagnosticada em bacias hidrográficas urbanas, destacando, notadamente, os reais impactos nos sistemas naturais presentes no alto curso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado, frente ao significativo crescimento urbano vivenciado nas últimas décadas no Município de Horizonte, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF. Esse crescimento demográfico expressivo é fruto da política desenvolvimentista posta em prática no Estado do Ceará através do vetor industrial, que tem seu desenvolvimento, sobretudo, no espaço metropolitano de Fortaleza.

Sendo a natureza um todo interligado, destaca-se que as nascentes e, conseqüentemente, o alto curso dos rios Catú e Mal Cozinhado encontram-se inseridos no perímetro urbano de Horizonte, percebendo-se, *a priori*, um intenso processo de uso e ocupação que influencia, diretamente, na paisagem e na dinâmica fluvial, repercutindo em toda a bacia hidrográfica. Além disso, são notórias as vulnerabilidades ambientais presentes nesses ambientes, como: a supressão das matas ciliares; o lançamento de efluentes, *in natura*, residenciais e industriais; o assoreamento; o uso múltiplo e indiscriminado da água, através da construção de barramentos; a canalização do canal fluvial que tem contribuído para o comprometimento da qualidade hídrica (ALBUQUERQUE *et. al.*, 2011).

O conhecimento integrado, sob uma perspectiva do desenvolvimento econômico e social, e a preocupação com a conservação, preservação e recuperação dos sistemas ambientais, são importantes desafios inerentes ao mencionado objeto de estudo, cujas características físico-naturais e histórico-econômicas têm se materializado de maneira extremamente complicada e desafiante, no sentido de encontrar alternativas pertinentes e efetivas que possam fornecer subsídios na compreensão da dinâmica do meio físico urbano da cidade.

Devido à necessidade da abordagem sistematizada e integralizada dos fatores humanos e naturais, tendo a visão sistêmica baseada na tríade GTP (Geossistema-Território-Paisagem), como método para delinear as discussões que se sucederão no decorrer do texto. O presente estudo tem fundamentação teórica em autores como Bertrand (1969), Sotchava (1977), Tricart (1977), Souza (2000), Almeida (2006), Bertrand e Bertrand (2007), Botelho (2011), entre outros.

Dessa forma, busca-se também fazer uma discussão à respeito da legislação ambiental pertinente, com destaque para o Código Florestal Brasileiro, a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a Política Estadual de Recursos Hídricos – PERH, bem como a Lei Orgânica, o Código de Obras e Posturas, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU do Município de Horizonte, na perspectiva de compreender até que ponto a base legal respalda e/ou tipifica como crime ambiental as políticas de ordenamento e de planejamento implementadas na área que compreende o alto curso das bacias hidrográficas em questão, tendo o limite territorial administrativo como recorte do objeto de estudo.

Localização e Contextualização da Área de Estudo

O Município de Horizonte está localizado na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, possuindo uma extensão territorial de aproximadamente 160,77 km² e dista 40 km da capital do Ceará. O acesso é feito pela BR-116 (Rodovia Federal Santos Dumont). Tem como limites: ao Norte, Aquiraz e Itaitinga; ao Sul, Pacajus; Leste, Cascavel e a Oeste, Itaitinga e Guaiúba.

Suas coordenadas geográficas estão compreendidas entre 4° 05' 09" de Latitude Sul e 38° 39' 05" de Longitude Oeste.

Em virtude de ser a natureza e, conseqüentemente, a bacia hidrográfica um todo integralizado, destaca-se que as nascentes dos rios Catú e Mal Cozinhado encontram-se inseridas no perímetro urbano de Horizonte (Figuras 01 e 02), no qual, percebe-se, *a priori*, um intenso processo de uso e ocupação que influencia diretamente na paisagem e na dinâmica fluvial, repercutindo em toda a bacia hidrográfica. Vale salientar que esses rios fazem parte do conjunto de bacias hidrográficas que compõem, de acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, a Bacia Metropolitana.

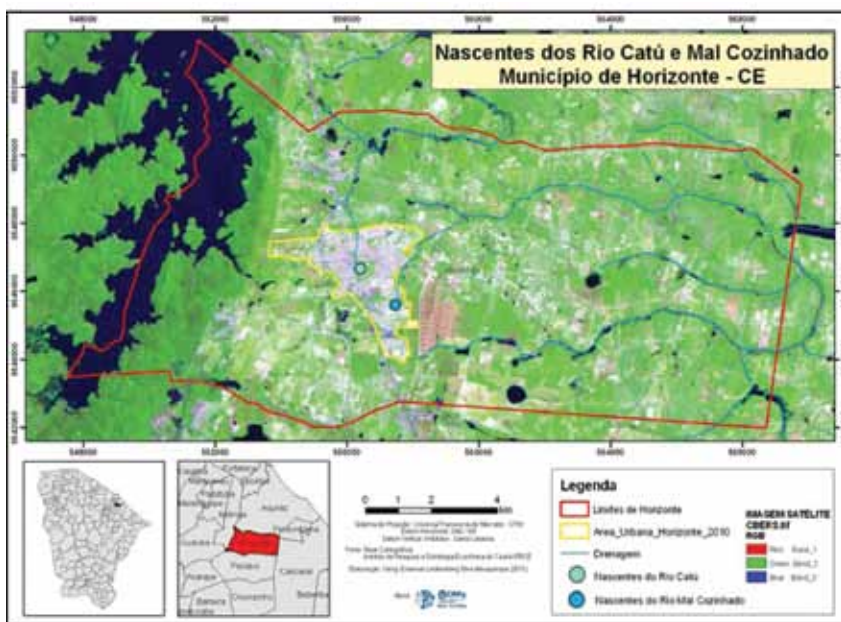


Figura 01: Localização das Nascentes dos rios Catú e Mal Cozinhado.

A nascente do Rio Catú (Figura 03) situa-se no perímetro urbano, bairro Centro, do Município de Horizonte e escoar por cerca de 30 km até desaguar no Distrito de Prainha, no Município de Aquiraz, dando origem a um sistema estuarino sazonal, conforme a abertura ou não da sua desembocadura pela competência do rio, tendo em vista que seu tipo

de drenagem é do tipo intermitente sazonal. Essa bacia hidrográfica drena uma área aproximada de 161 km² em sedimentos da Formação Barreiras. Seu principal barramento artificial é o açude Catú/Cinzenta, em Aquiraz.

A nascente do Rio Mal Cozinhado (Figura 04) encontra-se situada também no perímetro urbano de Horizonte, no Bairro Planalto Horizonte, local onde está instalado o Parque Industrial do município. Possui uma extensão de aproximadamente 32,75 quilômetros em percurso desde a nascente até chegar ao estuário e drena uma área total de aproximadamente 380 km² na Formação Barreiras, fluindo pelos Municípios de Horizonte, Pindoretama e Cascavel, onde deságua na localidade de Águas Belas no município de Cascavel. Destaca-se nessa bacia o açude Mal Cozinhado, no Município de Cascavel, que faz parte do Complexo Hídrico que abastece esse município, que recentemente passou a compor a RMF. Vale frisar que os mencionados açudes são gerenciados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH.



Figura 02: Localização das Bacias Hidrográficas Costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado.



Figuras 03 e 04: Nascentes dos rios Catú e Mal Cozinhado no Município de Horizonte – CE.

Fonte: ALBUQUERQUE, 2010.

Na perspectiva geológica, nota-se que Horizonte está localizado em área predominantemente composta pelo domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos constituídos pelas exposições Terciário-Quartenários da Formação Barreiras. O relevo é composto predominantemente pelos Tabuleiros Pré-Litorâneos e, na parte Ocidental, pela Depressão Sertaneja (SOUZA, 2005).

O Município de Horizonte possui clima Tropical Quente Subúmido e Tropical Quente Semiárido Brando, em virtude de sua localização próxima à zona litorânea. Seu quadro pluviométrico concentra-se principalmente nos meses de janeiro a maio, com temperatura média anual variando entre 26°C a 28°C, tendo pluviosidade média de 780,7mm, com condições favoráveis para o desenvolvimento de lavouras diversas (CEARÁ, 1998).

Os recursos hídricos são abundantes, tendo em vista a sua constituição litológica, composta principalmente por sedimentos arenosos e areno-argilosos com boa permoporosidade, fator essencial que possibilita a recarga do lençol freático do Aquífero Sedimentar da Formação Barreiras. É um dos mais importantes aquíferos em potencialidades e uso do Estado do Ceará e, excepcionalmente, de Horizonte, com destaque para as áreas de ressurgências que dão origem às nascentes dos rios Catú e Mal Cozinhado. Destaca-se que os sedimentos da Formação Barreiras integram um sistema aquífero livre, com águas pouco profundas (SOUZA, *op.cit.*).

Quanto ao potencial hídrico do município, Horizonte encontra-se

inserido, em parte, nas bacias hidrográficas dos rios Pacoti, Catú e Mal Cozinhado, sendo o alto curso dos dois últimos rios o objeto desse estudo, além das Lagoas da Canaveira, Ipu, Gameleira, da Timbaúba, de Fora e outros pequenos mananciais. Conta ainda com os açudes das Queimadas, Preaoca, dos Tanques, dos Albanos e entre outros pequenos reservatórios que se desenvolveram nos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro (ALBUQUERQUE, *et.al.*, 2011)

No que concerne aos tipos de solos, associam-se os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Neossolos Quartzarênicos Distróficos. A vegetação é de tabuleiro, que integra parte do Complexo Vegetacional da Zona Litorânea. A Caatinga reveste a depressão sertaneja, com eventuais manchas de cerrado nas superfícies pré-litorâneas (SOUZA, *et. al.*, 2000).

Vale salientar que o Município de Horizonte é politicamente recente, possuindo apenas 24 anos de emancipação e teve sua história ligada ao Município de Pacajus, uma vez que era distrito deste município. A primeira denominação do distrito foi Olho D'Água do Venâncio, fazendo referência às inúmeras fontes naturais existentes na região (com destaque para as nascentes dos citados rios) e que ficava na propriedade de Venâncio Raimundo de Sousa, um dos primeiros moradores desse lugarejo.

Abordagens Teórico-Metodológicas

Diante das mais complexas relações existentes no espaço geográfico global e, particularmente, no Município de Horizonte, os pressupostos teórico-metodológicos a serem utilizados nesse estudo partem dos princípios da abordagem sistêmica e da visão holística, tendo em vista que tais orientações são importantes premissas na concepção do espaço geográfico, por proporcionarem a realização de estudos integrados que objetivam a compreensão da dinâmica e dos processos que modelam o ambiente geográfico.

Nessa perspectiva, os estudos integrados vêm ao longo do tempo se estabelecendo como umas das formas mais completas (ou que se aproxima dessa) para o estudo das complexas relações inerentes à sociedade e natureza, fazendo com que a metodologia sistêmica torne-se um dos principais instrumentos de interpretação da dinâmica da paisagem e de

sua relação com a ação humana, com destaque para a sua aplicabilidade em bacias hidrográficas urbanas, como é o caso em questão. Vale salientar que, dentre os recursos naturais, a água é um dos recursos mais ameaçados do planeta, tendo em vista as intensas agressões que são causadas aos ecossistemas aquáticos, sobretudo, nas áreas urbanas.

Desta forma, a fundamentação teórica desse trabalho encontra-se no estudo das dimensões sociais e ambientais urbanas, constituindo numa temática de grande relevância para compreender o desenvolvimento da configuração espacial no cenário atual, trabalhando na perspectiva de Bertrand (1972), Sotchava (1976), Tricart (1977), Souza (2000), Almeida (2006), entre outros, e pelo viés conceitual do modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem) proposto por Bertrand e Bertrand (2007) e esquematizado na figura 05. Busca-se trabalhar de maneira integrada o estudo da paisagem a partir dos princípios da identificação e da análise das fundamentais feições paisagísticas, levando em consideração as formas de uso, ocupação e os impactos ambientais existentes nas mais diversas paisagens que compõem o espaço geográfico.

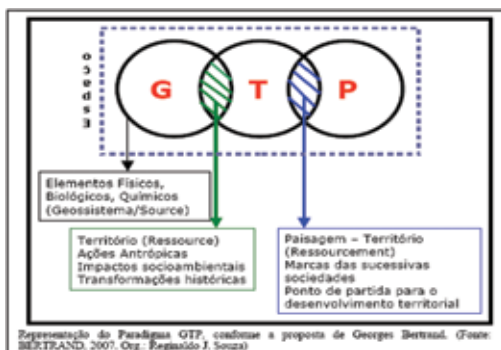


Figura 05: **Representação do Sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem).** Fonte: SOUZA e PASSOS (2008).

Para Bertrand e Bertrand (2007), o sistema GTP (Geossistema-fonte/Território-recurso/Paisagem-identidade) é,

[...] uma tentativa, de ordem geográfica, para matizar, ao mesmo tempo, a globalidade, a diversidade e a interatividade de todo sistema ambiental. Ele não é um fim em si mesmo. É apenas uma ferramenta. É apenas uma etapa. O sistema GTP não substitui

nada. Sua função essencial é de relançar a pesquisa ambiental sobre bases multidimensionais, no tempo e no espaço, quer seja no quadro de disciplinas ou mesmo em formas de construção da interdisciplinaridade. Sua vocação primeira é favorecer uma reflexão epistemológica e conceitual e, na medida do possível, desencadear proposições metodológicas concretas. (BERTRAND e BERTRAND, 2007, p. 272).

Vale salientar que essa metodologia é um dos principais instrumentos de interpretação da estrutura e da dinâmica que se estabelecem na paisagem e nas inter-relações intrínsecas entre seus componentes e processos, baseando-se no estudo integrado das complexas e contraditórias relações existentes entre a Sociedade e a Natureza, que são materializados no Geossistema, no Território e, conseqüentemente, na Paisagem.

Diante da égide abordada pelo sistema GTP no espaço geográfico, percebe-se que esse método é um avanço significativo do método geossistêmico, tendo em vista que o mesmo corrobora o viés da construção sistêmica, mas avança nas reflexões da complexidade do ambiente geográfico a partir das diversidades e interatividades que há na relação sociedade e natureza. O geossistema é um conceito naturalista, que permite analisar a estrutura e o funcionamento biofísico de um espaço geográfico tal como ele funciona atualmente, ou seja, com seu grau de antropização; o território permite analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado; e a paisagem representa a dimensão sociocultural deste mesmo conjunto geográfico (BERTRAND e BERTRAND, *op.cit.*).

Tricart (1977) trabalha na perspectiva do tratamento do meio ambiente de maneira integrativa, salientando as relações entre sociedade e natureza, introduzindo uma avaliação dos ambientes sob a ótica dinâmica que leva em conta a intensidade dos processos atuais. Este autor propôs a Ecodinâmica para determinar as condições de estabilidade e instabilidade do ambiente, considerando os componentes morfopedogênicos e estabelecendo, em função desses componentes, a classificação dos meios ecodinâmicos, (meios estáveis, meios intergrades ou de transição, e meios fortemente instáveis).

Nesse sentido, destaca-se que os geossistemas são sistemas naturais, onde o homem atua e estabelece diversas relações que influem nas variáveis sócio-ambientais. Leva em consideração o crescimento urbano, da infraestrutura básica, da expansão ocupacional em direção às áreas consideradas instáveis do ponto ambiental, no caso específico do alto curso dos rios Catú e Mal Cozinhado, e entre outras variáveis, devido às características físico-naturais que lhes são peculiares e pertinentes, principalmente, no que estão relacionadas às restrições de uso e ocupação do solo (SOUZA *et. al.*, 2000).

Por ser a bacia hidrográfica um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, onde a quantidade e a qualidade que é drenada nesse rio refletem diretamente nas características físicas e sociais do uso e ocupação da terra, apresentando peculiaridades que as individualizam e tornando-as de fundamental importância para o entendimento de sua hidrogeodinâmica.

É necessário considerar que o conceito de bacia hidrográfica deve incluir também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo sua área de influência, formando uma unidade natural indissociável e interatuante que pode facilitar o ordenamento territorial/ambiental e contribuir para um melhor aproveitamento de sua capacidade de suporte diante dos mais diversos cenários (NASCIMENTO, 2006).

Dessa forma, as bacias hidrográficas, de maneira generalizada, devem ser estudadas não só do ponto de vista de sua rede de drenagem, mas sim de forma totalizante, conforme sua complexidade fisiográfica, socioeconômica e cultural. Essa totalidade e inter-relação das variáveis faz-se mais pertinente nas bacias hidrográficas urbanas, como destaca Botelho (2011), pois,

[...] Nas áreas urbanas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação de rios, entre outros, que acabam por reduzir drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas, que atingem seu exutório mais rapidamente e de forma mais concentrada, gerando o aumento da magnitude e da frequência das enchentes nessa áreas [...]. (BOTELHO, 2011, p. 72).

O processo de crescimento urbano do Município de Horizonte remete a uma reflexão bastante significativa e inter-relacionada a outras vulnerabilidades socioambientais, dentre as quais a contaminação dos recursos hídricos, haja vista as transformações da paisagem natural para uma paisagem antropogênica. Para Sotchava (1977), as ditas paisagens antropogênicas nada mais são do que estados variáveis de primitivos geossistemas naturais, podendo ser referidos à esfera de estudo do problema da dinâmica da paisagem, ou seja, tudo está interligado e em movimento na natureza.

Nesse sentido, a ciência e a tecnologia com seus saltos quali-quantitativos intensificaram a exploração aos recursos naturais devido à necessidade/ ambição humana (por matéria e energia) oriunda da natureza. Santos (1997) qualifica essa natureza denominando-a de natureza artificial, ou tecnicada, ou ainda, natureza instrumental. Isto porque a técnica no seu estágio atual permite a intervenção, não só nas formas, como nos processos naturais. Nessa perspectiva, a demanda socioeconômica desses bens ocasiona expressivos problemas ambientais, uma vez que a grande parte da humanidade tem uma relação exploratória e degradante com os recursos naturais, com destaque para os recursos hídricos.

Vale destacar, em síntese, que a ciência geográfica propõe-se a estudar a relação sociedade-natureza a partir das transformações que ocorrem no espaço como resultado mútuo dessas inter-relações e, assim, ajudar na elaboração de práticas e instrumentos que auxiliem na busca de um modelo de desenvolvimento que agregue condições de sustentabilidade. Destarte,

[...] a problemática ambiental é inseparável da problemática social, concebendo-se o meio ambiente como um sistema integral que engloba elementos físico-bióticos e sociais. Assim sendo, a apreensão de uma dada questão ambiental dar-se-á apenas quando recuperadas as dinâmicas dos processos sociais e ecológicos, atribuindo igual ênfase à história da sociedade e da natureza, ou seja, à naturalização da cultura e à culturalização da natureza. (IBGE, 1993, p. 9).

Nesse contexto, trabalhar na perspectiva sistêmica, onde o principal subsídio consiste nos estudos ambientais e na integração dos fatores

naturais e dos fatores socioeconômicos, possibilitando proteção e utilização racional dos recursos naturais, destaca-se a difusão de métodos e técnicas adequadas de manejo do ambiente. Propõe-se o uso pleno e harmônico dos sistemas ambientais, assegurando sua importância no planejamento e no desenvolvimento socioeconômico do Município de Horizonte, sobretudo, no alto curso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado.

Nesse viés conceitual, concorda-se com as ideias de Milaré (2000), que compatibilizar meio ambiente e desenvolvimento significam considerar os problemas ambientais dentro de um processo contínuo de planejamento, atendendo-se adequadamente às exigências de ambos e observando-se as suas inter-relações particulares em cada contexto sociocultural, político, econômico, ecológico e dentro de uma dimensão tempo/espaço.

Medeiros (2008) destaca que o planejamento urbano deve ser norteado através de um conjunto de decisões baseadas em características sócio-ambientais, necessidades da sociedade e nos fatores operacionais de cada região, e as ações municipais devem ser orientadas para as necessidades das comunidades e compatíveis com a realidade dos municípios. Para tanto, torna-se necessário conhecê-los segundo as suas potencialidades físicas, sociais e econômicas, principalmente em virtude dos diferentes cenários existentes.

Para corroborar esse viés de estudo, de acordo com Santos (2004), a organização do espaço sempre foi uma das prioridades para as pessoas que se propõem a viver em grupos sob objetivos e normas comuns. A manutenção da qualidade hídrica e a solução dos conflitos são importantes premissas para a definição dos procedimentos de planejamento, onde o ordenamento territorial por meio do zoneamento e o estabelecimento de programas de ação na forma de normas ambientais são partes essenciais para um bom projeto que foque as problemáticas socioambientais em bacias hidrográficas urbanas.

Dessa forma, o levantamento bibliográfico preliminar permitiu constatar-se a verdadeira realidade para o objeto de estudo em questão, devido aos

excelentes trabalhos que já foram elaborados envolvendo o Município de Horizonte, destacando-se Sousa (2007), Pinheiro Neto (2000), Albuquerque *et al.* (2011) entre outros. Destaca-se que esse estudo não se limitou somente aos resultados colhidos, mas sim a uma reflexão mais aprofundada das questões relacionadas ao ordenamento territorial diante de suas vulnerabilidades, ou seja, de acordo com suas potencialidades e limitações presentes nos sistemas ambientais, buscando a integração, sob a concepção sistêmica, dos aspectos naturais e socioeconômicos.

Bacias Hidrográficas Urbanas: cenários tendenciais para o alto curso das bacias costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado.

Como estamos inseridos em um sistema cujo modo de produção é capitalista, o ser humano, muitas vezes, age de maneira individual seguindo os seus próprios interesses, não fortalecendo os laços coletivos inerentes ao convívio harmônico da relação sociedade e natureza, prejudicando consideravelmente a preservação e/ou conservação dos recursos ambientais frente ao crescimento avassalador do espaço urbano de algumas cidades.

Nesse contexto, a atração das primeiras grandes indústrias, vindas principalmente do Sul e Sudeste do Brasil, foram favorecidas pelas vantagens de localização, de infraestrutura e pelos incentivos fiscais, proporcionados pelo Município, pelo Estado e pela União. Nesse contexto, encontra-se relacionado o crescimento expressivo da população que veio em busca de melhores condições de vida.

Vale salientar que além dessas características, devem ser analisadas as peculiaridades físicas e geográficas do município receptor desses incentivos, pois uma empresa de cervejaria, de têxtil, de pré-moldado, entre outras, não fazem seus empreendimentos onde há déficit de recursos hídricos. Daí a necessidade de englobar outras características, como as potencialidades dos sistemas ambientais para delinear o contexto da industrialização no Município de Horizonte.

Diante desse cenário, as intensas agressões que são causadas principalmente aos corpos hídricos urbanos resultam em prejuízos ambientais em todo o perímetro da bacia hidrográfica, como podem ser diagnosticadas, no caso

em questão, no alto curso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado, tendo em vista que essa compreensão dá-se a partir de uma visão integralizada de todos os componentes que interagem no espaço geográfico.

Devido a essa complexidade, nota-se, principalmente, que a dinâmica industrial é a força mantenedora da dinâmica espacial da economia e da sociedade no Município de Horizonte, gerando, muitas vezes, desequilíbrios na organização territorial. Por terem esses fatores papel de grande relevância para o desenvolvimento da economia, são necessários que sejam analisadas as prerrogativas do processo migratório e industrial, para que as condições de vida da população não sejam deixadas em segundo plano e que o processo de urbanização não ultrapasse o que garante a legislação vigente a respeito das questões ambientais relacionadas à gestão e gerenciamento dos recursos hídricos frente a esse cenário degradacional.

Vale mencionar que nos últimos 24 anos, o Município de Horizonte teve um acréscimo significativo em sua população em decorrência, principalmente, dos fluxos migratórios provenientes do interior cearense. Esse crescimento acentuado ocorreu, efetivamente, devido à atração proporcionada pela transformação desse município em Pólo Industrial e em virtude da política de industrialização do Governo estadual, posta em prática com maior eficiência a partir da década de 1990.

Atualmente, Horizonte tem a sua economia consolidada em torno do setor industrial, destacando-se em âmbito nacional nos setores têxtil e calçadista. O Distrito Industrial (Figura 06) de Horizonte é composto atualmente por aproximadamente 34 (trinta e quatro) médios e grandes empreendimentos. Os representantes principais são as empresas como a Vulcabras/Azaléia S/A; Santana Textiles S/A; Troller/Ford Veículos Especiais S/A, Refrigerantes Big Gyn e a empresa de cervejaria do Grupo Schincariol.



Figura 06: **Distrito Industrial do Município de Horizonte – CE.**

Diante dessa realidade, avaliando a taxa geométrica de crescimento populacional do município nas últimas décadas (1991-2000) e (2000-2010), conforme a Tabela 01, constata-se um crescimento da ordem de 7,06% e de 5,02%, respectivamente, sendo a maior taxa de crescimento populacional entre os 184 municípios cearenses e bem superior à registrada para o Estado do Ceará, que foi de 1,29%.

Ano	População				
	Total	Urbana		Rural	
		Nº.	%	Nº.	%
1991	18.283	10.786	58,99	7.497	41,01
1996	25.378	15.051	59,30	10.327	40,70
2000	33.790	28.122	83,23	5.668	16,77
2007	48.660	42.457	87,25	6.203	12,75
2010	55.154	51.016	92,49	4.138	7,51

Tabela 01: **Evolução da população de Horizonte: 1991-2010.**

Fonte: IBGE/IPECE.

Dessa forma, a população do Horizonte vem crescendo notadamente na área urbana, uma vez que a taxa de crescimento populacional foi igual a 11,24% no ano 2000 e 6,14% no ano de 2010, ao passo que a taxa de crescimento geométrica da população rural alcança a marca de -3,10%. Este valor negativo evidencia a migração da população rural do município para as áreas urbanas, fruto do processo de industrialização que vem sendo potencializado.

No que concerne aos dados quali-quantitativos calculados para Horizonte (Tabela 01), percebe-se que a taxa de urbanização (% de população urbana) vem crescendo a cada período analisado, variando de 58,99% em 1991 para 83,23% no ano 2000, atingindo 87,25% em 2007 e totalizando 92,49% no ano de 2010. Ou seja, em termos proporcionais, foi também o município do Estado que teve as taxas mais elevadas de crescimento populacional urbano nas últimas décadas.

Desta forma, percebe-se que o dinamismo demográfico do município, expresso por taxas elevadas, especialmente, no perímetro urbano, representa um grande desafio quanto à preservação/conservação ambiental e, conseqüentemente, quanto à qualidade de vida da população, sobretudo nas áreas que compreendem os altos cursos das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado. Isso em vista uma maior pressão antrópica sobre os sistemas ambientais, o que proporciona ampla discussão e reflexão sobre a dinâmica ambiental e as diferentes formas de uso, ocupação e apropriação desses espaços.

Esse novo cenário que se materializa no espaço urbano traduz-se em um moderno e, muitas vezes, precário quadro estrutural e conjuntural cidadão, que gera uma nova paisagem a partir da inserção de novas dinâmicas que atuam sobre a quantidade e qualidade das águas que entram no sistema fluvial, sobretudo, pela inadequação do sistema de drenagem urbana e as especificidades do sistema hidrogeomorfológico local.

É fato que o crescimento horizontal e populacional das cidades tem sido em muitos casos inevitável, trazendo conseqüências que vão desde a má qualidade das moradias, geração de demanda por empregos e serviços

deficientes tais como água, saneamento, saúde, educação, comunicações, transporte e energia, até a agressão ao meio ambiente, através do desmatamento das matas ciliares, poluição dos rios e lagoas, dentre outras variáveis socioambientais de relevância local e global, como a ocupação das Áreas de Preservação Permanente – APP (Figuras 07 e 08).



Figuras 07 e 08: **Ocupação das APP's no Alto Curso dos rios Catú e Mal Cozinhado no Município de Horizonte – CE.**

Fonte: ALBUQUERQUE, 2010 e 2011.

Conforme destaca Botelho (2011), qualquer intervenção no curso d'água altera o equilíbrio dinâmico dos processos hidrológicos e geomorfológicos. Dessa forma, toda interferência humana no ambiente natural precisa ser muito bem analisada, pois seus benefícios, *a priori* almejados, podem não ser compensadores ou nem sequer alcançados, potencializando, assim, os problemas ambientais em toda a bacia hidrográfica.

Em virtude de ser a bacia hidrográfica um todo integralizado, busca-se, nessa perspectiva, a abordagem de alguns conceitos e concepções contemplados na Legislação. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997), a bacia hidrográfica é uma unidade territorial utilizada para a implementação e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo em vista que seu uso e ocupação refletem diretamente na quantidade e qualidade de suas águas, e estas, conseqüentemente, refletem diretamente nas características físicas e sociais do uso e ocupação da área.

Conforme o relatório divulgado pela Agência Nacional de Águas – ANA (BRASIL, 2011), denominado Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, a questão da poluição hídrica ainda é patente em todo o território nacional, tendo

em vista a precariedade e/ou inexistência dos sistemas de tratamento de esgoto na maioria das cidades brasileiras. De acordo com esse estudo, os principais problemas diagnosticados são causados por residências, empreendimentos imobiliários e por indústrias descomprometidas com as causas ambientais. Diagnosticou-se, no Município de Horizonte que somente 5,95% dos domicílios (IBGE/IPECE) possui sistema de esgotamento sanitário adequado. Vale salientar que no ano 2000 esse valor era de 0,14%, ou seja, em uma década o crescimento do sistema de esgotamento sanitário adequado foi de somente 5,81%.

Nesse sentido, são perceptíveis, nas mais diversas escalas de análise, os significativos abusos que são causados aos recursos hídricos pelas ações indevidas do homem, primordialmente, quando se trata da potabilidade da água em áreas densamente povoadas, ocasionando, conseqüentemente, problemas de escassez hídrica em áreas já vulneráveis do ponto de vista geoclimático. O relatório anteriormente citado, corrobora que a maior parte dos rios e bacias hidrográficas com problemas de oferta de água se encontra no Nordeste do Brasil.

Mesmo diante das precárias condições ambientais existentes nessas áreas, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU do Município de Horizonte (Lei nº. 308, de 21 de dezembro de 2000), aborda no Capítulo IV, Art. 12, § 1º, inciso XIX, o estabelecimento de medidas disciplinadoras do uso do solo, no sentido de conter o processo de degradação ambiental das áreas marginais dos rios Catú e Mal Cozinhado. Levando em consideração esse aparato Legal, ainda de acordo com a mesma lei no Capítulo IV, Art. 12, § 3º, inciso XIV, delineia-se a proposta de promover a recuperação das áreas de riscos geotécnicos e de poluição hídrica situadas nas bacias dos rios Catú e Mal Cozinhado, coibindo os usos inadequados, reflorestando e urbanizando o ambiente com melhoria paisagística (HORIZONTE, 2000).

Vale salientar que a Resolução nº 003/2002, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (CONERH) de 18 de dezembro de 2002, em conformidade com o Decreto Estadual nº 26.462/2001, estabelece a criação do Comitê das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CBH-RMF, incluindo a do Catú e do Mal Cozinhado, criado pelo Decreto nº 26.902, de 16 de Janeiro de 2003 e instalado em 30/09/2003 (CEARÁ, 2011).

Mesmo diante desse aparato Legal, nota-se que o crescimento desordenado do município e a quase inexistência de planejamento ambiental e territorial, vêm causando inúmeros problemas socioambientais no alto curso dos rios Catú

e Mal Cozinhado, ocasionando um processo significativo de reestruturação da paisagem. Trata-se de problemas como a erosão dos solos, fruto do desmatamento da vegetação ciliar, poluição, contaminação e assoreamento dos canais fluviais, conforme se constata nas figuras de 09 a 14.



Fig. 09: Efluentes residenciais e/ou industriais lançados *in natura* no Rio Catú.



Fig. 10: Desmatamento da vegetação ciliar e lavra ilegal de sedimentos no Rio Catú.



Fig. 11: Efluentes industriais lançados *in natura* num afluente do Rio Catú.



Fig. 12: Efluentes tinturais encontrados nas margens do rio Mal Cozinhado.



Fig. 13: Efluentes residenciais e/ou industriais lançados *in natura* no Rio Catú.



Fig. 14: Eutrofização na Lagoa do Zilto, integrante da bacia hidrográfica do Rio Catú.

Além dos pontos críticos existentes e perceptíveis no canal fluvial, são notórios outros descasos ambientais que se fazem presentes na área de estudo, como a existência, até hoje questionada, de um “aterro sanitário” localizado muito próximo ao Rio Mal Cozinhado. Outro questionamento

que vem à tona, é a terminologia utilizada para esse ambiente, tendo em vista que o aterro sanitário é composto por um conjunto de obras infraestruturais que mitigam ao máximo os impactos ambientais resultantes da deposição e tratamento dos resíduos sólidos, características essas muitas vezes não perceptíveis nesse local, como pode ser visto na figura 15.



Figura 15: Chorume escoando da trincheira no “Aterro Sanitário” do Município de Horizonte.

Fonte: ALBUQUERQUE, 2011.

Os problemas causados pelo lixo são inúmeros quando decorre do acúmulo e despejo inapropriado, gerando sérias agressões ao meio ambiente. O lixo produz o chorume, gerado a partir da decomposição da matéria orgânica existente nos resíduos. Sem receber um tratamento adequado, provoca contaminação das águas subterrâneas e superficiais, potencializadas pela permoporosidade dos terrenos localizados próximo aos terraços fluviais do Mal Cozinhado.

Nesta perspectiva, a compartimentação geoambiental e a ecodinâmica das paisagens constitui um importante delineador das condições organizacionais e das funcionalidades dos sistemas ambientais, com destaque para o alto curso das bacias hidrográficas em apreço, considerando, nesse contexto, suas características geoambientais e suas dinâmicas sócio-espaciais.

Com a verificação dos aspectos referentes às condições sócioeconômicas da população e suas relações com a unidade geoambiental, destacam-se os problemas ambientais configurados nesses ambientes a partir de sua capacidade de suporte, ou seja, diante de suas potencialidades e limitações, no sentido de elaborar diretrizes para uma gestão territorial efetiva no Município de Horizonte, frente aos mais diversos cenários tendenciais que se expõem no Quadro 01.

Quadro 01: Compartimentação Geoambiental e Ecodinâmica das Paisagens no Alto Curso das Bacias Hidrográficas Costeiras dos Rios Catú e Mal Cozinhado em Horizonte - CE

Unidade Geoambiental	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade de Suporte		Cenários
		Potencialidades	Limitações	
Tabuleiros Pré- Litorâneos	<p>Despejos de efluentes e resíduos sólidos em locais inapropriados;</p> <p>Riscos de poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;</p> <p>Expressiva expansão industrial e urbana;</p> <p>Precária e/ou inexistente política de ordenamento territorial;</p> <p>Comprometimento da recarga hídrica do Aquífero Barreiras em virtude da significativa impermeabilidade do solo urbano.</p>	<p>Expansão urbana e industrial;</p> <p>Águas subterrâneas;</p> <p>Materiais para a construção civil;</p> <p>Agroextrativismo;</p> <p>Instalação de infraestrutura básica.</p>	<p>Solo com baixa fertilidade natural;</p> <p>Escassez de recursos hídricos.</p>	<p>Perda da biodiversidade faunística e florística;</p> <p>Deficiência hídrica em virtude do intenso processo de impermeabilização do solo;</p> <p>Alagamentos mais frequentes na área urbanizada;</p> <p>Qualidade hídrica comprometida devido ao precário sistema de esgotamento sanitário;</p> <p>Aumento do número de casos de doenças causadas por veiculação hídrica;</p> <p>Eutrofização das lagoas urbanas.</p>
Planícies Fluviais	<p>Desmatamento da vegetação nas nascentes e nas áreas marginais;</p> <p>Degradação do leito e da planície fluvial, em dissonância com o que rege a Legislação Ambiental, fruto da extração mineral indiscriminada. encadeamento dos processos erosivos e, conseqüente assoreamento dos vales;</p> <p>Despejo de efluentes, resíduos sólidos e detritos no leito fluvial;</p> <p>Complexo cerâmico bem consolidado e desenvolvido;</p> <p>Excesso de barramentos.</p>	<p>Recursos hídricos;</p> <p>Agricultura irrigada;</p> <p>Pesca artesanal;</p> <p>Lazer.</p>	<p>Restrições legais de acordo com a Legislação Ambiental pertinente;</p> <p>Inundações periódicas;</p> <p>Drenagem intermitente;</p> <p>Processo de uso e ocupação humana nos terraços fluviais.</p>	<p>Degradação das matas ciliares;</p> <p>Erosão e assoreamento dos vales;</p> <p>Contaminação e poluição hídrica a partir de efluentes residenciais e industriais que são lançados in natura na calha fluvial;</p> <p>Eutrofização dos canais fluviais em alguns trechos;</p> <p>Inundações periódicas e deficiência hídrica;</p> <p>Aumento do número de casos de doenças causadas por veiculação hídrica.</p>

Fonte: Adaptado de SOUZA (2000).

Considerações Finais

Com esse estudo, pretende-se contribuir para a construção de uma base teórico-metodológica e prática, proporcionando uma reflexão e questionamento da atual situação do Município de Horizonte, no contexto do crescimento urbano frente às vulnerabilidades ambientais no alto curso das bacias hidrográficas costeiras dos rios Catú e Mal Cozinhado.

Espera-se que esse trabalho possa subsidiar as políticas públicas ambiental e social, a (re)elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU do município, bem como, a proposta de um zoneamento ecológico-econômico que leve em consideração a análise integrada da paisagem e dos componentes socioambientais do município, na perspectiva da tríade delineada no sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem), cuja abordagem remete a uma percepção direta e totalizante da realidade geográfica.

Vale salientar que os processos de urbanização e industrialização têm tido um papel fundamental nos impactos socioambientais ocorridos no município, destacando os efluentes gerados a partir do processo de consumo e de produção que são lançados *in natura* no meio ambiente e, particularmente, nas calhas fluviais dos rios Catú e Mal Cozinhado, potencializados pela transformação do município em um dos pólos industriais do Estado do Ceará.

Assim, na intenção de elaborar diagnósticos e prognósticos dos impactos socioambientais na área de estudo, considera-se a importância de aplicar o modelo teórico do GTP, tendo em vista a possibilidade de estabelecer relações na abordagem territorial, partindo dos princípios de sua aparência visível, de suas formas e de suas inter-relações presentes no espaço geográfico.

Nesta perspectiva, o planejamento urbano surge como um importante delineador das condições organizacionais e da funcionalidade dos ambientes, considerando sempre suas características geoambientais e sua dinâmica sócio-espacial. Com a verificação dos aspectos referentes às condições sócio-econômicas da população e suas relações com o ambiente

natural, busca-se diagnosticar as principais vulnerabilidades, limitações e potencialidades, no sentido de propor diretrizes para uma gestão mais efetiva dos planos de ordenamento territorial do município.

Com isso, almeja-se trabalhar e compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, assoviando as diversas variáveis ambientais e sociais, a partir da inter-relação entre Sociedade e Natureza, com destaque para o planejamento urbano do município frente aos processos de uso, de ocupação e de apropriação da natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro disponibilizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, proveniente da bolsa a nível de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia – ProPGeo da Universidade Estadual do Ceará – UECE. Vale salientar que esse artigo faz parte da pesquisa intitulada: **QUAIS OS HORIZONTES PARA O MUNICÍPIO DE HORIZONTE – CE? O contexto da análise geoambiental integrada como subsídio ao ordenamento territorial**. Nossos sinceros agradecimentos também ao Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, através da Gerência de Estatística, Geografia e Informação – GEGIN pelo apoio incondicional e efetivo ao desenvolvimento desse estudo, bem como pela possibilidade do aprendizado adquirido junto aos colaboradores dessa importante autarquia no Estado do Ceará.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, E.L.S.; MEDEIROS, C.N.; SOUZA, M.J.N. ANÁLISE GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE HORIZONTE, CEARÁ, BRASIL. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 14. (SBGFA). 2011. Dourados – MS. Anais... Dourados – MS: UFGD, 2011. ISSN: 2236-5311.

ALMEIDA, L. Q. de. Vulnerabilidade e Riscos Socioambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho – CE. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C; ZANELLA, M. E. Z; MEIRELES, A. J. de A. (orgs.). **Litoral e Sertão**, natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. N°. 13. São Paulo: IGEOG – USP, 1969. p. 141 - 152.

BERTRAND, Georges. BERTRAND, Claude. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Org.: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2007.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Lei n°. 4.771 de 15 de setembro de 1965.

_____. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Lei n°. 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

_____. Agência Nacional de Águas-ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos**. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/Downloads/2011/1%20%20RELAT%C3%93RIO%20E%20CONJUNTURA%20-%20INFORME/Conjuntura_2011.pdf. Acesso em: 03/08/2011.

BOTELHO, R. G. M. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. In: GUERRA, A. J. T (orgs.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CEARÁ, Governo do Estado do. **Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará**: Diagnóstico Geoambiental. v.1. Fortaleza: Convênio FCPC/Semace, 1998.

_____. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Comitê das Bacias Hidrográficas Metropolitanas**. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/gestao-participativa/comites-de-bacias/comite-das-bacias-hidrograficas-metropolitanas>. Acesso em: 02/08/2011.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Ed. Ática, 1993.

CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. *In*: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

FLORIANO, Eduardo Pagel. **Planejamento Ambiental**, Caderno Didático nº 6, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 2004. 54p.

HORIZONTE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano**. Lei nº. 308, de 21 de dezembro de 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia e Questão Ambiental**. FIBGE, 1993.

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de. **Sistema de informação geográfica (SIG) como Ferramenta de apoio à Gestão Pública: caso do município de Caucaia – CE**. Fortaleza: IPECE – Texto para Discussão nº. 52, 2008.

MILARÉ, Édís. **Direito do Ambiente**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

NASCIMENTO, F. R. **DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO**: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará. NITERÓI – Rio de Janeiro: Tese de Doutorado. PPGEO-UFF, 2006

PEREIRA JÚNIOR, Edílson A. **Industrialização e Reestruturação do Espaço Metropolitano**. Fortaleza: Eduece, 2005.

PINHEIRO, Lidriana de Souza. **Riscos e Gestão Ambiental no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel- Ceará**. Recife. UFPE, 2003. Tese, Escola de Engenharia de Pernambuco.

PINHEIRO NETO, Edimilson. **Horizonte - processo de industrialização e movimento migratório**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza, 2000.

GUERRA, Antonio José Teixeira. MARÇAL, Mônica dos Santos.

Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental Teoria e Prática.** São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2004.

SOTCHAVA, V. A. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão, 16. São Paulo: IGEOG – USP, 1977. 51p.

SOUSA, Manuel Alves de. **Horizonte – História e vida.** Horizonte: Edjovem, 2007.

SOUZA, M. J. N. LIMA, L.C, MORAES, J.O. de: **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará.** Fortaleza: ed. Funece, 2000.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Geoambiental do Ceará. *In:* SILVA, José Borzacchiello da; *et. al.* (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 127-140.

SOUZA, R. J; PASSOS, M. M. Algumas Reflexões obre o Território enquanto condição para a existência da Paisagem. *In:* I Simpósio sobre Pequenas Cidades e Desenvolvimento Local e XVII Semana de Geografia. 2008. Anais...Maringá – PR: UEM, 2008. Disponível em: http://www.dge.uem.br/semana/cixo7/trabalho_46.pdf. Acesso em: 03/08/2011.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 91p.

POTENCIALIDADES DE APROVEITAMENTO HÍDRICO NO ALTO CURSO DA BACIA DO RIO SÃO GONÇALO-CE

Ícaro de Paiva Oliveira ¹

Iaponan Cardins de Sousa Almeida ²

Dr. Marcos José Nogueira de Souza ³

Introdução

A interlocução entre estudos técnico-científicos e gestão participativa, vêm se mostrando como uma das estratégias mais bem sucedidas no planejamento de uso racional dos recursos ambientais. Com ênfase nas possibilidades de aproveitamento a partir dos recursos hídricos nas pesquisas sobre os diferentes ambientes de uma bacia hidrográfica que podem contribuir significativamente para as possibilidades de adequação das atividades produtivas às características locais.

O foco de análise desse capítulo compreende o alto curso da bacia do Rio São Gonçalo, sendo esta, uma das 16 sub bacias que compõem a Bacia Metropolitana de Fortaleza, definida pela política estadual de recursos hídricos. Todas elas possuem como problema comum a forte pressão antrópica sobre seus recursos, aumentando significativamente os níveis de degradação e diminuindo a qualidade de vida das populações que dependem da disponibilidade hídrica daquele trecho.

O trabalho teve como objetivo analisar o potencial hidroclimático da área visando o seu aproveitamento sustentável com base nas características geoambientais. Para isso, foram analisadas as características ambientais com ênfase nos dados pluviométricos cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia do Ceará – FUNCEME. Utilizam-se os softwares hidrocél e celina para o tratamento dos dados de precipitação e temperatura, num recorte temporal de 10 anos. Os dados geocartográficos foram trabalhados no programa gvSIG 1.9, onde foi realizado o preenchimento da tabela de

¹ Geógrafo e Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE.

² Geógrafo pela Universidade Estadual da Paraíba-UEPB. Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE.

³ Prof. Dr. do Departamento de Geografia e do ProPGeo/UECE.

atributos e edição final dos cartogramas.

A bacia hidrográfica do Rio São Gonçalo (figura 1) possui uma área total aproximada de 1300 Km², sendo que destes, 176 km² correspondem ao seu alto curso. Dentre as comunidades ali localizadas, as que mais se destacam são: Itapebussu, Antonio Marques, Manoel Guedes e parte do distrito de São João do Amanari, em Maranguape, onde é perceptível a pressão sobre os recursos naturais, em função das históricas práticas de uso e do aumento populacional. Por essa razão, serão discutidas algumas características ambientais que complementam o enfoque de aproveitamento hídrico.

A bacia hidrográfica como instrumento de análise é amplamente utilizada pelas ciências da terra como forma de compreender a dinâmica natural bem como os impactos da ação humana sobre o ambiente. A capacidade de mensurar os processos que ocorrem em seu interior torna esse instrumento favorável aos estudos ambientais, sendo inclusive adotado pela legislação ambiental brasileira.

O termo bacia hidrográfica refere-se à área de captação pluvial delimitada topograficamente pelos divisores d'água, a qual direciona seu fluxo superficial, subsuperficial e subterrâneo para os canais fluviais até um coletor principal. Cunha (1995) reconhece a importância das bacias hidrográficas para os estudos ambientais e ressalta que, a partir delas, é possível adotar-se uma visão conjunta das condições ambientais e as atividades econômicas nelas desenvolvidas.

Uma abordagem sistêmica dessa unidade territorial é uma ferramenta de planejamento, que possibilita, dentre outras, a compreensão da dinâmica ambiental e dos efeitos à jusante originados por eventuais alterações à montante. Essa visão atribuída à metodologia de estudo de bacias, permite que ele tenha a capacidade de projetar cenários de degradação. Para isso, é considerada a relação entre os aspectos biofísicos e econômicos, com o intuito da recuperação ambiental. Tal proposta constitui um esforço de estudo integrado das unidades ambientais, para o qual, as bacias de drenagem revelam-se como excelentes objetos (CUNHA & GUERRA, 2005).

Por essas razões, iniciativas que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de trabalho são adequadas e de fácil adaptação no contexto atual de uso dos

recursos naturais. São recomendadas, inclusive, para as regiões semiáridas do planeta, onde a degradação pode chegar a estágios irreversíveis tendo, portanto, o objetivo de se compatibilizar uso e capacidade de suporte.

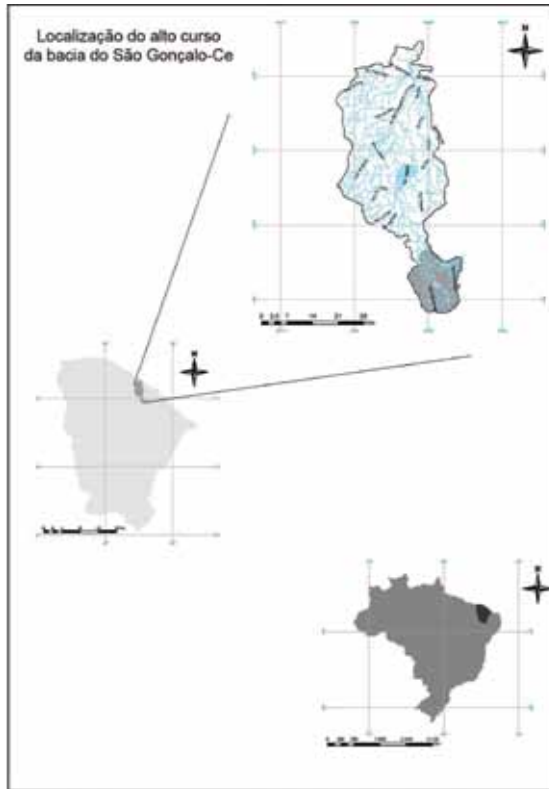


Figura 1 – Localização da área de estudo

Atualmente, alguns instrumentos de gestão que visam o desenvolvimento sustentado, com o envolvimento comunitário mostram-se cada vez mais viáveis. Nesse sentido, pode-se destacar o Plano Diretor Municipal e a Agenda 21 local. Souza & Fernandes (2002) alertam sobre as dificuldades de compatibilizar os aspectos socioeconômicos com os aspectos ambientais. Destacam ainda, que o ponto central de conflito está ligado ao território utilizado para fins de planejamento que são estabelecidos artificialmente, dificultando a adequação dos interesses de desenvolvimento econômico e ambiental.

Contextualização da área de estudo

O quadro litológico da área é composto por rochas antigas do embasamento cristalino. Essa característica geológica é refletida diretamente no quadro geomorfológico, que possui superfícies de erosão, com a presença de maciços residuais resultantes do processo de erosão diferencial; a depressão sertaneja, rebaixada onde as litologias mostraram-se menos resistentes e de áreas de acumulação fluvial, conforme a figura 2.

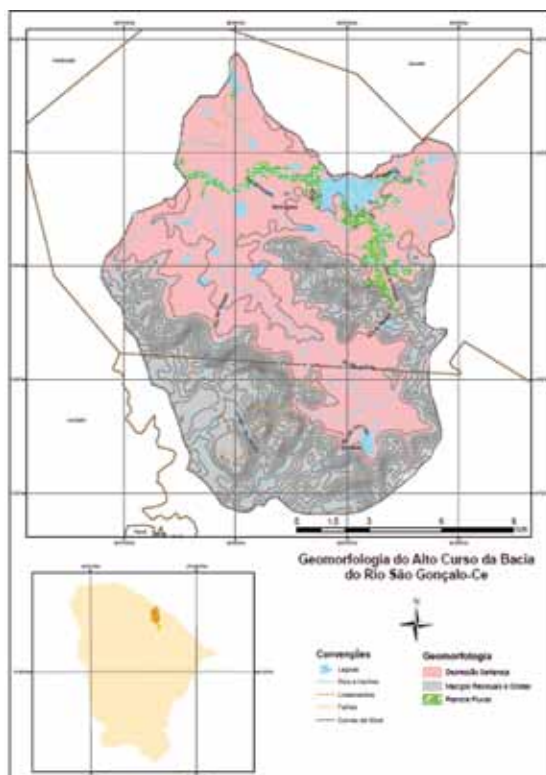


Figura 2 - **Geomorfologia do alto curso da bacia do Rio São Gonçalo-CE.** Fonte: SEINFRA (2007).

De acordo com Brasil (1995), o grupo de rochas que compõem essas feições é formado por granitos e são constituídos por leucogranitos rosados, ricos em muscovitas, de granulação média. As rochas encaixantes são biotita-

gnaiesses, com presença de lentes afibiolíticas, onde no contato, verifica-se o desenvolvimento do efeito de *balooning*.

A composição litológica da unidade ambiental seguinte, a depressão sertaneja, é representada tanto por rochas dos complexos migmatítico-granítico e gnáissico-migmatítico como do Grupo Ceará. No caso da área em estudo, de acordo com Brasil (1995) a depressão sertaneja está inserida no complexo gnáissico-migmatítico. Trata-se da predominância de migmatitos incluindo também lentes de calcário cristalino e de muscovita-quartzito.

Os maciços cristalinos foram esculpidos durante o rebaixamento do entorno, promovido em diferentes climas sub-atuais. O modelamento progressivo originou os níveis mais elevados, apresentando um quadro geoambiental diferenciado, e atualmente, correspondendo às nascentes da bacia metropolitana.

A depressão sertaneja apresenta níveis altimétricos em torno de 120m com vegetação de caatinga arbustiva e drenagem dendrítica com rios intermitentes. Os solos apresentam-se rasos com associações de Argissolos, Neossolos litólicos e Neossolos flúvicos. Nessa porção da bacia o Rio São Gonçalo encontra-se barrado na altura da comunidade de Rato, abastecendo o açude de Itapebussu responsável pelo abastecimento hídrico da região.

Na região, a depressão sertaneja é formada por superfície de erosão desenvolvida em rochas cristalinas com caimento topográfico na direção dos fundos dos vales. A vegetação de caatinga predomina, com exceção do entorno das calhas fluviais onde a mata ciliar se apresenta.

A degradação da natureza na área de estudo, decorre principalmente do uso agrícola inadequado praticado pelas comunidades existentes na região. É válido destacar o cultivo de milho e feijão nas áreas mais elevadas. Nos chamados roçados e no entorno da barragem de Itapebussu, verificasse o plantio de várzea com a produção de arroz. Além da agricultura, a pecuária adquire expressão com o estabelecimento de fazendas no entorno do mesmo reservatório, a exemplo da Fazenda Vitória.

Os distritos localizados no alto curso da bacia do Rio São Gonçalo são Itapebussu, Manoel Guedes, Antonio Marques, Vertentes do Lagedo

e parte dos distritos de Amanari e São João do Amanari. Em Itapebussu, verifica-se que a agricultura de subsistência tem grande expressão, em virtude da tradição familiar e também por falta de oportunidade das gerações mais jovens em ter acesso ao trabalho na indústria e no setor de serviços.

Para fugir dessa realidade muitos preferem migrar para a sede do Município de Maranguape ou mesmo para Fortaleza, motivando assim o êxodo rural. Itapebussu também se destaca como o principal pólo cultural da área possuindo uma tradicional vaquejada que aumenta bastante o número de pessoas durante sua realização movimentando a economia da região, mas deixando para trás grande quantidade de lixo que se acumula no leito do rio e que segundo moradores nem sempre é totalmente retirado, ficando a carga da correnteza se desfazer desse material.

Apesar da sua importância cultural e política percebe-se que, Amanari possui economia em crescimento especialmente no comércio e em serviços. Em Amanari, o abastecimento de água fica a cargo do açude homônimo que além desse fim possui grande importância no lazer que é praticado na região, principalmente nos fins de semana. Isso que também acaba trazendo prejuízos ao ambiente, visto que falta aos usuários consciência ambiental e de preservação da natureza.

Nos distritos de Manoel Guedes, Antonio Marques e Vertentes do Lagedo verifica-se que a economia tem grande influência da agricultura de subsistência com existência de uma agrovila. Nesse sentido vale destacar a atuação da ASSVALE – Associação dos agricultores e usuários do açude de Itapebussu e vale do rio São Gonçalo, que tem como um dos principais objetivos subsidiar a montagem de uma ação concreta voltada para a conscientização da população no que concerne ao uso racional da água bruta do açude, à montante e/ou à jusante, das terras públicas do seu entorno e das particulares adjacentes. Combate-se o desperdício, inibindo a poluição e/ou evitando a erosão do solo e o assoreamento do reservatório (ASSVALE, 2011).

No contexto municipal a grande quantidade de distritos que Maranguape

possui, dificulta a fiscalização e a realização dos serviços públicos a contento, fato que foi constatado por MENDES (2006) constatando que dos 16 distritos do município apenas 4 contribuem para a arrecadação de impostos sobre os serviços urbanos, dentre eles Amanari, excluindo até mesmo Itapebussu que possuía na época uma população urbana de 3.303 habitantes.

O quadro 1 mostra a evolução da população dos distritos acima citados de acordo com dados do censo demográfico do IBGE.

Distritos	Pop 2000	Pop 2010
Amanari	4.973	7.034
Antonio Marques	1.179	2.145
Itapebussu	4.224	5.149
Manoel Guedes	2.008	2.050
São João do Amanari	1.914	1.975
Vertentes do Lagedo	452	449

Quadro 1 - População dos distritos do alto curso do Rio São Gonçalo nos anos 2000 e 2010. Fonte: IBGE (2000) e (2010).

Como pode ser visto nos dados acima, a população da área em 10 anos teve um aumento médio de 24,27% com destaque para os distritos de Antonio Marques (crescimento populacional de cerca de 80%) e Amanari (crescimento próximo de 40%). Itapebussu, Manoel Guedes e São João do Amanari tiveram os respectivos valores, 20%, 2% e 3%. A exceção ficou por conta do distrito de Vertentes do Lagedo, que segundo dados do instituto teve uma redução de 0,66% no número de habitantes.

Diante do crescimento demográfico ascendente na maioria dos distritos acima citados, torna-se necessário a atuação do poder público no ordenamento do território, na preservação e conservação dos recursos naturais, com vistas ao seu uso racional dando oportunidade às futuras gerações de desfrutar dos mesmos benefícios, estabelecendo assim o objetivo central do desenvolvimento sustentável.

Com isso, entende-se que as unidades de conservação, quando bem utilizadas, são instrumentos eficazes na preservação e conservação do

ambiente. Destaca-se isso porque a região apresenta ambientes bastante vulneráveis à ação humana, possuindo grande importância na manutenção do equilíbrio do sistema. Trata-se, por exemplo, das áreas de nascentes do Rio São Gonçalo que além da beleza paisagística possuem também papel importante na manutenção da quantidade de água do recurso hídrico. Como se observa na figura 3, o alto curso do rio tem sido fortemente impactado pela atividade agropastoril, comprometendo a qualidade ambiental.



Figura 3 – Presença de roçados na comunidade de Rato de Cima, alto curso da bacia.

De acordo com o SNUC, a criação de unidades de conservação visa a conservação de espaços naturais com características naturais relevantes, além de prever a utilização sustentável da natureza readequando o manejo garantindo assim a manutenção da diversidade biológica e a possibilidade das futuras gerações de terem acesso a um ambiente sadio.

Levando em consideração as características naturais da região e os tipos de unidades de conservação prescritas na legislação, entende-se que é necessário para a manutenção do equilíbrio ambiental das nascentes do Rio São Gonçalo que o poder público tome medidas que visem o desenvolvimento de práticas sustentáveis. Logo, recomenda-se que nesta área seja instituída uma Área de Proteção Ambiental – APA, que ordene a ocupação do território mais especificamente a ocupação das vertentes e

do entorno dos pequenos riachos e das nascentes, além da barragem de Itapebussu, conhecido também como açude do Rato.

A APA é, portanto, a unidade mais condizente com as características naturais e demográficas, visto que as unidades de proteção integral exigem que a área não seja ocupada. No caso da APA, a lei permite que propriedades privadas coexistam respeitando alguns princípios como o acesso à pesquisa científica e a possibilidade de normatização e restrições ao uso dos recursos naturais.

É necessário que a comunidade que ali reside seja conscientizada da importância de conservação do ambiente e no caso específico de preservação das nascentes. É certo que para isso o poder público deve criar alternativas para o desenvolvimento econômico da área, principalmente daqueles agricultores que se utilizam de práticas rudimentares que degradam o ambiente. Como alternativa, pode-se referir ao turismo rural ou ecológico, que para existir requer que o ambiente esteja conservado além da possibilidade de utilização de mão de obra local para o desenvolvimento dessas atividades.

Potencialidades de aproveitamento

A disponibilidade hídrica, não só no distrito de Itapebussu, mas em toda a bacia do São Gonçalo está sujeita às irregularidades das precipitações do clima semiárido, e, por conseguinte, sob as influências do complexo dinâmico das massas de ar que o influenciam. Para a compreensão do comportamento das precipitações, os fenômenos não devem ser compreendidos de maneira isolada, mas de maneira integrada através da circulação atmosférica (NIMER, 1979).

Descrever os aspectos climáticos da área prescinde, portanto, a concepção das características das massas de ar atuantes diretamente sobre a Região Nordeste. O posicionamento relativo à circulação global é fator de grande importância para a ocorrência do clima semiárido, assim como das manifestações de sua dinâmica – irregularidade pluviométrica e altas temperaturas. A localização em latitudes baixas, no extremo norte oriental sulamericano justifica o caráter climático. Contudo, fatores como o relevo

e a continentalidade, e nesse caso maritimidade, têm uma parcela de contribuição (NIMER, *op. cit.*; CONTI, 1995).

Em seu posicionamento, o domínio semiárido constitui um ponto final de quatro sistemas de correntes atmosféricas: correntes perturbadas de Sul, de Norte, de Leste e de Oeste. As primeiras correspondem a invasões de frentes oriundas de choques entre as massas: polar e tropical na primavera e verão. As de Norte são representadas pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT no verão e outono, enquanto os alísios atuam de Leste, oriundos do anticiclone tropical do Atlântico sul. Por fim, linhas de instabilidade formadas na região norte atuam movendo-se para Leste (NIMER, *op. cit.*).

Tais sistemas são influenciados pelo movimento global de circulação, compostos por massas de ar que possuem camadas superiores quentes e secas, e inferiores frias e úmidas. Simultaneamente, o giro anticiclônico da massa do atlântico sul tropical transfere águas relativamente frias das regiões extratropicais sulafricanas para as baixas latitudes. Por sua vez, o anticiclone tropical semipermanente proporciona inversões térmicas das camadas das massas, influenciando a umidade do ar e ocasionando estabilidade junto à superfície em parte do ano (CONTI, *op. cit.*).

A ocorrência de chuvas está associada ao deslocamento da ZCIT para sul entre o verão e o outono do hemisfério sul, quando esse sistema transporta umidade e linhas de instabilidade para os trechos ao sul da linha do Equador, abrangendo o Nordeste setentrional. A recorrência de médias de precipitação mais favoráveis nas nascentes do Rio São Gonçalo, bem como na maior parte dos dispersores de drenagem da Região Metropolitana de Fortaleza estão associados à proximidade do oceano atlântico e ao efeito orográfico dos maciços pré-litorâneos (REBOUÇAS, 1977; FUNCEME, 2009).

Algumas características ambientais do alto curso da bacia atestam a presença de um período relativamente estável de melhores condições de umidade, por exemplo: 1-O padrão aguçado dos maciços pré-litorâneos é um indício do modelamento das vertentes com litologia cristalina em climas mais úmidos; 2-As ocorrências de solos mais espessos - Argissolos demonstram a predominância do intemperismo químico, fundamental para o desenvolvimento do perfil; e 3- As associações de mata seca e caatinga arbórea demonstram boas condições para o seu crescimento.

O potencial subterrâneo e subsuperficial não apresenta grande significado devido, principalmente, ao comportamento litológico da área. O complexo gnáissico-migmatítico tem, em geral, características de impermeabilidade e baixa permoporosidade, o que impede a reserva por percolação da água, exceto em fraturas e aluviões. O efeito disso é a tendência do fluxo de escoamento para os canais fluviais a partir do ponto de saturação do solo. Por outro lado, o caráter de impermeabilidade confere potencialidade favorável para a açudagem, conforme Souza (2000); Rebouças (*op. cit.*).

O recorte temporal foi tomado como amostragem por uma razão prática: demonstrar perdas de aproveitamento e a sub-utilização quando são utilizadas práticas incompatíveis com o ambiente.

A década de 2000 apresentou uma tendência positiva dos totais pluviométricos, acima de 800 mm/ano, durante a maior parte do período (figura 4). O comportamento das chuvas se concentra na primavera e outono, decaindo com a aproximação do inverno até a primavera (figura 5). Apesar das melhores condições de umidade, essas são características típicas da influência do clima semiárido, sobretudo no que se refere ao contraste entre anos excepcionais e secos.

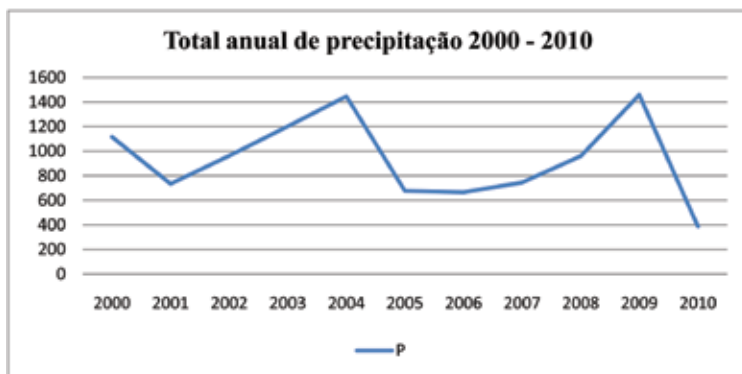


Figura 4 - Gráfico dos totais anuais de precipitação do posto de Itapebussu, Maranguape-CE. Fonte: FUNCEME (2011).

As séries analisadas demonstram melhores totais anuais que a média do clima semiárido, apesar da irregularidade interanual, com considerável discrepância entre os maiores e menores valores totais. A maior frequência entre valores de 800 mm revela melhor concentração de umidade no regime hídrico e a tendência positiva da última década.

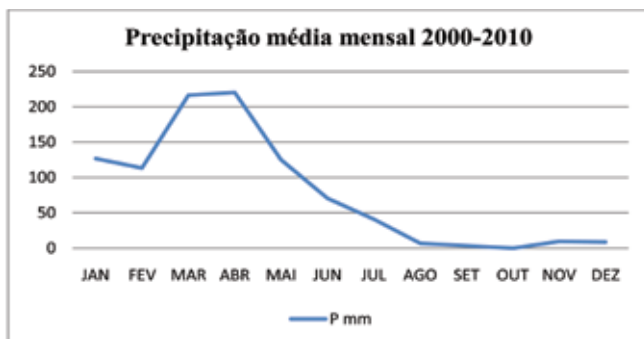


Figura 5 - Média mensal de precipitação de 2000-2010.

Fonte: Funceme (2011)

As médias térmicas são consideradas elevadas, em geral, acima de 25°C (figura 6), o que influencia diretamente a relação evaporação *versus* precipitação no déficit hídrico dos meses secos. Também são características do clima semiárido: a torrencialidade, irregularidade e variação espaço-temporal das chuvas, em curta duração, mas em forte intensidade. Tais informações são imprescindíveis para o entendimento do comportamento hídrico e das possibilidades de seu aproveitamento (NIMER, 1979; CONTI, 1995; SOUZA, 2000, 2006; AB'SÁBER, 2003).

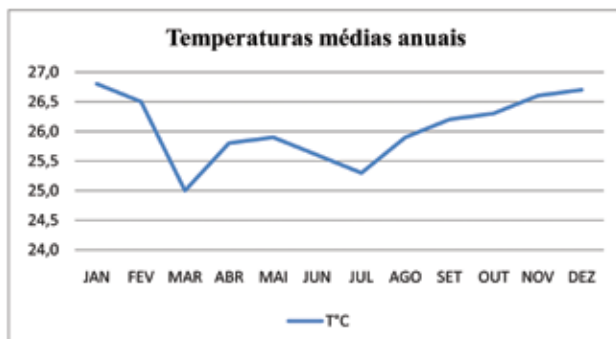


Figura 6 - Temperaturas médias mensais estimadas com o Celina.

Fonte: Funceme (2011).

Para além das características das massas e da circulação, o comportamento hidroclimático do alto curso da bacia do Rio São Gonçalo foi mensurado a partir da análise dos dados de precipitação disponibilizados pela Funceme.

De posse das temperaturas médias mensais, das coordenadas geográficas, da altitude e dos totais mensais de precipitação, foi possível calcular o balanço hídrico com a planilha Hidrocel de Costa (2006).

O cálculo é realizado automaticamente com a inserção das informações solicitadas, e a partir dos resultados obtidos são construídos gráficos com as informações mais importantes para o presente estudo: (P) precipitação, (ETR) evaporação real e (DEF) déficit hídrico. Levou-se em consideração a avaliação do ano mais seco, do mais chuvoso - excepcional e de um ano considerado habitual, considerado como valor médio das séries históricas (figuras 7, 8 e 9).

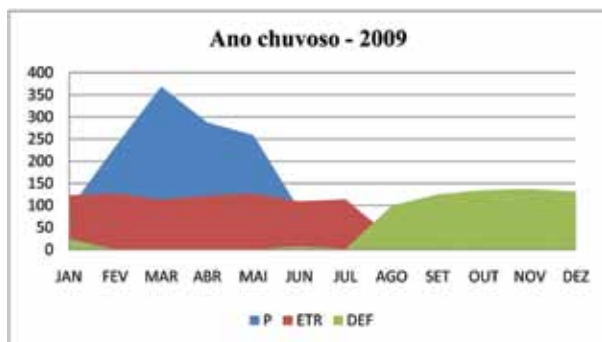


Figura 7 - **Balanço hídrico de Itapebussu, Maranguape 2009.**
Fonte: FUNCEME (2011).

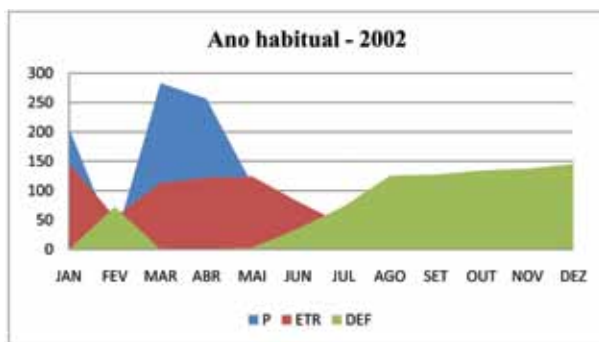


Figura 8 - **Balanço hídrico de Itapebussu, Maranguape 2009.**
Fonte: FUNCEME (2011).

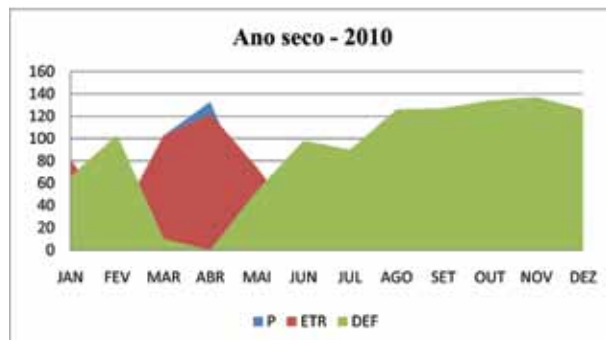


Figura 9 - **Balanço hídrico de Itapebussu, Maranguape 2010.**

Fonte: FUNCEME.

Com base nas informações apresentadas nos gráficos é possível identificar um considerável potencial de aproveitamento dos recursos hídricos no primeiro semestre de cada ano. Contudo, a relação entre precipitação e evapotranspiração desencadeia déficit hídrico, considerando-se indicações de estratégias de aproveitamento compatíveis com essa limitação sazonal.

Há que considerar também a relação entre os demais componentes ambientais em interação, para que se percebam limites de uso. Por exemplo, as associações de solos possuem forte potencial de erodibilidade, e por essa razão, devem ser manejados com diversas práticas de contensão. Leprun (1983) estimou que as classes de solos da área em questão estão sujeitas a perdas entre 150 e 300 ton/ha/ano. O caráter torrencial das precipitações, quando em contato com o solo exposto para atividades agrícolas ativa processos erosivos, dos quais decorre a deterioração ambiental (SOUZA, 2000; ARAÚJO, ALMEIDA & GUERRA, 2009).

Quando se trata da possibilidade de geração de renda ou aproveitamento das potencialidades locais, geralmente, ocorrem as principais modalidades de aproveitamento hídrico: de modo direto, a partir do abastecimento à população, e indireto, por meio da produção agrícola. Ambas devem viabilizar meios de uso eficiente adequados à realidade local, podendo adotar-se o regime pluvial e a disponibilidade de água como um dos principais critérios para o planejamento das atividades.

É possível a implementação de outras modalidades, tais como o turismo ou a transformação de matéria prima para agregação de valor aos produtos,

o que exige articulação inter-institucional, apoio governamental e o envolvimento com a população local. Seja por atividades agrícolas ou não, é fundamental o planejamento em cada propriedade ou empreendimento, para que haja adequação da demanda individual, e assim, a consolidação entre difusão e planejamento da produção, beneficiamento e acesso ao mercado, conforme propõe a AGROFLOR (2011).

Já existem experiências e pesquisas desenvolvidas nesse sentido por ONG's, associações, órgãos governamentais, ou mesmo por iniciativas de agricultores experimentadores, que possuem com muita sensibilidade, a capacidade de incrementar conhecimento a partir das observações cotidianas. Contudo, ainda necessitam atingir ampla difusão e valorização cultural, em contextos de forte resistência dos tradicionais modos de produzir.

As possibilidades são variadas e compreendem o uso da água como recurso fundamental de funcionamento em alguns processos dos sistemas ambientais. Uma delas pode ser a valorização econômica da caatinga para diferentes finalidades, sobretudo, com as atividades que mostram-se como principais vocações produtivas do domínio semiárido: sistemas agroflorestais e manejo florestal sustentável (PEREIRA, 2006).

Com isso, é possível ampliar a eficiência das atividades agropecuárias, visando a estabilidade e resiliência ambiental por meio da diversidade de espécies com várias funções em uma mesma área (figura 10). Alguns dos benefícios são: produção de matéria orgânica para o solo, leguminosas para fixação de nitrogênio e adubos, forragem, lenha e alimentos para o incremento da renda na agricultura familiar (QUEMEL, 2008).

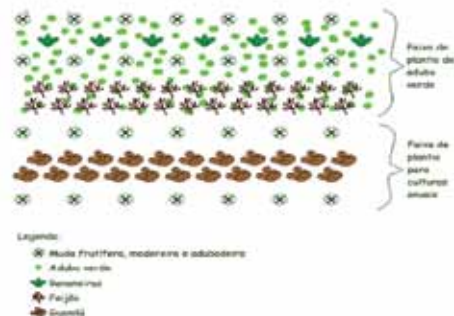


Figura 10 - Modelo de um sistema agroflorestal.

Fonte: Fundação Cepema.

Sistemas de manejo agroflorestal permitem a reposição de nutrientes ao solo e um melhor aproveitamento dos recursos, menor necessidade de água e proporcionam a proteção dos solos. Práticas de adubação orgânica, com o consórcio de espécies forrageiras e para a produção de alimentos são um bom exemplo de uso eficiente. Experimentos dessa natureza foram desenvolvidos em condições climáticas semelhantes às de Itapebussu, no Agreste da Paraíba, com o plantio de milho em consócio com a forrageira gliricídia *Gliricidia sepium* (alley cropping) (SANTOS et. al. 2010).

A vantagem da implantação de diferentes culturas é que disponibiliza diferentes produtos ao longo do ano, o que amplia as opções de aproveitamento e comercialização. Podem ser praticadas associações com alternância de culturas ou de modo simultâneo, entre faixas de plantas nativas, frutíferas, pasto, forragem e lavoura. O objetivo principal é a diversificação e o incremento da produção, os quais podem ocorrer de diferentes modos: árvores associadas a culturas perenes, culturas anuais, horticultura e a sistemas agrossilvipatoris (DIAS FILHO, 2006; SANTOS, 2008).

Diante da agressividade dos processos erosivos, alguns benefícios da adoção de sistemas agrossilvipastoris são de interesse para toda a região semiárida, tais como: redução da degradação de solos em relação às tradicionais culturas anuais; otimização do aproveitamento de recursos ambientais; manutenção das estruturas e dos níveis de matéria orgânica do solo, PH, taxa de infiltração, capacidade de troca catiônica – CTC e saturação por bases; redução do escoamento superficial e da erosão; fixação de nitrogênio por leguminosas; regularização térmica do solo; melhoria de sua porosidade; e eficiência da ciclagem de nutrientes (PÉREZ-MARÍN et. al. 2006; SANTOS, *op.cit.*).

Considera-se, portanto, que a pecuária deve ser praticada de modo semi-intensivo, com aproveitamento de plantas nativas e a maior parte da produção de forragem separada do rebanho, nas modalidades mencionadas, sem maquinário pesado, revolvimento da terra e com a adoção do plantio direto. Essas práticas pretendem evitar danos por compactação do pisoteio e sobrepastoreio dos rebanhos, e peso dos tratores, assim

como a mobilização de material por desagregação das estruturas do solo, além do seu posterior encrostamento e impermeabilização (ARAÚJO, ALBUQUERQUE & GUIMARÃES FILHO, 2006; CEARÁ, 2010).

Rebouças (1997) chama a atenção para o potencial da fruticultura, que pode, eventualmente, ter controle por irrigação ou sazonal. Essa é outra alternativa economicamente viável se manejada em sistemas policultores, dos quais se pode lograr diferentes safras ao longo do ano, de acordo com as culturas adotadas. A apicultura com espécies nativas e exóticas surge como atividade complementar, ao utilizar-se das diversas florações no consórcio de caatinga, plantas frutíferas e forrageiras. Em todos os casos, é imprescindível o apoio, sobretudo aos pequenos produtores, para a agregação de valor a partir do beneficiamento dos produtos.

De acordo com os dados sobre déficit hídrico apresentados nos gráficos, uma boa alternativa é o manejo de culturas que maximizam o aproveitamento e se ajustam à dinâmica das precipitações. A umidade no solo pode ser prolongada através do uso de esterco animal, cobertura morta (palha seca e restos de cultura). As técnicas de contenção hídrica podem ser por armazenamento, sulcos de plantio, em curva de nível, no pé das plantas para irrigação de árvores frutíferas. A opção por plantas perenes ou semi-perenes constitui-se uma estratégia fundamental, sobretudo, na implantação de sistemas agroflorestais (SANTOS, SCHISTEK & OBERHOFER, 2007; SANTOS, 2008).

Em alguns casos, pequenas áreas de cultivo podem ter formação induzida por contenção de sedimentos. Quando há degradação à montante, desmatamento de vertentes íngremes e intenso escoamento superficial é possível realizar contenção por meio de barreiras de pedras, ou barragens subterrâneas em pequenos córregos. Com isso, é possível aproveitar o material mobilizado das áreas degradadas, como também a água eventualmente ali retida, com seixos disponíveis nas proximidades (CEARÁ, 2010b).

É importante também destacar a necessidade de estudos a respeito da implantação dessas atividades, que buscam modos mais eficientes de uso

para áreas subutilizadas pela pecuária extensiva. As alternativas podem assumir adequações de acordo com a oferta de recursos e mão de obra e de novas técnicas que visem o aproveitamento dos recursos, mas com respeito às limitações ambientais.

Considerações Finais

O estudo sobre a bacia do Rio São Gonçalo, dentre outros aspectos, pode contribuir para a elaboração e implementação de planos de ordenamento territorial e zoneamentos, a partir da abordagem integrada, com a articulação entre os atores locais, nas perspectivas socioeconômica e ambiental. Essa modalidade de trabalho busca o efetivo aproveitamento dos recursos naturais em bases sustentáveis, ou seja, dedicação à atividades que visam o uso do potencial local respeitando a dinâmica, as potencialidades e limitações dos ambientes.

O gerenciamento e o monitoramento das bacias hidrográficas necessitam se consolidar como iniciativas, que resultem em ações participativas entre as populações e as instituições; como mecanismo de democratização do acesso à água de qualidade e da sua utilização eficiente. Enquanto unidade territorial para planejamento possui importância estratégica, além de deter em geral, características relativamente homogêneas, o que facilita estudos, comparações e cenários tendenciais de degradação.

As variações de padrões paisagísticos devem ser cuidadosamente verificados nos diferentes setores da bacia hidrográfica. Eles decorrem de uma complexa relação entre inúmeros elementos dos componentes ambientais, os quais coexistem em funcionamento dinâmico, cujos processos resultantes devem ser devidamente conhecidos para a previsão de eventuais impactos ambientais. Desses aspectos depende a produtividade para a manutenção da qualidade de vida da população e a das bases materiais para futuras gerações .

Nesse sentido, as comunidades locais assumem um papel importantíssimo, enquanto detentoras e responsáveis pelo aproveitamento dos recursos ambientais, sobretudo, hídricos para as muitas de suas demandas. É

necessário que se estimule verdadeiras mudanças paradigmáticas do ponto de vista produtivo e das práticas de utilização, ao mesmo tempo, em que se reestruturem as bases político-institucionais para uma melhor assistência técnica e adequação às características locais. Tal urgência é iminente, dadas as características de crescimento populacional e uso dos recursos naturais na última década.

O esforço para a conservação ambiental desse trecho da bacia do Rio São Gonçalo é imprescindível por abrigar suas nascentes, fato que deve ser observado para as demais subbacias da Região Metropolitana. Elas compõem peculiar ocorrência de subsistemas ambientais em padrões paisagísticos de destaque em relação ao seu entorno no semiárido. A importância se torna ainda maior em virtude da localização metropolitana, que cada vez mais se expande, e com esse crescimento requer ainda mais água de qualidade.

Por tanto, entende-se que o uso racional é a melhor maneira de garantir o abastecimento. Práticas em progressivo aprimoramento trazem benefícios econômicos e possibilitam a renovação dos elementos por meio da dinâmica dos processos naturais. Nesse ponto de vista, os sistemas agroflorestais se mostram compatíveis para implantação e geração de renda, diante das limitações ambientais da bacia. Eles propiciam diversas vantagens para o aproveitamento dos recursos hídricos em bases sustentáveis, principalmente em períodos de bom potencial, conforme registrado nos últimos anos.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os Domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGROFLOR – **Associação de Agricultores e Agricultoras Agroecológicos de Bom Jardim/PE**. Página principal. Disponível em: <<http://agroflorpebj.webnode.com/sobre-nos/>> Acesso em 05 de setembro de 2011 06:43:32.

ARAÚJO, G. H. S. ALMEIDA, J. R. GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 4a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2009. 320 p.

ARAÚJO, G. L. de; Albuquerque, S. V. de; GUIMARÃES Filho. C. **Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semiárido do Nordeste**. Petrolina: EBRAPA SEMIÁRIDO, Livro eletrônico, Anais da IX CISAC. 2006. 25p. Disponível em:<http://www.cpsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB886.pdf> Acesso em 30 de agosto de 2011.

ASSVALE, Associação dos Usuários do Açude de Itapebussu e do Vale do Rio São Gonçalo. **Objetivos da ASSVALE**. Maranguape: 2011. Disponível em: <<http://no.comunidades.net/sites/ass/assvale/>>

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza – PROJETO SINFOR**. Série Cartas Temáticas. V. 1. Fortaleza, 1995.

BRASIL. **Censo Demográfico 2000**. IBGE, Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm> Acesso em: 31 de agosto de 2011.

BRASIL. **Censo Demográfico 2010**. IBGE, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm> Acesso em: 31 de agosto de 2011.

BRASIL. **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

CEARÁ (Estado), Secretaria dos recursos hídricos. **Avaliação Socioeconômica dos Resultados e Impactos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM) e sugestões políticas.** Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos. Coleção: tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o semiárido. 2010a. 174 p.

_____. Secretaria dos recursos hídricos. **Barragens sucessivas de contenção de sedimentos.** João Bosco de Oliveira, Josualdo Justino Alves, Francisco Mavignier Cavalcante França. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos. Cartilhas temáticas tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido; v. 1. 2010b. CDROM.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 211-252.

CUNHA, Sandra Baptista da. GUERRA, Antônio J. Teixeira. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos: Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro.** 1995. Tese (Doutorado em ciências: Geografia física) - Universidade de São Paulo São Paulo: 1995.

DIAS FILHO, M.B. **Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens degradadas.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Documento 258. 2006. 30p. ISSN 1517-2201

COSTA, F. G. R. **HIDROCEL** - Cálculo do Balanço Hídrico pelo Método de Thornthwaite & Mather 1955. Fortaleza: 2006.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia. **Compartimentação geoambiental do Estado do Ceará.** Fortaleza: 2009. 52p. ISBN:978-85-62406-04-1

LEPRUN, Jean Claude. **Mapa de síntese da erodibilidade dos solos do Nordeste.** Escala 1:5.000.000. 1983.

MENDES, Marília Colares. **Metropolização e indústria: Maranguape no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza-ce.** Dissertação (Mestrado em Geografia) UECE, MAG, Fortaleza, 2006.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

PEREIRA, Daniel Duarte. **Quando as políticas públicas auxiliam o processo de desertificação: o caso do Cariri Paraibano**. In: MOREIRA, Emilia (org). Agricultura familiar e Desertificação. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 2006.

PÉREZ-MARÍN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D; SAMPAIO, E. V. de S. B. S. **Efeito da Gliricidia sepium sobre Nutrientes do solo, microclima e Produtividade do milho em sistema Agroflorestal no agreste paraibano**. Viçosa: Revista brasileira de ciências do solo vol.30 n.3 p. 555-564 May/June 2006. ISSN 0100-0683

QUEMEL, P. **Sistemas agroflorestais e seus princípios**. Fortaleza: Agroecologia. Canal: sistemas agroflorestais. 2008. Disponível em: <<http://www.agroecologia.inf.br/secoes.php?vidcanal=39>> Acesso em: 08 de setembro de 2011 13:15:11.

REBOUCAS, Aldo da C. **Água na Região Nordeste: desperdício e escassez**. São Paulo: *Estud. av.* [online] vol.11, n.29, p.127-154. Jan./Abr. 1997. ISSN 0103-4014.

SANTOS, C. F.; SCHISTEK, H.; OBERHOFER, M. **No semiárido viver é aprender a conviver: conhecendo o semiárido em busca da convivência**. IRPA. Articulação popular São Francisco vivo. Cartilha, versão preliminar. 2007. 48p. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/modulo/publicacoes/cartilhas>> Acesso em: 06 de setembro de 2011 15:05:32.

SANTOS, A. F. dos. **Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade do milho em um sistema agroflorestal no agreste paraibano**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UEPB - Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Areia, 2008. 40p.

_____. A. F. dos; MENEZES, R. S. C; FRAGA, V. S; PÉREZ, A. M. M. **Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. UAEA/UFMG v.14, n.12, p.1267-1272, 2010

SOUZA, M. J. N. de. **Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará.** In: LIMA, L. C. (Org). Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: Funece, 2000. p. 06 -103.

_____. **A problemática ambiental: cenários tendenciais para o bioma caatinga no Nordeste do Brasil.** In: SILVA, J. B. da; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. (org). Panorama da Geografia brasileira. São Paulo: ANABLUME. 2006. p. 119 -133.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

