



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

TESE DE DOUTORADO

**O VALOR ECONÔMICO E ESTRATÉGICO DAS ÁGUAS DA
AMAZÔNIA**

**Tese apresentada por:
ANDRÉ MONTENEGRO DUARTE**

**BELÉM
2006**



Universidade Federal do Pará
Centro De Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

O VALOR ECONÔMICO E ESTRATÉGICO DAS ÁGUAS DA AMAZÔNIA

TESE APRESENTADA POR
ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE

Como requisito parcial à obtenção de Grau de Doutor em Ciências na
área de Geologia.

Data de Aprovação: 22 / 03/ 2006

Co-orientador Prof. Dr. MÁRIO RAMOS RIBEIRO

COMITÊ DE TESE:



FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU (Orientador)



ITABARACI NAZARENO CAVALCANTE



LUIS EDUARDO ARAGÓN-VACA



MARCELO CANCELA LISBOA COHEN



NORBERT FENZL

Belém
2006

Dedico este trabalho a João Gabriel, Ana Clara, Ana Rosa e Camillo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Francisco de Assis Matos de Abreu, pela confiança depositada, definição de rumos, orientação exercida e, acima de tudo, pelo exemplo contínuo de perseverança, trabalho, criatividade e espírito público

Ao Professor Vicente Caballer Mellado, catedrático da Universidade Politécnica de Valência, Espanha, cientista e ser humano de porte colossal, o qual me presenteou com a honra de seus ensinamentos, principalmente o de que devemos sempre manter convicções e ideais nobres, colocando as pessoas com seus sentimentos e a natureza com sua beleza acima da materialidade das tecnologias e da frieza das ciências

A Universidade Federal do Pará, dignamente representada na pessoa do Professor Alex Bolonha Fiúza de Mello, Autarquia Pública da qual tenha a honra de ser servidor e na qual me sinto “em casa” desde a graduação em engenharia civil, pela formação profissional que obtive como aluno e pelos recursos financeiros que auferi como professor, recursos estes que possibilitam a manutenção pessoal e o sustento de minha família.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da UFPA, pelo afetuoso convívio e a oportunidade ímpar de aprendizado durante estes últimos 3 anos, em especial ao Professor José Augusto Martins Corrêa, que recebeu, encaminhou e colaborou no aprimoramento da primeira proposta desta tese, quando ainda muito incipiente, e a Gladys Pimentel, por tudo que fez e faz por todos nós alunos

Aos docentes, técnicos, funcionários, colegas como um todo do Centro Tecnológico da UFPA, bem como aos discentes das engenharias e de arquitetura, pela oportunidade do convívio profissional e pessoal, que já perdura há quase 15 anos, e que muito me estimulam na luta do dia a dia, na busca do bom uso da tecnologia e na tentativa de inserção nas investigações e pesquisas científicas.

Aos amigos e parceiros Paulo Fernandes de Jesus, Wellington de Jesus, e Walenda Silva Tostes, pela inestimável colaboração na pesquisa, confecção e organização deste trabalho.

A Ana Rosa, Ana Clara e João Gabriel Duarte, Emília, Camila, Paulo e Jorge Tostes, Paulo e Rosa Lima e Miriam Silva dos Santos, não só pelo apoio e amizade permanentes, mas também por suas existências e capacidades de gerarem alegria, paz e sinergia ao mundo.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho

A DEUS.

*“Louvado sejas, meu Senhor, pela irmã
Água, que é tão útil, humilde, preciosa e
pura”.*

(São Francisco de Assis)

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
EPIGRAFE.....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1.OBJETIVOS, HIPÓTESE, METODOLOGIA, JUSTIFICATIVA E APRESENTAÇÃO.....	8
1.1.1. Objetivo geral.....	8
1.1.2. Hipótese.....	9
1.1.3. Metodologia da pesquisa.....	9
1.1.4. Justificativa da pesquisa.....	10
1.1.5. Apresentação da tese.....	10
2. ÁGUA.....	13
2.1. ONTOLOGIA.....	14
2.2. ORIGEM DA ÁGUA NA TERRA.....	18
2.3. O SISTEMA TERRA.....	23
2.4. CICLO HIDROLÓGICO.....	28
2.4.1. Ciclo hidrológico: na concepção como sistema fechado.....	31
2.4.2. Ciclo hidrológico: na concepção como sistema aberto.....	33
2.4.3. Análise comparativa entre as 2 concepções do sistema “ciclo hidrológico”... ..	37
2.5. TIPOS DE ÁGUA.....	38
3. ÁGUAS E O CICLO HIDROLÓGICO NA AMAZÔNIA.....	42
3.1. AMAZÔNIA.....	42
3.1.1. Outras concepções de Amazônia.....	55
3.2. A BACIA DO RIO AMAZONAS.....	56
3.3. CICLO HIDROLÓGICO NA AMAZÔNIA.....	60
4. A VALORAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS.....	67
4.1. ONTOLOGIA DO VALOR.....	68
4.2. A PERCEPÇÃO DO(S) VALOR(ES)	75
4.3. A VALORAÇÃO E A PRECIFICAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS.....	77
4.4. MÉTODOS DE VALORAÇÃO.....	80

5. O VALOR DAS ÁGUAS E DO CICLO HIDROLÓGICO DA AMAZÔNIA.....	88
5.1. O USO DOS RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA.....	89
5.2. AS ÁGUAS DA AMAZÔNIA PASSÍVEIS DE VALORAÇÃO.....	94
5.3. O MÉTODO DE VALORAÇÃO DAS ÁGUAS DA AMAZÔNIA.....	101
6. RESULTADOS.....	104
6.1. RESULTADOS HIDROLÓGICOS.....	104
6.1.1. Qualitativos.....	104
6.1.2. Quantitativos.....	105
6.1.2.1. Águas Atmosféricas.....	105
6.1.2.2. Águas Superficiais.....	109
6.1.2.3. Águas Subterrâneas.....	112
6.1.3. Análise dos Resultados Hidrológicos.....	118
6.2. RESULTADOS ECONÔMICOS.....	120
6.2.1. Qualitativos.....	120
6.2.2. Quantitativos.....	121
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS.....	137
ANEXO A – MINUTA DE PROJETO DE LEI.....	138
ANEXO B – ARTIGO INTITULADO “THE HYDROLOGIC CYCLE: AN OPEN OR A CLOSED SYSTEM?”.....	143
ANEXO C – ARTIGO INTITULADO “THE VALUE OF “NON USE”: AN ECONOMIC PRINCIPLE FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE AMAZON”.....	157
ANEXO D – ARTIGO INTITULADO “O VALOR DE “NÃO USO”: POSSIBILIDADE ECONÔMICA PARA A AMAZÔNIA”.....	158
ANEXO E – ARTIGO INTITULADO “ALTER DO CHÃO: O MAIOR AQUÍFERO DO MUNDO?”.....	183

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Ilustração da presença da água nos três estados da matéria.....	3
Figura 2 – Magma originário do manto da terra – Água Potencial-Estado Plasmático.....	4
Figura 3 – Provável localização das primeiras civilizações humanas, em uma planície (Éden), entre os Rios Tigre e Eufrates.....	5
Figura 4 – Gráfico da Demanda de água pela humanidade e crescimento da população ao longo dos últimos tempos.....	7
Figura 5 – Representação Gráfica da Tese.....	12
Figura 6 – Quadro contendo a palavra água em diferentes idiomas.....	13
Figura 7 – Representações Gráficas da Molécula de Água.....	14
Figura 8 – União entre as moléculas de água, ensejando a substância.....	15
Figura 9 – Distribuição das águas no planeta Terra. (A) Salgada x doce e (B) Águas doces.....	16
Figura 10 – Comprovação da presença de água em outros corpos celestes, no caso específico, gelo em Marte.....	18
Figura 11 – Evidências geológicas da existência pretérita de cursos d'água em Marte....	19
Figura 12 – Imagem real do planeta Terra obtida por satélite espacial.....	24
Figura 13 – Representação da Terra, apresentando dois enfoques sistêmicos diferentes, sendo o primeiro com duas esferas da terra e da água, conforme entendimento do sistema planetário na concepção buridiana; e o segundo com quatro esferas, da terra, da água, do ar e do fogo, segundo <i>Sphaera</i>	24
Figura 14 – Desenho Esquemático dos três tipos de Sistemas: Aberto, Fechado e Isolado.....	26
Figura 15 – Diagrama Esquemático do Sistema Terra, mostrando interações entre seus componentes.....	27

Figura 16 – Desenho Esquemático do “Sistema Terra”, com ênfase nos elementos e interfaces que compõem o Ciclo Hidrológico inseridos e contextualizados no Sistema.....	28
Figura 17 – Desenho Esquemático do Sistema “Ciclo Hidrológico”.....	31
Figura 18 – Desenho Esquemático do Ciclo Hidrológico, na concepção Fechado.....	31
Figura 19 – Desenho Representativo dos Fluxos e Quantitativos do Ciclo Hidrológico, na concepção Fechado.....	32
Figura 20 – Desenho Esquemático do Ciclo Hidrológico, na concepção Aberto.....	36
Figura 21 – Desenho Representativo dos Fluxos e Quantitativos do Ciclo Hidrológico, na concepção Aberto.....	36
Figura 22 – Vista Geral do Rio Amazonas e da Amazônia.....	43
Figura 23 – Surgimento e desaparecimento dos principais continentes.....	45
Figura 24 – Evolução geológica da Amazônia em conjunto com a evolução do planeta.....	46
Figura 25 – Visualização das formações rochosas do Pré-Cambriano em escala global.....	47
Figura 26 – Limites da Amazônia.....	47
Figura 27 – Desenho esquemático de uma bacia hidrográfica genérica	50
Figura 28 – As maiores bacias hidrográficas do mundo.....	52
Figura 29 – Vista da Amazônia e das Bacias Hidrográficas que a compõem.	52
Figura 30 – Fotografias da nascente do Rio Amazonas nas encostas do Nevado Mismi (a), na Província de Cayloma e dos primeiros riachos formadores do mesmo.....	57
Figura 31 – Rio Amazonas em seu curso, visualizando-se seu aspecto meandrante, a planície e a hiléia (floresta).....	58
Figura 32 – Foto processada a partir de imagem de satélite da foz do Rio Amazonas, coberta por flocos de nuvens.....	58
Figura 33 – Perfil Longitudinal da Amazônia – Esquemático.....	61

Figura 34 – Perfil Transversal da bacia hidrográfica do Rio Amazonas – Esquemático....	61
Figura 35 – Desenho Esquemático em Planta do Ciclo das águas na Amazônia, visualizando-se as seis grandes bacias hidrográficas que a compõem.....	62
Figura 36 – Quadro com as variações das escalas básicas de estudos hidrológicos.....	63
Figura 37 – Perfil Longitudinal do Fluxo Hídrico da Amazônia.....	64
Figura 38 – Desenho Esquemático da umidade exportada pela Amazônia sob forma de vapor d'água.....	66
Figura 39 – Quadro resumo com os distintos valores.....	72
Figura 40 – Quadro apresentando os métodos de valoração segundo Mitchell e Carson (1989).....	80
Figura 41 – Quadro apresentando os métodos de valoração segundo Javier Ortega et al,(2004).....	81
Figura 42 – Gráfico ilustrando o princípio da produtividade marginal, tendo como exemplo uma produção agrícola, no caso limão, sendo as unidades Kg/árvore em função da quantidade de água utilizada em m ³ /hectare.....	84
Figura 43 – Organograma do Valor Econômico do Recurso Ambiental.....	85
Figura 44 – Quadro das Atividades econômicas predominantes na Amazônia.....	91
Figura 45 – Gráfico ilustrativo da figura 45.....	93
Figura 46 – Imagem com o posicionamento dos três tipos de águas da Amazônia, segundo estudos clássicos sobre a região.....	94
Figura 47 – Quadro resumo das águas passíveis de valoração.....	100
Figura 48 – Quadro resumo dos principais estudos de valoração dos recursos naturais da Amazônia anteriormente realizados.....	101
Figura 49 – Distribuição das Precipitações anuais – em mm.....	106
Figura 50 – Balanço Hidrológico na Bacia Modelo.....	108
Figura 51 – Distribuição da umidade – em mm.....	109

Figura 52 – Principais domínios morfoclimáticos e fitogeográficos tropicais da América do Sul. O domínio equatorial amazônico, onde se estende a floresta Amazônica ou Hiléia, está hachurado. Os demais domínios são: A) dos cerrados; B) das caatingas; C) tropical atlântico; D) lianos do Orenoco; E) Roraima-Guianense, com vegetação de campos e savanas.....	111
Figura 53 – Divisão geológica da Amazônia.....	112
Figura 54 – Balanço Esquemático das águas que precipitam e sua divisão.....	117

TABELAS

Tabela 1 – Balanço anual de entrada e saída da matéria água no ciclo hidrológico.....	35
Tabela 2 – Áreas ou superfícies dos países que compõem a Amazônia, em termos absolutos (Km ²) e relativos (%)......	44
Tabela 3 – Balanço Hídrico da Amazônica.....	65
Tabela 4 – Quadro da série história das superfícies desflorestadas na Amazônia.....	92
Tabela 5 – Distribuição das precipitações anuais por bacia hidrográfica.....	107
Tabela 6 – Vazões e volumes das distintas bacias hidrográficas.....	110
Tabela 7 – Cálculo dos volumes dos aquíferos na Amazônia.....	113
Tabela 8 – Cálculo da relação entre superfície do cristalino e volume de água.....	114
Tabela 9 – 1º Processamento do tratamento estatístico.....	115
Tabela 10 – 2º Processamento do tratamento estatístico.....	115
Tabela 11 – 3º Processamento do tratamento estatístico.....	115
Tabela 12 – 4º Processamento do tratamento estatístico.....	116
Tabela 13 – Proporcionalidade das águas dos países que compõem a Amazônia.....	118
Tabela 14 – Proporcionalidade das águas dos estados que compõem a Amazônia brasileira.....	119

Tabela 15 – Proporcionalidade das águas das bacias hidrográficas que compõem a Amazônia.....	119
Tabela 16 – Relação entre as águas da Amazônia e do mundo.....	120

RESUMO

A água propriamente dita, é um recurso natural imprescindível para a vida, importantíssimo para os metabolismos e processos sócio-econômicos e fundamental para o equilíbrio e manutenção das condições climáticas e do meio ambiente em geral.

O bem “água” em seu aspecto ontológico, isto é, como substância em si, bem como entidade sócio-econômica, e as águas da Amazônia, em particular podem ter medido ou calculado, o seu VALOR ECONÔMICO, a ser expresso em unidades monetárias, pautando-se no princípio de que estas águas são um BEM ESTRATÉGICO. Não se restringindo a condição da existência apenas no estado físico líquido da matéria, nem aos princípios de que o valor deste bem se origina ou deriva dos custos econômicos/financeiros para sua obtenção, tratamento, armazenagem e distribuição e nem àquele obtido sob o enfoque da escassez. “O Valor de Não Uso” ou “de Existência” do objeto de estudo é o foco principal desta tese.

A Amazônia possui as maiores reservas de água doce, floresta tropical e biodiversidade do planeta. O complexo sistema decorrente desta interação, nos aspectos dinâmico e funcional, bem como estático (estoque) é gerado e a sua manutenção só será possível se não se alterarem de forma expressiva o ciclo hidrológico na região, o qual é de suma importância para o equilíbrio climático da Terra, quando realiza o transporte de calor e umidade, e, mais especificamente, quando se expressa como suporte à existência de atividades produtivas no território brasileiro de grande relevância econômica. Logo é importante que se identifiquem estratégias, se criem mecanismos e se estabeleçam parâmetros para gestão deste imenso recurso natural, apresentando-se também mecanismo e políticas compensatórias, inclusive com a transferência de recursos financeiros que possam promover o desenvolvimento sócio-econômico da região.

A pesquisa que sustentou o desenvolvimento dessa tese tem caráter teórico, conceitual e multidisciplinar, envolve conhecimentos de geociências (geologia, meteorologia, hidrologia), economia, engenharias, políticas públicas, ecologia e sociologia, tendo duas vertentes principais: a hidrológica e a econômica.

ABSTRACT

Water is, in itself, a natural resource that is indispensable for life, extremely important for metabolism and socioeconomic processes and vital for balancing and maintaining climatic conditions and the environment in general.

The asset “water” in its ontological aspect, that is, as a substance in itself, as well as a socioeconomic entity, and the waters of Amazonia in particular, may have their ECONOMIC VALUE measured or calculated, to be expressed in monetary units, guided by the principle that these waters are a STRATEGIC ASSET. This thesis does not restrict the condition of water’s existence only to the physical liquid state of the substance, nor to the principles that the value of this asset originates or is derived from economic/financial costs of obtaining, treating, storing or distributing it, nor yet to that which is obtained under the focus of scarcity. “The Value of Non-Use” or “of the Existence” of the object of this study is the principle focus of this thesis.

The Amazon region possesses the largest reserves of freshwater, tropical forest and biodiversity on the planet. The complex system resulting from this interaction, in the dynamic and functional, as well as static (stocks) aspects, is generated and its maintenance will only be possible if there is no significant alteration in the regional hydrological cycle, which is vitally important to the Earth’s climatic equilibrium, through carrying heat and humidity, and, more specifically, when it is expressed as support for productive activities in the Brazilian territory that are of great economic relevance. Thus, it is important that strategies be identified, mechanisms be created and parameters be established for managing this immense natural resource, with compensatory mechanisms and policies being presented, including the transfer of financial resources that can promote socioeconomic development for the region.

The research that informed the development of this thesis has a theoretical, conceptual and multidisciplinary character, involving knowledge of geosciences (geology, meteorology, hydrology), economics, engineering, public policies, ecology and sociology, with two principal lines of thinking: hydrological and economic.

1 INTRODUÇÃO

A água é a substância responsável pelo surgimento da vida orgânica na Terra, vida a qual, pelo que até o presente é conhecido pela ciência, só existe neste planeta, pelo fato de ser o único em que esta substância se apresenta nos três estados físicos da matéria (sólido: – gelo; líquido – doce, salobra e salgada e gasoso: - vapor). A ciência também considera a existência de um quarto estado físico da matéria, denominado plasmático, que apresenta características intermediárias entre o sólido e o líquido, no qual o elemento água também existe na Terra, sob forma de “água potencial”, enquanto no manto do planeta.

As figuras seguintes resumem os distintos estados físicos da água:



FIGURA 1: Ilustração da presença da água nos três estados da matéria.
Fonte: <http://images.google.com.br/images>, modificado.



FIGURA 2: Magma originário do manto da terra – Água Potencial – Estado Plasmático. Fonte: <http://images.google.com.br/images>, modificado.

O ser humano moderno, isto é, dos últimos 10.000/15.000 anos, tem desenvolvido atividades produtivas, de maneira evolutiva e sempre em sociedade. Ao abandonar o comportamento nômade e desenvolver os processos civilizatórios, se estabeleceu em determinadas regiões, para realizar seus trabalhos (agricultura, pecuária, pesca, comércio, indústria, serviços, etc.). As regiões definidas ou escolhidas como as mais propícias à sua fixação espacial foram, e ainda são, próximas às margens de cursos d'água (rios, lagoas, lagos), mares, oceanos e reservatórios hídricos superficiais e subterrâneos, inclusive os oásis nos desertos e os poços em geral.

Isto é retratado nos documentos históricos/religiosos mais importantes e antigos que se conhece, entre eles a Bíblia (Antigo Testamento) e muitos escritos em Sânscrito (Egípcios e os Vedas, indianos, assim como em documentos Sufis – Afeganistão), bem como relatados pela tradição oral de inúmeras culturas orientais.

Segundo um destes documentos, a comunidade humana teve início em um “Jardim” ou “Éden” onde existia um rio que se dividia em quatro braços (Fison, Geon, Tigre e Eufrates) em um, local que atualmente correspondente ao Iraque, às proximidades da cidade de Bagdá (Livro Gênesis, Capítulo 2, Versículos 10-14 in Bíblia de Jerusalém, 2004), como pode ser visualizado na figura abaixo:

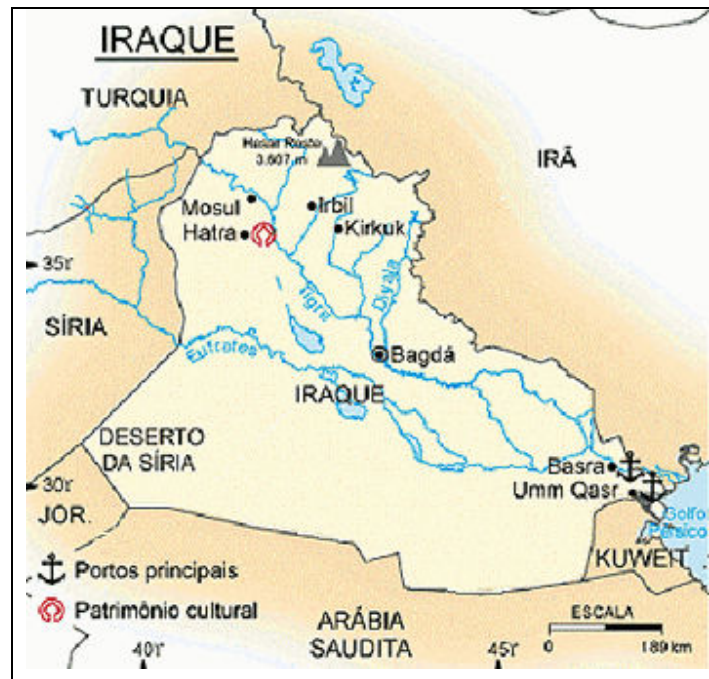


FIGURA 3: Provável localização das primeiras civilizações humanas, em uma planície (Éden), entre os Rios Tigre e Eufrates. Fonte: http://www2.mre.gov.br/doma/imagens/iraque_mapa.gif

As grandes civilizações da antiguidade sempre estiveram muito relacionadas às águas, seja como entidade econômica (produção agrícola, transportes e comércio), religiosa (batismos, iniciações, purificações), geopolítica (suprimento de água potável para as comunidades) e de saúde pública (banhos públicos muito comuns na antiga Roma e Turquia). São exemplos inconteste: o Egito (Rio Nilo); a Mesopotâmia (Rio Eufrates), o Povo Hebreu (Rio Jordão e o Mar de Tiberíades); a antiga Pérsia, atual Irã (Mar Cáspio); Roma (Rio Tibre); Índia (Rios Ganges e Brahmaputra), China (Rio Huang – Amarelo); Grécia (Mar Egeu) e mesmo a Europa como um todo (Rios Reno e Danúbio e o Mar Mediterrâneo).

Mesmos povos e culturas de formação, em tese, mais recente continuaram com as mesmas primícias no tocante às águas: os índios nas Américas (Rio Amazonas, no Brasil e Mackenzie, nos EUA) assim como os colonos europeus neste mesmo continente e, posteriormente, os povos das jovens nações americanas (Rio Paraíba do Sul, no Brasil e Rio Mississippi nos EUA).

A vida humana, não só biológica, mas social, cultural, religiosa e econômica, esteve, está e provavelmente estará muito ligada e dependente das águas.

Logo, a água, teve, tem e terá um enorme valor para o ser humano (entendo-se como valia ou importância). Porém, há também, por parte do planeta Terra, isto é, para a natureza em si, da qual o homem é apenas mais um integrante, uma necessidade desta substância ou elemento na manutenção do equilíbrio ecológico, climático e do meio ambiente em geral, para seus balanços e transportes de energias (calor, umidade, ventos, ondas, etc.) bem como para a manutenção da vida de outras entidades (flora e fauna, a biota como um todo).

Com o avanço tecnológico, que tem ocorrido de forma exponencial nos últimos anos, e o enorme crescimento da população humana, já com mais de 6,5 bilhões de habitantes, houve um incremento das atividades agrícolas e indústrias e a conseqüente demanda insensata por recursos hídricos para suprirem tais necessidades, que aumentam continuamente. Vêm ocorrendo conflitos, cada vez mais intensos e em maior número, entre os diversos interesses humanos e também entre as demandas do planeta (da natureza) e às do homem. Estima-se que no mundo atual cerca de 1,5 bilhões de pessoas não têm suas necessidades hídricas mínimas de dessedentação e higiene supridas e que em 2.025, isto é, daqui a cerca de 20 anos, possa ocorrer um colapso generalizado no suprimento de água para o atendimento das necessidades da humanidade.

A figura 4 expressa os distintos usos e a demanda de água:

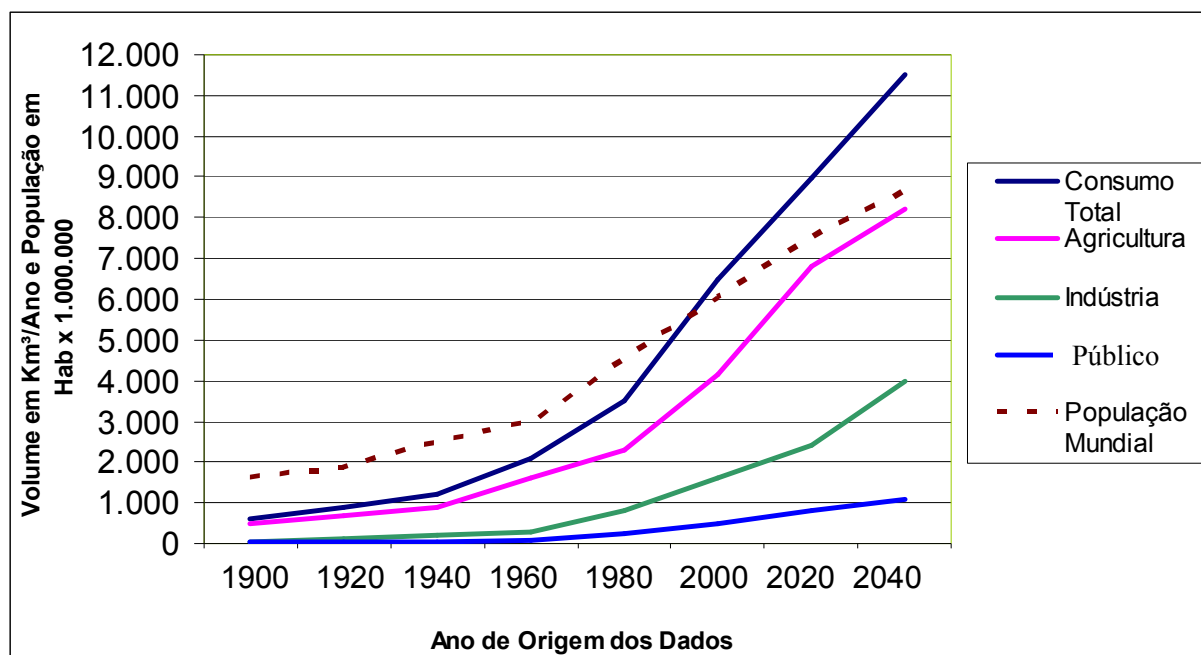


FIGURA 4: Gráfico da Demanda de água pela humanidade e crescimento da população ao longo dos últimos tempos. (Modificado de várias fontes)

A demanda humana planetária por água doce, atualmente em torno de 7.000 Km³/ano (7 trilhões de litros por ano), se divide em 70% para o uso na agricultura/pecuária (produção de alimentos), 22% para atividades industriais e 8% para consumo humano direto (domiciliar ou público), isto é, dessedentação, higiene, etc. No Brasil, a divisão entre os distintos usos da água é diferente, sendo 59% para a agricultura, 19% para as indústrias e 22% para uso doméstico (Carvalho, 2005).

Para melhor gerir ou gerenciar a problemática anteriormente exposta, mitigando-a, já que a eliminação talvez seja inatingível, são imprescindíveis estudos de cunho multidisciplinar e interdependente, a fim de alcançar o entendimento e a compreensão, não só dos sistemas naturais (hidrologia, ciclos planetários, climatologia, geologia, biologia e processos vitais, entre outros), mas também dos mecanismos antrópicos (história, economia, engenharia, estatística e lógica dentre outros), isto é, de maneira multidisciplinar e interdependente entre si. Estes estudos podem fornecer parâmetros, linhas de pensamento e princípios de conduta que, quando consistentes, possam ser utilizados como fundamento para a tomada de decisões mais acertadas.

O presente trabalho, que se insere na linha de pesquisa de Gestão de Recursos Hídricos, tem caráter conceitual e consiste, em termos gerais, em uma parametrização do ciclo hidrológico da região amazônica. Quanto a este há um consenso em relação a abundância descritiva da matéria água, porém sem uma clara definição quantitativa até o presente. Falta também uma proposta metodológica para o cálculo do(s) valor(es) destas águas (expresso(s) em unidades monetárias) sob o enfoque o da já citada abundância.

1.1. OBJETIVOS, HIPÓTESE, METODOLOGIA, JUSTIFICATIVA E APRESENTAÇÃO

1.1.1. Objetivo geral

Propor uma metodologia de cálculo dos valores econômico e estratégico das águas da Amazônia, fundamentada em princípios científicos (das geociências e da economia), sejam estas águas estoques permanentes ou matérias circulantes, não restringindo-se às águas líquidas, com vistas a oferecer subsídios à instituições governamentais, não governamentais e entidades de pesquisa para a gestão dos recursos hídricos, como mais um instrumento para a promoção do desenvolvimento harmônico e sustentável da sociedade amazônica e a manutenção do equilíbrio das condições climáticas e do meio ambiente regional e global.

- **Objetivos específicos**
 - 1) Estudar o ciclo hidrológico regional, efetuando um balanço hídrico da Amazônia, parametrizando, as grandezas mais importantes ou significativas;
 - 2) Identificar a proporcionalidade das águas entre os países e também os estados brasileiros que nela se integram;
 - 3) Levantar, de maneira sistemática, as metodologias existentes e aplicadas a precificação ou valoração de bens naturais e os serviços ambientais, em especial dos recursos hídricos (ou das águas);
 - 4) Definir o(s) método(s) que possam calcular o(s) valor(es) das águas da Amazônia, inclusive com a proporcionalidade deste(s) valor(es) entre os integrantes da região, sejam estados da federação ou países da América do Sul.

- 5) Propor novos trabalhos de caráter tanto teórico/conceitual como experimental/aplicado sobre o tema.

1.1.2. Hipótese

É a de que se pode estabelecer uma metodologia de cálculo do VALOR ECONÔMICO das águas da Amazônia, a ser expresso em unidades monetárias, pautando-se no princípio de que estas águas são um BEM ESTRATÉGICO para a região, para os países que a compõem e mesmo para o planeta. Isso pode ser realizado contemplando-se nos estudos as múltiplas variáveis ou condicionantes (de natureza geológica, social, climática, etc.) que possam interferir no seu valor, sejam, estes físicos, químicos, imateriais, econômicos, sociais, tangíveis ou intangíveis, não restringindo-se a condição no estado físico líquido da matéria água, nem aos princípios de que o valor deste bem se origina ou deriva dos custos econômicos/financeiros para sua obtenção, tratamento, armazenagem e distribuição e nem àquele obtido sob o enfoque da escassez.

1.1.3. Metodologia da pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, dividiu-se a pesquisa em duas vertentes distintas (Hidrológica e Econômica), tendo-se adotados os seguintes procedimentos metodológicos:

- 1) Levantamento Bibliográfico (Estado da Arte), tanto na vertente hidrológica, considerando as águas como um todo, sejam no entendimento como elemento natural ou como recurso hídrico, quanto na vertente econômica, em especial nos métodos de valoração de recursos naturais. Os estudos contemplaram fontes nacionais e internacionais, e buscaram estabelecer uma ligação entre as duas vertentes;
- 2) Levantamento de Dados, em especial da vertente hidrológica, no tocante a umidade do ar, precipitação, drenagens e reservatório de sub-superfície, sem a realização trabalhos de campo (medições diretas), que são dispensáveis neste tipo de pesquisa (teórica/conceitual). Foram levantados e considerados dados qualitativos e quantitativos secundários, os quais poderão ser

consolidados/confirmados/atualizados por medições diretas em trabalhos posteriores;

- 3) Sistematização dos conceitos e dados, efetuando-se a validação da hipótese estabelecida.

1.1.4. Justificativa da pesquisa

O fato de existir abundância de águas na Amazônia, implica em grande responsabilidade e até mesmo obrigação da comunidade amazônica estudar, criar, consolidar e sistematizar conhecimentos, bem como estabelecer grandezas e parâmetros para a gestão deste recurso natural.

O presente trabalho decorre da constatação de que inexistem estudos de natureza multidisciplinar sobre o tema, onde interajam as geociências, a economia e mesmo as práticas de aplicação de políticas públicas de gestão de recursos hídricos, para fornecer subsídios à compreensão destas múltiplas faces e nuances da água e, conseqüentemente, de sua gestão enquanto riqueza natural. Considera adicionalmente o princípio de que o seu real valor, seja econômico ou estratégico, não restringe-se àquele advindo ou derivado de seus custos de captação, tratamento, transporte (distribuição) nem àquele obtido sob o enfoque da escassez.

1.1.5. Apresentação da tese

Dividiu-se o trabalho em 7 (sete) capítulos, inseridos em 4 (quatro) partes, que contemplam as 2 (duas) vertentes (Hidrológica e Econômica) e buscou-se realizar interrelações entre elas, tendo em vista o caráter multidisciplinar da pesquisa:

- 1ª Parte: O PROBLEMA

Capítulo 1: Introdução – caracterização do problema objeto do estudo, definindo os objetivos, a hipótese e a metodologia de trabalho;

- 2ª Parte: HIDROLOGIA

Capítulo 2: Água - Estado da Arte quanto ao elemento ou substância água;

Capítulo 3: Águas e o ciclo hidrológico na Amazônia – espacialização do problema, ainda com Estado da Arte e estabelecimento das condições de contorno e da parametrização do ciclo;

- 3ª Parte: ECONOMIA

Capítulo 4: A valoração dos recursos naturais e serviços ambientais - Estado da Arte quanto aos métodos econômicos de valoração e precificação;

Capítulo 5: O valor das águas e do ciclo hidrológico da Amazônia – focagem do problema, ainda com Estado da Arte quanto ao já exposto, sendo que dentro do espaço de estudo, e a propositura dos métodos de valoração;

- 4ª Parte: RESULTADOS E CONCLUSÕES

Capítulo 6: Resultados –apresentação dos resultados alcançados (sucessos e insucessos) que validam a hipótese estabelecida, com análise e consolidação dos mesmos;

Capítulo 7: Conclusões e Recomendações – Configurando-se no fechamento e sistematização da pesquisa, na apresentação de recomendações para outros estudos e procedimentos que possam ser desenvolvidos a partir deste trabalho;

A figura a seguir, ilustra de maneira esquemática a concepção de tese:

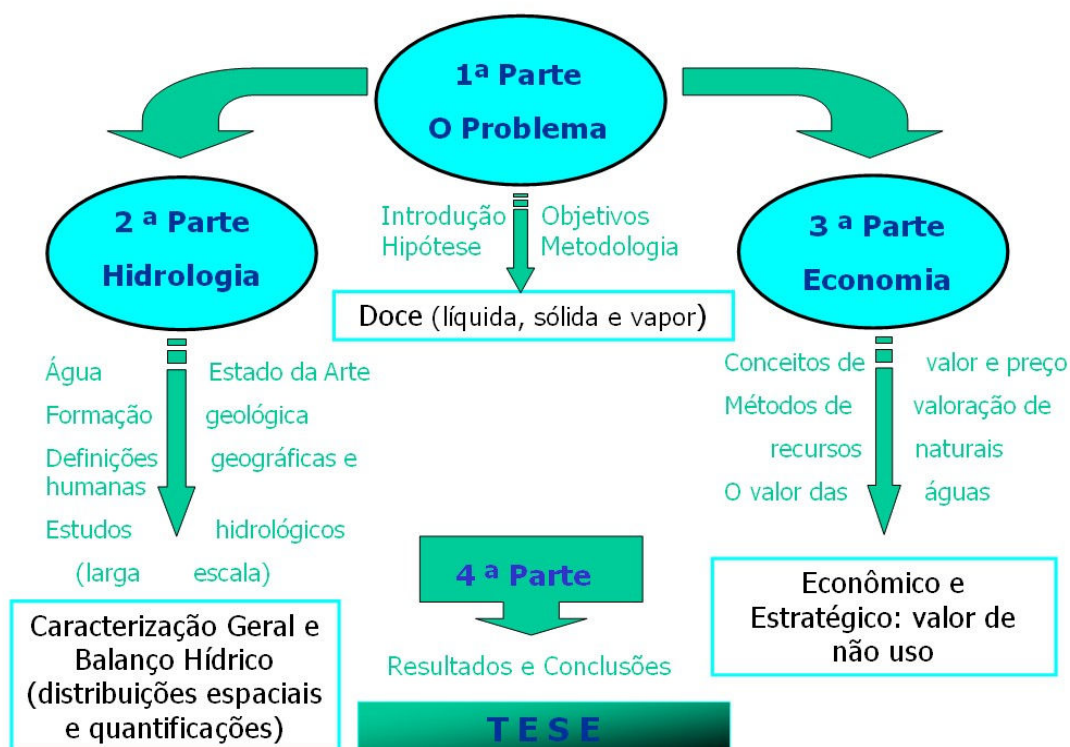


FIGURA 5: Representação Gráfica da Tese.

2 ÁGUA

Termo genérico originário do latim “*aqua*” para uma substância com propriedades solventes e higroscópicas, com funções únicas em termos de condução e de dissociação energéticas e características peculiares.

É denominada em 34 (trinta) idiomas distintos, como no quadro abaixo:

Idioma	Denominação	Idioma	Denominação
Algonquin “Cree”	nibi	Húngaro	viz
Árabe	mayah	Indonésio	air
Chinês	shui	Italiano	acqua
Dinamarquês	vand	Japonês	mizu’k
Holandês	water	Latim	aqua
Inglês	water	Norueguês	vann
Esperanto	akvo	Polonês	woda
Finlandês	vettä	Português	água
Francês	eau	Russo	woda
Alemão “Frisian”	wetter	Sânscrito	udan
Alemão	wasser	Espanhol	agua
Grego	hydor	Africano “Swahili”	maji
Havaiano	wai	Sueco	vatten
Hebraico	mayim	Tcheco	woda
Hindu	pani	Turco	su
Tupi -Guarani	lg	Apiaká	he-há
Asuriní do Xingu	y	Xucuru	krikiše

FIGURA 6 – Quadro contendo a palavra água em diferentes idiomas.

Fonte: Speidel et al, 1998. (modificado de várias fontes)

Desde a antiguidade é considerada como matéria fundamental, o elemento mais nobre (Salem, 1995).

Empédocles, filósofo grego, no século V a.C., dizia que a água era um dos quatro elementos fundamentais, juntamente com o ar, o fogo e a terra, de que se constitui o mundo. Estes elementos foram considerados fundamentais também pelos alquimistas, filósofos e pensadores de diferentes culturas, à exceção dos chineses, dentre as civilizações do mundo antigo, que consideravam como elementos fundamentais, além dos quatro já citados, a madeira (Britannica, 1993).

Cerca de 2.200 após o enunciado de Empédocles, as pesquisas do físico e químico inglês Henry Cavendish e depois os estudos quantitativos do químico francês Antoine Laurent de Lavoisier, no século XVIII, serviram para que a primeira síntese da

água fosse efetuada, provando, definitivamente, que é constituída de dois elementos: o Hidrogênio e o Oxigênio.

Em 1.800 os ingleses Willian Nicholson e Anthony Carlisle, por eletrólise, decompuseram a molécula da água em seus constituintes. Descobriu-se então que quando o Hidrogênio é substituído pelo seu isótopo, o Deutério, a água passa a ser denominada pesada (Salem, 1995).

2.1. ONTOLOGIA

É uma substância ou composto formado por moléculas triatômicas que seguem a regra do octeto (Estrutura de Lewis), com geometria triangular, onde cada ligação O-H mede 0,96 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10}$ partes do metro), e o ângulo H – O – H é de aproximadamente 105° (Fernandes & Bueno, 1968). O Oxigênio tem dois orbitais híbridos do tipo sp^3 incompletos que são interpenetrados pelos orbitais “s” do Hidrogênio, formando ângulos de configuração em “V”. Portanto, a distribuição das cargas elétricas será assimétrica e a molécula, enfim, polar, isto é, não há coincidência entre os centros das cargas elétricas positivas e negativas.

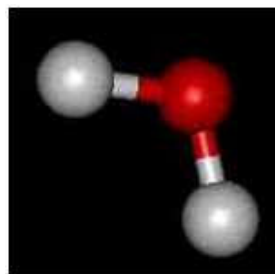
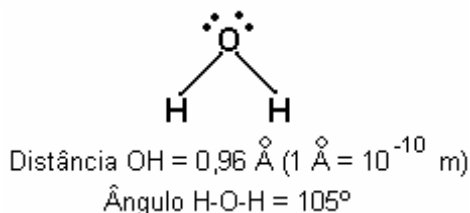


FIGURA 7: Representações esquemáticas da molécula de água. Fonte: Salem (1995)

O átomo de Oxigênio possui dois “pares livres” de elétrons no dois orbitais híbridos sp^3 . Estes orbitais formam, geralmente, com as duas ligações O – H, quatro direções tetraédricas:

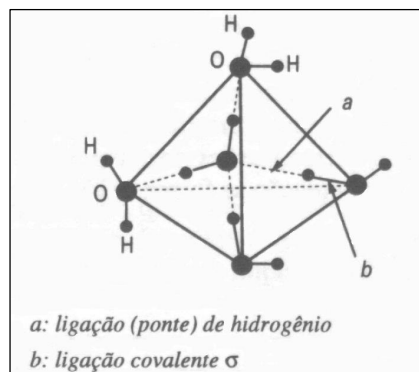


FIGURA 8: União entre as moléculas de água, ensejando a substância.
Fonte: Salem (1995).

Existe no planeta Terra nos três estados físicos da matéria, gasoso, líquido e sólido, além de em um quarto estado, denominado plasmático, quando ainda inserida no manto do planeta. Não integram, desta forma, o ciclo hidrológico, sendo apenas “água potencial”. Nos dois primeiros estados (gasoso e líquido) é um fluido, no último (sólido). Se pura, em especial no estado líquido, estado mais abundante em que se encontra, é incolor, inodora, transparente e sem sabor, em condições normais de temperatura e pressão. Na natureza quase nunca se encontra pura, excetuando-se, às vezes, quando no estado gasoso ou em outros estados em condições laboratoriais.

Estima-se que existam $6,0 \times 10^{46}$ moléculas de água no Planeta, isto é, 60.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 unidades desta molécula de H_2O (Engel et al., 1961), formando a substância água que corresponde a 1,386 bilhões de km^3 nas distintas fases, sendo: 98,25% líquida (mares, oceanos, rios, aquíferos, etc.), 1,75% sólido (geleiras e calotas polares) e apenas traços gasosos, que correspondem a 0,001%. Cabe ressaltar que nesta afirmação não está considerada a água existente e inserida no manto da Terra, cujo volume é de cerca de 700 milhões de km^3 , que em verdade é uma “água potencial”, como já expressei, que gradativamente é cambiada com a hidrosfera e a atmosfera.

A distribuição de água em suas distintas fases pode ser visualizada na figura 9:

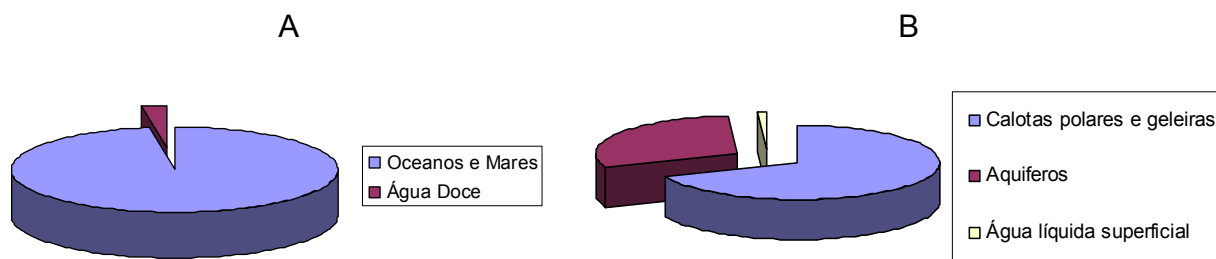


FIGURA 9 – Distribuição das águas no planeta Terra. (A) Salgada x doce e (B) Águas doces.

Na forma gasosa, isto é, vapor, é preponderante na atmosfera. Em função de sua capacidade calorífica, mobilidade e maleabilidade, é um agente de transporte de energia, em especial o calor (Wallace & Hobbs., 1977).

A água líquida tem a propriedade de ser transparente e incolor em pequenas espessuras e azul em grandes, por conta das faixas de frequência da radiação solar que, faz com que as superfícies absorvam determinados comprimentos de onda por “janelas” específicas que polarizam a luz em níveis pré-determinados pelo comprimento da luz incidente (York & Farquhar, 1984).

Esta água é a mais estudada, apresentando peculiaridades que a tornam única, como o de ser o solvente universal, pois quebra as moléculas de diversos compostos muito mais facilmente que outras substâncias, assim também como funciona como um aglutinante (ligante) em situações específicas.

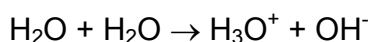
No estado sólido (gelo, neve, granizo) se apresenta em formas cristalinas diferentes, onde uma das estruturas do gelo mais freqüente consiste em um cristal molecular com a configuração anteriormente exposta, onde cada molécula de água está ligada às suas quatro vizinhas por ligações (pontes) de hidrogênio, as quais, são feitas pelos seus próprios átomos de H que, são atraídos pelos pares livres dos O de duas moléculas adjacentes e pelos pares livres que, atraem os átomos de duas moléculas vizinhas. Portanto, os átomos que compõem cada uma das moléculas de água interagem com os de outras vizinhas, formando a substância.

Na descrição da água sólida constata-se algumas lacunas no espaço interno do tetraedro, o que explica o aumento do seu volume em relação à água líquida pois, um pedaço de gelo flutua sobre a água líquida.

No estado sólido permite também a formação de composto de inclusão, onde uma molécula estranha é capturada no interior da cavidade tetraédrica, como, por exemplo, os hidratos.

O íon H_3O^+ é o íon H^+ hidratado chamado hidrônio. A hidrólise e a hidratação são dois tipos de reações químicas com a água. A hidratação é uma salvatação (qualidade do que é solúvel) ao longo da qual as moléculas de água se associam a moléculas ou íons em solução aquosa. A hidrólise que, é a decomposição de um sal que fixa os elementos da água para se desdobrar em dois ou mais compostos, ou seja, é a operação inversa da neutralização, a qual consiste na reação de um ácido com uma base, resultando em sal e água. A hidrólise é, pois literalmente a “destruição” dos compostos em solução pela ação dos íons H_3O^+ e OH^- . O sal e a água são, dentre outras, substâncias indispensáveis à formação e manutenção da vida.

É um composto anfótero, ou seja, um composto que reúne em si duas qualidades opostas, uma vez que pode desempenhar o papel de base (álcali) e/ou de ácido:



Devido a esta ambigüidade pode se apresentar tanto como um condutor elétrico tanto como isolante, pois a sua estrutura molecular, dependendo do meio, pode potencializar cada vez mais a corrente elétrica, como dispersá-la em condições e meios físicos diferentes.

Seu calor específico, que é uma unidade para medir a capacidade de retenção de energia térmica, é definido como igual a 1 (um), medida tomada como referência para outras substâncias. Esta grandeza (a unidade) é a maior entre todas as outras substâncias naturais, ensejando com que a água possa reter em si mais calor por mais tempo e, conseqüentemente, transportar tal energia para outros locais e ambientes. Esta característica é de fundamental importância na dinâmica do Planeta Terra.

O “PH” ou “POH”, que é uma medição utilizada para definir se as substâncias são ácidas ou básicas, tem a água também como referência, tendo, em sua condição pura, o valor de 7,00, isto é, neutra (Kiel, 1975).

2.2. ORIGEM DA ÁGUA NA TERRA¹

A água existe no universo² como um todo, não se podendo precisar, ainda, quando tenha se consolidada como substância (união dos átomos de hidrogênio e oxigênio para formação da molécula e posteriormente da substância em si). A ciência já constatou sua existência no estado sólido (gelo) e em alguns poucos casos no estado gasoso (vapor) em diversos planetas, cometas e meteoros, ainda não tendo sido verificada a presença de água líquida em outro corpo celeste além do planeta Terra, embora recentemente tenham sido identificadas evidências geológicas da existência pretérita (não presente) de cursos d'água (rios – água líquida -) no Planeta Marte, evidências estas ainda a serem melhor estudadas, com maior aprofundamento, para obter conclusões mais fidedignas.

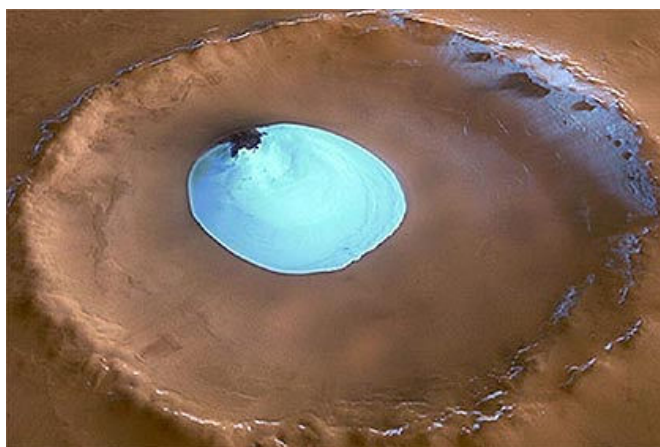


FIGURA 10: Comprovação da presença de água em outros corpos celestes, no caso específico, gelo em Marte. Fonte: <http://images.google.com.br/images>.

¹ Essa discussão foi objeto de artigo intitulado *"The Hydrologic Cycle: an open or a closed system?"*, apresentado e aceito para publicação no periódico Revista Geográfica do Instituto Pan Americano de Geografia e História – IPGH, n° 137, que constitui o anexo B desta tese.

² Segundo estudos recentes desenvolvidos nas Universidades de Princeton e Cambridge e no Laboratório de Berkeley o Universo pode ser modelado por um "Triângulo Cósmico", o qual sugere a existência de três componentes: Energia Escura (Dark Energy), Matéria Escura (Dark Matter) e Matéria Normal (Normal Matter), com participações relativas ao Cosmo como um todo de 70%, 25% e 5%, respectivamente. Neste trabalho só será enfocada a parte do Universo correspondente a Matéria Normal, a qual, em tese, compreende os fenômenos e elementos materiais e energéticos objeto do estudo.



FIGURA 11: Evidências geológicas da existência pretérita de cursos d'água em Marte. Fonte: <http://images.google.com.br/images>.

Inquestionavelmente a água, como substância em si, tem sua formação muito anterior à da Terra, sendo originária no Cosmo, isto é, fora do planeta, e tendo ingressado neste mundo, a Terra, quando da massa primordial planetária, ainda informe e quente, há cerca de 4,6 bilhões de anos. A constatação indubitável de que a substância água já existia antes mesmo do planeta se formar, de certo modo, valida a linha de pensamento dos sábios da Antigüidade (os cientistas da época) que a consideravam **como matéria ou elemento fundamental**, que, juntamente com o ar, o fogo e a terra, constituíram o mundo. Confirma este fato, que, mesmo sendo de caráter religioso, desprovida de fundamento científico, descreve, com muita profundidade, a formação do mundo (Terra) nos seguintes termos: “¹No princípio, Deus criou o céu e a terra. ²Ora, a terra estava vazia e vaga; as trevas cobriam o abismo e o sopro de Deus agitava a superfície das águas”.(Livro Gênesis, Capítulo 1, versículos 1 e 2 in Bíblia de Jerusalém, 2004)

Existem duas vertentes ou enfoques sobre sua origem, ingresso ou formação no planeta:

A primeira considera que foi originada gradativamente, ao longo da história geológica da Terra, desde a formação do planeta até há cerca de 400 milhões de anos, quando se estabilizaram os processos de configuração da atmosfera e da hidrosfera.

A segunda considera que a totalidade das águas foi atingida há cerca de 3,2 bilhões de anos atrás, em dois momentos distintos: 1) no proto planeta, isto é, a Terra em seu estágio inicial, e 2) com o intenso bombardeamento de cometas com grandes quantidades da substância.

1º Enfoque: Engloba uma origem inicial exterior (meteórica) e posterior da própria Terra interior (vegetal)

- A água, como substância (H₂O) possui duas origens distintas: natural e antrópica.

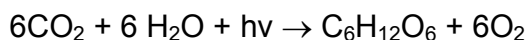
- **Natural:** pode ser de origem meteórica, isto é, provinda do espaço sideral ou cósmico, conclusivamente extra terrestre, ou de origem telúrica, ou seja, originada no próprio planeta (Ozima, 1989).

a) Meteórica: água primordial originária do espaço cósmico, que chegou com os cometas no bombardeamento da formação do planeta, há cerca de 4,6 bilhões de anos, que se integrou à massa primordial planetária, quente, e que, durante o resfriamento da crosta, com a liberação de gases (desgaificação) que formaram a atmosfera primitiva. Esta água representa, em tese e em volume, cerca de 50% da água existente hoje (Ozima, 1989, Goody & Walker, 1975, Dott Jr & Bottem, 1988). Ainda está ocorrendo um ínfimo acréscimo de água na planeta através desta origem, por ingresso de matéria em cometas denominados Bolas de Neves, a uma taxa de 3 trilhões de toneladas a cada 10.000 anos (0,0003 km³/ano). Esta nova água ingressa na atmosfera/hidrosfera, não se integrando instantaneamente ao Manto, como a primordial (Garcia et al., 2004 e Pielou, 1998). Estas águas chegaram ao planeta na forma sólida, integradas aos cometas, tornaram-se plasmáticas quando incorporaram-se ao manto, transformando-se posteriormente em vapor e líquido.

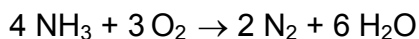
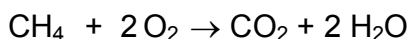
b) Telúrica: água secundária, criada na superfície ou na atmosfera, nos últimos 500 milhões de anos, já após a estabilização da hipotética atmosfera secundária, tendo como fonte quase que absoluta a vegetação que passou a existir de forma abundante, inclusive com o aparecimento de florestas de grande porte, quando, quase que

simultaneamente, houve um enorme crescimento da vida marinha e residual as rochas e a eletricidade atmosférica.

- Vegetação (Fotossíntese Primária) – segundo Dott Jr & Bottem, (1988), com a existência das florestas e conseqüente desenvolvimento dos processos de fotossíntese, o CO₂, que existia em abundância na própria floresta e nos oceanos, ao reagir com a água já existente, na presença da radiação ultravioleta, geraram mais O₂, aumentando significativamente a quantidade deste gás na atmosfera terrestre, gerando também açúcares.



Existindo ainda à época uma grande quantidade de Amônia (NH₃) e Metano (CH₄) na atmosfera, estes gases reagem com o O₂ livre, gerado pela fotossíntese (reação anterior), formando Nitrogênio (N₂), gás carbônico (CO₂) e muito vapor d'água (H₂O).



Isto significa que o Metano e a Amônia que haviam em abundância, desde a atmosfera hostil primitiva, ao reagir com o O₂ formaram N₂ e H₂O, substância que desde então são abundantes, ressaltando que o N₂ corresponde a maior parcela da atmosfera terrestre (cerca de 72%).

Este processo de criação de água em estado de vapor durou até cerca de 400 milhões de anos, isto é, demandou 100 milhões de anos, aproximadamente, quando se estabilizou o planeta Terra com as condições semelhantes às atuais. Neste período gerou-se, da matéria água presente na atmosfera e hidrosfera, 50% do total, que, somando-se a já existente, desde o período de formação do planeta, completa a massa hídrica presente no Ciclo Hidrológico contemporâneo.

- Rochas: possível origem, gerando uma quantidade ínfima de água líquida, pela dissociação eletroquímica de rochas, Poderia ter ocorrido desde a formação das primeiras rochas, há mais de 4 bilhões de anos (Ozima, 1989)

- Descargas Elétricas na Atmosfera: entre 25 e 40 km de altitude, existe a camada de O₃, onde descargas elétricas naturais, pelo menos em interfluxos de climas hostis, intercalares nas várias eras geológicas, especialmente em períodos mais quentes e secos, poderiam, através do enorme potencial elétrico, induzir que os gases O₃, O₂ e o íon O⁻ reagissem com o H₂ ou mesmo com H₂O, formando mais compostos, inclusive H₂O juvenil ou nova nos estado gasoso e líquido (gotículas). Esta geração de matéria água é, quantitativamente, desprezível (Wallace & Farquhar, 1977).

- Antrópica: pode ser de origem laboratorial, isto é produzida de maneira intencional e controlada, ou de origem residual, não intencional:

a) Laboratorial: pode-se criar água de duas maneiras: 1) pela combinação ou reação química de ácidos e bases gerando sal e H₂O; 2) pela quebra molecular de O₂ e H₂, através de grandes dispêndio energético, que após esta quebra, seus átomos se combinariam formando uma nova molécula de H₂O. As quantidades de água criadas em laboratório são irrisórias, devido, principalmente, aos grandes custos financeiros e tecnológicos para efetuar tais operações. Desconhece-se, no presente, mecanismos que possam induzir espontaneamente estas reações e conseqüentemente reduza seus custos e viabilizem a “fabricação” de água.

b) Residual: uma nova tecnologia para geração de energia elétrica são as chamadas células combustíveis, que vêm se desenvolvendo com bastante intensidade nos últimos anos, e que geram, como resíduo processual, água, que muitas vezes, é reaproveitada na própria célula. A tecnologia ainda é incipiente

em termos quantitativos e as quantidades de H₂O geradas em cada célula são mínimas.

2º Enfoque: Toda a água existente na Terra seria de origem cósmica, sendo que:

Segundo Ozima (1989) e Dott Jr & Bottem (1988), pode ter ocorrido que toda a água da Terra seja de origem natural e meteórica, isto é, provinda do espaço sideral ou cósmico, sendo que foi, inserida no planeta em dois momentos:

- a) em um primeiro instante (proto planeta) com posterior resfriamento, equivalendo a origem telúrica primordial, já descrita, que representaria 50% do volume existente.
- b) em uma fase posterior, até cerca de 3 bilhões de anos atrás, com um intenso bombardeamentos de “Bolas de Água”, ou seja o planeta tomava verdadeiros banhos de água (“*water fresh*”). Isto representaria o complemento do anterior.

Cabe ressaltar que as duas correntes teóricas quanto a origem da água na Terra convergem no sentido de que a existência da substância no ciclo hidrológico tem permanecido praticamente constante, em termos de quantitativos (volume próximo a 1,4 bilhões de km³) ao longo de pelo menos os últimos 400 milhões de anos, embora qualitativamente, sua condição em distintos estados físicos, tenha variado ao longo das eras geológicas.

2.3. O SISTEMA TERRA

A idéia do planeta Terra como um sistema remonta à Antigüidade, tendo, principalmente, aceitação nos contextos religiosos e filosóficos. Porém, na comunidade científica, esta concepção sistêmica só começou a vingar a partir da década de 1960, com o advento das primeiras viagens espaciais (Rebouças et al, 1999).



FIGURA 12: Imagem real do planeta Terra obtida por satélite espacial.
Fonte: <http://www.google.earth.com>.

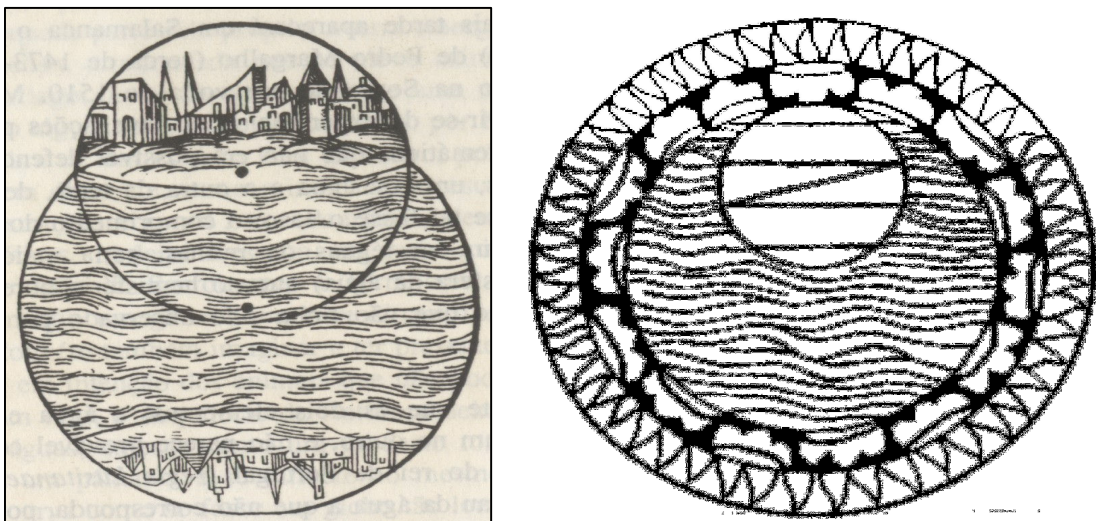


FIGURA 13: Representação da Terra, apresentando dois enfoques sistêmicos diferentes, sendo o primeiro com duas esferas da terra e da água, conforme entendimento do sistema planetário na concepção buridiana; e o segundo com quatro esferas, da terra, da água, do ar e do fogo, segundo *Sphaera*. Fonte: Randles (1990).

No enfoque sistêmico entende-se o todo (no caso o planeta) como formado por diversas interfaces, partes ou esferas concêntricas, que interagem e interferem entre si, de maneira integrada, não podendo ser compreendido apenas com a análise de cada uma destas partes isoladamente, como concebido pelo pensamento mecanicista clássico. Esta integração ou interação decorre dos permanentes fluxos de energias e matérias que ocorrem entre elas. A Termodinâmica, parte da Físico-Química que estuda as transformações, transferências e conservação de energia em seus diversos

tipos (cinética, potencial, térmica, elétrica, magnética, etc) fornece o arcabouço teórico e conceitual deste enfoque, e, em seus princípios gerais, divide o universo em duas partes, sistema e vizinhança:

Sistema: é a parte do todo (ou do universo) a qual tem-se especial interesse ou ainda a parte cujas propriedades físicas estão sob investigação;

Vizinhança(s): é (são) a(s) parte(s) limítrofes ao sistema, do qual está separada e pela qual pode-se fazer observações.

Existe ainda a Fronteira, que separa o Sistema da(s) Vizinhança(s) e define os Espaços (lugares) correspondentes a cada uma das partes que compõem o todo.

O Sistema pode ser:

- **Aberto:** Quando há troca ou passagem de energia e matéria entre a(s) Vizinhança(s) e o Sistema através de sua(s) Fronteira(s).
- **Fechado:** Quando há troca ou passagem de energia mas não de matéria entre a(s) Vizinhança(s) e o Sistema através de sua(s) Fronteira(s).
- **Isolado:** Quando não há troca nem de energia nem de matéria entre a(s) Vizinhança(s) e o Sistema através de sua(s) Fronteira(s).

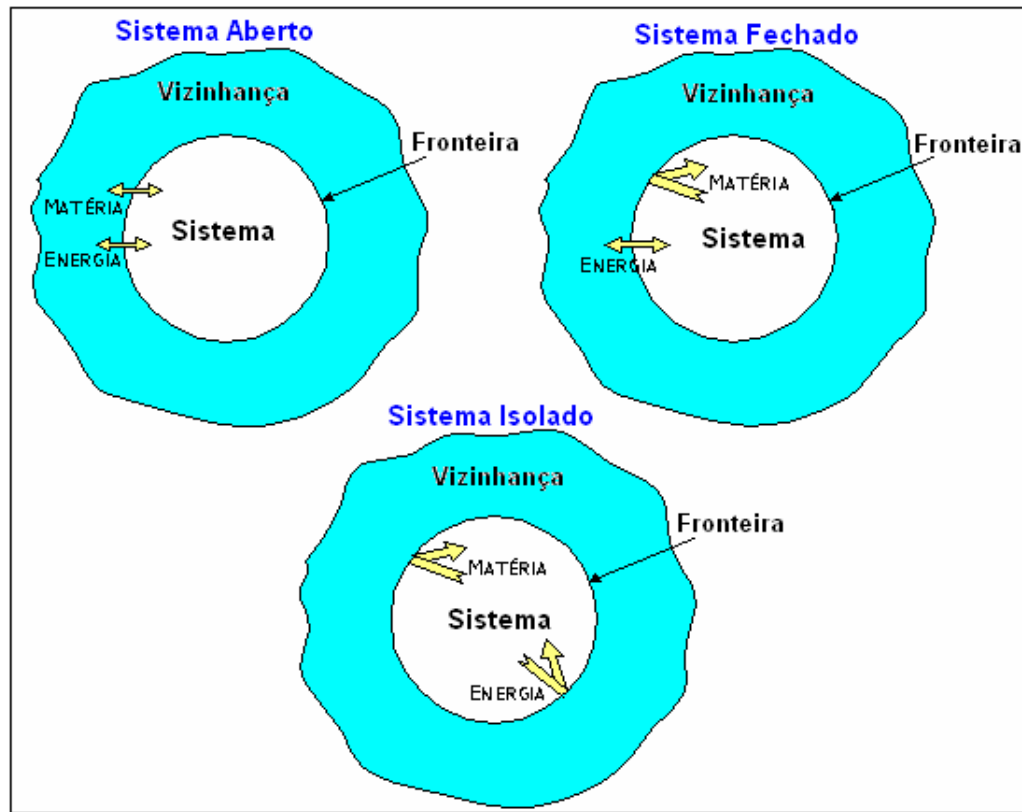


FIGURA 14: Desenho Esquemático dos três tipos de Sistemas: Aberto, Fechado e Isolado.

O sistema Terra é composto por quatro partes (Kump et al, 2004): atmosfera, hidrosfera, biota e Terra sólida.

- **Atmosfera:** é a fina camada formada por diversos gases, que serve como “envelope” da Terra, separando-a de sua vizinhança (fronteira com o Espaço Sideral).
- **Hidrosfera:** é a totalidade dos diversos reservatórios de água (oceanos, mares, rios, lagos, aquíferos, etc.), inclusive o gelo das calotas polares e geleiras.
- **Biota (ou Biosfera):** é composta das entidades ou seres vivos.
- **Terra Sólida:** é composta por todas as rochas e minerais bem como de fragmentos rochosos não consolidados. Corresponde ao maior volume e densidade do planeta, dividindo-se em três grandes partes: núcleo, manto e crosta.

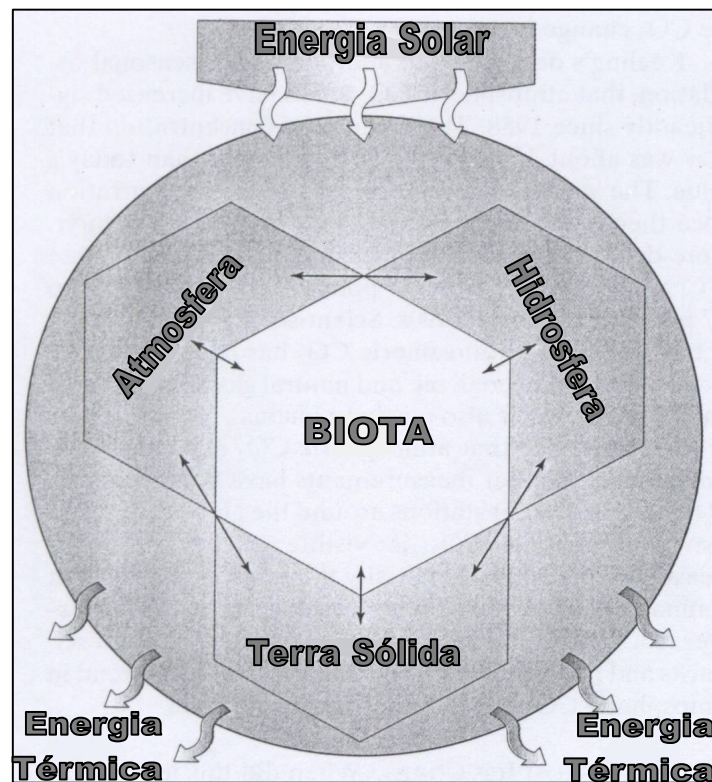


FIGURA 15: Diagrama Esquemático do Sistema Terra, mostrando interações entre seus componentes. Fonte: Kump et al, (2004).

Rebouças et al (1999), entre outros autores, consideram a existência de seis partes, somando às quatro já citadas, a criosfera e a Antroposfera:

- **Criosfera:** sub divisão da hidrosfera, correspondente as calotas polares e geleiras
- **Antroposfera:** também chamada de tecnosfera, esfera humana, esfera da inteligência ou noosfera, sendo um sub divisão da biota (ou biosfera) correspondente à população humana.

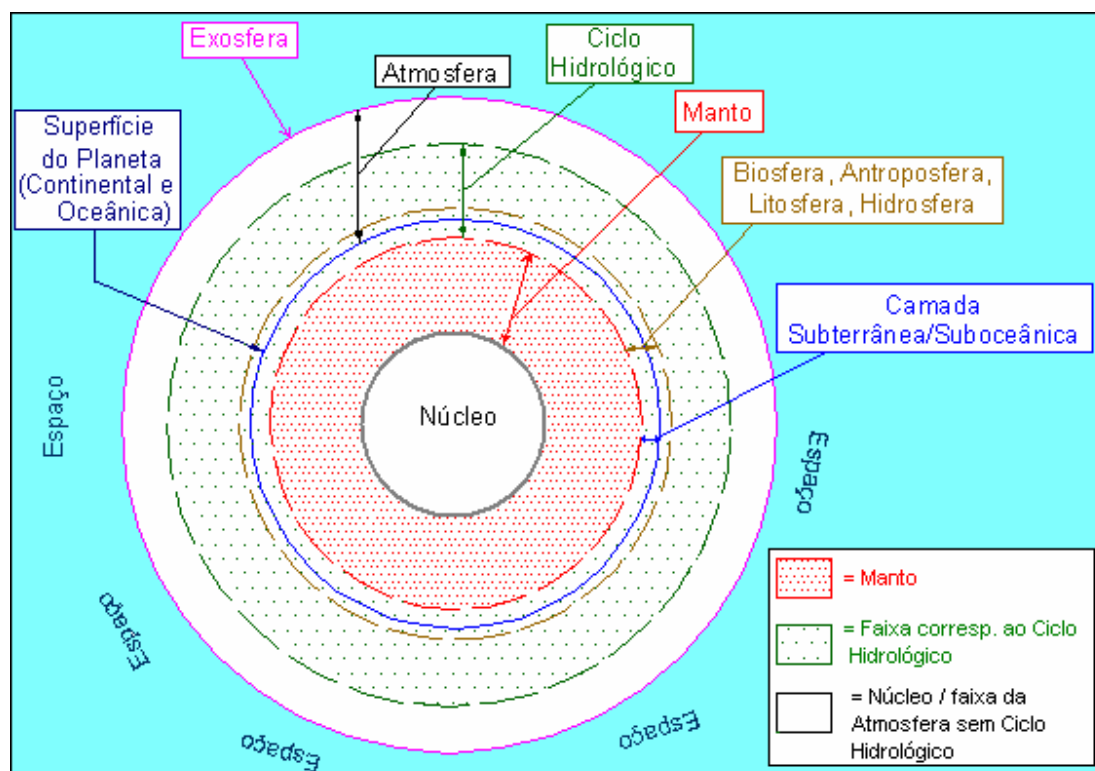


FIGURA 16: Desenho Esquemático do “Sistema Terra”, com ênfase nos elementos e interfaces que compõem o Ciclo Hidrológico inseridos e contextualizados no Sistema.

O entendimento de que a Terra é um sistema, isto é, a visão sistêmica do planeta, atualmente é quase consensual no meio científico, com o reconhecimento da interdependência de todos os ciclos de energia e matéria existentes neste espaço (Globo), incluindo o ciclo hidrológico, modelo que sintetiza e representa o processo responsável pela dinâmica da hidrosfera e, segundo Tundisi (2003), o princípio unificador fundamental de tudo o que se refere à água no planeta.

2.4. CICLO HIDROLÓGICO

Desde que ingressou no planeta à época de sua formação, a água, elemento constituinte da hidrosfera, integra e é um componente determinante em praticamente todos os mecanismos e processos geológicos, energéticos e biológicos, em especial na atmosfera e nas superfícies sólida (continentes) e líquida (oceanos, mares, lagos, rios) planetárias, bem como nos primeiros estratos ou camadas da litosfera. O elemento água está presente no Sistema Terra em um sub-sistema denominado ciclo hidrológico,

no qual não só altera seu estado físico como desloca-se, tanto vertical como horizontalmente, e, em consequência das mudanças físicas e dos movimentos espaciais, se recicla e produz efeitos nos seres vivos (flora e fauna), nas entidades inanimadas, como as rochas e os solos, além de realizar um importantíssimo transporte de energia (calor em especial).

A importância deste ciclo é inquestionável. Barron et al. (1989) ressaltaram que a história da Terra é fortemente influenciada pelo ciclo das águas, no tocante às variações de temperatura decorrentes dos fluxos de gases e de energia na atmosfera planetária, na erosão e transporte de sedimentos e conseqüente formação do relevo, do solo e da cobertura vegetal. A propriedade de solvente universal da água a torna parte essencial das reações químicas e dos ciclos geoquímicos. Enfim, em quase todos os processos inerentes ao Sistema Terra, a água, inserida em seu ciclo, está presente.

Ainda Barron et al (1989) recomendaram que o Ciclo Hidrológico, tão importante para o funcionamento do Sistema Terra, deveria ser o principal campo de estudos no que se refere às mudanças globais.

Tucci (2001) afirma que, embora as civilizações antigas não conhecessem o ciclo natural das águas, elas as usavam racionalmente, transformando-as em recursos hídricos, através de obras que atualmente se denominariam de engenharia, tais como irrigações no Egito e Mesopotâmia, aquedutos para abastecimento urbano em Roma, além de trabalhos de controle de inundações com diques na China. Considera ainda que apenas os filósofos gregos, em especial Marcus Vitruvius Pollio, que viveu em torno do ano 100 a.C., apresentaram alguns conceitos próximos ao que se entende atualmente como o ciclo hidrológico, conceitos estes que só foram ampliados, aprofundados e consolidados a partir do século XV d.C., principalmente a partir de trabalhos de Leonardo da Vinci e Bernard Palissy. Na Grécia antiga, admitia-se que as águas dos mares é que supriam ou alimentavam os rios através do subsolo, o que hoje é sabido como absolutamente equivocado.

Em verdade, os princípios gerais e fundamentais do ciclo hidrológico já eram de conhecimento da humanidade há mais de 2.700 anos. O texto a seguir transcrito, que foi redigido entre os anos de 760 e 690 a.C., descreve, com impressionante correção, o ciclo das águas, especificamente a precipitação (*chuva e neve descem do céu*), a drenagem com parte de seus efeitos (*regar, fecundar, cumprir a missão*) e a evaporação (*volta*), ainda que sob um enfoque poético/religioso, pois, à época, não existia o que se entende atualmente por fundamentação científica:

“¹⁰ Como a chuva e a neve descem do céu e para lá não voltam, sem terem regado a terra, tornando-a fecunda e fazendo germinar, dando semente ao semeador e pão ao que come, ¹¹tal ocorre com a palavra que sai da minha boca: ela não volta a mim sem efeito; sem ter cumprido o que eu quis, realizado o objetivo de sua missão”.
(Isaias, Capítulo 55, Versículos 10/11 in Bíblia de Jerusalém, 2004)

Já considerando os modernos conceitos da Termodinâmica, entende-se um processo como um método de operação pelo qual se efetua uma mudança de estado. Para ser descrito, devem ser estabelecidos alguns parâmetros como a fronteira, a(s) mudança(s) de estado, o(s) caminho(s) e os seus efeitos tanto no sistema em si como na(s) vizinhança(s). Quando em um sistema há mudanças de estado e retorno à condição inicial, o caminho dessa transformação é chamado ciclo e o processo pela qual a transformação é efetuada é denominado processo cíclico.

O Ciclo Hidrológico, sendo um processo dinâmico e cíclico, no qual há utilização e transformação de energia, com reações e transformações físico-químicas, pode ser entendido também como um Sistema, da forma como concebido pela Termodinâmica, isto é, pode ser estudado como uma parte do universo na qual há um interesse especial. Aquilo que não é integrante do Sistema, seja energia, matéria ou espaço, mas que encontra-se limítrofe ao mesmo, deve ser entendido como Vizinhança, da qual o Sistema é separado por uma Fronteira.

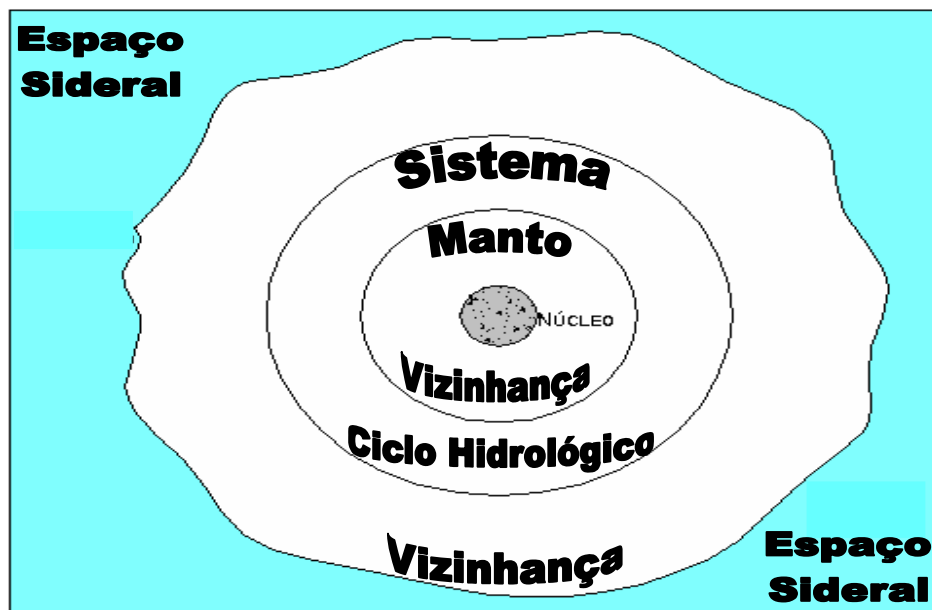


FIGURA 17: Desenho Esquemático do Sistema “Ciclo Hidrológico”.

2.4.1. Ciclo hidrológico: na concepção como sistema fechado

As comunidades científicas e profissionais, os órgãos de gestão político-administrativa dos recursos hídricos, todos os segmentos da sociedade, tanto no âmbito nacional quanto internacional, concebem o Ciclo Hidrológico da maneira como ilustrado nas figuras a seguir expostas:

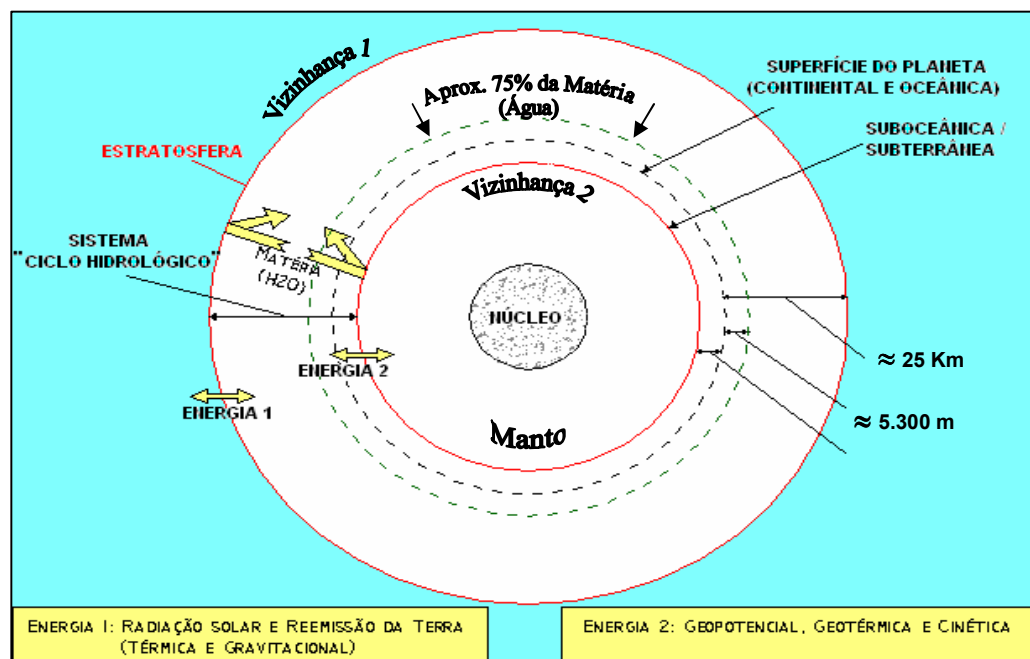
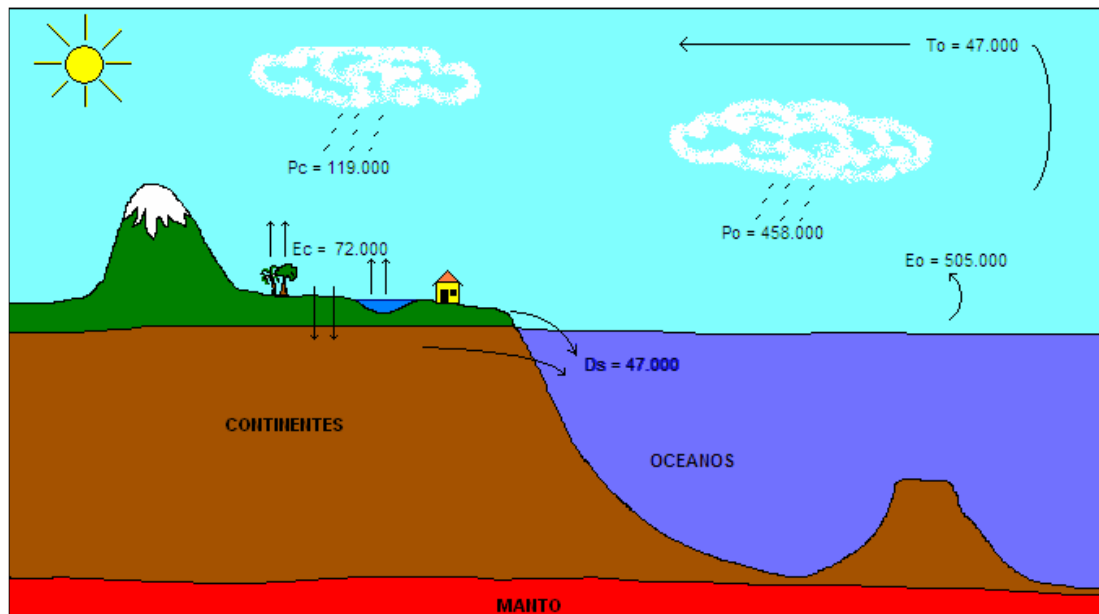


FIGURA 18: Desenho Esquemático do Ciclo Hidrológico, na concepção Fechado.



Legenda(*):

Eo = Evaporação nos oceanos

Ec = Evaporação nos continentes

Po = Precipitação nos oceanos

Pc = Precipitação nos continentes

Ds = Drenagens superficial / subterrânea para os oceanos

To = Transferência dos oceanos para os continentes através da atmosfera

(*) Valores expressos em km³/ano

FIGURA 19: Desenho Representativo dos Fluxos e Quantitativos do Ciclo Hidrológico, na concepção Fechado.

Desta forma concebido, de acordo com os princípios básicos da Termodinâmica, o Ciclo Hidrológico é entendido como um Sistema Fechado, pois há troca de energia térmica (ingresso de radiação solar e re-emissão ou resposta do planeta desta mesma radiação - albedo e ondas longas -, já transformada) e gravitacional (interação Sol, Lua, Terra e outros astros, que proporciona o movimento de translação e as estações do ano) bem como de energias gravitacional ou geopotencial, geotérmica e cinética originárias do interior da Terra, relacionando as massas do interior do planeta (vizinhança) e da matéria do sistema (água) que ensejando, respectivamente, a precipitação, drenagens, etc, o deslocamento das placas litosféricas, as manifestações vulcânicas e o movimento de rotação, gerando os dias e as noites.

A matéria (água), em tese, não entra nem sai do sistema, permanecendo constante, em termos quantitativos. Embora seja muito difícil a mensuração precisa

desta grandeza, estudos recentes estimam o volume total da matéria água inserido no ciclo hidrológico em 1.385.984 milhões de km³ (Tundisi, 2003).

A distribuição geral deste volume nos diferentes reservatórios é muito heterogênea e pode ser sucintamente descrita como a seguir: 96,50% nos oceanos (água salgada) e praticamente 3,50% nos continentes (gelos, lagos, rios, aquíferos, umidade do solo, etc.). Existem ainda traços ou pequenas quantidades de água na atmosfera (0,001%) e nas entidades vivas – biosfera – (0,0001%). Há cerca de 1% de águas salgadas também nos continentes e mares, além dos oceanos, restando somente, como água doce, cerca de 2,50% do total das águas do Planeta. Deste saldo de água doce, praticamente 69% encontram-se nas Calotas Polares e Geleiras, 30% são aquíferos (lençóis e reservas subterrâneas) e cerca de 1% estão à superfície em rios, lagos e outros reservatórios.

O Sistema corresponde aos processos cíclicos de evaporação/transpiração, transporte vertical, condensação, precipitação, infiltração, absorção pela biomassa, percolação e drenagens superficial e subterrânea.

Cabe ressaltar que alguns raros autores admitem, de forma indireta e tênue, a possibilidade ou hipótese do ingresso de matéria no ciclo hidrológico (água juvenil), seja através de atividades vulcânicas (Teixeira et al, 2000), seja através de meteoros (Tundisi 2003 e Garcia et. al 2004). Este hipotético ingresso não é equalizado nem integrado ao referido ciclo, o qual, esquemática e conceitualmente, é sempre concebido da mesma forma geral da literatura, como acima exposto, isto é, um sistema fechado, sem troca de matéria.

2.4.2. Ciclo hidrológico: na concepção como sistema aberto

O avanço do conhecimento na área das geociências, seja na tectônica de placas, na hidrogeologia, na meteorologia, na oceanografia e em diversas outras especialidades, ocorrido nos últimos anos tem sido enorme, promovendo mudanças em conceitos já estabelecidos e consolidados. Fenômenos outrora desconhecidos são observados e medidas que antes não podiam ser executadas atualmente são

realizadas, muitas por modelagens, com auxílio de tecnologias há pouco tempo inexistentes, tais como satélites artificiais, radio sondagens, programas computacionais e inúmeras outras.

Especificamente no tocante às águas do planeta, Ahrens (1989) constatou que, do volume existente nos oceanos (96,50% do total), há um estoque em cerca de 50% desta quantidade no manto superior do Planeta. Isto é, cerca de 700 milhões de km³ potencialmente transportáveis do manto para a hidrosfera e atmosfera. Há, portanto, uma enorme quantidade de matéria (água) passível de ingressar no ciclo hidrológico através de vulcanismo. Não se identificou na literatura científica qualquer abordagem deste processo de permuta ou troca de matéria entre o manto e as camadas mais externas do planeta como parte intrínseca do ciclo hidrológico.

Apenas nos últimos anos foram descritas e quantificadas, ainda que de forma indireta e com certo grau de imprecisão, estas transferências de água do manto para os oceanos (ingresso de matéria) e no sentido inverso também, da hidrosfera para o manto (saída de matéria).

Ito et al (1983), DeVore (1983), Kasting & Holm (1992) estudaram os processos de transformações do assoalho oceânico e das variações do volume e dos níveis dos mares e identificaram que nas cadeias meso-oceânicas e nos “hot spots” ocorre a passagem de água do manto para os oceanos e nas zonas de subducção ocorre o inverso, isto é, a passagem de água dos oceanos para o manto. Quantificaram estas passagens. No presente trabalho adotou-se as medidas de DeVore (1983).

Frank (1990) e Pielou (1998) descreveram o ingresso de água no Planeta Terra através de pequenos cometas denominados “bolas de neve”, astros estes com cerca de 20 a 40 toneladas, que vaporizam-se, pelo atrito com a atmosfera.

Berner & Berner (1996) e Walker (1977) relataram a quantidade de ingresso de água juvenil proveniente de vulcanismo continental e a saída de água do planeta por foto dissociação das moléculas de hidrogênio e oxigênio nas altas camadas da atmosfera, provocada por raios ultra-violetas.

A tabela 1, sintetiza os quantitativos acima relatados e os efetivamente adotados:

Tabela 1 – Balanço anual de entrada e saída da matéria água no ciclo hidrológico.

	Quantidade Relatada	Quantidade Convertida (km ³)/ano (*)
Ingressos		
Cometas (Bolas de Neve)	3 trilhões de ton/10.000 anos	0,0003
Vulcanismo Oceânico	$2,2 \times 10^{14}$ g/ano	220,0000
Vulcanismo Continental	(**)	73,3333
	INGRESSO TOTAL	293,3336
Saídas		
Foto-Dissociação	0,0048 Km ³ /ano	0,0048
Zonas de Subducção	$3,0 \times 10^{14}$ g/ano	300
	SAÍDA TOTAL	300,0048
	BALANÇO ANUAL	- 6,6712

(*) Adotou-se, para fins de simplificação na conversão em km³, a densidade da água como de 1,00g/cm³.

(**) Walker (1977) apud Berner & Berner (1996) indicava uma quantidade de 0,03 km³/ano, que corresponde a apenas 0,1% do relatado por Devore (1983) para o mesmo fenômeno, sendo que no ambiente oceânico (220 Km³/ano). Embora as medições destas grandezas sejam muito difíceis e ensejem grande grau de incerteza ou variabilidade, para efeito de simplificação e utilização no balanço acima exposto, desconsiderou-se a quantificação de Walker, considerada muita baixa, e adotou-se, no presente trabalho, para a contribuição do vulcanismo continental, a grandeza correspondente a 1/3 da considerada para o oceânico, pois, a superfície continental tem, aproximadamente, esta mesma proporção em relação à dos mares.

Conciliando e compartilhando as quantidades acima sintetizadas, pode-se conceber o Ciclo Hidrológico da seguinte maneira:

² WALKER, J. C. G. 1977. *Evolution of the atmosphere*. New York, [s.n.]

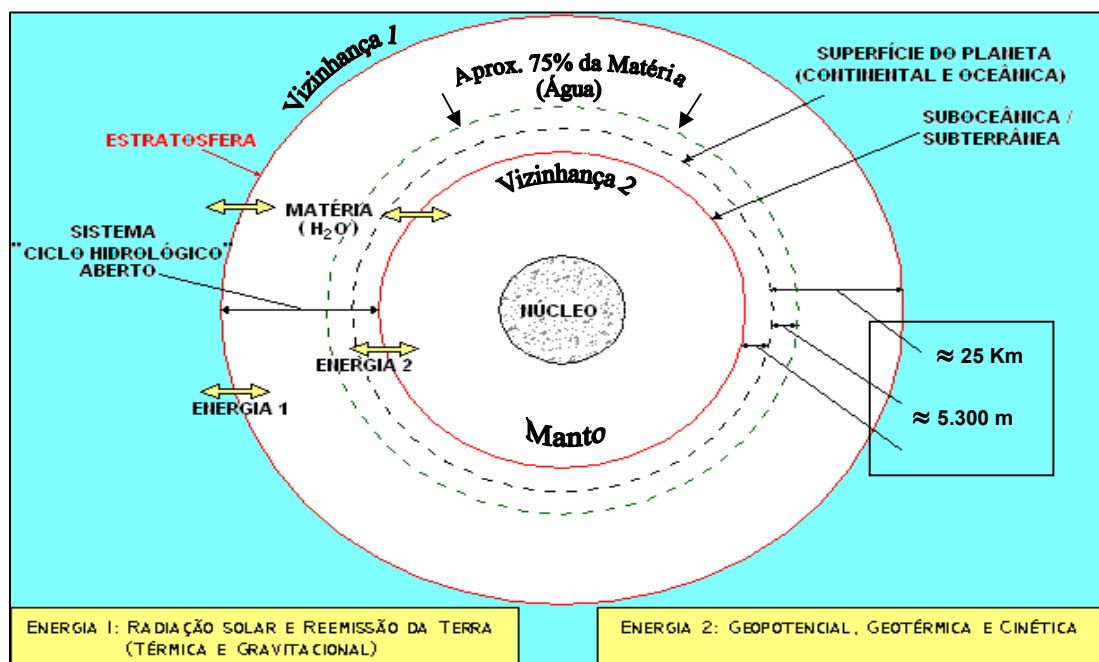
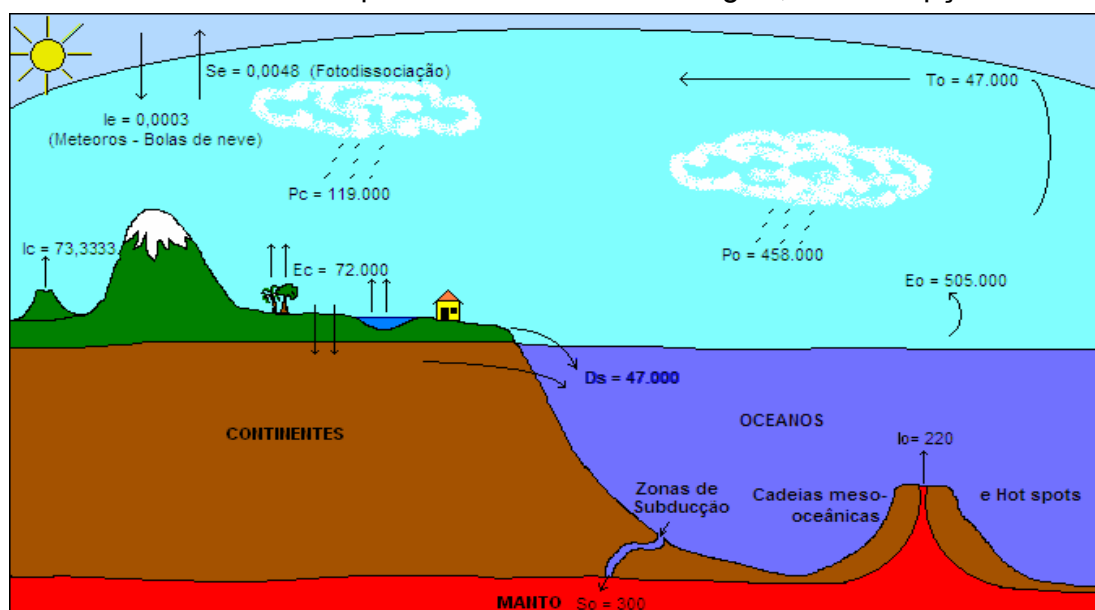


FIGURA 20: Desenho Esquemático do Ciclo Hidrológico, na concepção Aberto.



Legenda(*):

Eo = Evaporação nos oceanos

Ec = Evaporação nos continentes

Po = Precipitação nos oceanos

Pc = Precipitação nos continentes

Ds = Drenagens superficial / subterrânea para os oceanos

To = Transferência dos oceanos para os continentes através da atmosfera

Io = Ingresso oceânico

Ic = Ingresso continental

le = Ingresso espacial

So = Saída oceânica

Se = Saída espacial

(*) Valores expressos em km^3/ano

FIGURA 21: Desenho Representativo dos Fluxos e Quantitativos do Ciclo Hidrológico, na concepção Aberto.

2.4.3. Análise comparativa entre as 2 concepções do sistema “ciclo hidrológico”

Em qualquer das duas concepções do Sistema, o fluxo de energia através das fronteiras existe e, por este motivo, não será objeto de análise na presente tese. A grande diferença está no fluxo de matéria.

O Ciclo Hidrológico, concebido como Sistema Fechado, mantém a quantidade de matéria (água) permanente, ou seja, a quantidade existente, de 1.385.984 milhões de km³, é a mesma desde que ocorreu uma estabilização das condições climáticas e mecânicas do Planeta, o que ensejou o referido ciclo, há cerca de 3,2 bilhões de anos. Cabe ressaltar que esta concepção não só confere que a quantidade seja constante como também determina que toda a água existente no Sistema é a mesma desde o início do processo, obviamente com permanentes reciclagens e mudanças de fases (ou estados físicos).

Quando concebido como Sistema Aberto, o Ciclo não só considera que a matéria em si é cambiada ou trocada com outras interfaces do Planeta, mas especificamente com o manto. Isto é, a água existente não é sempre a mesma, como também apresenta discretíssima variação quantitativa de matéria, da qual o balanço indica uma perda anual absoluta de 6,6712 Km³. Esta perda, que já é, em números absolutos, muito pequena, se considerada em termos relativos, significa apenas $0,48 \times 10^{-11} \%$ do volume total e a 2,22% do volume cambiado. Isto é, absolutamente sem significado real, tendendo a zero. Como as quantificações das passagens (ingressos e saídas) de água entre o Sistema e suas vizinhanças apresentam imprecisões ou variabilidades consideráveis, estimando-se estas em $\pm 30\%$, pode-se entender fdx que este pequeno número obtido no Balanço (-6,6712 km³/ano) seja resultado destas flutuabilidades das medições, considerando, então, como resultado real e prático do balanço hídrico entre ingressos e saídas o equilíbrio, ou seja, o balanço pode ser considerado nulo, não ocorrendo nem ganho nem perda de volume.

Desta forma, em qualquer dos dois enfoques, verifica-se que o volume total de matéria água no Ciclo mantém-se inalterado e constante, na ordem de 1,386 bilhões de km³.

A convergência do resultado quantitativo dos dois diferentes enfoques, porém, não ocorre no aspecto qualitativo. Como sistema fechado, a água presente no momento é a mesma desde do início do ciclo. Já como sistema aberto, há uma permanente troca de matéria entre o ciclo (sistema) e o manto (vizinhança), fazendo que a água não somente seja reciclada como também renovada.

Adotando-se, por aproximação, a quantidade de 300 km³/ano de troca de água, pode parecer pouco significativa para o ciclo como um todo, representando apenas 0,000022% do volume total. Porém, este volume representa cerca de 4% (quatro por cento) da descarga total anual do Rio Amazonas (202.000m³/s $\approx$ 6.370 km³/ano) e, quando focado em horizonte temporal mais longo, como por exemplo, desde a última glaciação, há cerca de 10.000 anos, quando a humanidade iniciava suas atividades civilizatórias, inclusive a agricultura, atinge 0,21645% do volume total. Embora novamente esta quantidade pareça pequena, esta permuta é qualitativamente muito significativa, pois corresponde a cerca de 216 (duzentos e dezesseis) vezes toda a água contida como estoque na atmosfera (0,001%), e 24 (vinte e quatro) vezes a precipitação anual média total nos continentes (0,009%).

Conjeturando sobre o espaço temporal que ensejaria a troca ou renovação total do volume de água no Ciclo, quando concebido neste trabalho, com permuta anual de 300 km³, demandaria cerca de 4,6 milhões anos para ocorrer, ensejando, desta forma, cerca de 696 ciclos de renovação total da matéria água nestes últimos 3,2 bilhões de anos (Abreu et al, 2005a), considerando, nesta conjetura, que a o 2ª Enfoque teórico já exposto no início deste capítulo, defendido por Ozima (1989) e Dott Jr & Bottem (1988), que considera a origem da água no planeta Terra exclusivamente meteórica (cósmica).

2.5. TIPOS DE ÁGUA

A água, embora seja uma substância única, formada pela união de moléculas compostas apenas por três átomos de apenas dois elementos (H₂O) é, ao mesmo tempo, simples e complexa. Dificilmente apresenta-se “pura” na natureza. Isto ocorre como consequência de suas características intrínsecas, como seu arranjo molecular,

que enseja alto grau de ionização e sua grande capacidade de combinar-se com outros elementos muito mais facilmente do que outras substâncias da natureza, em condições normais de temperatura e pressão. Além disto, devido a sua importância e enorme utilidade em múltiplas atividades humanas, altera-se a forma de enxergar, perceber, conceituar ou ainda enfocar a substância.

Desta forma, não existe água em um sentido único, mas sim diversas águas, das quais, a seguir serão relacionadas algumas: doce, salobra, salgada, desaerada, dura, potável, destilada, natural, oxigenada, mineral, radioativa, termal, vegetomineral, juvenil, territoriais, pesada, outorgável, forte, lustral, benta, régia, meteórica, de cal, de cloro, de Javel, etc.

Dentro da proposta desta tese, entre os inúmeros conceitos ou tipos de águas, destacam-se os seguintes (Salati et al, 1983 e Tundisi, 2003):

1) Localizadas e integrantes da Amazônia (sempre úteis, mas nem sempre usadas pelo ser humano):

- Águas Brancas: ricas em sedimentos, típicas de rios que passam em regiões com processo erosivo intenso. Com pH entre 6,5 e 7,0, ou seja, praticamente neutra, contendo quantidade relativamente altas de sais minerais em soluções.
- Águas Pretas: sem muitos sedimentos, típicas de rios com pouca capacidade erosiva. Com pH flutuando em torno de 4,0, ou seja, de caráter bastante ácido, o que provoca uma possibilidade de se desenvolverem pequenas populações de animais aquáticos, em especial peixes.
- Águas Claras: chamadas também de cristalinas, típicas de rios transparentes e com cor esverdeada, com transporte de poucos sedimentos. Com grande heterogeneidade de seu pH, variando entre 4,5 e mais do que 7,0, sendo que quando ácidas, pobres em sais minerais e quando neutras com quantidades maiores e alta percentagem de cálcio e ferro.

2) Localizada em qualquer parte do planeta, inclusive na Amazônia (não utilizadas, em tese, pelo ser humano, embora extremamente útil à humanidade):

- Água Virtual: conceito proposto em 1993 pelo Professor J. Anthony Allan, da Universidade de Londres e consagrado pela comunidade científica e por Órgãos Internacionais somente dez anos depois, em Kyoto, no Japão. Pode ser entendido como a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço, estando embutida no produto (que não é a água em si), não apenas no sentido visível, físico, mas principalmente no sentido 'virtual'.

Como Exemplos tem-se:

- a) 1 cabeça de gado bovino, que pesa cerca de 600 Kg, necessita de 4 milhões de litros de água (já incluindo a ingestão própria durante a sua vida e a manutenção do pasto que a alimenta);
- b) 1 tonelada de soja requer entre 2 a 2,75 milhões de litros de água;
- c) Cinco mil chips de 32MB, cada um pesando 2g, consomem 16 mil litros de água, no total, para serem fabricados;

Estudos mais recentes já consideram que a água virtual não deva ser calculada apenas nas fases de produção do bem em si, isto é, da quantidade utilizada durante o processo produtivo, mas sim no que se denomina “vida útil” deste mesmo bem, isto é, desde de sua produção até sua utilização final e posterior rejeição, na condição de resíduo ou lixo.

Outra importante característica da água que faz diferenciá-la em si própria é a sua mobilidade, isto é, a sua capacidade de realizar movimentos horizontais e verticais, e através destes movimentos, inserir-se em distintas esferas do Sistema Terra. Esta inserção ensejou as várias áreas da Hidrologia, ciência originária das geociências e que, devido a sua relevância, atingiu “status” de autônoma, com caráter eminentemente interdisciplinar, abrangendo uma ampla parte do conhecimento humano, estudando as águas na Terra como um todo, que segundo Tucci (2001), pode ser dividida em cinco subáreas como a seguir:

Hidrologia:

- 1) Hidrometeorologia: trata da água na atmosfera;
- 2) Limnologia: refere-se ao estudo de lagos e reservatórios;

- 3) Potamologia: estudo dos arroios e rios;
- 4) Glaciologia: relaciona-se com a neve e o gelo na natureza;
- 5) Hidrogeologia: trata das águas subterrâneas (aqüíferos).

Na divisão acima, na qual as águas são estudadas em função de suas localizações ou, no caso específico da glaciologia, pelo seu estado físico, podem ser também consideradas como nos seguintes, tipos: atmosféricas (ou aéreas), sejam líquidas ou gasosas – Subárea Hidrometeorologia (1); superficiais estáticas (ou quase) – Subárea Limnologia (2), superficiais dinâmicas – Subárea Potamologia (3), sólidas – Subárea Glaciologia (4) e subterrâneas – Subárea Hidrogeologia (5). E dentro de divisão de estudo, pode-se ainda subdividir as águas nas inúmeras condições expostas anteriormente.

3 ÁGUAS E O CICLO HIDROLÓGICO NA AMAZÔNIA

3.1. AMAZÔNIA

Uma das regiões mais famosas e também das menos compreendidas do mundo, a Amazônia, batizada no século XVIII de “*Hiléia*” (do grego “zona das selvas”) pelo naturalista alemão Alexander Von Humboldt, de certa forma, confunde-se, de maneira imprópria e equivocada com a própria bacia hidrográfica do Rio Amazonas (Barsa, 2004 e Ana, 2004). Em verdade constitui-se de uma grande extensão do planeta, com enorme complexidade, heterogeneidade e diversidade no tocante a vida (fauna e flora), ao clima, às suas características físico/químicas/geográficas e, principalmente, a integração e interrelação entre estas diversas interfaces. O fascínio que exerce na humanidade em geral, mas, especificamente, em cientistas, estudiosos, desbravadores, empresários e empreendedores comerciais, tem ensejado várias atividades de pesquisa e de exploração mercantil da região, atividades estas que têm se desenvolvido ao longo de vários séculos. Mesmo assim, muito ainda há de desconhecimento e mesmo quantificações e medidas fundamentais e básicas, como, por a título de exemplificação, os limites, a superfície ou área, a própria extensão ou comprimento e a mesmo a vazão ou descarga do Rio, são, em grande parte, pouco precisas ou mesmo indefinidas. Aragón (2002) levantou uma questão ainda sem resposta conclusiva: “*Até onde vai a Amazônia?*”.



FIGURA 22: Vista Geral do Rio Amazonas e da Amazônia.
Fonte: www.inpe.br, modificado.

De maneira genérica o termo “Amazônia” é aplicado para designar esta imensa área localizada na zona tropical, mais próxima a faixa Equatorial, com terras predominantemente de baixas altitudes (planícies) e abundante cobertura florestal, ao norte do continente sul-americano, correspondendo a todo o norte do Brasil, estendendo-se ainda por mais sete países: Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia, além da Guiana Francesa, (Salati et al, 1983 e Meirelles Filho, 2004). Alguns autores consideram ainda que se pode entender ou admitir como Amazônia maiores extensões de terras do que as já descritas, cobrindo outros países da América do Sul além dos nove já citados, estendendo-se até o sul do México, já na América Central (Mello Filho, 2004), o que, na presente pesquisa, não será adotado, por entender-se ser uma extensão, de certa maneira, exagerada e desprovida de sustentação. Esta “Amazônia Continental” ou ainda “Grande Amazônia” (Meirelles Filho, 2004), que também pode ser entendida como Pan Amazônia (Mattos, 1980), compreende um ecossistema e, embora não seja possível se demarcar seus limites com precisão, muito menos com exatidão, envolve uma superfície de cerca de 7.000.000 km², com outras diversas estimativas variando entre 5.846.100 km² (Barsa, 2004) e 8.267.681 km² (Dominguez, 2003). Corresponde a, aproximadamente, 50% das terras da América do Sul e 5% de toda superfície de terra firme do planeta.

Tabela 2 – Áreas ou superfícies dos países que compõem a Amazônia, em termos absolutos (Km²) e relativos (%).

País	Área Total (em Km ²)	% na Amazônia	na Amazônia (em Km ²)
Bolívia	1.098.581	36,23%	398.015,90
Brasil	8.511.965	55,46%	4.720.677,52
Colômbia	1.138.914	41,80%	476.066,05
Equador	272.045	42,55%	115.745,00
Guiana	215.083	100,00%	215.083,00
Peru	1.285.216	59,10%	759.562,66
Suriname	163.820	100,00%	163.820,00
Venezuela	912.050	6,00%	54.723,00
Guiana Francesa (*)	86.504	100,00%	86.504,00
TOTAIS	13.684.178		6.990.197,13
Valores aproximados e adotados	13.700.000		7.000.000

Várias fontes

(*) Não é um país, mas sim um Departamento ultramarino da França que está inserido no ambiente Amazônico.

A Amazônia como um todo (a Pan - Amazônia) e mais especificamente a área drenada pelo atual rio Amazonas (a Bacia do Rio Amazonas, que ocupa a maior parte da Grande Amazônia) se originou, indubitavelmente, na Era Paleozóica, existindo algumas controvérsias se há 420 milhões de anos, no Período Siluriano, (Salati et al, 1983) ou se há mais de 500 milhões de anos, ou seja, no Período Cambriano (Ibama, 1994). A bacia surgiu a partir da implantação de um complexo sistema de falhas que se desenvolveu sobre o escudo pré-cambriano e de movimentações que aconteceram ao longo de sua história, em diferentes ocasiões que a moldaram na sua feição atual.

No seu início, isto é, no Paleozóico, inexistia a Cordilheira do Andes, formada pela interação das placas litosféricas que constituem o assoalho do Oceano Pacífico e parte oeste da Placa Sula-Americana no final do Período Cretáceo e início do Terciário (Eras Cenozóica/Mesozóica), há cerca de 70 milhões de anos. Os continentes atuais (África, Américas, Europa, Ásia, Antártica e Oceania) ainda estavam integrados, no Ciclo de Supercontinentes, formando, àquela Era, a Pannótia e, posteriormente, o Pangea. Somente no final da Era Mesozóica (Período Cretáceo), ocorreu a separação dos continentes que começaram, então, a tomar as feições, formas e posicionamentos atuais.

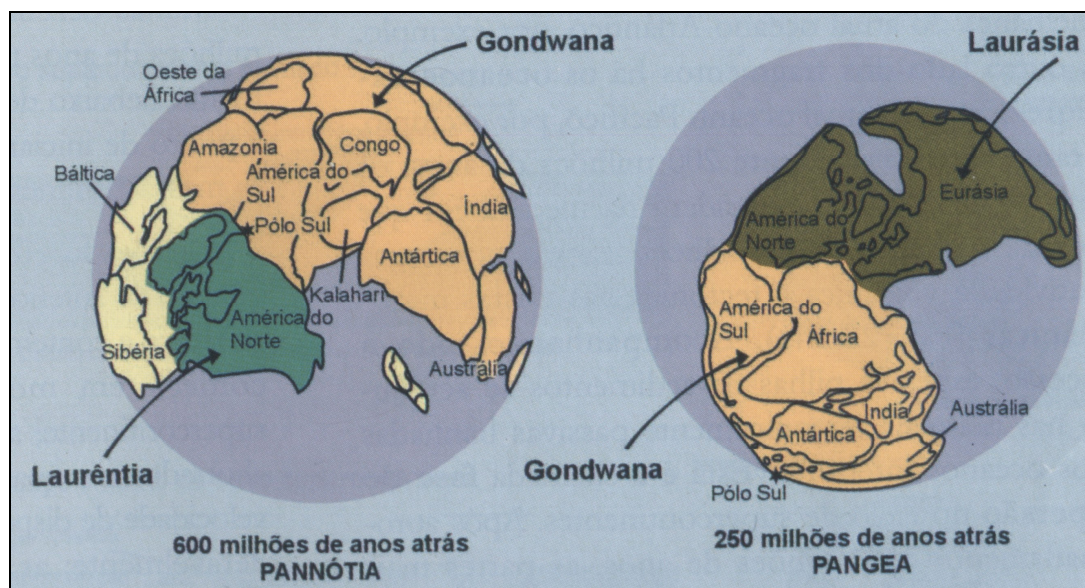


FIGURA 23: Surgimento e desaparecimento dos principais continentes.
Fonte: Teixeira et al, (2000).

Durante mais de 300 milhões de anos, desde o surgimento da bacia até o soerguimento dos Andes, a drenagem predominante era no sentido oposto ao atual, isto é, do leste para o oeste, descarregando onde atualmente é o Oceano Pacífico. Durante este período, ocorreram pelo menos duas transgressões marinhas com a conseqüente deposição de seqüências sedimentares que constituem os Grupos Trombetas, Urupadi, Curuá e Tapajós, onde se destacam de forma predominante arenitos (Tancredi, 1996).

Após o surgimento e consolidação dos Andes, configurou-se a topografia como atualmente existe, formando-se o Rio Amazonas e estabelecendo-se então o padrão de drenagem atual da bacia, com fluxo de oeste para leste, com o exutório no atual Oceano Atlântico. Nesse novo contexto geotectônico que já se estende por mais de 60 milhões de anos – período Cretáceo e Terciário - depósitos sedimentares extensivos levaram a formação do Grupo Javari (formações Alter do Chão e Solimões, com litotipos representados por arenitos, siltitos e argilitos, e que encerram, provavelmente, as maiores reservas de águas subterrâneas do planeta. Posteriormente, sedimentos mais recentes do Quaternário (aluviões com argilas, siltes, areias e cascalhos), com

ocorrência fortemente controlada pela rede de drenagem atual, completam o quadro lito-estratigráfico regional.



FIGURA 24: Evolução geológica da Amazônia em conjunto com a evolução do planeta, em milhões de anos (A: Supercontinentes Pannótia/Pangeia; B: Surgimento da bacia; C: Separação dos continentes; D: Formação e construção dos Andes e E: Amazônia na situação atual. Fonte: Cabrine (2004) e Kump et al (2004), modificados.

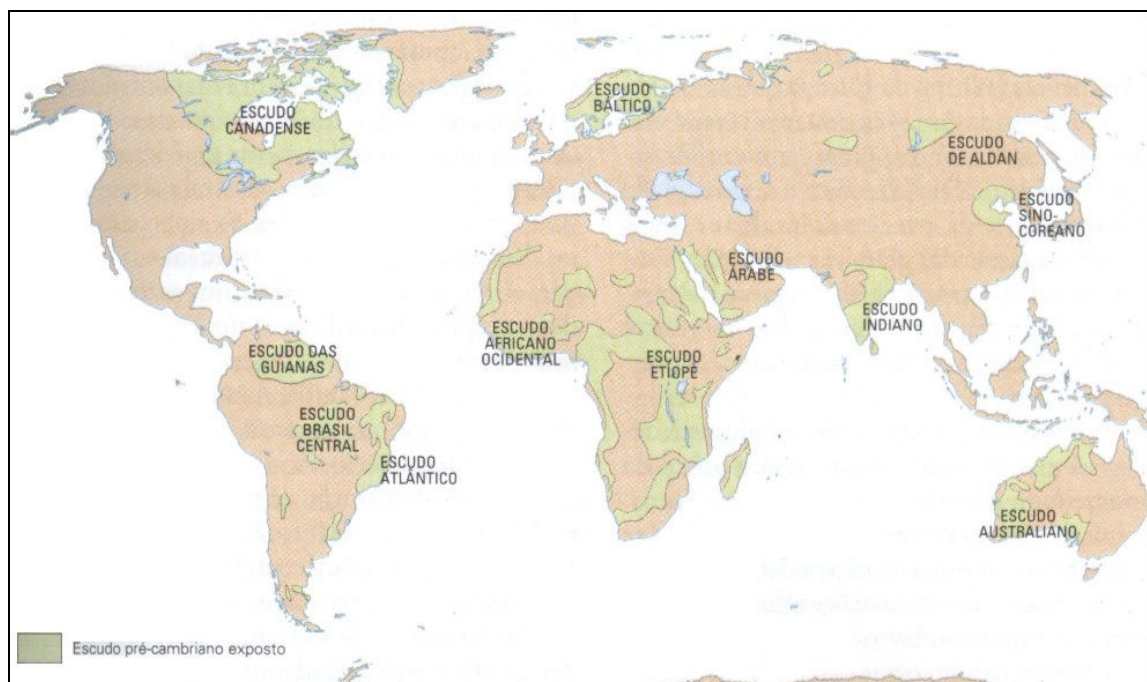


FIGURA 25: Visualização das formações rochosas do Pré-Cambriano em escala global. Fonte: Barsa, 2004.



FIGURA 26: Limites da Amazônia. Fonte: www.inpe.br, modificado.

As condições geográficas, climáticas e biológicas (fauna e flora) atuais da Amazônia são relativamente recentes, e contam cerca de 700 anos. A grande floresta,

que tanto impressiona e que permite a existência da enorme biodiversidade e abundância das águas surgiu nesta época, após um período onde predominou um clima semi-árido até árido responsável pela existência, há cerca de 1.000 anos, de grandes áreas de savanas em quase toda a bacia amazônica (Ibama, 1994 e Sioli, 1985).

Esta Grande Amazônia compreende em sentido *lato*, na sua parte central a grande bacia sedimentar que integra as bacias sedimentares do Acre, Solimões, Amazonas, foz do Amazonas (Marajó), Pará – Maranhão, geologicamente separadas. É limitada pelo escudo das Guianas ao norte e pelo Maciço Central do Brasil ao sul. A Oeste o limite é a Cordilheira dos Andes, edificada, como já exposto, no Cretáceo. A Leste o limite é o Oceano Atlântico.

A Amazônia é bem maior do que a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas. Cabe salientar que não há um conceito único para Bacia Hidrográfica. A seguir serão elencados os concebidos por alguns autores:

- 1) Conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por vários cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. Tucci, (2001).
- 2) Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Schneeberger, (2003).
- 3) Parte, porção ou complexo de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e sub afluentes, sendo a expressão muitas vezes utilizada no sentido de vale. Pode ser delimitada gráfica e fisicamente pelos divisores de águas, de onde as mesmas escoam até os talwegues dos rios. Existem três tipos: a bacia exorréica, quando a descarga é diretamente em outra bacia, no mar ou no oceano (72%); a bacia endorréica, quando a matéria água não se exterioriza, “perdendo-se” nas depressões (11%) e a bacia arréica, quando não há escoamento superficial (rios de sub superfície) (17%). Fontes diversas.

- 4) Área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, tal que a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída. (Viessaman Jr et al, 1975).
- 5) É uma área de captação da água de precipitação, demarcada por divisores topográficos, onde toda água captada converge para um único ponto de saída, o exutório. (Karmann, 2000).

Algumas entidades e Órgãos no âmbito nacional, tais como a **ANA** (Agência Nacional das Águas) e a **SECTAM** (Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Pará) vêm, mais recentemente, **utilizando a expressão “Região Hidrográfica”** para definir ou discriminar o que seja, em termos práticos, a mesma conceituação acima exposta sobre a expressão “Bacia Hidrográfica”, sendo que esta nomenclatura (bacia) é a que será adotada na pesquisa, por ser de caráter mais universal, utilizada pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Órgão Oficial para estudos geográficos e cartográficos do país bem como por outras instituições e órgão internacionais. A denominação “Bacia” pode ser melhor inteligível para os estudiosos do tema, leigos e a população em geral.

Logo, a Bacia Hidrográfica, embora tenha algumas definições diferentes, em qualquer situação ou conceituação, necessariamente é delimitada por um divisor, assim denominado por ser a linha que separa ou divide as águas que precipitam (chuvas, geadas, etc.) em bacias vizinhas e que encaminha ou direciona o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial, via de regra (Villela & Mattos, 1975).

A denominação ou o nome dada a bacia em si é, quase que consensualmente, a mesma do curso d'água ou rio principal do sistema fluvial nela existente. Na figura 27 ilustra-se, esquematicamente, uma bacia genérica, e na figura 28 visualizam-se as principais bacias hidrográficas do planeta.

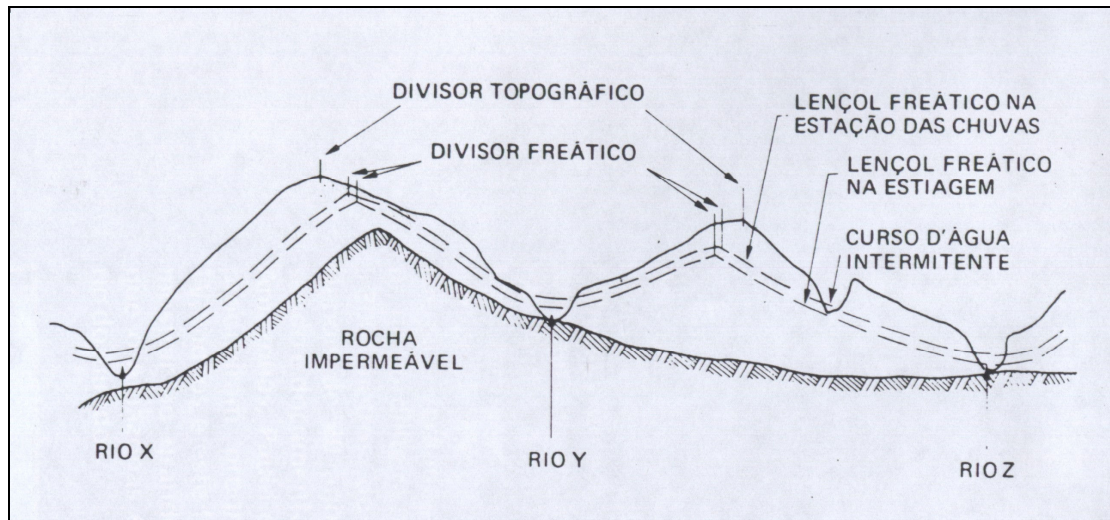


FIGURA 27: Desenho esquemático de uma bacia hidrográfica genérica.
Fonte: Villela & Mattos, (1975).

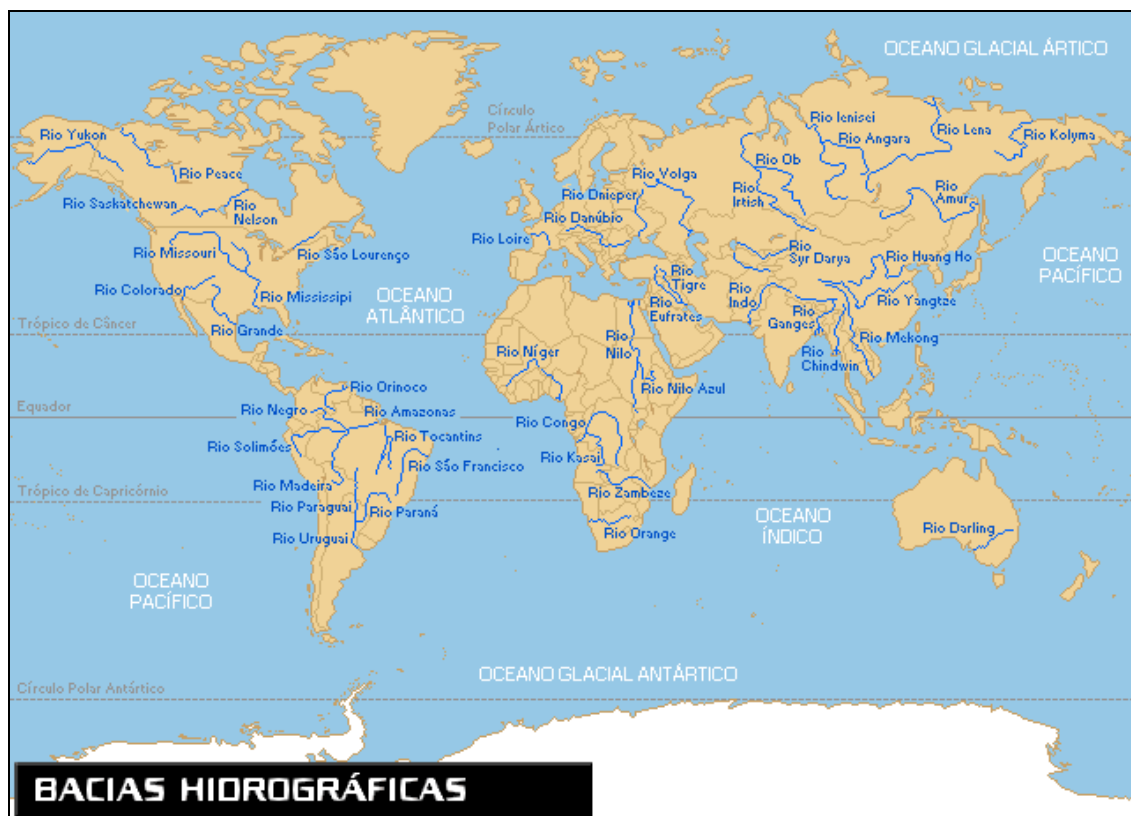


FIGURA 28: As maiores bacias hidrográficas do mundo.

Em termos genéricos, a bacia hidrográfica, no que tange a dinâmica de sua matéria (a água), pode ser definida por três elementos:

Entrada (*input*) – movimentos, circulação interna – saída (*output*)

- Entrada (*Input*): Precipitação (1º elemento) – entrada da matéria água;
- Movimentos: Escoamentos ou drenagem superficial, em especial pelo próprio rio (2º elemento) e circulações internas– movimento da matéria água;
- Saída (*Output*): Descarga ou vazão – saída da matéria água pelo exutório.

Os divisores, que estabelecem os limites espaciais ou geográficos dos elementos (entrada, circulação/movimento e saída) podem ser de dois tipos:

1º) Topográfico: definido, obviamente, pela topografia ou relevo da superfície, fixando ou estabelecendo, graficamente, a área da qual provém o deflúvio ou escoamento (drenagem) superficial da bacia. É o mais utilizado.

2º) Freático: definido, em geral, pela estrutura geológica da sub superfície (estratos), tanto no seu aspecto qualitativo (tipos, formações) quanto na sua geometria (mergulhos, espessuras, etc.). Este divisor estabelece, graficamente, os limites dos reservatórios subterrâneos (aqüíferos) e, muitas vezes, difere do topográfico.

Para este estudo serão considerados os divisores topográficos, pois não há como, no presente estágio e na escala de estudo, definir os freáticos.

Tendo-se estabelecidos os conceitos de Bacia Hidrográfica, seus elementos e seus divisores, pode-se definir a Amazônia, esta imensa área que é dotada de um vasto estoque e uma vigorosa circulação de águas, ensejando um complexo e importantíssimo sistema hídrico, formado, no nível da superfície terrestre, como tomada por seis grandes bacias hidrográficas:

- do Rio Orinoco;
- dos rios da Guiana/Suriname/Guiana Francesa;
- do Amapá (Atlântico Sul – trecho Norte);
- dos rios Tocantins/Araguaia;
- do Rio Amazonas

- do Atlântico Sul – trecho Nordeste Ocidental (Rios Mearim e Itapecuru).

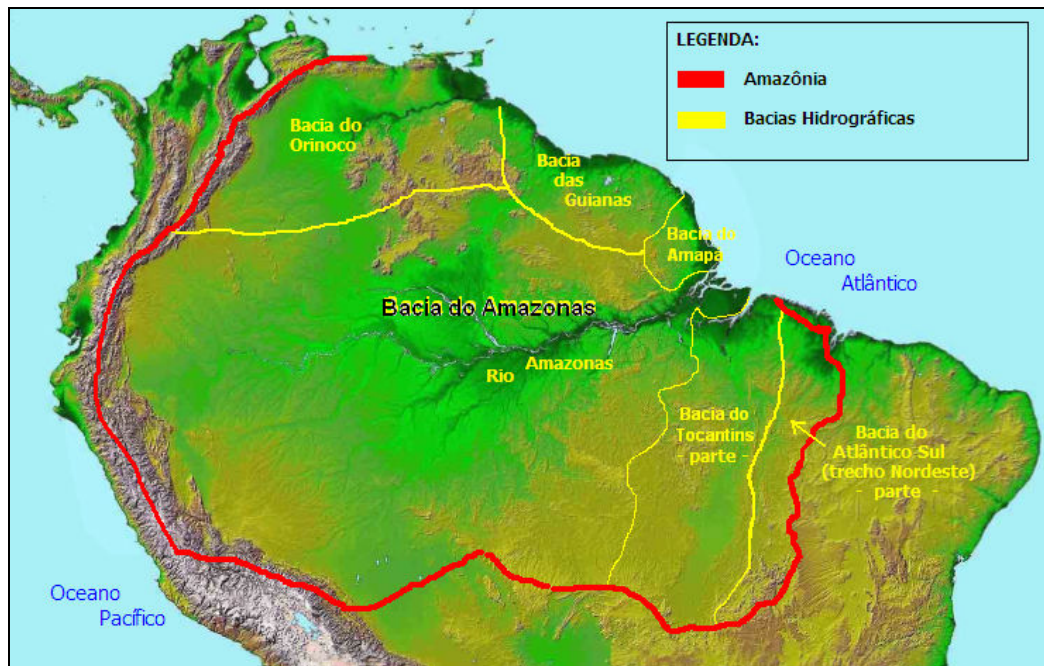


FIGURA 29: Vista da Amazônia e das Bacias Hidrográficas que a compõem.

Fonte: www.inpe.br, modificado.

As características gerais dessas seis bacias são:

- Bacia do Rio Orinoco;

Localizada no extremo norte da Amazônia, abrange uma área entre 880.000 Km² (Venaventours.com, 2004) e 945.000 km² (Atlas Mundial, 1994), ou ainda 1.032.524 km² (Dominguez, 2003), sendo 74% no território venezuelano, do qual ocupa 70% da superfície, e 26% em outros países, apresentando vazão ou descarga média de cerca de 30.000 m³/s através de diversos braços em seu delta do Oceano Atlântico. O rio Orinoco possui entre 2.140 km e 2.500 km de extensão, desde de sua nascente a 1.047 metros de altitude no Cerro Delgado Chalbaud (Venezuela) até a foz no Atlântico.

- Bacia dos Rios da Guiana, Suriname e Guiana Francesa:

Localizada ao norte da Serra Tumucumaque e da Bacia dos Rios do Amapá, a Oeste da Serra Pacaraima e a Sudeste da Bacia do Rio Orinoco, compreendendo os rios destes países tais como o Esequibo, Demerara, Berbice, Corentine. Drena uma

superfície de 469.790 km², ou, segundo outras fontes, 356.396 km², descarregando no oceano Atlântico cerca de 8.000 m³/s (Dominguez, 2003).

- Bacia dos Rios do Amapá (Oiapoque e Araguari):

Recentemente denominada por algumas Instituições de Pesquisa, Órgãos governamentais e Entidades de Ensino com uma bacia Secundária denominada Bacia do Atlântico Sul – trecho Norte (Brasil, 2004a) e equivocadamente inserida na Região Hidrográfica Amazônica pela ANA – Agência Nacional de Águas –, constitui-se de uma área com 76.000 km², correspondendo a parte leste do Estado do Amapá (entre a Serra do Navio - divisor de águas - e o Oceano Atlântico), onde escoam e são drenados diversos rios, em especial o Oiapoque mais ao norte e o Araguari mais ao sul, que descarregam no Atlântico, já no Hemisfério Norte, um volume de aproximadamente 3.680 m³/s.

- Bacia do Rio Amazonas (incluindo o Arquipélago do Marajó);

Área objeto do presente estudo, correspondente a superfície de drenagem do rio Amazonas, ocupando uma superfície de cerca de 4.700.000 km². É composta por milhares de cursos d'água (rios, canais, igarapés, paranás), cuja descarga no oceano Atlântico oscila entre 107.000 e 300.000 m³/s, dependendo da época do ano e de outros fatores, mas cujo valor médio é de 202.000 m³/s, que, posteriormente, devido a sua importância e grandiosidade, será mais detalhada.

- Parte da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins/Araguaia;

Abrangendo uma grande extensão, faz parte dos biomas Amazônia, ao norte e nordeste, e Cerrado nas outras áreas. Possui uma superfície entre 767.164 km² (Ana, 2004) e 813.674 km² (Fenzl & Mathis, 2003), distribuída entre os Estados de Goiás (25,7%), Tocantins (36,3%), Pará (16,5%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (17,6%) e Distrito Federal (0,1%), com descarga ou vazão média de 27.827 m³/s. Como já exposto, apenas parte desta bacia integra a Amazônia, sendo considerada, neste estudo, as parcelas dos Estados do Pará, Tocantins, Maranhão, em sua totalidade, desconsiderada as parcelas correspondentes aos Estados de Goiás e Distrito Federal,

também em sua totalidade, desconsiderando-se, ainda, pequena extensão ao sul do Estado do Mato Grosso, após a Chapada dos Perecis, área de influencia do Rio Araguaia, já na Zona do Pantanal. Desta forma, a área desta bacia integrante da Amazônia é de, aproximadamente, 555.732 km².

- Parte da Bacia do Atlântico Sul – trecho Nordeste Ocidental (Rios Mearim e Itapecuru);

Corresponde às extensões de terras entre as Bacias dos Rios Tocantins/Araguaia e do Parnaíba (no Nordeste do Brasil), com superfície total de 254.100 km², abrangendo pequena parte leste do Estado do Pará e outra um pouco maior do noroeste do Maranhão. Seus rios descarregam diretamente no Oceano Atlântico, apresentando vazão média de 4.266 m³/s. Apenas parte desta bacia pode ser entendida como integrante da Amazônia, sendo considerada, para este fim neste estudo, a parcela ao norte do Rio Mearim e excluída uma pequena faixa litorânea, o que enseja que da sua extensão total, aproximadamente 3/5, isto é, 152.460 km² integram a Amazônia. O exutório da bacia no Oceano Atlântico está fora da Amazônia, embora descarregue águas originárias da mesma.

É importante frisar que a divisão hidrológica da Amazônia como anteriormente exposta, isto é, em seis grandes bacias hidrográficas, no presente estudo deve ser entendida como a divisão da Amazônia Continental, Grande Amazônia e ainda Pan-Amazônica. Isto não é unânime ou apresenta consenso pelos estudiosos no assunto, muito pelo contrário. Mattos (1980), por exemplo, não considera as Bacias do Orinoco e das Guianas como integrantes da Amazônia e agrupa em uma única, denominada Amazônia, as bacias do Amazonas, Amapá, Tocantins e Atlântico Sul (Mattos, 1980). Antagonicamente a este, Dominguez (2003) considera que a Grande Bacia Amazônica é composta pelas “sub-regiões” das Bacias do Amazonas, do Orinoco e das Guianas.

A pesquisa, embora não de maneira restritiva, focará com maior ênfase na Bacia do Rio Amazonas, envolvendo as entradas, saídas, circulações internas e permanências (estoques) da matéria água nesta região espacial, considerada no trabalho sob o enfoque sistêmico, estudando a importância e interação destas águas

(matéria) com as outras interfaces do próprio sistema (matérias como fauna, flora, solos e energias como radiação, calor, ventos), com outros sistemas vizinhos e mesmo com todo o Sistema Terra e suas repercussões econômicas reais ou potenciais na própria região e no mundo.

3.1.1. Outras concepções de Amazônia

Também é importante ressaltar que, para determinados fins e sobre outros enfoques, a Amazônia pode também ser definida ou entendida de outras maneiras, tais como:

- Amazônia Legal: criada pelo governo federal brasileiro pela Lei 1.806 de 06.01.1953 e alterada pela Lei 5.173 de 27.10.1966, para fins de planejamento de desenvolvimento e diferenciações fiscais, tendo sido definida como todo o território brasileiro que abranja os seis estados da Região Norte do país (Amapá, Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima e Acre, que, de certa forma, também podem ser entendidos como a Região Amazônica) e mais os seguintes limites: paralelo de 16° S no Estado do Mato Grosso, paralelo de 13° S do Estado de Goiás (atualmente corresponde ao Estado do Tocantins) e Meridiano 44° W do Maranhão. Totaliza superfície de 5.033.072 km² (Salati et al, 1983) ou ainda 5.100.000 km² (Meirelles Filho, 2004), o que representa praticamente 60% do território nacional.

- Amazônia Biológica: também definida como o domínio ecológico da Amazônia corresponde a uma porção menor ou parte da “Grande Amazônia” anteriormente descrita que é formada pela soma do Bioma Amazônico propriamente dito e as zonas de transição (ecótono), que são os Biomas do Cerrado (com 414.000 km²) e da Caatinga (144.000 km²). Totaliza uma superfície de 4.240.000 km², dois quais cerca de 650.000 km² já foram objeto de antropismo depredador e encontram-se muito alterados e quase que totalmente degradados (Meirelles Filho, 2004).

- Amazônia como domínio da selva úmida com altas temperaturas: equivaleria a Pan Amazônia excluindo-se as partes altas das montanhas andinas e o cerrado

brasileiro, restringindo-se, em tese, a famosa Hiléia. Não havendo consenso quanto a sua extensão, variando entre 6.683.926 km² e 7.584.421 km² (Aragón, 2005).

- Amazônia do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA: documento que irmana oito países sul americanos (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela), assinada em Brasília no dia 3 de julho de 1978, que, em seu artigo II, estabelece como área espacial de aplicação do Tratado os territórios destes países que se localizam na Bacia Amazônica além dos que, pelas suas características geográficas, ecológicas ou econômicas, se considere vinculada à mesma. Mais uma vez não há consenso quanto a sua extensão, variando entre 7.186.750 km² e 7.590.083 km² (Mattos, 1980 e Aragón, 2005).

3.2. A BACIA DO RIO AMAZONAS

A bacia hidrográfica do Rio Amazonas, anteriormente apenas citada, apresenta uma área de 4.866.018 km² (calculada por raciocínio excludente: 7.000.000 km² - (880.000 + 469.790 + 76.000 + 555.732 + 152.460) km²), ou ainda, de 4.600.000 km² (calculada por métodos gráficos a partir da definição dos divisores de águas), é, sem sombra de dúvidas, a mais importante do planeta, seja pela sua extensão espacial, pelo volume de matéria água existente e circulante e, principalmente, pela interação destas águas com a biota e o clima, com repercussões em escala local, regional e planetária. Esta imensa massa d'água pode ser comparável, sob certas óticas, a um oceano.

O rio Amazonas é o maior do mundo, tanto em extensão, com 6.762 km (Saldanha, 1998) ou ainda 7.025 km (Barsa, 2004), quanto em volume de água, quantidade esta notoriamente enorme, mas não identificada ou quantitativamente definida na literatura. Há controvérsias quanto ao comprimento do rio, como em quase tudo referente a este colossal curso d'água. Até há cerca de 20 anos, o Rio Nilo, na África, era considerado o de maior extensão, com 6.695 km e o Amazonas o segundo, com 6.515 km (Atlas Mundial, 1994). Porém, o Instituto Geográfico Nacional Peruano realizou expedição no início da década de 1980, constatando que a verdadeira nascente do Rio Amazonas não se localiza no Distrito de Huanuco, Província de Junin, com coordenadas 10°3'S e 76°40'W, à 5.100m de altitude, no riacho Lauricocha, como

descrito pela Missão Flornoy, em 1941 (Le Cointe, 1945) e estabelecido como correto pela comunidade científica internacional, mas sim nas encostas do Nevado Mismi, na Província de Cayloma, com coordenadas $15^{\circ}30'49''\text{S}$, $71^{\circ}40'36''\text{W}$, à 5.300m de altitude.

Esta nova definição da nascente do rio incrementa em 90 km a extensão anteriormente definida, e, somando-se ainda cerca de 200 km a mais do que anteriormente definido como o que seja sua foz, o tornam o mais extenso do planeta. Medições ainda mais recentes, que ainda estão sendo realizadas pelo Inpe (Instituto de Pesquisas Espaciais), através de métodos de sensoriamento remoto, isto é, sem verificação diretas “in loco”, concluíram que o Rio Nilo teria uma extensão de 6.614 km, pois teve seu comprimento reduzido pelo surgimento do lago Nasser, quando da construção da represa de Aswan, em 1964, no Egito. Segundo ainda estes estudos, o Rio Amazonas teria entre 6.627 e 6.992 km, dependendo de como se considerar sua nascente, mas que, de qualquer maneira, seria maior do que o Nilo.

As fotografias a seguir ilustram o grande rio Amazonas em distintas partes de seu curso, da nascente a foz:



(a)



(b)

FIGURA 30: Fotografias da nascente do Rio Amazonas nas encostas do Nevado Mismi (a), na Província de Cayloma e dos primeiros riachos formadores do mesmo (b). Fonte: Saldanha, (1998).



FIGURA 31: Rio Amazonas em seu curso, visualizando-se seu aspecto meandrante, a planície e a hiléia (floresta). Fonte: Saldanha, (1998).



FIGURA 32: Foto processada a partir de imagem de satélite da foz do Rio Amazonas, coberta por flocos de nuvens. Fonte: Saldanha (1998), modificado.

O rio, em seu curso ou calha, nasce na Cordilheira dos Andes, no Peru, e atravessa o Brasil de oeste para leste, recebendo, em seus cursos, diversos nomes: Huarco, Toto, Hornillos, Apurimac, Ucayali, Solimões e, quando este conflui com o Rio Negro, adquire o famoso nome. Descarrega no Oceano Atlântico, em sua foz, entre os

Estados do Pará e Amapá. Alguns estudiosos entendem que o Rio apresenta um delta, outros discordam. No presente trabalho, no atual estágio dos estudos, não se pode declinar para nenhuma das duas hipóteses, considerando-se que o Rio Amazonas apresenta uma foz, que incorpora o Arquipélago da Marajó, formado pelas Ilhas do Marajó, Cavina de Dentro, Caviana de Fora, Mexiana, Curuã, Jurupari, Janaucu e outras menores. Cabe ressaltar que, diferentemente do que admitido no presente estudo, também pode-se considerar o Arquipélago do Marajó como uma unidade hidrológica distinta da Bacia do Rio Amazonas, isto é, uma outra bacia.

O Rio Amazonas, em quase toda sua extensão, é navegável e, pelo menos desde Iquitos, no Peru, até sua foz, possui calado mínimo de 8m nas águas baixas (Brighetti & Santos, 1999). Cabe ressaltar que sua lâmina d'água média varia entre 25 e 45 metros e, em alguns pontos, como às proximidades de Óbidos, no Pará, pode alcançar 83m (Le Cointe, 1945). De sua nascente até o pé dos Andes há grandes desníveis, porém, deste ponto (pé dos Andes) seu gradiente ou declividade é muito pequeno. Por exemplo: de Iquitos (107m de altitude) a Manaus (40m de altitude), a uma distância de 1.448 Km, o desnível é de 67m (gradiente de 5 cm/km) e de Manaus (40 m de altitude) a foz (0 m – nível do mar), a uma distância de 1.287 km, o desnível é de 40m (gradiente de 3 cm/Km) (Salati et al, 1983).

Os cursos d'água que contribuem para o Rio Amazonas, isto é, seus afluentes e sub afluentes, são milhares, tanto pela margem esquerda (ao norte) quanto pela direita (ao sul). Estes, que formam a Bacia Hidrográfica, abrangem 6 (seis) países (Peru, Bolívia, Equador, Brasil, Venezuela e Colômbia) e, no território nacional, 8 (oito) Estados (Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá, Tocantins, Mato Grosso e Pará).

As grandezas hídricas da Bacia do Rio Amazonas, notoriamente de grande monta, que chegam a impressionar cientistas e leigos, embora venham sendo estudadas ao longo destes últimos cinco séculos, desde de Vicente Pinzón, em 1500 e Francisco Orellana, em 1542, o qual batizou o rio com o nome atual, somente a partir de 1998/1999, com a implantação do projeto de pesquisa denominado LBA – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, sob responsabilidade do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - e

posteriormente do INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia -, vêm sendo objeto de medidas diretas, com instrumental próprio e adequado, de forma sistemática. A consolidação de todas estas medições, que são em número muito grande e extremamente complexas, ainda não foi realizada, o que só deverá ocorrer em 2005/2006 (Manzi, 2004)¹.

3.3. CICLO HIDROLÓGICO NA AMAZÔNIA

De forma bastante sucinta pode-se escrever, através de uma equação matemática, o ciclo hidrológico de certa região, área ou bacia hidrográfica, da seguinte maneira (Villela & Mattos, 1975):

$$I - O = \Delta S$$

Onde:

I = “Inflow” = ingresso da matéria água, via de regra através da precipitação sobre a superfície do solo e, em alguns, também de movimentos superficiais e subterrâneos alguns de cursos (rios) e aquíferos.

O = “Outflow” = saída da matéria água, via de regra no estado líquido e através do exutório (descarga) e, em alguns, também de outros mecanismos, mesmo a evapotranspiração.

ΔS = variações no armazenamento nas várias formas de retenção no volume da matéria água.

3

Adequando-se a fórmula matemática acima, em seus elementos formadores específicos da Amazônia, que devido a sua magnitude geográfica (7.000.000 Km²), suas características climatológicas, ao fato de que suas precipitações não se configuram no ingresso em si da matéria água, que se processa pelas correntes de vento do oceano com enorme quantidade de umidade e pela evapotranspiração da floresta, bem como que as seis bacias hidrográficas configuram-se como uma divisão

³ MANZI, A. O. 2004. “O Experimento de Grande Escala da Biosfera – Atmosfera na Amazônia – LBA”, Palestra no Centro de Geociências/UFPa, Belém. (Informação verbal).

das águas superficiais, mas que as águas como um todo, em especial as atmosféricas (precipitações e umidade), que ensejam o grande diferencial para a “valoração das águas” desta parte do planeta, são compartilhadas por todas as seis bacias que a compõem, pode-se conceber esquematicamente o ciclo da seguinte maneira, como ilustrado nas figuras 33 a 35:

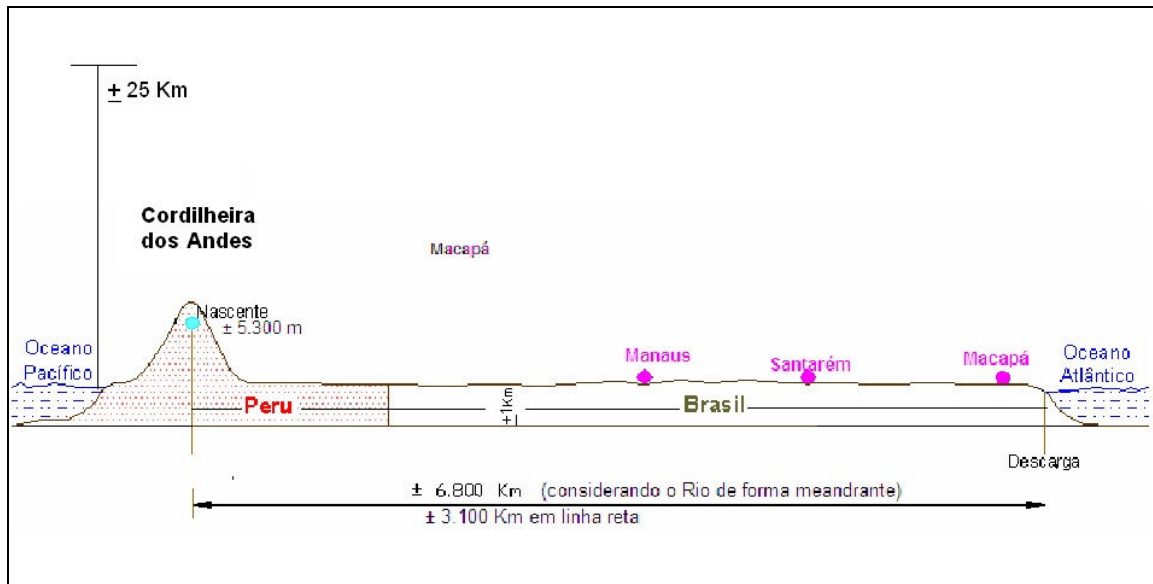


FIGURA 33: Perfil Longitudinal da Amazônia – Esquemático.

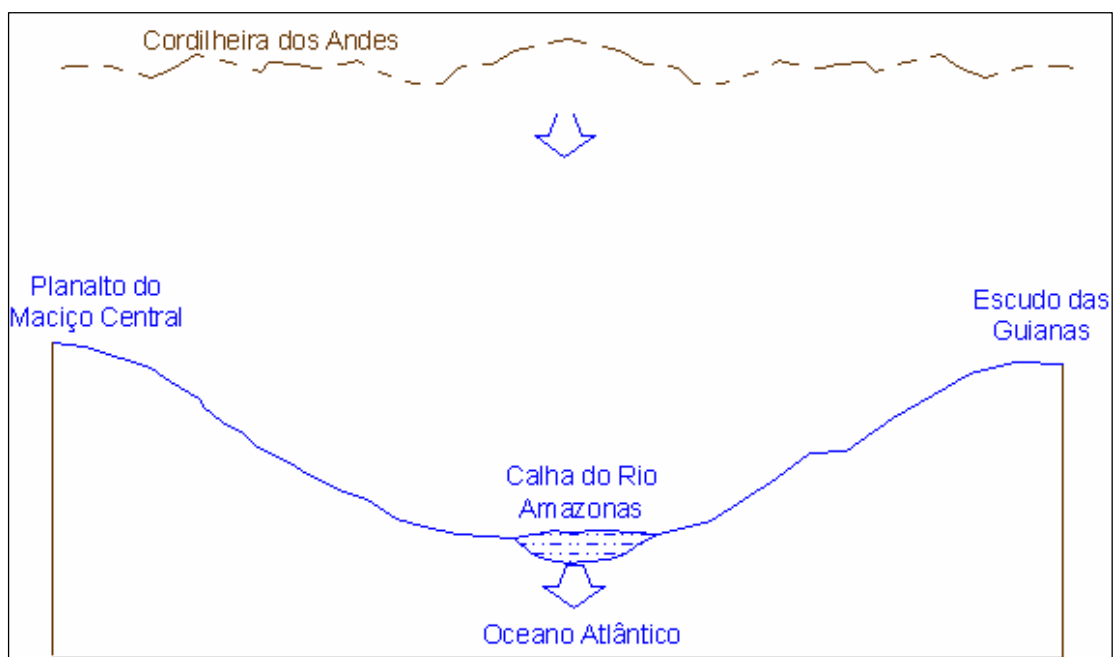


FIGURA 34: Perfil Transversal da bacia hidrográfica do Rio Amazonas – Esquemático.



FIGURA 35: Desenho Esquemático em Planta do Ciclo das águas na Amazônia, visualizando-se as seis grandes bacias hidrográficas que a compõem.

Nos desenhos apresenta-se, de maneira simplificada, um complexo e vigoroso sistema hídrico, onde constam os fluxos de água identificados e mais significativos e relevantes dentro da escala do estudo.

Ao se estabelecer o “Balanço Hídrico”, análogo a um “Balanço Contábil”, que permite calcular a quantidade de matéria água, seja do tipo circulante ou estocada (reservas), na Amazônia é necessário quantificar os componentes formadores do ciclo hidrológico.

Pode-se então responder, com o “Balanço Hídrico”, as seguintes perguntas:

- “Qual o volume total da matéria água presente Amazônia e na Bacia do Rio Amazonas?”
- “Como esta água se divide?”

É importante frisar importante aspecto quanto da escala do trabalho. Especificamente no tocante a estudos de hidrologia, como no presente caso, Mediono & Tucci (1997) esclareceram que o problema de escala é altamente significativo e relevante para a validação, precisão e acurácia das medidas e conclusões, tendo estabelecido, em seu estudo, o seguinte quadro:

ESCALAS BÁSICAS				Escala espacial (km)	Áreas e Assuntos	Principais Fontes de Dados
Hidrometeorologia	Hidrologia Superficial	Hidrologia Sub-superficial	Hidrologia Ambiental			
↑ Macro ↓ ↑ Meso ↓ ↑ Micro ↓	↑ Macro ↓ ↑ Meso ↓ ↑ Micro ↓	↑ Macro ↓ ↑ Meso ↓ ↑ Micro ↓	↑ Macro ↓ ↑ Meso ↓ ↑ Micro ↓	10 ⁵ 10 ⁴ 10 ³ 10 ² 10 1 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵	Escala Global. GCMs. Escala Continental Escala Regional. Camada Limite Planetária. Bacia Hidrográfica. Paisagens. Escala de Parcela Escala pontual do <i>continuum</i> Escala de Laboratório	Dados de Satélites Fotografias Aéreas. Dados de Campo.

FIGURA 36 Quadro com as variações das escalas básicas de estudos hidrológicos. Fonte: Mediono & Tucci, (1997).

Constata-se que a abrangência do estudo da Amazônia, na ordem de 7.000.000 Km², é, sem qualquer dúvida, planetária ou global (GCMs), e que as grandezas do trabalho não podem buscar o nível de detalhe.

Para realizar a parametrização das grandezas hídricas inerentes a Amazônia, foram realizadas amplas e profundas pesquisas bibliográficas, já que os dados são exclusivamente secundários isto por não ter sido possível a realização de medições “in situ” ou formação de uma base de dados primários “in loco” por motivos de exigüidade de tempo e pela escassez de recursos financeiros em face da grandeza da área de estudo.

Os elementos pesquisados foram objeto de análise criteriosa, cruzando-se as informações de fontes distintas, quando o caso, para possibilitar um tratamento preciso dos dados e a obtenção de resultados mais confiáveis. A figura a seguir ilustra o ciclo:

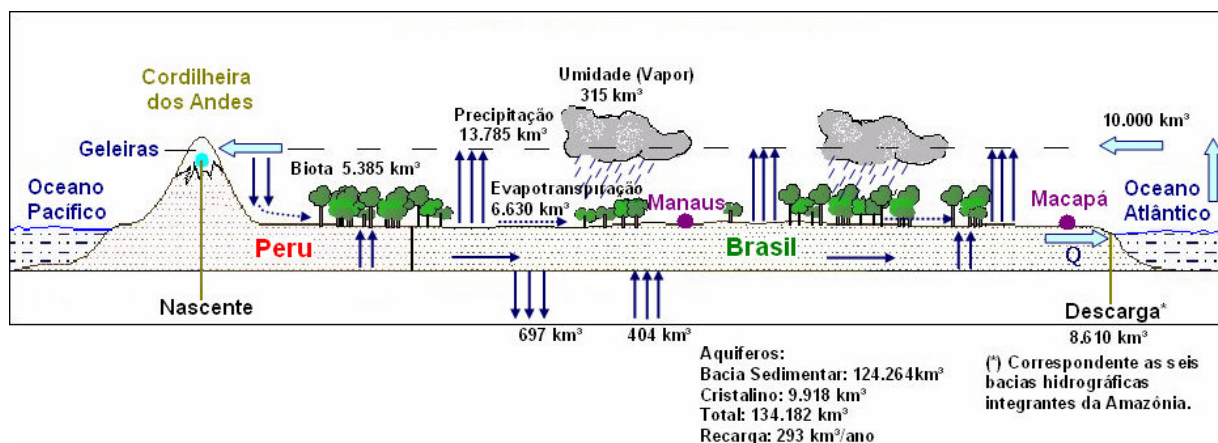


FIGURA 37: Perfil Longitudinal do Fluxo Hídrico da Amazônia.

Fontes: Ingresso Oceânico: Fearnside (2004);
 Precipitação: Ribeiro (1990), Salati et al. (1983) e Péguy (1970), modificados
 Evapotranspiração: IBAMA (1994)
 Infiltração/Contribuição de Subsuperfície: IBAMA (1994) e Tancredi (1996)
 Saída (Descarga): ANA (2005), Depetris & Paolini (2005), Caribbean Environment Program (1998) e Klein et al (2005), modificados
 Estoque dos Aquíferos: IBAMA (1994), Petrobrás (1994), Costa (1995a), Costa (1995b) e Tancredi (1996), modificados
 Biota: IBAMA (1994) modificado.

A tabela abaixo sintetiza os quantitativos acima relatados:

Tabela 3 – Balanço Hídrico da Amazônica

BALANÇO HÍDRICO		
	Volume (km³)/ano	Volume (litros)/ano
Inputs – Entradas		
Umidade do Oceano	10.000	10 trilhões
Reciclagem da Floresta	6.686	6,686 trilhões
TOTAL INPUT	16.686	16,686 trilhões
Outputs – Saídas		
Descarga Oceano	8.610	8,610 trilhões
TOTAL OUTPUT	8.610	8,610 trilhões
SALDO (POSITIVO)	8.076	8,076 trilhões

Estoques	Volume (km³)	Recarga (Km³/ano)
Aquíferos	134.182	293
Biota	5.385	
TOTAL	139.567	
Volume Total de Água: (*)	155.591	

(*) Vapor na Atmosfera, Precipitação desconsiderando a reciclagem, águas superficiais, águas integrantes da Biota e aquíferos.

Volume Total de água: Estoque mais matéria circulante (reciclagem) em km³ = 162.277

Este saldo do balanço hídrico pode ser a resposta para uma questão muito importante levantada por Fearnside (1997), quando, ao afirmar que estudos do “Goddard Institute os Space Studies (GISS)”, de Nova York (EUA) indicam que as águas originárias da Amazônia precipitam sob forma de chuvas em todo o território brasileiro e que não afetariam, pelo menos de maneira considerável, o clima de outros continentes, conclui que ninguém sabe quanto é o “input” da chuva originária da Amazônia na agricultura no sul do Brasil.

Em trabalho mais recente, o mesmo estudioso parametriza este hipotético “saldo” em 3,4 mil km³, embora sem uma clareza quanto aos métodos ou parâmetros utilizados para definir tal quantidade (Fearnside, 2003).

Nesta tese, considera-se que este saldo anual de 8.076 km³ ou 8,076 trilhões de litros de água configura-se em uma exportação de umidade para outras regiões, especialmente para o centro sul do país, sob forma de vapor d’água transportado na atmosfera.



FIGURA 38: Desenho Esquemático da umidade exportada pela Amazônia sob forma de vapor d’água.

4 A VALORAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

O valor de algo, inclusive os bens ou recursos naturais (a água entre eles) e os serviços advindos destes bens, denominados ambientais, no sentido de importância e valia, sempre existiu e foi percebido pelo ser humano desde os primórdios da civilização, inicialmente através de um processo de valoração ou avaliação exclusivamente intuitivo. No entanto, com o passar do tempo e o aumento da complexidade das atividades e das relações sociais, a atribuição deste valor, ou seja, como é estabelecido ou imputado e, de alguma forma, quantificado ou hierarquizado, tornou-se um processo bem mais amplo e complexo. Mais ainda quando se busca “medir” ou “mensurar” o valor e utiliza-se como unidade de sua grandeza a expressão monetária (moeda), pois a “medida” deve externar, representar ou indicar, simultaneamente, inúmeros atributos e grandezas qualitativas e quantitativas, inerentes ao que está sendo medido, mensurado, avaliado ou valorado.

A atribuição de valor, seja formal ou informal, é um componente necessário em qualquer processo de tomada de decisão racional. Estudos de valoração são de extrema importância e imprescindíveis para as ciências como um todo, em especial as áreas de economia ecológica ou meio ambiente e as de planejamento e gestão, pois fornecem o entendimento das diversas percepções de valor, bem como as deliberações e posturas humanas (Lockwood, 1997).

Mas qual o valor que o ser humano atribui às águas ou aos serviços prestados por elas? Este valor é único ou universal? É certo, compatível, lógico ou justo?

Apesar da importância para toda a vida do planeta o homem ainda não despertou para o real valor da água (Fernandes, 2005), embora, desde a Antiguidade, a sociedade humana, pelo menos em parte, ter consciência de sua valia.

Platão, filósofo e sábio grego, do Século IV AC, enunciava que “*Tudo que é útil tem valor. A água, um dos elementos mais úteis e necessários do mundo, não tem preço*”.

Francisco de Assis, religioso e sábio italiano, do Século XII, em um poema externou seu pensamento da seguinte maneira: “*Louvado sejas, meu Senhor, pela irmã Água, que é tão útil, humilde, preciosa e pura.*”

Mas, antes mesmo de tentar responder os questionamentos levantados, calcular ou estabelecer um “valor” das águas, precisa-se entender o que é valor? O que faz algo, como, por exemplo, a água, ser mais ou menos precioso ou valioso? Como se percebe e se atribui um valor? Quais os métodos que se utiliza para calcular, determinar ou estimar um valor?

4.1. ONTOLOGIA DO VALOR

Talvez o primeiro estudo sobre valor, com fundamento no que atualmente se entende por “princípios científicos”, foi desenvolvido pelo filósofo e sábio grego Aristóteles (Século IV AC), que admitia a existência de dois valores para as coisas (ou os bens): a) de uso (possibilidade de ser usado ou seja, a utilidade direta) e b) de troca (capacidade de ser permutado por outra coisa).

Somente no século XIII DC, isto é, cerca de 1.700 anos após os textos de Aristóteles, São Tomás de Aquino, religioso e sábio italiano, estudou e levantou conceitos como valor e preço, estabelecendo inclusive parâmetros qualitativos e quantitativos do que seria “justo” ou “certo” e do que seria “usura” ou “errado”.

A partir da formação da Economia como ciência, no século XVII, após os trabalhos de Francisco Quesnay, e sua consolidação no Século seguinte, através do eminente professor inglês Adam Smith, que, ao publicar “Investigações sobre a natureza e as causas da riqueza das nações”, estabeleceu as leis e princípios fundamentais das Ciências Econômicas, várias teorias foram desenvolvidas abordando o conceito de valor (Rocha, 1972):

- Valor-Trabalho: considera que o valor deriva ou depende exclusivamente do trabalho despendido ou alocado naquilo em que se valora. Validada por inúmeros economistas, como o próprio Adam Smith, foi incorporada por Karl Marx em seus postulados e princípios fundamentais;

- Utilidade: considera que o valor de alguma coisa é inerente à utilidade que esta possa ter. Teve sua origem na chamada “Escola Francesa”;
- Valor-Serviço: considera que o valor é inerente ao serviço prestado pelo que vende ao que compra. Teve sua origem também na “Escola Francesa”;
- Utilidade Marginal: considera que o valor de algo depende de sua utilidade-limite. Este conceito de limite e a percepção de elementos marginais (que podem ser valores, custos, benefícios, **utilidade**, etc), foram estabelecidos por Stanley Jevons, grande pensador inglês do Século XIX, fundador da corrente econômica chamada “Marginalistas”. Deriva da teoria da utilidade, porém, estabelece que o grau de utilidade e, conseqüentemente, o valor, decrescem na medida em que aumenta a utilização ou consumo atingindo a partir de certa quantidade, um valor limite do qual não ultrapassa.

Estas quatro principais teorias econômicas sobre o valor apresentam aspectos muito válidos e interessantes, mas todas são incompletas e, quando consideradas isoladamente, apresentam-se contrárias aos fatos e são, desta maneira, equivocadas.

Argumentos simples podem constatar estes equívocos:

- teoria do valor trabalho: como pode uma pedra preciosa, se achada por “acaso”, valer mais do que uma obra artística, por exemplo uma pintura, desenvolvida por um artista ainda desconhecido ou que não tenha renome, que nela despendeu horas, dias de labuta, além dos estudos e a “inspiração” (trabalho intelectual);

- teoria do valor da utilidade: como pode um mineral como a água, utilizado em praticamente todas as atividades humanas, inclusive indispensável a própria existência, ter menor atribuição de valor, não só no aspecto econômico, do que outros minerais considerados preciosos;

- teoria do valor-serviço: estabelece que valor é sinônimo de preço, o que não é correto. Embora em alguns casos possam ser similares, são, ontologicamente, entidades distintas. Restringe-se a práticas comerciais e mercantis, inerentes ao conceito de preço e admitindo-se um valor de mercado, que muitas vezes não corresponde ao valor em si;

- teoria da utilidade marginal: apresenta as mesmas considerações da teoria da utilidade.

Nos últimos 100/150 anos, os avanços das ciências e das tecnologias, aliados ao surgimento da informática e da consciência ecológica/ambiental, possibilitaram a integração de diversas áreas do conhecimento humano estabelecendo os princípios das multi e inter disciplinaridades, com novos arcabouços teóricos e disciplinas como “Ecohidrologia”, “Economia Ecológica”, “Econometria”, etc. O entendimento do conceito de valor aprofundou-se e, fundamentando-se em grande parte na filosofia, em especial na teologia aristotélica sobre propósitos e as relações causa-efeito, foi sistematizado por Lockwood (1997) da seguinte maneira:

VALOR INTRÍNSECO: denominado por alguns autores como valor final (**end value**), considera a entidade (ou algo) com fim em si própria, isto é, independente do contexto natural ou antrópico. Alguns economistas, em especial das escolas ou correntes neoclássicas, neoliberais, ortodoxas, entre outras, admitem tal valor inerente apenas aos seres humanos. Independente de argumentos contrários ou favoráveis a esta visão, esta tese acompanha e concorda com a grande maioria dos pensadores atuais que admite a existência de valor intrínseco a outras entidades além do homem, inclusive aos bens naturais. Este valor também pode ser entendido como **“Valor de Existência”**.

O Valor Intrínseco, final (*end value*) ou de existência, pode ser dividido em três graus ou hierarquias, os quais estão conectados uns aos outros através de relações funcionais (perspectiva “tele” – relação causa-efeito) (Lockwood, 1997):

- Teleológica (T_l): inerente a entidades de caráter biológico (vida orgânica), com capacidade cognitiva e consciência de sua existência e, conseqüentemente de seu valor, possuindo, desta maneira, pelo menos em tese, um propósito ou um objetivo direcionado. Os seres humanos possuem este valor e, pelo menos até o presente, são os únicos que possuem-no.
- Teleonômica (T_n): inerente a entidades de caráter biológico (vida orgânica), sem capacidade cognitiva e consciência de sua existência e, conseqüentemente de seu valor. Os vegetais (plantas), por exemplo, possuem este valor.
- Teleomática (T_m): inerente a entidades de caráter inorgânico tais como os minerais. A água possui este valor.

VALOR FUNCIONAL: reporta-se a contribuição que uma certa entidade faz ou produz para a existência ou manutenção de outra entidade em uma determinada condição específica. Como exemplo, os nutrientes do solo (que podem ser componentes naturais ou adubos antrópicos) são entidades que possuem valor funcional em relação à outras entidades como uma cultura de milho ou mesmo a uma floresta. Outra entidade com este mesmo valor funcional é a água, ainda que a possível quantificação dos valores funcionais destas duas entidades possa ser distinta. Cabe ressaltar que pode ser percebido e posteriormente estimado o Valor Funcional de algo, mesmo sem ter o entendimento e parametrização de um Valor de Existência (Intrínseco).

VALOR INSTRUMENTAL: inerente a uma entidade mas que reporta-se especificamente ao valor de existência (ou intrínseco) de outra entidade, sem ser o próprio, consistindo em algo que represente ou signifique o propósito deste valor de existência. Para a maior parte dos filósofos e a quase totalidade dos economistas, o valor instrumental só tem um sentido real quando referido ao valor de existência humana (T_l), por ser o único Valor Teleológico (consciente de seu propósito, pelo

menos em tese), enquanto outras entidades possuem valores de Existência Teleonômico e Teleomático.

VALOR	HIERARQUIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS GERAIS
INTRÍNSECO OU DE EXISTÊNCIA (end value)	TELEOLÓGICO	Inerente aos seres vivos (orgânicos), com capacidade cognitiva e consciência de suas existências. Em tese, apenas os seres humanos possuem este valor
	TELEONÔMICO	Inerente aos seres vivos (orgânicos), sem capacidade cognitiva e consciência de suas existências. Os animais e vegetais (plantas) possuem este valor.
	TELEOMÁTICO	Inerente aos elementos sem vida (inorgânicos) tais como os minerais. A água possui este valor.
FUNCIONAL	—	Inerente a uma entidade, viva ou não, expressando a contribuição ou efeito que esta entidade produz em outra, também viva ou não, para sua existência ou manutenção em uma determinada condição específica.
INSTRUMENTAL	—	Inerente a uma entidade, viva ou não, expressando a contribuição ou efeito que esta entidade produz nos seres humanos.

Figura 39: Quadro resumo com os distintos valores

A substância água e os serviços que por ela são realizados, em face do que acima estabelecido, podem ser entendidos como que com valores intrínseco (Teleomático) e Funcional quando em sua condição natural, ou seja, sem utilização pelo ser humano (Não Uso), e com valores intrínseco (teleomático), funcional e instrumental quando efetivamente usada pelas pessoas, seja direta ou indiretamente.

Estes valores, isolados ou conjuntamente, podem ser expressos em unidades monetárias, sendo esta expressão de valor entendida como o “Valor Econômico”. Logo, o “Valor Econômico” não se restringe a utilização pelo homem do bem, podendo existir, ser percebido e medido, mesmo quando da simples existência de algo (no caso, a água).

Quando este “Valor Econômico” configurar em instrumento de uma política ou de um processo humano consciente de planejamento e gestão para obtenção de benefícios futuros, restrição de uso ou direitos, proteção ecológica ou ambiental ou contribuição a si e/ou a terceiros, pode ser entendido como “Valor Estratégico”.

Logo, a água pode ter exclusivamente um Valor Econômico, porém pode ter, simultaneamente a este, um Valor Estratégico, quando admitida ou entendida como elemento de planejamento e gestão (especialmente como no caso do “não uso”).

Obviamente pode também ter um Valor Estratégico que seja dissociado do econômico, quando não expresso em unidades monetárias, e de fato o tem (o valor funcional aos seres humanos e às outras entidades com vida), pois sem esta substância não existiria vida orgânica, e a vida, no seu sentido filosófico mais amplo, não pode ser mensurada em moeda ou restrita aos princípios econômicos.

Esta atribuição de “Valor Econômico” à água é, atualmente, quase consensual na sociedade, porém com enfoques ou visões distintas.

Carrera-Fernandez & Raymundo (2002) consideram que esta condição de bem econômico da água se origina do aumento da demanda humana, ocasionando balanços hídricos desconfortáveis ou críticos, ensejando conflitos pelo seu uso. Admite ainda que este valor econômico pode ser formado por dois componentes: 1) valor de uso, associado à capacidade do bem (água - recurso hídrico) proporcionar utilidade; 2) valor de troca, relacionado com seu “poder” de compra de outras bens. Logo, com este enfoque, o valor econômico da água restringe-se ao seu uso e aos mercados, não admitindo, portanto, o valor de “Não –Uso”.

Diferentemente desta corrente de pensamento, no qual a água pode ser comercializada ou possuir “valor de troca”, ambientalistas e sociólogos, em geral, consideram-na um bem público, jamais semi-público ou privado, e que, embora possa ser dotado de valor econômico, isto é, de ter seu valor expresso em unidades monetárias, ela não pode ser “vendida” nem “trocada” por outras coisas ou bens.

É importante salientar que preço é uma entidade distinta do valor. O preço de algo pode ser definido de maneira mais simples:

Segunda a ABNT (2001) é quantia pela qual se efetua, ou se propõe efetuar, uma transação envolvendo um bem, um fruto ou um direito sobre ele.

Pode ser entendido como uma expressão monetária do valor, mas não como o valor propriamente dito, isto é, o preço é a quantidade de dinheiro (expressão monetária) que efetivamente se paga por algo.

Outra distinção deve ser feita quanto ao custo, que é diferente tanto do valor quanto do preço. Custo é o total de gastos diretos e indiretos necessários à produção ou à manutenção de um bem. Os custos diretos derivam exclusivamente da intervenção humana e reportam-se à gastos com os insumos de produção (ou manutenção), inclusive mão-de-obra, e os indiretos às despesas administrativas e financeiras, entre outras. Pode ainda assumir distintas conotações tais como: ambiental, ecológico, social, entre outros.

Em suma, preço pode ser entendido como uma quantia monetária específica no contexto “mercantil”, custo como uma medida também monetária de um processo produtivo, incluindo-se transporte e distribuição e valor, que quando expresso no padrão monetário assume a conotação de econômico, é algo muito mais amplo, que pode ou não manter correlações diretas com o custo e, eventualmente, formar o preço.

Por exemplo, um bem industrial, como um automóvel, tem seus custos de produção e transporte, entre outros. Estes custos podem ser quantificados de maneira objetiva, estabelecendo-se então um valor para venda no mercado ao se somar aos referidos custos, os tributos e a margem de lucro desejada ou praticada pelo segmento. O preço é por quanto este automóvel efetivamente será vendido na concessionária, que pode ser maior, menor ou igual ao seu valor.

Um outro exemplo simples e de fácil assimilação são dois copos de “água mineral”, do mesmo fornecedor e fabricante, com cerca de 280ml cada. Se for vendido em um hotel de luxo ou em um supermercado no mesmo bairro, têm preços absolutamente díspares, entre R\$ 0,50 e R\$ 5,00, com uma amplitude que pode chegar a 1.000%, porém, em tese, tem custo (produção, distribuição) e valor, seja intrínseco, funcional ou instrumental, muito semelhantes senão iguais.

A presente pesquisa enfoca o valor que possa ser expresso em unidades monetárias, isto é, o valor econômico e, quando cabível, em uma concepção

estratégica. É claro que embora os valores das coisas, e das águas e seus serviços também, possam existir por si só, sua percepção e conseqüente mensuração dependem do ser humano, logo, são passíveis de grande variabilidade, dependendo do tipo de percepção e do método de valoração, que serão enfocados a seguir.

4.2. A PERCEPÇÃO DO(S) VALOR(ES)

O valor, como já visto, é algo que se apresenta com diferentes conotações, também é percebido pelo ser humano de maneiras distintas, ou seja, mesmo que o valor de um bem ou entidade seja um mesmo, por exemplo o funcional, este será notado e, conseqüentemente, mensurado, medido ou imputado de forma e em quantidades diferentes.

O mecanismo de atribuição de valor à algo, pelo ser humano, pode ser entendido como uma escolha individual de cada pessoa, pode ser categorizada ou discriminada em quatro tipos de postura ou expressão (Loockwood, 1997):

- Decisões Irracionais: sem fundamento metodológico ou desprovidas de um pensamento ou critério racional ou lógico, pautando-se na intuição e sensibilidade.

- Escolhas com base em Comparações Débeis: quando as informações ou elementos formadores do pensamento e avaliação sobre algo não possibilitam ou ensejam a estruturação mental para elaborar um “ranking” ou escala de grandezas ou valores, não sendo então possível imputar um valor de maneira consistente, segura.

- Escolhas com base em Comparações Consistentes: quando as informações ou elementos formadores do pensamento e avaliação sobre algo possibilitam ou ensejam uma melhor estruturação mental, criando-se ou estabelecendo-se um “ranking” ou escala de grandezas ou valores, podendo-se pautar em métodos racionais e lógicos, sendo então possível imputar um valor consistente, com maior chances de acerto. Divide-se ainda em dois grupos:

- Não compensatória: envolve entidades, atributos, características ou objetos nos quais, mesmo com uma gama sólida de informações e métodos adequados para raciocinar, guarda na sua essência elementos de difícil hierarquização, a qual é muitas vezes extremamente variável, tais como a “moral”, a “ética”, a “cultura” e a “personalidade” das pessoas e das coisas, das quais os valores não são passíveis de “negociações” ou “trocas”, principalmente no campo mercantil. As “Escolhas Lexicográficas” são os procedimentos metodológicos mais utilizados quando encontra-se nesta postura.
- Troca ou Permuta: postura absolutamente compatível e totalmente pautada na concepção neoclássica de valor econômico, o qual pode ser alcançado por métodos racionais de medição, modelagem, etc, e cuja hierarquização se faz com expressões monetárias do valor, sendo então a unidade de referência a moeda, a qual permite ou possibilita a troca ou permuta entre o que tiver sido hierarquizado.

Via de regra, o ser humano, tanto na esfera individual como coletiva (sociedade, governo, empresa mercantil, etc), adota as quatro posturas ao atribuir ou definir um valor para alguma coisa, geralmente de maneira integrada e, muitas vezes, sem a real percepção deste fato.

Na presente pesquisa, serão estudados apenas os métodos e procedimentos inerentes a valoração, isto é, a imputação ou atribuição de valor aos recursos naturais em geral e especificamente a água, dentro da postura com Base em Comparações Consistentes, mais especificamente na expressão de “Troca/Permuta”. Isto, de maneira alguma, consolida uma posição ou enfoque mercantil da substância água, apenas direciona os estudos para um cunho pragmático e uma propositura de utilização dos resultados como instrumento de planejamento e gestão.

4.3. A VALORAÇÃO E A PRECIFICAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E SERVIÇOS AMBIENTAIS:

Os recursos naturais, tais como as terras, o ar, as águas, a vegetação, os minerais, sempre foram muito úteis ao ser humano. Alguns destes tiveram e têm sido desejados e procurados, mas todos são necessários, em distintos graus, de maneira variada, ao longo dos tempos por diferentes sociedades. Uns são mais raros, outros mais abundantes. Estão presentes nos recursos naturais, inclusive a água, todos os fatores requeridos e inerentes para a existência ou atribuição de VALOR por parte do homem.

Até há poucos anos, pelo menos até o Século XIX, as sociedades não imputavam um valor econômico a água, talvez por ser considerada, até àquela época, bem tão abundante (todavia sempre existiram locais com escassez histórica), embora sempre tenha sido muito útil e procurada.

Fato similar ocorreu durante milênios com as terras. Em tempos Bíblicos os Patriarcas saíam de suas terras e dirigiam-se e estabeleciam-se em outras, que eram concedidas e definidas por “Deus”. Nas Américas antes da ocupação pelos europeus, era inconcebível para as tribos indígenas “comprarem” ou “trocarem” suas terras. Algumas delas se estabeleciam em determinadas áreas que lhe fossem aprazíveis e outras eram nômades, ocupando as terras pelas quais deslocavam-se. Atualmente a realidade é outra e as terras, já diferenciadas entre urbanas e rurais, possuem valores que podem ser avaliados por diversos critérios ou métodos.

Desde as primeiras civilizações humanas a água sempre teve uma enorme importância estratégica e política, e sua escassez, outrora apenas pontual ou a eventual dificuldade de obtenção foram causas de conflitos, guerras e migrações. Porém, o entendimento ou mesmo reconhecimento por parte das ciências em geral (sociais, jurídicas, da terra, e outras) e por parte da sociedade do seu valor econômico só surgiu recentemente, quando da constatação por parte destes segmentos de que este recurso, mesmo em escala planetária, não é infinito (é relativamente escasso) e de que, em certas regiões do globo terrestre, diminuem as disponibilidades para atender as necessidades humanas, necessidades estas que tem tido um enorme

aumento, tornando-se, em termos relativos, um bem cada vez mais escasso (Carrera-Fernandez & Raymundo, 2002).

A água é uma substância vital para a sociedade humana. Ela é imprescindível não somente para a manutenção da vida biológica, das boas condições de saúde e do bem estar pessoal utilizando a água potável para dessedentação, higiene, lavagem de utensílios e roupas, mas também para outras múltiplas finalidades, tais como uso industrial, irrigação (produção de alimentos), produção de energia, transporte e diluição de dejetos e resíduos e navegação (Toja, 1995). Pode-se ainda acrescentar outros usos muito importantes, não expostos acima, tais como: o paisagístico e lúdico, que enseja no lazer e no turismo; a pesca, que torna-se, em muitas regiões, a base econômica - produtiva das comunidades.

Além dos usos pelo ser humano, acima expostos, as águas ou os recursos hídricos promovem ou realizam os seguintes serviços ambientais, que embora não se constituam “usos” propriamente ditos são de enorme “utilidade” (Javier Ortega et al, 2004):

- Controle de Enchentes/Vazões;
- Retenção de Sedimentos
- Diversidade Biológica
- Singularidade/Patrimônio Cultural
- Estabilidade Climática

No tocante a estabilidade do clima, é fator capital na comunidade científica mundial os estudos referentes às “mudanças climáticas”, e a água, em razão de suas características ontológicas já expostas no capítulo (2), possui uma função importantíssima como reguladora da temperatura, luminosidade, transporte de energia e umidade e radiação do planeta, sendo que cerca de 30% da estocagem, distribuição e re-emissão da energia solar que incide na Terra são realizadas por esta substância (Ximenes Pontes, 2001).

Cabe levantar uma importantíssima consideração, que embora óbvia, de certa forma é negligenciada. A escassez, quando ocorre ou existe, é da água doce ou, em

alguns casos, potável. A dotação de valor econômico a água restringe-se e é exclusiva a este tipo de água, pois em termos globais, não existe a escassez desta substância quando admitida ou considerada a água existente nos oceanos e mares. A estas últimas, embora também imensamente úteis ao ser humano (no sentido de uso e utilidade), não só no fornecimento de bens como sal, energia elétrica, alimentos, entre outros, como na manutenção do equilíbrio climático do planeta, não é imputado ou alocado um “VALOR ECONÔMICO”.

A água é um recurso ou bem eminentemente natural (embora possa ser produzida, em pequena escala, de maneira antrópica, voluntária ou involuntariamente).

Os recursos naturais podem ser divididos, de acordo com Romero (1994) em:

- Recursos não renováveis: quando a utilização de uma unidade de recurso implica sua completa destruição, ensejando para sua regeneração ou renovação períodos de tempo enormes. Exemplos: carbono mineral, petróleo, gás natural, etc.;
- Recursos não renováveis com atividade de reciclagem: quando o uso do recurso implica na sua completa destruição na sua forma atual, porém, o mesmo é recuperável em um futuro mais ou menos próximo, por meio de processo industrial de reciclagem. Exemplos: ferro, prata, cobre, etc.
- Recursos Renováveis: quando o uso do recurso produz seu esgotamento ou destruição, porém rapidamente este se regenera ou recompõe segundo algum mecanismo biológico ou natural. Exemplos: bosques, pesca, pradarias, etc.;
- Recursos Ambientais: quando o uso não implica necessariamente em seu esgotamento ou, se ocorrer, a velocidade de reprodução ou regeneração é rapidíssima. Exemplo: água, ar, paisagem, etc.

Grande parte dos autores e estudiosos considera a água, quando não tratada e utilizada pelo ser humano, um bem natural, sem “valor econômico”. Ao ser objeto de tratamento e utilização direta (consumo), demanda custos e adquire valor, tornando-se,

aí sim, “Recurso Hídrico” (Fernandes, 2005). Este princípio é também adotado em Carrerra-Fernandez & Raymundo, (2002).

Nesta tese, como já exposto, admite-se que a água, mesmo sem uso direto ou indireto pelo ser humano, é um bem, entidade e recurso com valor, seja este econômico ou estratégico e, se considerada a divisão acima proposta, os recursos hídricos (as águas) podem ser considerados pertencentes aos dois últimos grupos, ou seja, tanto Renováveis quanto Ambientais.

4.4. MÉTODOS DE VALORAÇÃO

A valoração de recursos ambientais e naturais, inclusive as águas, e dos SERVIÇOS AMBIENTAIS INERENTES A ESTES BENS, pode ser realizada pelos seguintes métodos de avaliação, segundo Mitchell e Carson (1989):

	OBSERVADOS	HIPOTÉTICOS
DIRETOS	- Preços de Mercado competitivos; - Referendum; - Preços em mercados experimentais	- Jogos de Licitação; - Referendum Contingente
INDIRETOS	- Custo de viagem; - Valor Hedônico da propriedade; - Gastos derivados	- Ordenação Contingente; - Atividade Contingente

FIGURA 40: Quadro apresentando os métodos de valoração segundo Mitchell e Carson (1998).

Sucintamente, pode-se diferenciar os Métodos da seguinte maneira:

- Por Colunas: Os Observados são aqueles em que os dados ou informações provêm de observações reais sobre as decisões das pessoas e os Hipotéticos se baseiam em respostas que as mesmas dão a perguntas hipotéticas (intencionais, não reais);

- Por Filas: Os Métodos Diretos proporcionam os valores expressos monetariamente, enquanto os outros, pelo contrário, fornecem elementos ou modelos

de decisão e comportamento das pessoas, daí sim, podendo-se calcular o valor monetário indiretamente.

Outra sistematização dos Métodos de Valoração, um pouco distinto do anterior, segundo Javier Ortega et al, (2004):

	MÉTODOS	VALORES
DIRETO	Valoração Contingente - MVC	- de Uso; - de Existência; - de Opção.
INDIRETOS	- Custo de viagem; - Valor Hedônico; - Gastos/Custos derivados; - Produtividade (Análise Custo/Benefício)	de “mercado”

FIGURA 41: Quadro apresentando os métodos de valoração segundo Javier Ortega et al, (2004).

Alguns autores apresentam outros métodos, além dos acima expostos, como quando da água utilizada para irrigação, pela qual estima-se um valor chamado subjetivo (que é eminentemente um Valor Funcional), com base em teorias econômicas, mas especificamente nos custos marginais, derivados do Método de Produtividade - Análise de Custo/Benefício - (Caballer, 1999).

O Método de Valoração Contingente – MVC – é o mais utilizado em estudos de valoração onde se objetiva estimar, principalmente, o Valor de Existência (Não Uso) ou em qualquer situação onde não exista um mercado real do bem ou serviço a ser valorado, empregando-se então artifícios de investigação como mercados substitutivos ou técnicas de pesquisa, como entrevistas, para se verificar a “Disposição a Pagar” por este bem ou serviço. Este método foi sugerido por Ciriacy-Wantrup (1952), porém só conseguiu uma aceitação ou reconhecimento em 1979, quando passou a ser adotado pelo “*Water Resources Council*” (EUA). Embora largamente utilizado, seus resultados apresentam, via de regra, uma grande amplitude e alto grau de incerteza, o que requer muita cautela nas tomadas de decisões que o utilizam como base ou fundamento.

Os outros Métodos se pautam em elementos factuais e objetivam “medir” ou “mensurar”, alcançar um o valor monetário (econômico) do recurso ou serviço ambiental através de comportamentos de mercados reais e podem ser, de forma sucinta, assim descritos:

Custo de Viagem: o “*travel cost*”, como é denominado em inglês, foi introduzido na literatura por Harold Hotelling no ano de 1947, em um estudo sobre os parques nacionais americanos. Aplicado principalmente para avaliar espaços ou áreas destinados a recreação ou lazer, cuja idéia básica consiste em utilizar informações relacionadas com as quantidades de tempo e de dinheiro que uma pessoa ou família emprega ou gasta para visitar um lugar, como um estimador do “Valor de Uso” deste mesmo lugar. O tempo gasto refere-se ao custo de oportunidade e o dinheiro utilizado representa o custo em si.

Valor Hedônico: consiste em estimar o efeito que um recurso natural exerce sobre outros ativos os quais possuem um mercado real e dos quais pode-se avaliar por método comparativos de mercado. Logo, pode-se estimar o valor deste recurso ambiental (ou natural) calculado quando varia o valor de outros bens (no mercado) quando da presença ou na ausência deste bem natural. Pode ser utilizado para estimar, por exemplo, uma vista panorâmica (o mar ou a montanha) ou mesmo a qualidade do ar e da água. Foi sugerido inicialmente por Griliches em 1971 e aperfeiçoado por Rosen em 1974.

Gastos/Custos Derivados: consiste no cálculo dos custos que seriam necessários para se processar uma intervenção que evitasse um dano ou problema, intervenção esta que não se faz necessária porque o bem natural realiza este trabalho ou serviço de proteção, como por exemplo a vegetação que minimiza ou mesmo evita as inundações dos rios. Pode também ser entendido e denominado como Custo de Substituição quando o bem ou recurso ambiental realiza um serviço que não o de proteção, como por exemplo, a chuva ao “irrigar” as culturas agrícolas.

Produtivade (Análise de Custos/Benefícios): consiste em uma análise econômica de um empreendimento ou processo produtivo, no qual o recurso ou bem natural objeto de valoração é integrante, seja como insumo de produção (por exemplo água para aquecer caldeiras em um fábrica), na maioria dos casos, ou como produto final, mas já antropizado (por exemplo a indústria madeireira). Fundamenta-se nos princípios da Engenharia Econômica, geralmente adotando-se o VPL – Valor Presente Líquido – obtido através de um Fluxo de Caixa Descontado, onde se alocam todos os custos (saídas) e receitas (benefícios ou entradas) ao longo de um horizonte temporal de projeto ou investimento. Estes são objeto de um “desconto” à uma taxa de retorno, que incorpora, entre outros indicadores, os riscos, para ensejar ou não a viabilidade do mesmo, inclusive com a atribuição de diversos valores que o recurso natural possa alcançar em função de distintos cenários e condicionantes. Rocha et al (2000) recomendam que quando adotado este método para valoração de bens naturais ou serviços ambientais deva-se optar pela TOR – Teoria das Opções Reais – (em inglês ROT) em detrimento do VPL, porque a “TOR” expressa com maior consistência as incertezas de preços futuros (benefícios) dos recursos naturais. Existe ainda o Método denominado **“Produtividade/Custo Marginal”**, que deriva deste, mas que enfoca e estuda o valor do recurso natural ou do serviço ambiental na concepção unitária ou ainda por unidade de produção Fundamenta-se nos princípios da corrente econômica dos “Marginalistas”, a qual trabalha com base nos custos e benefícios marginais e não no processo produtivo ou empreendimento como um todo, estimando ou calculando um valor que pode ser considerado como o “Máximo”, dado que significa um desembolso financeiro (saída/custo) máximo neste recurso que um produtor pode realizar sem que tenha prejuízos (Caballer & Guadalajara, 1998).

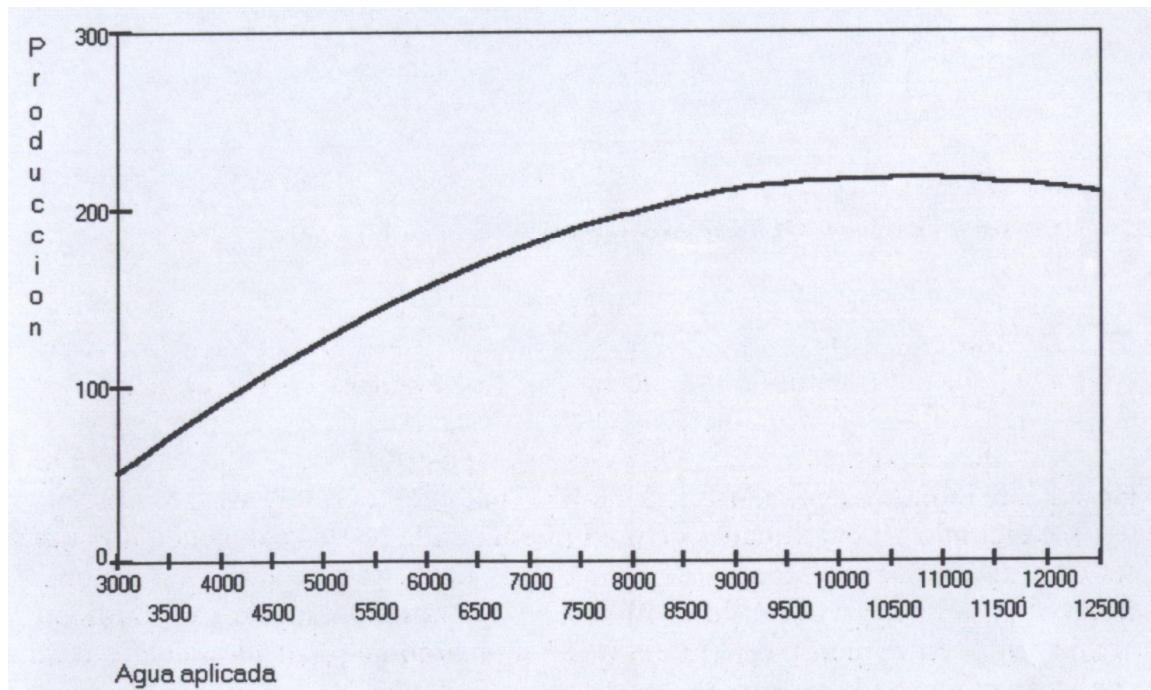


FIGURA 42: Gráfico ilustrando o princípio da produtividade marginal, tendo como exemplo uma produção agrícola, no caso limão, sendo as unidades Kg/árvore em função da quantidade de água utilizada em m³/hectare. Fonte: Caballer & Guadalajara,(1998).

Embora alguns dos Métodos acima já considerem a água como elemento natural ambiental, nenhum adota princípios ou abordagem deste bem como elemento estratégico nem estudam as variáveis ou condicionantes não paramétricas, sejam estas sociais, ecológicas ou financeiras.

Em uma simplificação, que consiste no agrupamento de múltiplos métodos e que apresenta grau precisão extremamente variável, conforme o método, dentre os anteriormente descritos, utilizado para o cálculo de cada componente, a estimativa do Valor Econômico de um Recurso Ambiental foi estabelecido por Tolmasquim (2000) apud Fernandes (2003)¹ da seguinte maneira:

$$\text{Valor Econômico Total} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência (ou Não Uso)}$$

Onde:

Valor de Uso: é o atribuído pelas pessoas que de fato usam ou usufruem do recurso a ser avaliado (VALORES FUNCIONAL E INSTRUMENTAL);

Valor de Opção: é o atribuído por pessoas que de fato não usam ou usufruem do referido recurso, mas podem atribuir valor ou valorá-lo em relação a usos futuros (VALORES FUNCIONAL E INSTRUMENTAL);

Valor de Existência (ou Não Uso): é o atribuído à simples existência do recurso, independente de seu uso atual ou futuro – (VALOR INTRÍNSECO).

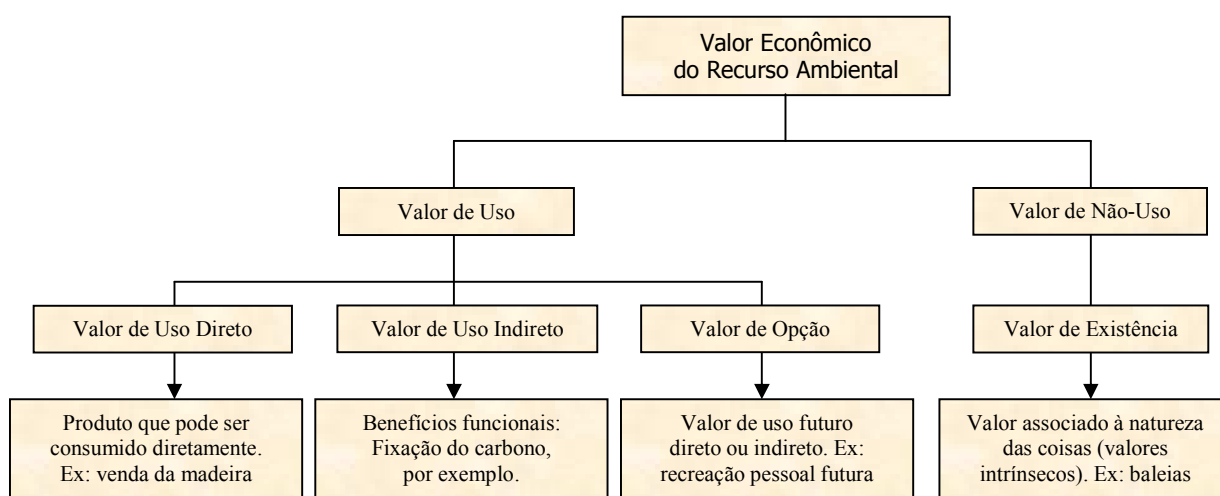


FIGURA 43: Organograma do Valor Econômico do Recurso Ambiental. Fonte: Fernandes (2003).

O fluxo acima, que esquematiza os distintos valores que podem ser calculados com os diversos métodos já descritos, existentes na literatura econômica, no entanto, não contempla todas as nuances dos valores dos recursos naturais e dos serviços ambientais, que possuem características tão peculiares e diferentes dos bens industriais ou quaisquer outros advindos ou gerados pelo trabalho humano. Não existe um receituário geral capaz de correlacionar os recursos ambientais com métodos de valoração e a decisão de utilização de um método específico em detrimento de outro está condicionada a uma série de conjecturas, tais como disponibilidade financeira, recursos humanos, base de dados, entre outros (Yong & Fausto, 1997).

A existência de valores ontologicamente tão distintos entre si aliada a variabilidade de percepções que se possa ter destes mesmos valores, de suas existências e de suas medidas, passíveis inclusive de um alto grau de subjetividade,

inerente ao juízo de valor, não pode ser explicada, de maneira completa, ou mesmo correta, apenas pelas ciências econômicas nem pela adoção de um dos métodos isoladamente. De forma bem simplista, se forem adotados dois ou mais métodos distintos para se estimar um mesmo valor, pode-se chegar a resultados absolutamente díspares.

Bingham et al (1995), expressando o entendimento e as conclusões do “*Ecosystem Valuation Fórum*”, evento de grande envergadura promovido em 1991 pelo “*U. S. Environmental Protection Agency*”, do qual participaram ilustres ecologistas, economistas, cientistas sociais e geocientistas, concluíram que não é possível se estabelecer um método certo para se estimar um valor ou mesmo conceituar um valor único para os recursos naturais e serviços ambientais.

A multiplicidade de valores e de métodos requer que, para se valorar os recursos ambientais e seus serviços, de modo a obter respostas fidedignas e com mais acerto, sejam estabelecidos três sapiências sobre a valoração:

- Saber o que será valorado, ou seja, o objeto de avaliação;
- Saber o porquê da necessidade de estimar ou calcular o seu valor, pois então se definirá qual é o real valor que está sendo estimado;
- Saber o significado do resultado alcançado no processo de valoração.

Estes três saberes, em princípio simples e até mesmo óbvios, na verdade são as grandes dificuldades a serem suplantadas para se alcançar resultados concretos e úteis nas atividades de valoração ambientais. Devem ser estabelecidos de forma absolutamente clara para que sejam utilizados os instrumentos certos e as metodologias adequadas e, conseqüentemente, alcançadas as respostas ao que efetivamente foi questionado.

A Economia, como ciência, e qualquer um dos inúmeros métodos econômicos existentes na literatura para se parametrizar, estimar ou calcular os múltiplos valores dos bens naturais e dos serviços ambientais não o são capazes de fazê-lo isoladamente, isto é, sem a integração e o apoio de inúmeras outras matérias ou áreas do conhecimento humano. Isto se deve, principalmente, às diversas esferas de

percepção dos valores que os recursos ambientais possam ter nos distintos campos em que o meio ambiente, como um todo, e o recurso ambiental a ser valorado em especial, produz seus efeitos ou está inserido, ou seja, percebe-se diferente, por exemplo, a água, nas finanças, geociências, engenharias, medicina, agronomia, etc.

É de suma importância também considerar que qualquer trabalho de pesquisa acadêmica, planejamento governamental ou mesmo de cunho técnico-profissional-empresarial que envolva recursos naturais (os hídricos em especial), seja com a valoração em si ou com estudos de viabilidade econômica/técnica/jurídica/ecológica/ambiental, é de natureza multi e inter disciplinar, sendo imprescindíveis análises sistêmicas do problema, não se limitando aos enfoques específicos de cada área do conhecimento que fornecem o imprescindível suporte a percepção, entendimento e possíveis soluções, mas que, quando consideradas descontextualizadas, são incapazes de ensejar respostas satisfatórias às ciências e à sociedade.

5 O VALOR DAS ÁGUAS E DO CICLO HIDROLÓGICO DA AMAZÔNIA

Muito se escreve, fala e conjectura sobre as riquezas inerentes à Amazônia. A biodiversidade, o potencial de biomassa, os recursos hídricos e minerais. Quando se concebe as riquezas da Amazônia, vislumbra-se imediatamente os bens naturais. Porém, não há uma clareza no entendimento do que são estes bens nem de que forma ou maneira eles expressariam seus valores, ou seja, o significado quantitativo e qualitativo desta propalada riqueza. As conceituações e definições são vagas e, conseqüentemente, não se processa uma percepção clara dos mesmos, o que possibilitaria a atribuição mais consciente e fundamentada de seus valores.

Como já estudado no capítulo anterior, no que tange ao estabelecimento de valor dos recursos naturais e seus serviços, os fundamentos são:

- Saber o que está sendo valorado, ou seja, a definição clara do objeto de avaliação;
- Saber o porquê da necessidade de estimar ou calcular o seu valor;
- Saber o significado do resultado alcançado no processo de valoração.

Logo, se a riqueza é, por exemplo, a biodiversidade, deve-se saber, em primeiro lugar, o que de fato é este bem, de que tamanho, envergadura ou porte, que espécies comporta, e assim por diante.

Tem que se definir como esta riqueza pode ser convertida ou expressa como unidade de valor e no que este valor quantificado pode ser alocado, para que, no final do processo de valoração, fique entendido pelos que valoraram (os definidores ou intérpretes dos valores) e pelos interessados (operadores ou atores tais como os pagantes/pagadores e recebedores/beneficiários, sejam efetivos ou potenciais) porque existe este valor, com esta grandeza (o resultado da avaliação, sua medida) e o propósito ou razão de sua existência, isto é, o seu significado.

5.1. O USO DOS RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA¹

Nestes últimos cinco séculos, isto é, desde que o navegador espanhol Vicente Pinzón, em 1500, adentrou no grande rio, o qual denominou de “Mar Dulce”, e Francisco Orellana, que, em 1542, o batizou como Amazonas, a área de influência direta do enorme curso d’água, conhecida como Amazônia, dentre os inúmeros entendimentos que possa ter, e guardadas algumas particularidades de suas micro-regiões (inclusive as diferentes nações e os grandes pólos urbanos isolados), apresenta as seguintes fases de atividades econômicas predominantes:

Até a primeira metade do século XIX ocorreu um “aproveitamento” ou “uso” da Amazônia restrito a exploração das chamadas “drogas do sertão”, em especial as madeiras e as especiarias alimentares, tais como: a batata doce, o guaraná, a mandioca, a pimenta, o tomate, o amendoim, o maracujá, o cacau, açaí, o cupuaçu e o bacuri. Além do extrativismo, havia, ainda de forma incipiente, atividades agropecuárias, mas nada, até o ano de 1850, estabelecido de maneira sistemática ou estruturada, seja no caráter formal ou espacial. Nesse período teve início e se desenvolveu o povoamento da região pelos europeus (portugueses na Amazônia brasileira e espanhóis nas demais áreas). Com a colonização, ocorreram mudanças de padrões culturais, sociais e religiosos e foram fundados os primeiros núcleos urbanos que, posteriormente, tornar-se-iam grandes cidades (Iquitos, Manaus, Santarém, Belém, etc.). Nesta primeira fase, embora houvesse exportação dos produtos extraídos, não ocorreu a formação de mercados, no sentido mais amplo, nem de uma base produtiva consistente, posto que as atividades produtivas e mercantis eram muito restritas e praticamente tinham o caráter de subsistência.

A partir de 1850 ocorreu uma enorme demanda internacional pelo látex vegetal, obtido da seringueiras, ensejando o crescimento do extrativismo desse produto, o que levou à denominada época áurea da borracha. Isto favoreceu a imigração de um grande contingente populacional para a região, ainda pouco povoada, e gerou um ingresso de divisas muito grande ao país e à região. Esta fase durou até a segunda

⁴ Considerações sobre este tema são apresentados dos anexos C e D, em artigos publicados no II Simpósio Brasil – Alemanha, Santa Maria/RS e na Revista Parcerias Estratégicas, nº21, Brasília.

década do século XX, isto é, se estendeu por cerca de 70 anos, quando o látex de origem asiática, obtido de cultivos racionais, suplantou o produto amazônico. A exploração do látex foi responsável pelo enriquecimento e acúmulo de capitais por parte de alguns grupos sociais/empresarias, o crescimento de algumas cidades (centros de negócios e serviços) e a implantação dos portos de cunho internacional. Durante a segunda grande guerra mundial, no curto período de 1940 a 1945, devido ao fechamento das rotas asiáticas para as grandes economias ocidentais (América do Norte e Inglaterra), a exploração do látex ganhou novo impulso, tendo-se inclusive criado, com estímulos institucionais e financeiros dos países aliados, a função do soldado da borracha. Após o fim da grande guerra a atividade estagnou e mesmo declinou, perdendo importância em termos reais e estratégicos. Teve lugar a partir de então um grande vazio em termos de atividades econômicas na região, até os anos de 1950.

A partir da década de 1950, mais acentuadamente a partir dos anos de 1960, com a abertura de rodovias para integração e a ampliação das fronteiras agrícolas do Brasil, ocorreu certa diversificação das atividades de “uso” ou “utilização” dos recursos naturais da região. O extrativismo continuou a preponderar, tendo um grande impulso com a mineração – manganês, ferro, cobre, níquel, bauxita (provavelmente a Amazônia contenha a maior reserva de minérios do planeta). Desses minérios apenas alguns são beneficiados ou industrializados na região, sobremaneira nas fases de pouca agregação de valor ao produto, ou como no caso da produção do alumínio, processo eletrointensivo, utilizando a grande disponibilidade energética existente. A exploração de madeiras nobres - mogno, angelim, maçaranduba, entre outras – ganhou escala, como atividade extrativista, ainda com baixo valor de agregação econômica. Além do extrativismo, têm sido ampliadas, de forma muito acelerada, nos últimos dez-vinte anos, a pecuária bovina (atualmente um dos maiores rebanhos nacionais), as monoculturas intensivas – especialmente da soja na parte centro-sul da região -, e a pesca, base alimentar das populações locais, e que, em termos mercantis ou comerciais, é desenvolvida de maneira pouco racional e quase artesanal (embora o Estado do Pará seja o maior produtor nacional de pescado). Outro uso intenso, importante e

relativamente recente dos recursos naturais da Amazônia, são o de suas águas, em especial de seus volumosos rios, de maneira não consultiva, para geração de energia através de Usinas Hidro Elétricas (UHE's). Ressalte-se que a maior parte da energia gerada na região é consumida, na sua maioria por alguns poucos usuários específicos. Excetuando-se a implantação das Zonas Francas, em especial a de Manaus, que produziu, de fato, algumas alterações sociais e da base produtiva, todas as demais intervenções e produções amazônicas tem como princípio, quase que exclusivo, o atendimento de mercados mundiais e, em menor escala, interesses de grandes corporações. Existem, funcionam e se propõem a atender apenas a estes mercados e aos seus agentes.

De forma sucinta, pode-se sistematizar as atividades predominantes na Amazônia, como um todo, nos últimos cinco séculos, como no quadro a seguir:

Período e Duração	Atividades Econômicas Predominantes	Interferências/Alterações nos Ecossistemas
1500 – 1850 (350 anos)	Extrativismo Vegetal (Drogas do Sertão) e Agropecuária Incipiente	Muito Baixa
1850 – 1920 (70 anos)	Extrativismo Vegetal – em especial o látex – Época da Borracha	Baixa
1920 – 1940 (20 anos)	Extrativismo Vegetal (madeiras/látex) com certa vacância econômica	Baixa
1940 – 1945 (5 anos)	Extrativismo Vegetal – látex -	Baixa
1945 – 1950 (5 anos)	Extrativismo Vegetal (madeiras/látex) com certa vacância econômica	Baixa
1950 – 2005 (55 anos)	Diversificação de atividades como: Extrativismo mineral e vegetal de grande impacto, pecuária intensiva, monoculturas agrícolas, pesca, geração de hidro-energia e, em menor grau, indústrias.	Alta e de forma crescente

FIGURA 44 – Quadro das Atividades econômicas predominantes na Amazônia.

Fonte: Abreu et al, (2005b).

Estes 500 anos, em termos de planejamento e estratégias econômicas, podem ser resumidos em uma única frase: “A Amazônia nunca estruturou interesses próprios

capazes de competir com os interesses de fora; foi sempre uma terra que, assim como seus trabalhadores, uma vez usada, punha-se de lado". (Cardoso & Muller 1977).

Os usos a que foram submetidos os recursos naturais da Amazônia, com mais intensidade nas últimas décadas, têm provocado uma grande perda da maior e mais conhecida marca e característica da região, a floresta (Hiléia) e, conseqüentemente, uma grande perda também do "valor" de suas riquezas.

Segundo os estudos desenvolvidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), através da análise e monitoramento de dados de satélites, tem havido uma grande redução das áreas de cobertura florestal. As medidas constatarem que nos últimos 17 anos houve uma perda de cerca de 300.000 Km² e estimativas indicam que nos últimos vinte/trinta anos já teria ocorrido a devastação de cerca de 650.000 Km², algo em torno de 15% da floresta original e 7% de todo o território nacional. Este desflorestamento é atribuído, principalmente, à grande quantidade de queimadas que são feitas para a formação de pastos, em um primeiro momento, muitos dos quais são em seguida utilizados para o estabelecimento de monoculturas, como é o caso, por exemplo, do avanço da soja na divisa Pará – Mato Grosso.

Tabela 4 – Quadro da série história das superfícies desflorestadas na Amazônia.

Período	77/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/94	94/95	95/96
Área (km ²)	21.050	17.770	13.730	11.030	13.786	14.896	29.059	18.161
96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05^(*)
13.227	17.383	17.259	18.226	18.165	23.266	24.597	26.130	18.900

Fontes: INPE (2005) e BRASIL (2005b).

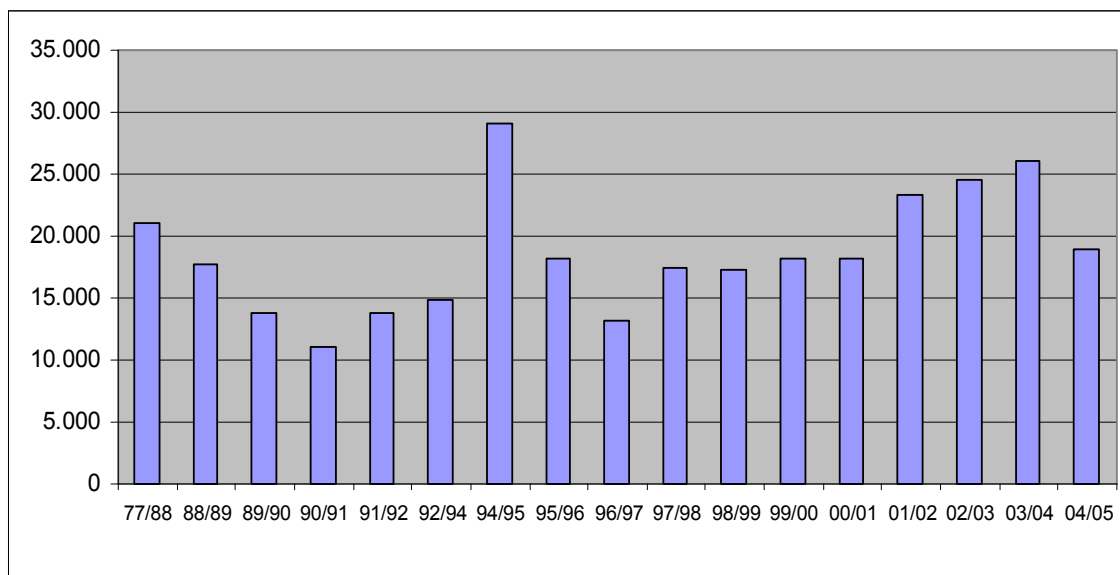


FIGURA 45: Gráfico ilustrativo da figura 45.

Constata-se na série histórica acima exposta que ocorreu uma máxima em desflorestamento nos anos de 1994/1995, atingindo 29.000 Km² e que houve uma redução significativa do desflorestamento no último período de medição (2004/2005), algo em torno de 30% do período anterior, em consequência de recentes intervenções como monitoramento em tempo real e fiscalização mais intensiva, intervenções estas promovidas pelo Poder Público Federal.

A Amazônia como um todo, e de forma especial a hileia, é dotada de um vasto estoque e uma vigorosa circulação de águas, cujo volume, estimado quase que de forma unânime pela comunidade científica correspondente à cerca de 1/5 de toda a água doce em estado líquido existente no planeta, volume o qual foi calculado nesta tese, quantificado em 158.595 Km³ (equivalente ao consumo atual de água doce de toda a humanidade durante quase 25 anos), ensejando um complexo e importantíssimo sistema hídrico, que, em termos relativos à sua grandeza, praticamente não é objeto de uso intenso pelas populações e empreendimentos industriais, extrativistas e mercantis locais, porém, como será melhor detalhado a seguir, possui um valor estratégico para toda a humanidade. Logo, a redução da floresta, em decorrência dos usos a que têm sido submetidos os recursos da Amazônia (não especificamente o uso dos recursos hídricos), promove, inequivocamente, uma redução da matéria água no estado

circulante e mesmo estático existente na região, já que, aproximadamente 50% do seu volume e de seu movimento (ciclagem) são originários da evapo-transpiração das plantas. A manutenção da floresta e dos ecossistemas é, pois, a preservação e conservação de um patrimônio e de uma de suas maiores riquezas, as águas.

5.2. AS ÁGUAS DA AMAZÔNIA PASSÍVEIS DE VALORAÇÃO

Que águas são estas que correspondem a uma propalada riqueza? Definir de forma clara o objeto que deve ser avaliado é o primeiro fundamento para se realizar um processo de valoração consistente, fidedigno e válido.

As águas da Amazônia são muitas, em quantidade e em qualidade. Dos estudos clássicos sobre a região, dividem-se em claras, escuras e brancas (Salatl et alii, 1983), já descritas, de maneira sucinta, no capítulo 2 deste texto.

Em verdade, esta divisão clássica, em três tipos, restringe-se às águas líquidas superficiais, correspondente a rede hidrográfica isto é, diferenciando as características físico-químicas gerais das águas dos rios afluentes ao Rio Amazonas que se originam do sul ou à margem direita, como o Rio Tapajós (claras), do norte ou à margem esquerda, como o Rio Negro (escuras) e ao próprio Rio Amazonas, originário das Cordilheiras do Andes (brancas).

Podemos evidenciar os três tipos de águas superficiais na figura a seguir:



FIGURA 46: Imagem com o posicionamento dos três tipos de águas da Amazônia, segundo estudos clássicos sobre a região. Fonte: INPE (2005), modificado.

Como descrito quando do Balanço Hídrico e do ciclo das águas na Amazônia, as superficiais são importantes, porém, tanto no aspecto qualitativo como quantitativo, são apenas um componente do todo. Os demais componentes, tais como as águas atmosféricas e as de subsuperfície (aqüíferos), apresentam alto grau de relevância.

Costa (2003) adverte quanto aos equívocos do tradicional enfoque geopolítico sobre o significado estratégico da água da Amazônia para o Brasil, centrado na consideração de sua ocorrência exclusivamente no estado líquido, constituindo os rios e lagos da região, idealizado como um gigantesco reservatório que deva ser valorado e valorizado em um mercado mundial crescente deste recurso natural.

De maneira geral, as águas da Amazônia são muito pouco “usadas” pela humanidade, no que tange a usos efetivos, direto ou indireto. Mas a não utilização destes bens não significa que os mesmos não tenham importância, utilidade e mesmo valor, pelo contrário.

A importância estratégica destas águas é de amplitude planetária, podendo-se levantar dois aspectos deste fato:

- 1) dinâmico (funcionamento): o ciclo das águas (líquida – rios e chuvas - e vapor – atmosfera), que está intimamente ligado e interagindo com a cobertura vegetal (floresta), sem a qual não existiria e que existe justamente como decorrência do posicionamento geográfico no planeta (oceano Atlântico, Cordilheira dos Andes, baixas latitudes, correntes de ventos e convecções muito específicas), é um componente de fundamental importância para o equilíbrio das condições climáticas do globo. O contexto no qual se insere possibilita o transporte de calor da zona equatorial para as zonas temperadas, contribuindo ainda, em grande escala, para as precipitações e distribuição das chuvas no planeta como um todo, mas especificamente no centro sul da América do Sul, (no Brasil e em outros países) e, em menor intensidade, na América Central e sul da América do Norte. As repercussões ou conseqüências de pequenas alterações na temperatura ou nos ciclos de chuvas, se forem considerados apenas os aspectos econômicos e financeiros, certamente são catastróficas, entre outros, para a saúde humana (lembrar as recentes ondas de calor na Europa durante o ano de

2003), as atividades agrícolas e a geração de energia hidroelétrica, componente fundamental da matriz energética do Brasil;

- 2) estático (estoque): o volume de água doce líquida existente, seja nas drenagens superficiais (rios) e, mais ainda, a quantidade confinada ou preservada nos aquíferos, é enorme. Talvez o sistema aquífero da formação Alter-do-Chão seja o maior do planeta, sendo, portanto, um “banco”, “fundo” ou “poupança” de água para suprimento das necessidades humanas em um futuro muito próximo, devido a demanda crescente e a relativa escassez de oferta em muitos locais do planeta.

Logo, a definição clara e simples das águas da Amazônia que podem ser objeto de valoração, para estimativa de seus valores econômicos com enfoque estratégico, dentro do que concebido nesta tese, são:

- O Ciclo Hidrológico, mas especificamente o saldo do balanço hídrico, que atinge a grandeza de 8.076 Km³/ano, e que, admitindo o equilíbrio da matéria água no espaço geográfico da Amazônia, seja de forma estática como reservatório ou dinâmica na circulação interna, este saldo converte-se em “Água Exportada” para outras regiões. Esta água, que não é utilizada pelas populações locais, mas sim exportada, é o objeto de valoração. Não é líquida, está na forma de vapor, inserida na atmosfera, constituindo-se na umidade que se dirige, predominantemente, para as regiões Centro-sul do Brasil (Fearnside, 2003).

- As águas superficiais circulantes, correspondentes a matéria no estado líquido integrantes dos rios, que atinge a grandeza de 8.610 Km³/ano, e que são descarregadas no Oceano Atlântico. São sub utilizadas para suprimento das necessidades humanas durante o seu trajeto, pois não há grande demanda, e, ao atingirem os exutórios são consideradas, atualmente, como “desperdiçadas”.

- Os aquíferos, correspondentes a matéria no estado líquido estocada na sub superfície, mas principalmente na Formação Alter-do-Chão, que atinge a grandeza de

134.182 Km³, com recarga anual de cerca de 293 Km³/ano, que praticamente não são utilizados pelas comunidades locais, e que podem ser suprimido no fornecimento futuro de água potável para atendimento de comunidades em todo o planeta Terra, tendo em vista a possibilidade eminente de que ocorra um colapso deste recurso para suprimento humano.

Definidos com clareza os três objetos a serem valorados, deve-se atender ao segundo fundamento do processo de valoração, que consiste em identificar o que enseja a necessidade de estimar ou calcular os seus valores. Isto é, o motivo da valoração, pois então se pode definir os critérios e métodos que atendam a necessidade levantada e forneçam respostas que tentem resolver o problema (calcular um valor compatível com o que necessita).

Quanto ao primeiro objeto, isto é, o vapor d'água ou umidade que é exportado da Amazônia, a razão é que este bem natural existe, e só existe, pela presença na região da cobertura vegetal (a *hiéila*), que permite o funcionamento e a "longevidade" do ciclo das águas, bem como pelo posicionamento geográfico da região, relativamente à existência das cordilheiras dos Andes. Estas funcionam como um obstáculo ou anteparo às correntes de vento, desviando-as, ampliando os efeitos do movimento de rotação do planeta e da Circulação de Hadley, responsáveis, em termos globais, pelo transporte de umidade das zonas equatoriais para maiores latitudes (Souza et al, 2003). A água exportada é formadora das chuvas que ocorrem na região centro-sul do país, e sustentam uma atividade agrícola muito intensa, sendo um insumo indispensável a esse seguimento econômico. Estas precipitações decorrentes da umidade (vapor d'água) "importada" da Amazônia, constitui-se o que se determina "água virtual". As atividades agrícolas são de grande relevância econômica/financeira não só para os produtores privados em si, mas para o país como um todo, pois apresentam uma produção de *commodities* muito grande e variada que compõem itens extremamente significativos nas exportações brasileiras, propiciando superávits imprescindíveis na balança comercial.

No ano de 2005 as exportações brasileiras atingiram cerca de US\$ 118,3 bilhões, sendo que US\$ 42,1 bilhões referiram-se ao segmento dos agronegócios. Tomando como exemplo apenas a soja, que tem grande área de cultivo nas regiões “importadoras” desta água, essa cifra atingiu US\$ 9 bilhões. O superávit comercial no referido ano (2005) foi de US\$ 44,7 bilhões, o que mostre a importância de manutenção dessa transferência hídrica.

A preservação do ambiente amazônico e dos seus ecossistemas, em especial a floresta, é o motivo de se calcular o valor que esta umidade exportada possa atingir, pois, sem estas condições, o excedente ou superávit do balanço hídrico, que constitui-se do vapor d’água, muito provavelmente não existiria e, desta forma, não poderia ser exportado. Esta motivação pode ser considerada como um “MÍNIMO”, pois esta “umidade exportada” é elemento responsável por inúmeras outras atividades de altíssima relevância econômica além da agricultura, como a manutenção de níveis dos cursos d’água para geração de hidro-energia elétrica nestas regiões que recebem ou importam esta umidade.

Quando do segundo objeto, isto é, das águas superficiais líquidas, a necessidade de se estimar seu valor decorre da possibilidade deste bem ser comercializado, isto é, de se tornar uma *commodity* efetiva, passível de ser vendida em um mercado formal, dentro de regras estabelecidas e com amparo legal, análogo a outros bens minerais da região, como o ferro, a bauxita ou o caulim. Esta possibilidade é bastante plausível em um futuro muito próximo, em face do já descrito crescimento da demanda humana por recursos hídricos e da redução da oferta do bem água potável em várias partes do mundo. Este motivo que pauta na existência de um mundo globalizado, onde ocorre o comércio e a mercantilização de todos os tipos de recursos e bens, considerados mercadorias.

Quando do terceiro e último objeto, os aquíferos, embora o objeto seja distinto, a motivação é praticamente a mesma das águas superficiais, ou seja, a possível utilização desta enorme reserva estratégica para suprir as necessidades humanas com a comercialização ou venda, Cabe ressaltar que, em termos comparativos com o objeto anterior, as águas de origem subterrâneas podem apresentar condições de

economicidade e operacionalidade mais viáveis, além de apresentarem qualidades ou condições de consumo (potabilidade) mais elevadas (Tancredi, 1996).

Para concluir o processo de valoração, torna-se imprescindível entender o que significa o resultado da avaliação.

No primeiro caso, ou seja, o valor da umidade ou vapor d'água exportado, é uma medida monetária referente a um período de um ano que representa uma transferência de recursos financeiros das regiões onde ocorre a produção agrícola e a geração de renda, região esta importadora da umidade, para a Amazônia, região exportadora. Nesta não pode ocorrer o uso intensivo do espaço e dos recursos a ela inerentes, posto que tal procedimento ensejaria a alteração substantiva fim deste processo natural de exportação/importação, o que acarretaria danos econômicos/financeiros aos produtores da região importadora e ao país como um todo.

Este fluxo monetário, cujo o significado mais profundo ou razão maior é a “compensação” ou o “crédito” a ser alocado por organizações nacionais para as populações locais da Amazônia, seja na condição de transferência de renda, criação ou construção de infra-estrutura (na área de moradia, saúde, educação e ambiência) e outras formas de intervenção, não simplesmente assistencialistas, mas que permitam uma existência digna dos amazônidas, sem necessidade de degradar o meio ambiente existente. Este hipotético “crédito” pode ser legitimado com a aprovação, pelo poder público, de leis ou normas tributárias e/ou comerciais, em nível federal, na qual seriam definidos impostos, taxas ou contribuições sobre a produção agrícola, estabelecendo-se então os percentuais e demais mecanismos de operacionalidade deste fluxo.

Nas outras duas situações, ou seja, a potencial comercialização das águas líquidas, superficiais ou de sub superfície, o significado é a existência de uma *commodity* “água”, que, no contexto mercantil, tem “valor de mercado”, isto é, um “preço”, que pode ser auferido pelas comunidades locais, sejam empresas mercantis (pelo comércio em si) ou entidades governamentais (através de impostos originários desta comércio). Fundamentalmente, este valor de mercado significa o preço da venda efetiva desta *commodity*, em especial como produto de exportação, como qualquer

outro bem natural, tal como a madeira, o minério de ferro, a bauxita, o cobre e outros minerais.

Objeto	Motivo ou Causa da Valoração	Significado do Valor
O Vapor d'água (umidade) que efetivamente é exportado (8.076 Km³/ano)	Estabelecimento de mecanismo de viabilização financeira na preservação dos ecossistemas naturais, em especial a floresta, a qual é fortemente responsável pelo ciclo das águas, ciclo este que apresenta saldo positivo no balanço hídrico, possibilitando a exportação natural da água.	Medida monetária com periodicidade de um ano, constituindo-se de uma transferência de recursos financeiros, estabelecidos como compensação ou crédito pelo "NÃO USO".
As águas líquidas superficiais (8.610 Km³/ano)	Crescente demanda humana por recursos hídricos, escassos em várias partes do planeta e abundantes na região, sendo, portanto, possível o estabelecimento de um mercado formal da <i>commodity</i> água, entendida então como uma mercadoria..	Valor de mercado ou preço de venda da <i>commodity</i> água, considerada então como uma mercadoria. Constitui-se de uma possível renda decorrente de atividade mercantil.
As águas líquidas de sub superfície (aqüíferos) (134.182 Km³, com recarga de 293 Km³/ano)	É o mesmo das águas líquidas superficiais.	É o mesmo das águas líquidas superficiais.

FIGURA 47: Quadro resumo das águas passíveis de valoração.

Identificados os possíveis objetos a serem valorados e os definindo tanto quantitativa quanto qualitativamente, verifica-se que os valores passíveis de serem calculados, com base nas teorias econômicas e fundamentados em métodos racionais são:

- VALOR DE EXISTÊNCIA (ou intrínseco ou de NÃO USO): quando o objeto da avaliação forem as águas exportadas sob a forma de vapor (umidade), advindas do saldo positivo do balanço hídrico;

- VALOR DE USO: quando o objeto da avaliação forem as águas líquidas, sejam superficiais ou de sub superfície, consideradas como *commodities* ou mercadorias,

podendo ser comercializadas em um mercado formal à preços compatíveis com as realidades deste mercado, via de regra no âmbito internacional ou com amplitude global (exportação).

Estes valores podem ser expressos em unidades monetárias, logo são econômicos. Porém, nesta tese, será focado apenas o Valor de Existência (Não Uso) como com enfoque Estratégico, por constatar neste a admissibilidade do bem água como entidade econômica, inclusive como insumo de produção, mas não a considerando uma mercadoria, isto é, um bem mercantil.

O VALOR DE EXISTÊNCIA (NÃO USO) calculado com este entendimento e nesta concepção pode ser definido como um “VALOR FUNCIONAL”, dentro do que foi exposto no capítulo (4) deste trabalho.

5.3. O MÉTODO DE VALORAÇÃO DAS ÁGUAS DA AMAZÔNIA

A busca da quantificação monetária dos valores dos recursos naturais da Amazônia, e mais especificamente das águas, já foi pensada por alguns estudiosos, cujos trabalhos pioneiros realizaram estimativas e avaliações, que alcançaram valores díspares, como pode ser visualizado no quadro a seguir:

Autor	Objetivo do Estudo	Valor Estimado
Serroa da Motta (2002)	Cálculo do Custo Econômico Total associado ao Desmatamento na Amazônia, tendo como base o ano de 2000.	US\$ 108,10/hectare/ano
Fearnside (1997)	Cálculo do Valor Total Médio do dano estimado para o desmatamento na Amazônia, tendo como base o ano de 1990.	Biodiversidade: US\$ 552 milhões/ano Estocagem de CO ₂ : US\$ 1.920 milhões/ano Ciclo Hídrico: US\$ 26 milhões/ano (*) TOTAL: US\$ 2.498 milhões/ano (**) (*) US\$ 19,00/hectare/ano (**) US\$ 1.825,00/hectare/ano
Hurton et al. (2003)	Cálculo do Valor de Existência de toda a floresta Amazônia, considerando, já integradas, a biodiversidade e as águas, tendo como base o ano de 2002.	US\$ 912 milhões/ ano (***) (***) não há uma mensuração explícita de valor unitário (US\$/hectare/ano)

FIGURA 48: Quadro resumo dos principais estudos de valoração dos recursos naturais da Amazônia anteriormente realizados

Estes estudos de valoração, quando referentes, principalmente, aos valores de existência (não uso), restringem-se à utilização dos Métodos da Valoração Contingentes – MVC – que são, via de regra, muito imprecisos e genéricos, apresentando resultados com alto grau de incerteza, que necessitam ser mais especificados.

As grandes amplitudes e a pouca precisão dos resultados são decorrentes não só das incertezas implícitas do método em si (MVC), mas também da quase absoluta falta de clareza na definição dos objetos de valoração. Especificamente no tocante as águas, em nenhum dos trabalhos citados é estabelecida uma definição, seja qualitativa ou quantitativa de que águas são avaliadas.

Desta forma, conhecendo com clareza que o objeto da valoração é a umidade, constituindo-se do vapor d'água, saldo do balanço hídrico da Amazônia, correspondendo a uma quantidade de 8.076 Km³/ano, que é exportado predominantemente para a região centro sul do Brasil, podem ser estabelecidos dois Métodos de Valoração, capazes de fornecerem resultados mais precisos. Estes métodos nunca foram utilizados nas pesquisas e estudos referentes ao tema. Em consideração exatamente por não ter sido possível, anteriormente, definir com clareza o objeto de avaliação. Os Métodos considerados são:

1) Método Indireto de Gastos Derivados: cálculo dos gastos ou custos necessários a implantação e utilização da irrigação induzida ou mecanizada nas culturas beneficiadas, para evitar um colossal problema econômico e social no caso das chuvas que atuam como irrigação natural das colheitas fossem reduzidas ou mesmo eliminadas, já que estas só existem pelo fato de que as populações da Amazônia não usam as florestas e as suas águas.

2) Método da Produtividade/Custo (Marginal ou não): cálculo do valor que o insumo água, na condição de “água virtual”, apresenta como componente imprescindível nas atividades agrícolas nas regiões produtoras. Apresenta várias nuances em sua aplicação, devendo ser verificada, para cada tipo de cultura beneficiada (soja, milho,

etc.), pois apresentam parâmetros distintos não só na utilização das águas em si, mas também em seus mercados (preços de venda, demandantes, quantidades demandadas, etc). Este método não consiste na estimativa do custo de implantação de uma eventual irrigação, mas sim no processo de produção em si e/ou nos benefícios e custos inerentes a este processo. Logo, muito provavelmente o valor de existência calculado por este método representará o “**VALOR ECONÔMICO E ESTRATÉGICO MÁXIMO**” que as águas da Amazônia podem alcançar, em especial se considerados os princípios **da Produtividade e dos Custos Marginais**.

6 RESULTADOS

Como já exposto no início deste trabalho, não foram coletados dados primários nesta pesquisa. Toda a base de dados é secundária.

Estes dados foram objeto de análise, tabulação e tratamento, após o que forneceram uma série de interpretações que fundamentam e subsidiam esta tese.

Os resultados serão apresentados em duas partes, referentes a cada uma das vertentes da pesquisa:

- 1) Hidrológicos;
- 2) Econômicos.

Em cada uma das partes ainda dividiu-se os resultados em:

- 1) Qualitativos;
- 2) Quantitativos.

6.1. RESULTADOS HIDROLÓGICOS

6.1.1. Qualitativos

A sistematização de inúmeras informações de distintos autores, originárias de estudos com focos muito diversos entre si, possibilitou uma visão global do fluxo das águas na Amazônia como um todo, bem como a sua divisão superficial em seis grandes bacias hidrográficas.

Somente com esta visão global ou sistêmica pôde-se parametrizar as grandezas deste fluxo e calcular o balanço hídrico, definindo, com clareza, quais os objetos do estudo e os elementos hidrológicos que podem alcançar valores econômicos e estratégicos.

A quantificação de cada um dos componentes, sejam estáticos ou dinâmicos, integrantes do ciclo hidrológico da Amazônia, como a presente pesquisa buscou proceder, permite a compreensão da inter-relação entre cada um destes componentes na dinâmica do ciclo como um todo.

Os resultados hidrológicos obtidos nesta tese comprovam que não só os rios da Amazônia são um “oceano de água doce”. Existe também um enorme “oceano” de vapor d’ água circulando na atmosfera da região e, diferentemente das águas líquidas, não são descarregadas no oceano de águas salgadas (Atlântico), mas sim direcionando-se a outras regiões, fornecendo umidade de enorme importância econômica e estratégica, bem como um outro colossal “oceano” de águas subterrâneas.

6.1.2. Quantitativos

A parametrização das grandezas hídricas da Amazônia foi realizada tomando a seguinte divisão das águas:

- Atmosféricas:

- 1) Umidade;
- 2) Precipitação.

- Superficiais:

- 1) Drenagens (cursos d’água – rios);
- 2) Orgânica (integrantes da Biota).

- Subterrâneas (Aqüíferos):

- 1) Drenagens (recarga e contribuição da drenagem superficial);
- 2) Armazenagem ou Estoque.

6.1.2.1. Águas Atmosféricas

O ingresso da matéria água na região Amazônica ocorre de duas maneiras:

- 1) pela umidade originária do Oceano Atlântico, a qual é transportada pelas correntes de ar no sentido leste-oeste.

- 2) pela evapotranspiração das plantas que compõem a floresta, que embora seja muito heterogênea, é extremamente densa e as árvores possuem folhagens e portes consideráveis. Na evapotranspiração a água também se encontra no estado gasoso.

Logo, o *input* de água se dá pelo vapor (ou umidade), sendo a precipitação (ou chuva) uma decorrência ou consequência da dinâmica hidrológica da região.

A quantificação do vapor d' água e de água líquida na atmosfera existentes na Amazônia foi estabelecida nas seguintes condições:

- Dinâmico:
- Ingresso pelo Oceano: com fundamento no estudo de Fearsinde (2003): 10.000 km³/ano, com variação de ± 1.000 km³/ano;
- Precipitação: através de distintos trabalhos tais como Ribeiro (1990), Salati et al (1983) e Péguy (1970), os quais foram analisados em conjunto e, posteriormente, desenvolvido na formulação da figura a seguir:

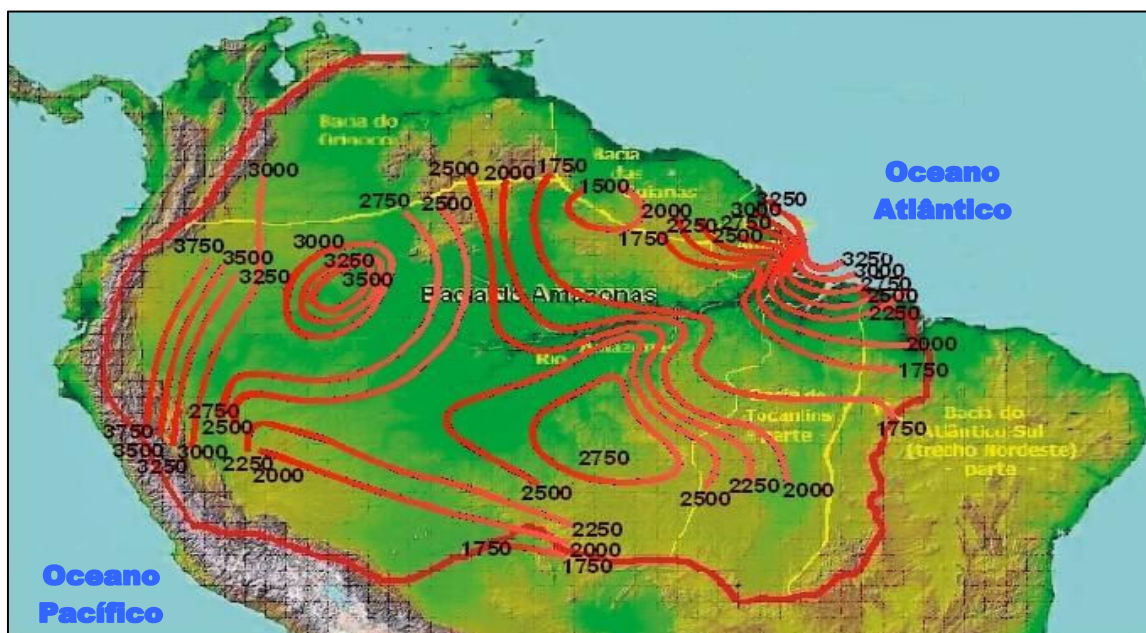


FIGURA 49: Distribuição das Precipitações anuais – em mm. Várias Fontes.

Ao se proceder ao cálculo do volume total de chuvas ao longo de um ano, através da “cubagem” das precipitações (isolinhas em mm, convertidas para km, e multiplicada pela superfície) estimou-se um valor de 13.785 km³, assim discriminados por bacia hidrográfica:

Tabela 5 – Distribuição das precipitações anuais por bacia hidrográfica.

Bacia	Precipitação (Km³/ano)
do Rio Amazonas	9.545
do Rio Orinoco	1.250
dos Rios Araguaia-Tocantins	1.300
das Guianas	810
dos Rios do Amapá	230
do Atlântico Sul - Trecho Nordeste	650
TOTAL	13.785

A “cubagem” ou o cálculo do volume foi realizado através das isolinhas, cujas alturas, que são indicadas em mm, foram convertidas para km, calculadas áreas aproximadas em um plano vertical às mesmas, e com a multiplicação da média entre duas áreas obtidas de isolinhas consecutivas pela superfície existente entre estas linhas, obtém-se o volume, aproximando-se, por grafismo, a um sólido geometricamente padrão. No caso foi adotado a Fórmula de Prisma (Borges, 1997).

- Evapotranspiração: diversos experimentos ao longo das últimas décadas têm convergido em que a reciclagem das águas na Amazônia, que caracteriza a interface precipitação-transpiração, corresponde a algo em torno de 50%, isto é, que aproximadamente metade da chuva existente é originária desta reciclagem, isto é, da floresta. Para esta parametrização, adotou-se os parâmetros do estudo desenvolvido por Isolda D. Kossmann Ferraz (Ibama, 1994) em uma “Bacia Modelo” próximo a Manaus, no centro da Amazônia, a qual quantificou em 48,5% da precipitação.

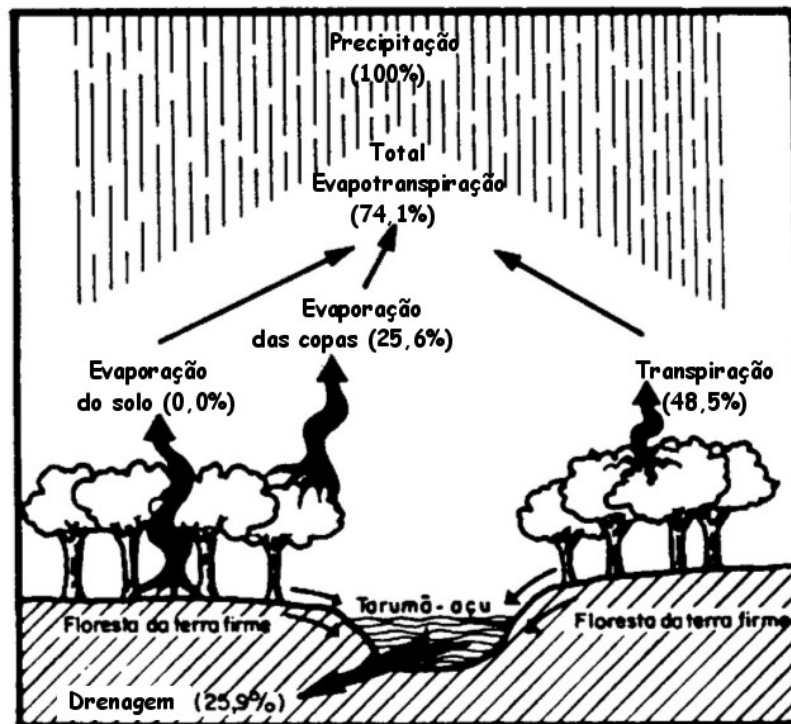


FIGURA 50: Balanço Hidrológico na Bacia Modelo. Fonte: Salati, (1985).

Desta forma, a quantidade de vapor d'água originário da reciclagem pela floresta é de: $0,485 \times 13.785 \text{ Km}^3/\text{ano} = 6.686 \text{ km}^3/\text{ano}$

- Água Atmosférica Líquida: dos resultados obtidos, calcula-se a quantidade de água líquida, que em um sistema dinâmico como o objeto dos estudos, pode ser considerada, em um certo instante, como uma quantidade permanente, através da subtração da precipitação total pela evapotranspiração, ou seja: $13.785 \text{ km}^3/\text{ano} - 6.686 \text{ km}^3/\text{ano} = 7.099 \text{ km}^3/\text{ano}$.

- Estático: com fundamento no estudo de Salati et alii (1983), que pode ser visualizado na figura 51:

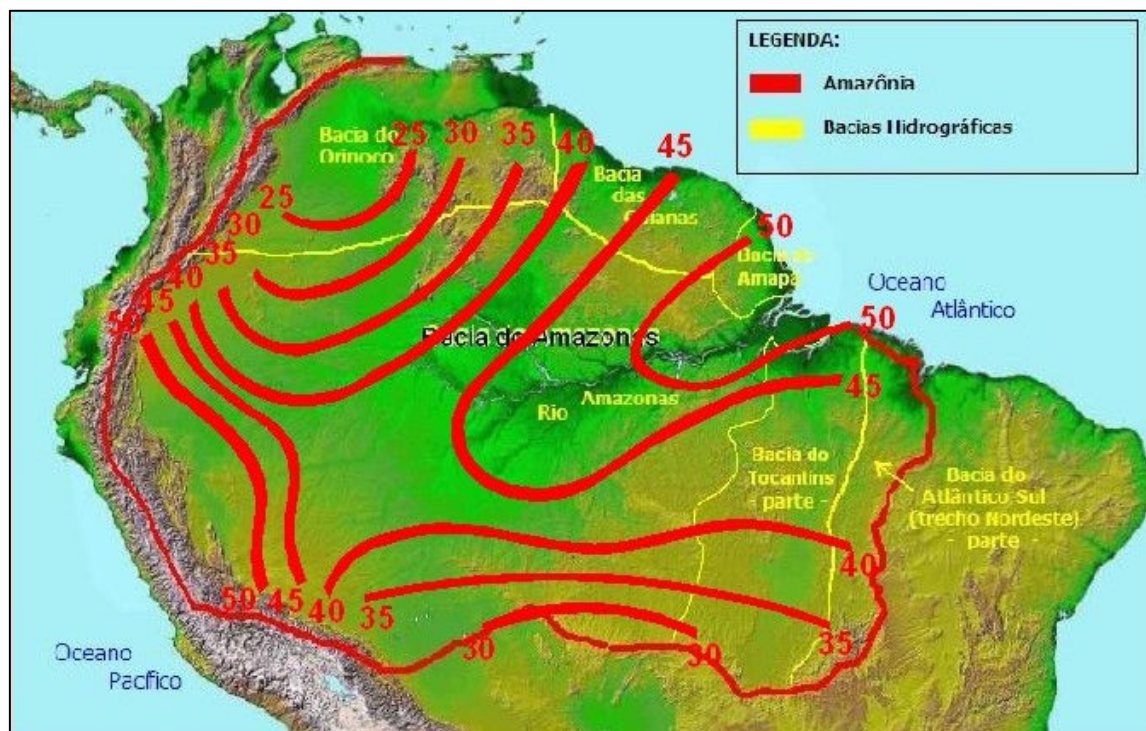


FIGURA 51: Distribuição da umidade – em mm.

Ao se proceder ao cálculo do volume total de vapor ao longo de um ano, através da “cubagem” das isolinhas, análogo ao das precipitações, estimou-se um valor de 315 km³.

Cabe ressaltar que alguns autores, para compreensão mais direta da importância qualitativa destas águas no ciclo amazônico, estimam que exista, permanentemente, uma massa de vapor d’água, configurando-se em água precipitável mas ainda não convertida em chuva, que equivaleria a uma lâmina d’ água líquida entre 40 e 45 mm cobrindo toda a extensão da região (Ibama, 1994).

6.1.2.2. Águas Superficiais

As águas que impressionaram tanto os primeiros desbravadores da região como os visitantes e pesquisadores atuais são as dos caudalosos rios da Amazônia, em especial do Amazonas. De fato, é extraordinária a visão dos cursos d’água.

A quantificação do volume total de água existente na superfície toma por base:

- Drenagens (cursos d’água – rios): com base na descarga ou vazão final do principal rio de cada uma das seis bacias que compõem a Amazônia, calculou-se o

volume de água líquida que foi transportado e não transformado em outro tipo durante o período de um ano.

Tabela 6 – Vazões e volumes das distintas bacias hidrográficas.

Bacia	Vazão Medida (m³/s)	Volume (km³/ano)
do Rio Amazonas	202.000	6.370
do Rio Orinoco	30.000	946
dos Rios Araguaia-Tocantins	27.827	878
das Guianas	8.000	252
dos Rios do Amapá	3.680	116
do Atlântico Sul - Nordeste (*)	1.508	48
TOTAL	273.015	8.610

(*) Considerando 3/5 da descarga total no oceano Atlântico, fato que ocorre fora da Amazônia, mas que é suprida, nesta proporção, aproximadamente, pelas águas da região

- Orgânica (integrantes da Biota): foi realizado uma parametrização das águas inseridas ou integradas à flora amazônica. As florestas da região, conhecidas como Hiléia, podem ser divididas em dois grandes tipos: “Inundadas”, sujeitas aos alagamentos decorrentes da variação dos rios, que correspondem entre 5 a 10% da superfície total da hiléia, que também são denominadas de “matas de várzea”; “de terra firme”, que ocupam o resto da superfície da hiléia, e que tem sido objeto de intensa degradação antrópica nos últimos anos. São muito heterogêneas, e não se pode, *a priori*, estabelecer uma uniformização ou padrão repetitivo de espécies, porte, etc. A biomassa das florestas num dado instante é muito grande, na ordem de 500 toneladas por hectare, constituída em quase sua totalidade pelas plantas. A biomassa animal representa apenas uma fração ou traços do total (Salati et al, 1983).

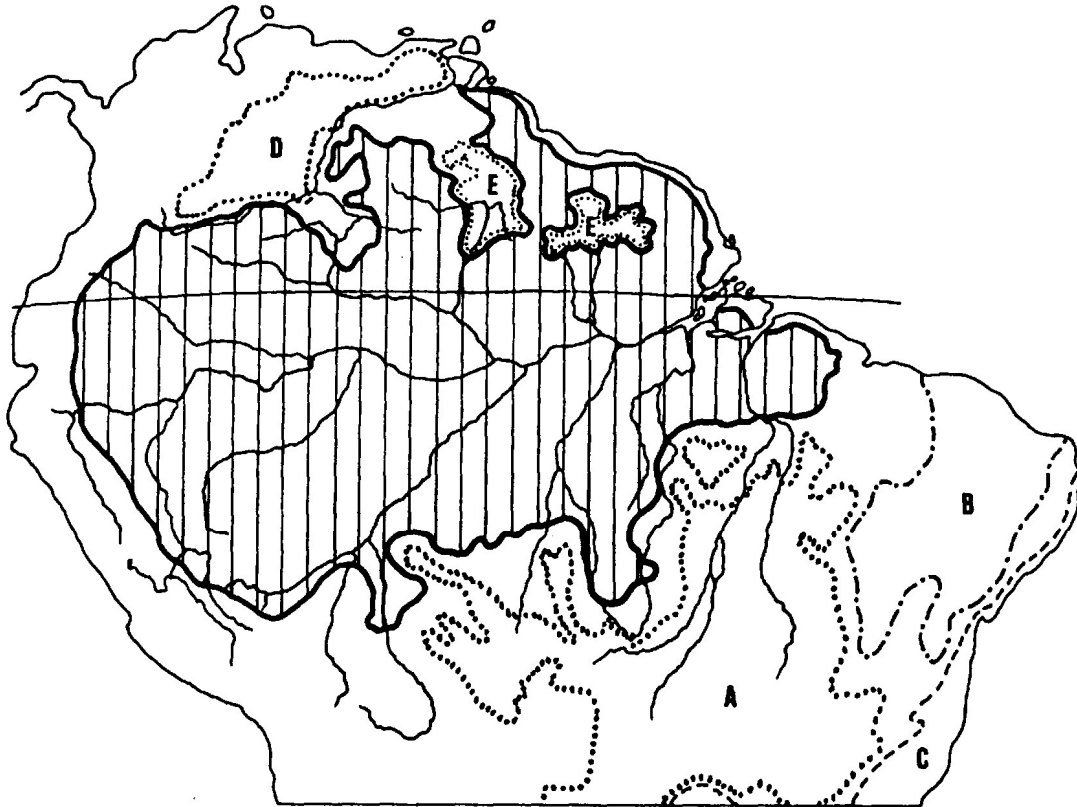


FIGURA 52: Principais domínios morfoclimáticos e fitogeográficos tropicais da América do Sul. O domínio equatorial amazônico, onde se estende a floresta Amazônica ou Hiléia, está hachurado. Os demais domínios são: A) dos cerrados; B) das caatingas; C) tropical atlântico; D) lianos do Orenoco; E) Roraima-Guianense, com vegetação de campos e savanas. Fonte: Salati et al, (1983).

Para efeito de cálculo, foram adotados os seguintes parâmetros:

- Altura das árvores: 30m ou 0,03 km;
- Extensão da hiléia: $4.240.000 \text{ km}^2 - 650.000 \text{ km}^2$ (já degradada) = $4.175.000 \text{ km}^2$
- Percentual de água inserida no corpo florestal: 5%

$$\text{Volume: } 0,03 \text{ km} \times 4.175.000 \text{ km}^2 \times 0,05 = 5.385 \text{ km}^3$$

6.1.2.3. Águas Subterrâneas¹

Provavelmente os aquíferos da Amazônia são os maiores do planeta. Volumetricamente alcançam valores muito grandes, que até o presente não foram efetivamente medidos, pois a escala de trabalho é colossal.

Como já exposto no capítulo 3 e visualizado na figura 27, as águas integrantes dos reservatórios de sub superfícies relacionam-se à sistemas aquíferos cujas geometrias e compartimentações espaciais têm relação com as áreas de ocorrência das diversas bacias sedimentares que tem lugar na região amazônica.

A Amazônia, no contexto de sub superfície, pode ser dividida e visualizada conforme mostra a figura 53:

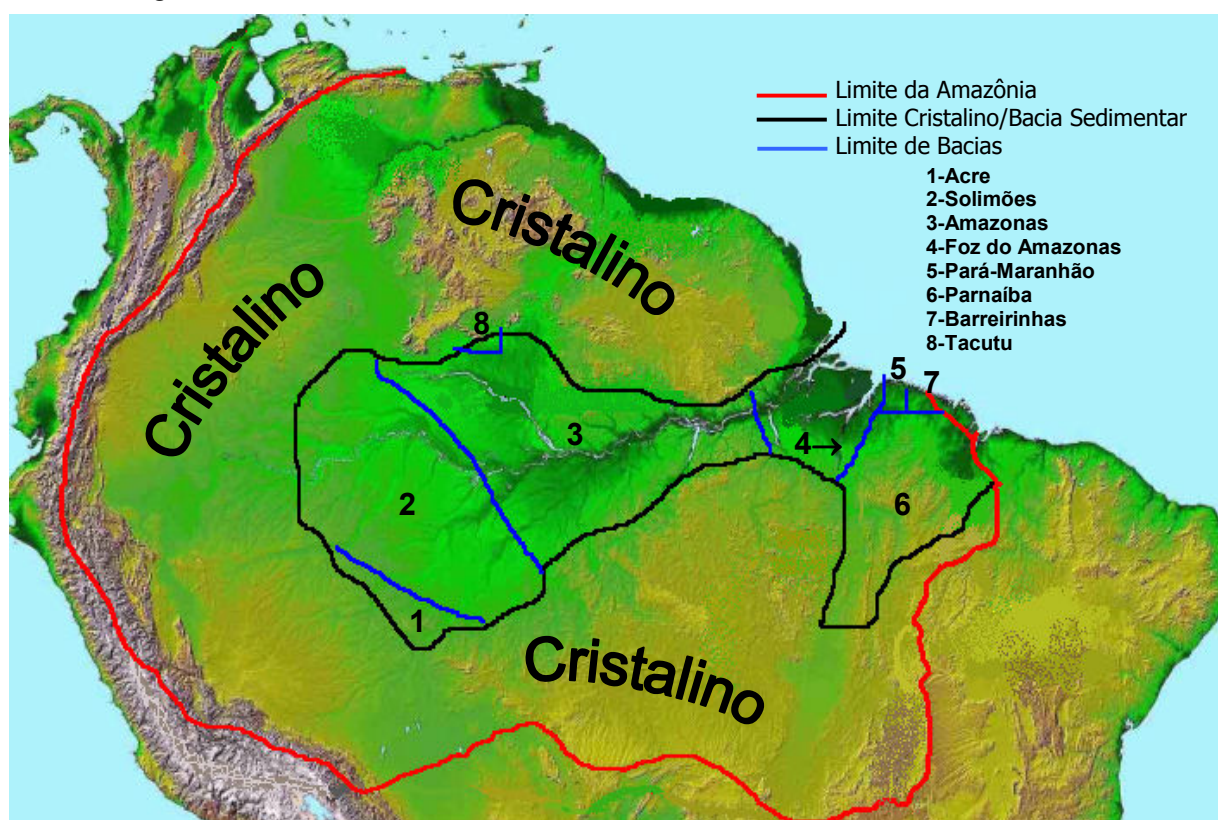


FIGURA 53: Divisão geológica da Amazônia. Fonte: Inpe (2005) e Petrobrás (1994), modificados.

⁵ Considerações sobre este assunto são apresentadas no anexo E, em artigo submetido para o IX Simpósio de Geologia da Amazônia – Belém/PA.

Desta divisão, constata-se que, dos 7 milhões de km² da Amazônia, 24,39%, ou seja, 1.707.200 km² correspondem à bacias sedimentares e 75,61%, ou seja, 5.292.800 km² correspondem à áreas onde ocorrem rochas ditas genericamente como cristalinas.

As bacias sedimentares encontram-se, praticamente em sua totalidade, no território brasileiro, ou seja, da Amazônia brasileira, cuja extensão é de aproximadamente 4,7 milhões de km². Deste total 36% constituem-se de depósitos sedimentares e 64% de terrenos cristalinos.

Nesta tese, foram adotados os seguintes dados existentes na literatura para se estimar, a quantidade de água existente na sub superfície da Amazônia.

Na bacia sedimentar:

Tabela 7 – Cálculo dos volumes dos aquíferos na Amazônia.

Nome da Bacia Sedimentar	Área (Km ²)	Formações (até 1000/1500m)	Espessura Máxima (m)	Espessura. Aquíferos (Km)	Porosidade	Volume (Km ³)
Acre	150.000	Solimões	2.200	-	20%	
Solimões	400.000	Alter do Chão (mais profundo)	1.000	0,48	20%	38.400
Amazonas	500.000	Alter do Chão (menos profundo)	1.250	0,48	20%	48.000
Foz do Amazonas (Marajó)	268.000	Tucunaré/Pirarucu/Orange	8.000	0,40	20%	21.440
Pará- Maranhão	48.000	Areinhas	566	0,25	20%	2.400
Paranaíba (parte - 1/2 do todo)	300.000	Itapecuru	724	0,20	20%	12.000
Barreirinhas (parte - 2/3 do todo)	40.000	Barreiras/Pirabas	720	0,25	20%	2.000
Tacutu	1.200	Boa Vista	120	0,10	20%	24
TOTAIS	1.707.200					124.264

Fontes: Nome, área, formações e espessura máxima: Petrobrás (1994);

Espessura dos Aquíferos: Petrobrás (1994) e, especificamente da formação Alter do Chão, Tancredi (1996); Porosidade: Tancredi (1996), especificamente para a formação Alter do Chão, adotado como padrão para as demais bacias.

Volume = Espessura do Aquífero x Área da bacia x 0,20.

Um destaque deve ser dado às reservas estabelecidas para o sistema aquífero Alter do chão que, volumetricamente, alcançam 86.400 km³, bastante superior as reservas do denominado aquífero Guarani (45.000 km³) tido como o maior do Brasil e um dos maiores do mundo

No cristalino:

A disponibilidade de água está ligada à:

- grau de fraturamento das rochas;
- espessura do manto de intemperismo que recobre a rocha sã;
- natureza ou composição deste manto.

Como não há informações ou dados específicos sobre os elementos que promovem a disponibilidade de água nos terrenos cristalinos da Amazônia como um todo, será adotado um valor médio que correlaciona a superfície do cristalino com volume médio de reserva de água.

Com base nos estudos realizados em São Paulo e no nordeste do Brasil por Costa (1995a) e Costa (1995b), sistematizados na tabela 8, estimou-se esta relação superfície x volume.

Tabela 8 – Cálculo da relação entre superfície do cristalino e volume de água.

Dados	Domínio Geológico	Extensão	Reservas (Km³)	Relação
1	Rochas Cristalinas (SP)	6.599	9,898	0,001499924
2	Terrenos Cristalinos (PI)	25.127	50,200	0,001997851
3	Terrenos Cristalinos (CE)	118.412	236,800	0,001999797
4	Terrenos Cristalinos (RN)	26.583	53,100	0,001997517
5	Terrenos Cristalinos (PB)	8.093	91,700	0,01133078
6	Terrenos Cristalinos (PE)	20.204	161,600	0,007998416
7	Terrenos Cristalinos (AL)	8.731	40,700	0,004661551
8	Terrenos Cristalinos (SE)	4.398	35,100	0,0079809
9	Terrenos Cristalinos (BA)	113.395	907,100	0,007999471
	TOTAIS	331.542	1.586	0,047466

Objetivando estimar a relação média para calcular, com precisão, o volume de água existente, efetuou-se um tratamento estatístico no qual serão excluídos os dados que se mostrarem discrepantes da média, ou seja, atípicos ou pouco representativos. Neste estudo, os parâmetros considerados para aceitabilidade da média como representativa serão: o coeficiente de variação menor que 50%; os valores limites de afastamento da grandeza real de cada um dos dados em relação a média de ± 1 desvio padrão.

O tratamento estatístico é o seguinte:

Tabela 9 - 1º Processamento do tratamento estatístico

Dados	ROL	Resultados	
1	0,0014999		
2	0,0019975		
3	0,0019979	Média	0,005274
4	0,0019998	Desvio Padrão	0,003634
5	0,0046616	Coeficiente. de Variação..	68,91%
6	0,0079809		
7	0,0079984	Valores Limites de Aceitabilidade	
8	0,0079995	Média - 1S	0,001640
9	0,0113308	Média + 1S	0,008908
		Dado Excluído	9

Tabela 10 - 2º Processamento do tratamento estatístico

Dados	ROL SANEADO	Resultados	
1	0,0014999		
2	0,0019975		
3	0,0019979	Média	0,0045169
4	0,0019998	Desvio Padrão	0,0030332
5	0,0046616	Coeficiente. de Variação..	67,15%
6	0,0079809		
7	0,0079984	Valores Limites de Aceitabilidade	
8	0,0079995	Média - 1S	0,001484
		Média + 1S	0,007550
		Dados Excluídos	6, 7 e 8

Tabela 11 - 3º Processamento do tratamento estatístico

Dados	ROL SANEADO	Resultados	
1	0,0014999		
2	0,0019975		
3	0,0019979	Média	0,0024313
4	0,0019998	Desvio Padrão	0,0012653
5	0,0046616	Coeficiente. de Variação..	52,04%
		Valores Limites de Aceitabilidade	
		Média - 1S	
		Média + 1S	
		Dado Excluído	5

Tabela 12 - 4º Processamento do tratamento estatístico

Dados	ROL SANEADO	Resultados	
1	0,0014999		
2	0,0019975		
3	0,0019979	Média	0,0018738
4	0,0019998	Desvio Padrão	0,00024923
		Coeficiente. de Variação..	13,30%

Como neste 4º processamento o Coeficiente de Variação apresenta-se pequeno, demonstrando pouca dispersão e conseqüente representatividade da média, não serão excluídos mais dados, adotando-se o valor calculado de 0,0018738 como a relação entre Superfície e Volume.

$$\text{Volume (em km}^3\text{)} = \text{Área do Cristalino (em km}^2\text{)} \times \text{Relação} = 5.292.800 \times 0,0018738 = 9.918 \text{ km}^3$$

Total dos Aquíferos:

$$\text{Volume} = 124.264 \text{ km}^3 + 9.918 \text{ km}^3 = 134.182 \text{ km}^3$$

Recarga:

Uma importante grandeza hidrológica é a capacidade de recarga dos aquíferos, que permite estabelecer uma quantificação da potencialidade de aproveitamento das reservas de águas subterrâneas de maneira sustentável, isto é, sem o comprometimento ou exaustão das mesmas, definindo assim o volume explotável do reservatório.

Para a recarga existem dois tipos de água:

- chuvas que caem diretamente nas áreas de afloramento das formações e que nelas se infiltram;
- águas drenadas até as áreas de afloramento das formações, que, dependendo do gradiente hidráulico, podem ser de grande significância.

No presente estudo considerou-se os seguintes parâmetros para estimar a recarga:

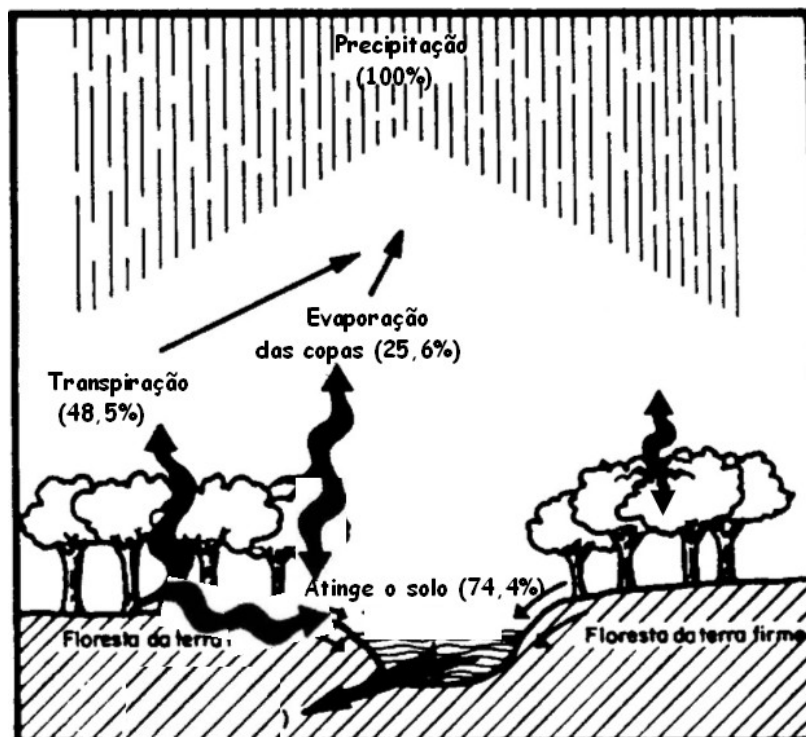


FIGURA 54: Balanço Esquemático das águas que precipitam e sua divisão.
Fonte: Salati, (1985).

Para quantificação precisa da recarga adotou-se, com base em Salati (1985) e Tancredi (1996), os seguintes procedimentos:

- Percentual da precipitação que atinge o solo: 74,4%
- Percentual destas águas usadas pela vegetação: 48,5%
- Saldo a ser drenado: 25,9%
- Percentual destas águas na drenagem superficial: 5,18%
- Percentual destas águas na drenagem de sub superfície: 20,72%
- Contribuição da drenagem de sub superfície aos cursos d'água: 12,0%
- Saldo que constitui a recarga: 8,72%

Para o cálculo da recarga, considerou-se apenas as áreas referentes as bacias sedimentares, que correspondem a 24,39% do total, pela qual, das chuvas incidentes nestas superfícies, 8,72% constituíram a recarga.

Volume de chuva incidente: $0,2439 \times 13.785 \text{ km}^3 = 3.362 \text{ km}^3/\text{ano}$.

Recarga = $3.362 \text{ km}^3 \times 0,0872 = 293 \text{ km}^3/\text{ano}$.

6.1.3. Análise dos Resultados Hidrológicos

A proporcionalidade das águas da Amazônia entre os seus componentes depende da ótica ou enfoque (espacial/geográfico, geopolítico, hidrológico, populacional, etc) e, ao ser calculada, deve se pautar em um critério claro, simples e coerente.

O melhor e talvez mais acertado enfoque seja o hidrológico, isto é, a distribuição das águas espacialmente como de fato se ocorram. Porém, a dinâmica hidrológica da região, principalmente o movimento das águas atmosféricas, que promove a integração das seis bacias em um contexto único, além da colossal escala de trabalho, inviabilizam a adoção desta ótica.

Logo, a seguir serão realizadas distribuições ponderadas das águas da Amazônia e seus integrantes, adotando três enfoques: o geopolítico, considerando a superfície de cada um dos países que integram a região bem como dentro do território nacional as dos Estados brasileiros; o geográfico, considerando a superfície de cada uma das seis bacias hidrográficas que a compõem; e, finalmente, o hidrológico, comparativamente o ciclo planetário.

Proporcionalidade geopolítica:

Tabela 13 – Proporcionalidade das águas dos países que compõem a Amazônia

País	Área Total (em Km ²)	% na Amazônia	na Amazônia (em Km ²)	% da Amazônia	Volume de Água (em Km ³)
Bolívia	1.098.581	36,23%	398.015,90	5,69%	9.240
Brasil	8.511.965	55,46%	4.720.677,52	67,53%	109.590
Colômbia	1.138.914	41,80%	476.066,05	6,81%	11.052
Equador	272.045	42,55%	115.745,00	1,66%	2.687
Guiana	215.083	100,00%	215.083,00	3,08%	4.993
Peru	1.285.216	59,10%	759.562,66	10,87%	17.633
Suriname	163.820	100,00%	163.820,00	2,34%	3.803
Venezuela	912.050	6,00%	54.723,00	0,78%	1.270
Guiana Francesa (*)	86.504	100,00%	86.504,00	1,24%	2.008
TOTAIS	13.684.178		6.990.197,13	100,00%	162.277
Valores aproximados e adotados	13.700.000		7.000.000		

Tabela 14 – Proporcionalidade das águas dos estados que compõem a Amazônia brasileira.

Estado	Área Total (em km ²)	% na Amazônia	na Amazônia (em km ²)	% da Pan Amazônia	Volume de Água (em km ³)
Pará	1.247.689,52	100,00%	1.247.689,52	17,85%	28.965
Amazonas	1.570.745,68	100,00%	1.570.745,68	22,47%	36.465
Acre	152.581,39	100,00%	152.581,39	2,18%	3.542
Rondonia	237.576,17	100,00%	237.576,17	3,40%	5.515
Roraima	224.298,98	100,00%	224.298,98	3,21%	5.207
Amapá	142.814,59	100,00%	142.814,59	2,04%	3.315
Maranhão	331.983,29	68,00%	225.748,64	3,23%	5.241
Tocantins	61.032,56	100,00%	61.032,56	0,87%	1.417
Mato Grosso	903.357,91	95,00%	858.190,01	12,28%	19.923
TOTAIS	4.872.080,07		4.720.677,52	67,53%	109.590
Valores aproximados:	4.900.000		4.700.000		

Proporcionalidade geográfica:

Tabela 15 – Proporcionalidade das águas das bacias hidrográficas que compõem a Amazônia

Bacia	Área Total (em km ²)	% da Amazônia	Volume de Água (em km ³)	Desark ³ /ano)	% da Descarga Total
do Rio Amazonas	4.866.018	69,51%	110.246	6.370	73,99%
do Rio Orinoco	880.000	12,57%	19.938	946	10,99%
dos Rios Araguaia-Tocantins	555.732	7,94%	12.591	878	10,19%
das Guianas	469.790	6,71%	10.644	252	2,93%
dos Rios do Amapá	76.000	1,09%	1.722	116	1,35%
dos Nordeste	152.460	2,18%	3.454	48	0,55%
TOTAIS	7.000.000	100,00%	158.595	8.610	100,00%

Proporcionalidade hidrológica:

Outra análise importante é o estabelecimento da relação entre algumas grandezas hidrológicas calculadas nesta tese e as quantidades de água, em suas distintas condições e estados na amplitude planetária, inclusive para confirmação de estimativas, consagradas ou apenas expectativas, existentes na literatura científica.

Tabela 16 – Relação entre as águas da Amazônia e do mundo.

Grandeza	Na Amazônia	No Planeta	Relação
Descarga nos Oceanos (*)	8.610	47.000	18,32%
Descarga do Rio Amazonas	6.370	47.000	13,55%
Precipitações Totais	13.785	577.000	2,39%
Precipitações Continentais	13.785	119.000	11,58%
Transferência de Umidade Oceano- Cont.	10.000	47.000	21,28%
Evapotranspiração Total	6.686	577.000	1,16%
Evapotranspiração Continental	6.686	72.000	9,29%
Reservatórios Subterrâneos (aqüíferos)	132.256	10.360.350	1,28%
Água ôrganica (Biota)	5.385	(**)	
Volume Total de águas Líquidas (excluindo aquíferos)	27.780	415.800	6,68%
Volume total da matéria água doce (excluindo geleiras)	162.277	10.776.150	1,51%

(*) Incluindo a do Rio Amazonas

(**) Não identificados na literatura valores compatíveis com o quantificado nesta tese

Todas as unidades em km³/ano, com exceção dos Reservatórios (aqüíferos), Biota e Volumes, em Km³.

6.2. RESULTADOS ECONÔMICOS

6.2.1. Qualitativos

Os valores das riquezas da Amazônia expressos na literatura, especialmente de seus recursos naturais, apresentam grande variabilidade, isto é, demasiada amplitude de resultados e, conseqüentemente, pouca precisão.

Atribui-se, a priori, valor econômico aos “USOS” a que podem ser submetidos estes recursos, e quando se procede a algum estudo de valoração quanto ao “NÃO USO”, isto é, a conservação destes recursos, utiliza-se o Método de Valoração Contingente -MVC-, que se pauta em entrevistas e tabula ou quantifica a “vontade” ou “possibilidade” de pagar.

Dois aspectos devem ser ressaltados quanto aos estudos de valoração:

1) os usos a que são submetidos os recursos naturais da Amazônia ao longo de sua história, mas especificamente nas últimas décadas, não conseguem fornecer, formal ou informalmente, o real valor do que se tem usado. Isso acontece principalmente porque não se conhece com clareza o que são estes bens que estão sendo usados e, conseqüentemente não há uma hierarquização

consciente e racional destes bens naturais em relação à outras, como os produtos agrícolas ou pecuários. Quando ocorre este processo de hierarquização de valores, estes últimos são considerados mais importantes ou “valiosos”, ou seja, a estes são atribuídos valores financeiros/econômicos maiores;

2) quando levantada a hipótese de conservação, e conseqüente “NÃO USO”, o objeto de valoração, ou seja, o que se está conservando ou não usando fica muito vago, não se entendendo o que, de fato, se pretende conservar, preservar, não usar.

O resultado mais importante no aspecto econômico é o estabelecimento claro do que se pode valorar, ou seja, o objeto de valoração. Trata-se aqui do saldo do balanço hídrico da região e implica em definir os significados ou repercussões econômicas, financeiras e sociais que o resultado quantitativo do processo de avaliação alcançará, quando calculado.

A definição de métodos mais precisos, ou seja, o “dos Custos/Gastos Derivados” e o de “Produtividade/Custos Marginais” para se proceder o valoração deste saldo pode também ser considerado um avanço significativo na vertente econômica desta tese.

6.2.2. Quantitativos

Não foram obtidos resultados quantitativos na vertente econômica, já que não se realizaram os cálculos dos valores, desta forma ainda não se podendo estabelecer a expressão monetária dos mesmos.

Porém, estudos posteriores, que podem tomar como diretrizes e linhas de raciocínio os princípios e parâmetros estabelecidos neste estudo ou em outros trabalhos correlatos, em especial a adoção dos métodos de valoração e dos objetos a serem valorados, recomendados nesta tese, já estando providos, desta forma, de instrumentos teóricos e metodológicos para calcular os valores em termos quantitativos, de maneira mais consistente e segura.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A água é um bem da natureza que, mesmo sem uso pelo ser humano, possui enorme utilidade para a sociedade, realizando serviços ambientais e servindo como insumo para processos produtivos. Deste modo, ao “Não Uso” da água pode ser concebido e atribuído um Valor Econômico, isto é, uma “valia” ou “quantificação” expressa em unidades monetárias.

Fica claro, neste contexto, que a condição de entidade econômica da água não se restringe ao seu uso, nem ao fato de existir trabalho humano e ensejar custos financeiros para sua captação, tratamento, distribuição, etc. Ela é um bem natural e um “recurso”, chamado hídrico, mesmo quando não usada.

O fato de existir um valor econômico passível de ser mensurado não configura, explicitamente, que a água deva ser entendida como uma mercadoria ou uma *commodity* qualquer, passível de ser comercializada, vendida, trocada ou negociada em mercados formais ou paralelos, embora exista uma corrente de pensamento neste sentido. A atribuição de valor econômico não se configura no entendimento de que a água é um bem mercantil com um preço fixado, nem tampouco deve ser confundido com o valor da cobrança pelo poder público pelo “uso” desta substância.

O valor econômico da água, quando contextualizado em um processo de planejamento e gestão, em especial em políticas públicas de desenvolvimento humano-social aliado a preservação ambiental, também configura-se em um valor estratégico, pois pode tornar-se um instrumento importante para viabilização de tais políticas.

A gestão de recursos hídricos, que no Brasil teve seu fundamento jurídico iniciado no Código das águas, de 1934, e, mais recentemente, ampliado, atualizado e modernizado pela Lei nº 9.433, sancionada em 08 de janeiro de 1997, aprofundada e detalhada pelo Plano Nacional de Recursos Hídrico – PNRH -, estabelece a Bacia Hidrográfica como unidade de gestão, tomando como base algumas legislações internacionais, em especial a francesa, o que é um grande avanço nos padrões de administração pública destes recursos. Porém, devem ser ampliadas as discussões sobre a aplicação generalizada desta unidade, mesmo quando estendida a um conceito

de “Região Hidrográfica”, pois restringe-se a visão das águas superficiais, em especial os cursos d’água (rios). Em muitos casos, como na Amazônia, embora o sistema fluvial ou hidrográfico seja um verdadeiro “oceano de águas doces”, de grande importância e impacto, existem também outros “tesouros hídricos” que são “o oceano de águas atmosféricas” e “o estoque gigantesco nos aquíferos”, que não se restringem ou são limitados pelos divisores topográficos das bacias hidrográficas que a compõem.

A Amazônia, dentre as inúmeras conotações que possa ter, inclusive a floresta Amazônica, conhecida como Hiléia, que notoriamente possui uma enorme quantidade de água doce, foi definida nesta tese como composta por seis grandes bacias hidrográficas (do Amazonas, do Orinoco, das Guianas, do Amapá, e partes do Tocantins-Araguaia e do Atlântico Sul, trecho Nordeste), bacias estas integrantes dos territórios de oito países sul americanos (Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela), além da Guiana Francesa. Dentro do que foi estudado e parametrizado nesta pesquisa, constitui-se, de fato, em um “grande patrimônio hidrológico” para os amazônidas, para os brasileiros e mesmo para todos os habitantes do planeta Terra.

A quantificação de suas águas e a parametrização de seu fluxo hídrico revelam que este patrimônio não restringe-se às águas líquidas, mas também tem enorme importância o ciclo hidrológico da Amazônia, no qual se processam mudanças de estados físicos, deslocamentos e interações com a biota da enorme quantidade existente de matéria água. Demonstram ainda que neste ciclo, as águas apresentam-se e deslocam-se de maneira difusa entre as seis grandes bacias hidrográficas, não tendo sido possível, desta forma, se utilizar a bacia hidrográfica, mesmo que a maior de todas, a do Rio Amazonas, como unidade de estudo, adotando-se, desta forma, a Pan - Amazônia como o todo, e a Amazônia brasileira em especial, para enfoque dos estudos.

O balanço hídrico da Amazônia enseja um saldo positivo de 8.076 km³/ano, isto é, 8,076 trilhões de litros de água por ano, saldo este que pode ser entendido como a exportação da matéria água da região para outras. Esta exportação se realiza pelo deslocamento do vapor d’água existente na atmosfera, para oeste, sendo que a partir

dos Andes, esse enorme fluxo se direcionando principalmente para o centro-sul do Brasil e sul da América do Sul. Esta enorme quantidade de água que é transportada sob a forma de umidade na atmosfera para as regiões aludidas, só é possível pela existência da floresta, a qual realiza um trabalho de reciclagem, que pode ser entendido como um colossal serviço ambiental.

Estas águas exportadas, não utilizadas pelos seres humanos na região de origem, isto é, na Amazônia, apresentam importância e repercussão econômica muito grande nas áreas de cultivo agrícola na região central e sul do Brasil, grandes produtoras de *commodities*, os quais são exportados e geram divisas e fluxos financeiros imprescindíveis para a balança de pagamentos e para a economia nacional. Estas águas ao se precipitarem funcionam como um fantástico sistema de irrigação natural. Isto sem considerar que estas mesmas águas são responsáveis pelas precipitações que permitem que sejam mantidos os níveis dos rios e reservatórios do sul-sudeste-centro do país, possibilitando a geração de hidroenergia, também com enorme relevância econômica.

Outro resultado do balanço hídrico é o de que o volume total da matéria água existente nos 7.000.000 Km² da Amazônia é de 162.277 Km³ (um pouco mais de 162 trilhões de litros de água), seja matéria estática ou circulante, volume este distribuído entre a atmosfera, a superfície e, principalmente, a sub superfície.

A Amazônia é, sem sombra de dúvidas, uma região com inúmeros recursos naturais, recursos estes com grande valor econômico, tais como as madeiras, os minérios, a biodiversidade e, o que especificamente focado nesta tese, as águas. Estes não podem ser usados, explorados ou mesmos percebidos de maneira irracional, ilógica, sem estudos e pesquisas, principalmente em razão de ser um ambiente gigantesco, vigoroso, mas, ao mesmo tempo, frágil e passível de degradação e até destruição.

Além da questão fundamental de estudar os meios de se explorar seus recursos sem prejudicar o meio ambiente, degradando-o ou destruindo-o, existe outro questionamento quanto ao estabelecimento ou atribuição de valor aos mesmos. Valorar os recursos naturais exige, antes de tudo, três saberes básicos: o que se valoriza; porque

se valora e o significado do valor. Estas sapiências não podem ser obtidas exclusivamente pelas ciências econômicas, nem tampouco por qualquer área do conhecimento humano, isoladamente. É necessário que se trabalhe de forma multi e inter disciplinar para se buscar respostas satisfatórias e reais, pautando-se nas ciências naturais, nas geociências, nas engenharias, nas ciências sociais e políticas, etc.

Nesta tese conclui-se que as águas da Amazônia são passíveis de serem valoradas e imputadas de valores econômico e estratégico sob dois enfoques: o dinâmico e o estático.

No enfoque dinâmico, é de grande relevância a água sob a forma de umidade, exportada para outras regiões, em especial para o sul do país, sob a forma de vapor d'água na atmosfera. Estas águas só existem por razões geográficas e, principalmente, pela existência da floresta, que realiza a reciclagem e possibilita o saldo do balanço hídrico, já exposto.

No enfoque estático, as enormes reservas existentes na sub superfície podem ser de grande valia como suprimento futuro de água potável para a humanidade, já que se prevê um colapso, dentro de poucos anos, no atendimento das necessidades hídricas básicas para uma enorme parcela da população humana.

Restringindo-se ao enfoque dinâmico, a valoração deste bem (as águas exportadas ou o saldo do balanço hídrico) tem como motivação o estabelecimento de fluxo financeiro como mecanismo de viabilização da preservação da floresta, sem a qual este saldo não existiria. O valor mensurado seria expresso em unidades monetárias, com periodicidade de um ano e significa uma transferência de recursos financeiros originários de uma atividade altamente rentável (produção agrícola voltada para mercados internacionais) tendo como destino as populações, os governos ou as entidades localizadas na Amazônia, que precisam de renda e condições dignas de vivência, e que receberiam estes recursos financeiros como compensação por preservar o ecossistema Amazônico, em especial as florestas e suas águas.

Desta forma, o objeto de valoração são as águas não usadas, isto é, O Valor Econômico e Estratégico das águas da Amazônia é o de Não Uso, que também pode ser entendido como de Existência (*end value*).

Dentre os trabalhos e estudos de valoração de recursos naturais existentes na literatura, quando buscado o valor de “não uso”, adota-se o Método de Valoração Contingente – MVC -, o qual é muito vago, tanto em seu processo inerente ao cálculo quanto em seus resultados, que apresentam alto grau de variabilidade e incerteza. No caso dos recursos naturais da Amazônia, agravam-se os problemas inerentes a este método o fato de que não se estabeleceu, até o presente, com clareza, o que realmente se busca valorar.

Para alcançar valores de existência mais fidedignos, justos, precisos ou acertados, propõe-se que sejam adotados dois métodos já existentes na literatura técnico-científica, mas que até o presente não foram utilizados para valorar os recursos naturais da Amazônia, especificamente no cálculo do valor de existência do saldo do balanço hídrico, identificado nesta tese:

1) Método Indireto de Gastos Derivados: cálculo dos gastos ou custos necessários a implantação e utilização da irrigação induzida ou mecanizada nas culturas beneficiadas.

2) Método da Produtividade/Custo (Marginal ou não): cálculo do valor que o insumo água, na condição de “água virtual”, apresenta como componente imprescindível no processo de cultura agrícola nas regiões produtoras, que, provavelmente, ensejará um valor econômico e estratégico máximo.

Trabalhos de valoração com a adoção de cada um dos dois métodos podem ser objeto de dissertações e teses de mestrado ou outros de cunho acadêmico, que poderão se pautar nos princípios e quantificações estabelecidos nesta tese. Isso sinaliza o estabelecimento de uma linha de pesquisa com enfoque multidisciplinar dentro do contexto dos estudos relacionados aos Recursos Hídricos.

Os estudos e pesquisas científicas, quando restritos ao âmbito acadêmico, não atingem um de seus principais objetivos, que é promover resultados práticos para a melhoria da sociedade. Assim, muitas vezes é imperioso que se proponham ações efetivas de intervenção sobre o objeto de investigação destes estudos buscando alcançar transformações e resultados concretos traduzidos em ganhos sociais, os quais para acontecerem precisam, de forma imprescindível, de vontade política. Neste sentido, propõe-se ainda uma minuta de projeto de lei, a ser encaminhada à bancada Amazônica do Senado Federal e da Câmara dos Deputados, para análise por parte dos parlamentares dos Estados do Pará, Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, objetivando a implementação, através da aprovação de leis federais, ainda que a título inicial, de um mecanismo de fluxo financeiro, já pautado nas conclusões desta tese, que contemple a Amazônia Brasileira.

Ampliando-se o contexto espacial da gestão dos recursos hídricos para a escala da Pan-Amazônia, a complexidade do tratamento deste tema, no que se refere às questões jurídicas e diplomáticas que envolvem inclusive o conceito de soberania das nações sobre seus territórios, com ressonância de alcance planetário. Logo, os interesses e as necessidades de gestão desta parte do mundo são de todos. A discussão sobre soberania compartilhada ou internacionalização da região, por si só, ensejaria inúmeros outros trabalhos acadêmicos que transcendem ao escopo desta tese, mas a qual pode, porém, subsidiar, com informações e dados, estas novas pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. de A. M. de; DUARTE, A. M.; RIBEIRO, M. R. 2005b. O valor de “não-uso”: possibilidade econômica para a Amazônia. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, (21): 134-158.
- ABREU, F. de A. M. de; DUARTE, A. M.; RIBEIRO, M. R.; LIMA, A. R. C. de; SOUSA, W. de J. 2005a. The hydrologic cycle: an open or a closed system?. *Revista Geográfica do IPGH/OEA*, (137).
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 12 out. 2004.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2001. *Relatório HiBAm – Hidrologia da Bacia Amazônica*. (não publicado).
- AHRENS, T. J. 1989. Water storage in the upper mantle. *Nature*, [s.l.] (342): 122-123.
- ALLABY, A.; ALLABY, M. 1999. *Dictionary of earth sciences*. 2. ed. Oxford, Oxford University Press.
- AMAZÔNIA LEGAL. Disponível em: <www.amazonialegal.com.br>. Acesso em: 12 out 2004.
- ARAGÓN, L. E. 2002. Há um futuro para o desenvolvimento sustentável da Amazônia? In: O FUTURO da Amazônia: dilemas, oportunidades e desafios no limiar do século XXI. Belém, UFPA.
- ARAGÓN, L. E. 2005. *Populações da Pan-Amazônia*. Belém, NAEA/UFPA.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2001. *Avaliação de bens. Parte 1: Procedimentos gerais*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ATKINS, P. W. 1994. *Physical chemistry*. 5. ed. [S.l.], Oxford University Press.
- ATLAS mundial. Folha de São Paulo. São Paulo, Ed. Empresa Folha da Manhã S.A.
- BARRON, E. J. et al. 1989. The hydrologic cycle: a major variable during earth history - *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol. Amsterdam*, (75): 157-174.
- BECKER, D. F. 1997. *Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?*. Santa Cruz do Sul, EDUNISC.
- BENCHIMOL, Samuel. 2000. A Amazônia e o terceiro milênio. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, 9: 22-34.

- BERNER, E. K.; BERNER, R. A. 1996. *Global environment: water, air and geochemical cycles*. New Jersey, Prentice-Hall Inc.
- BÍBLIA de Jerusalém. 2004. 3. ed. São Paulo, Ed. Paulus.
- BÍBLIA sagrada. 2001. 144. ed. São Paulo, Ed. Ave-Maria.
- BINGHAM, G. et al. 1995. Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making. *Ecological Economics*, 14(2).
- BORGES, A de C. 1997. *Topografia aplicada à engenharia civil*. São Paulo, Edgar Blücher, (2).
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Pesquisa. 2004a. *Portal de recursos hídricos*. Disponível em: <www.garibaldi.prossiga.br/recursosohidricos>. Acesso em: 20 out. 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. 2004b. *Recursos hídricos: conjunto de Normas*. Brasília, MMA.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 01 dez. 2005.
- BRIGHETTI, G.; SANTOS, S. R. 1999. Navegação. In: ÁGUAS doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Ed. Escrituras.
- CABALLER, V. 1999. *Valoración de árboles frutales. Forestales medioambientales. Ornamentales*. Madrid, Ed. Mundi-Prensa.
- CABALLER, V.; GUADALAJARA, N. 1998. *Valoración económica del agua de riego*. Madrid, Ed. Mundi-Prensa.
- CABRINI, C. 2004. *História temática: tempos e culturas*. São Paulo, Ed. Scipione.
- CARDOSO, F. H.; MULLER, G. 1977 *Amazônia: expansão do capitalismo*. São Paulo, Ed. Brasiliense.
- CARIBBEAN ENVIRONMENT PROGRAM. 1998. *Technical Report #41*. Disponível em: <www.grid2.cr.usgs.gov>. Acesso em: dez. 2005.
- CARRERA-FERNANDEZ, J.; RAYMUNDO, J. G. 2002. *Economia dos recursos hídricos*. Salvador, Edufba.

- CARVALHO, R. C. 2005. *Gestão de recursos hídricos: conflito e negociação na questão das águas transportadas da bacia do Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia. (Tese de Doutorado).
- CASTELLAN, G. 1986. *Fundamentos de físico-química*. Rio de Janeiro, Ed. S. A.
- CAVALCANTI, C. 2001. *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 3. ed. São Paulo, Ed. Cortez.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL. Disponível em: <www.eln.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2004.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V. 1952. *Resource conservation: economics and policies*. Berkeley, University of California Press.
- COSTA, J. 1995a. A água. *Ciência Hoje*, São Paulo, SBPC (110).
- COSTA, M. M. da. 2002. *Princípios de ecologia industrial aplicados à sustentabilidade ambiental e aos sistemas de produção de aço*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia. (Tese de Doutorado).
- COSTA, V. R. 1995b. Águas subterrâneas em São Paulo. *Ciência Hoje*, SBPC, (110).
- COSTA, W. M. 2003. Valorizar a água da Amazônia: uma estratégia de inserção nacional e internacional. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- DEPETRIS, P. J.; PAOLINI, J. E. *Biogeochemical aspects of South American rivers: the Paraná and the Orinoco – Scope 42*, Chennai/India, Swaminathan Research Foundation Disponível em: <www.icsu-scope.org>. Acesso em: 01 dez. 2005.
- DEVORE, G. W. 1983. Relations between subduction, slab heating, slab hydrations and continental growth. *Lithos*, Amsterdam (16): 255-263.
- DIETZ, D. 1936. *História da ciência*. 4. ed. Rio de Janeiro, [s.n.].
- DOMINGUES, C. 2003. A importância dos rios no sistema de transporte da Amazônia. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- DOTT Jr., R. H.; BOTTEN, R. L. 1988. *Evolution of the earth*. 2. ed. Harvard, Harvard Press.

- DUARTE, A. M.; ABREU, F. de A. M de; RIBEIRO, M. R. 2005. The value of “non use”: an economic principle for the sustainable development of the Amazon. In: SIMPÓSIO BRASIL – ALEMANHA, 2., Rio Grande do Sul. *Anais...* Rio Grande do Sul, SBA.
- ENCICLOPAEDIA Britannica. 1993. Chicago, BRITANNICA.
- ENGEL, L. et al. 1961. *Life nature library - the sea*. New York, Time Incorporated.
- ERRINI, L. C. 1949. *Avaliação de imóveis*. São Paulo, Ed. Escolas Profissionais Salesianas.
- FEARNSIDE, P. M. 2003. *A floresta amazônica nas mudanças globais*. Manaus, INPA.
- FEARNSIDE, P. M. 1997. *Ecological economics. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia*. [S.l], Elsevier. v. 13, p 53-70.
- FEARNSIDE, P. M. 2004. A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje*, São Paulo, SBPC (203): 63-66.
- FENZL, N.; MATHIS, A. 2003. Poluição dos recursos hídricos naturais da Amazônia: fontes, riscos e consequências. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- FERNANDES, F.; BUENO, F. da S. 1968. *Dicionário brasileiro contemporâneo ilustrado*. 2. ed. Porto Alegre, Ed. Melhoramentos.
- FERNANDES, L. L. 2005. *A Sustentabilidade do sistema de abastecimento de água potável em Belém*. Belém, UFPa/NAEA. (Tese de Doutorado).
- FERNANDES, M. T. G. 2003. Valor econômico do meio ambiente. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 17., Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, [s.n.].
- FERREIRA, A. B. de H. 1999. *Novo Aurélio século XXI*. 3. ed. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira.
- FETTER, C. W. 1994. *Applied hydrogeology*. 3. ed. New Jersey, Prentice Hall Inc.
- FRANK, L. A. 1990. *The splash*. New Jersey, Ed. Carol Publishing.
- GARCIA, E. et al. 2004. *Água, esperança e futuro*. São Paulo. Ed. Loyola.
- GARJULLI, R.; OLIVEIRA, J. L.; SILVA, U. P. Á.; BEZERRA, H. E. R. 1998. *Gestão participativa dos recursos hídricos: a experiência do Ceará*. Fortaleza, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

- GOODY, R. M.; WALKER, J. C. G. 1975. *Atmosferas planetárias*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher.
- GRANDE enciclopédia barsa. 3. ed. São Paulo, Ed. Barsa Planeta Internacional, 2004.
- HIDROGRAFIA do Brasil. Disponível em: <www.frigoletto.com.br>. Acesso em: 14 out. 2004.
- HURTON, B.; COLARULLO, G.; BATEMAN, I.; PERES, C. A. 2003. Evaluating non-user willingness to pay for a large-scale conservation programme in *AMAZONIA*: a UK/Italian contingent study. [s.l.], Environmental Conservation. p 139-146.
- IBAMA. 1994. *Amazônia: uma proposta interdisciplinar de educação ambiental: temas básicos*. Brasília.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2005. *Léxico estratigráfico da Amazônia Legal*. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em: 4 mar. 2005.
- ITO, E. et al. 1983. Alteration of oceanic crust and geologic cycling chlorine and water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, (47): 1613-1624.
- JAVIER ORTEGA, S. et al. 2004. Valoración económica de los servicios ambientales de una finca propiedad de una corporación ambiental. In: CONGRESO PANAMERICANO DE VALUACIÓN, 21., Cartagena/Colombia. *Anais...*Cartagena, [s.n.].
- KARMANN, I. 2000. Ciclo da água. In: TEIXEIRA et al. *Decifrando a Terra*. São Paulo, Ed. Oficina de Textos.
- KASTING, J. F.; HOLM, N. G. 1992. What determines the volume of the ocean. *Earth and Planetary Science Letter*, Amsterdam, (109): 507-517.
- KIEL, W. 1975. *Química mineral*. Porto Alegre, Ed.TLM.
- KLEIN, E. *Dinámica de la pluma del Orinoco vista a través de sensores remotos y su efecto sobre el frente atlántico venezolano*. Disponível em: <www.ontecmar.usb.ve>. Acesso em: 01 dez. 2005.
- KUMP, L. R.; KASTING, J. F.; GRANE, R. G. 2004. *The Earth system*. 2. ed. New Jersey, Pearson Education Press.
- LANNA, A. E. L. 1999. Hidro-economia. In: ÁGUAS doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Ed. Escrituras.

- LE COINTE, P. 1945. *O Estado do Pará: a terra, a água e o ar*. Rio de Janeiro, Ed. Nacional.
- LEAN, J. et al. 1996. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured vegetation characteristics. In *AMAZONIAN deforestation and climate*. West Sussex/England, John Wiley & Sons Press.
- LEFF, E. 2001. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Petrópolis, Ed. Vozes.
- LOCKWOOD, M. 1997. *Integrated value theory for natural areas – ecological economics*. 20. ed. [S.l.], [s.n.]. p 83-93.
- LOPES DE SOUZA, E. 2003. Comentários sobre “avaliação de impactos antropogênicos no ciclo da água na Amazônia”. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- MATTOS, C. M. 1980. *Uma geopolítica pan-amazônica*. Rio de Janeiro, [s.n.].
- MEDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. 1997. Escalas hidrológicas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 2(1): 59-12.
- MEIRELLES FILHO, J. C. 2004. *O livro de ouro da Amazônia: mitos e verdades sobre a região mais cobiçada do planeta*. Rio de Janeiro, Ed. Ediouro.
- MELLO FILHO, L. E. Disponível em: <www.brazilnature.com/amazonia>. Acesso em: 14 out. 2004.
- MITCHELL, R. C.; CARSON, R. T. 1998. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method resources for the futures*. [S.l.], [s.n.].
- MURTA, M. H. *Águas da Amazônia. Contaminação desde a América Central*. Disponível em: <www.defensoriadaagua.org.br>. Acesso em: 20 set. 2004.
- NASA. Disponível em: <www.geology.sdsu.edu>. Acesso em: 24 jul. 2004.
- NISHIZAWA, T.; KOIKE, Y. 1992. *Amazon - ecology and development*. Tokyo, [s.n.].
- NORONHA, M. C. 1996. *O espaço geográfico do Amazonas*. Porto Alegre, Ed. Mercado Aberto.
- OZIMA, M. 1989. *Geo-História – a evolução global da Terra*. Brasília, Ed. UNB.
- PÉGUY, C. P. 1970. *Précis de climatologie*. 2. ed. Paris, Masson & Cie.
- PETROBRAS. 1994. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8(1).

- PIELOU, E. C. 1998. *Freshwater*. Chicago, University of Chicago Press.
- PONTES, M. X. 2001. [Ciclo hidrológico]. Belém, UFPA. Notas de aula.
- PREUSS, P. 1999. *Dark energy fills the cosmos – science beat*. [S.l], Berkeley Press.
- RANDLES, W. G. L. 1990. *Da Terra plana ao globo terrestre*. Lisboa, Ed. Gradiva Publicações.
- REBOUÇAS, A. C. et al. 1999. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Ed. Escrituras.
- RIBEIRO, B. G. 1990. *Amazônia urgente: cinco séculos de história e ecologia*. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia.
- ROCHA, E. A. 1972. *Princípios de economia*. 2. ed. São Paulo, Ed. Nacional.
- ROCHA, K. et al. 2000. *O valor de opção das concessões nas florestas da Amazônia*. Rio de Janeiro, IPEA (73).
- ROMERO, C. 1994. *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Espanha, Ed. Alianza.
- SALATI, E. 1985. The climatology and hydrology of Amazonia. In FRANCE, G. T.; LOVEJOY, T. E. 1985. *Key environments. Amazonia*. New York, Pergamon Press.
- SALATI, E. et al. 1983. *Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia*. São Paulo, Ed. Brasiliense/CNPQ.
- SALDANHA, P. 1998. *Expedições – terras e povos do Brasil - nascente do Amazonas*. Rio de Janeiro, Ed. Del Prado.
- SALEM, L. (Org.). 1995. *Dicionário das ciências*. Campinas. Ed. da UNICAMP.
- SANTA ROSA, H. A. 1926. *História do rio Amazonas*. Belém, Ed. Oficinas Graphics Guajarina.
- SANTOS, Á. R. 2002. *Geologia de engenharia: conceitos, métodos e prática*. São Paulo, IPT.
- SCHNEEBERGER, C. A. 2003. *Minimanual compacto de geografia geral: teoria e prática*. São Paulo, Ed. Rideel.
- SEROA DA MOTTA, R. 2002. *Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia*. Rio de Janeiro, IPEA.

- SIOLI, H. 1985. *Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Rio de Janeiro, Ed. Vozes.
- SOUZA, E. L. de. 2003. Comentários sobre “avaliação de impactos antropogênicos no ciclo da água na Amazônia”. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- SOUZA, J. R.; ROCHA, E. J. P.; COHEN, J. C. P. 2003. Avaliação de impactos Antropogênicos no ciclo da água na Amazônia. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. *Problemática do uso local e global da água da Amazônia*. Belém.
- SPEIDEL, D. H. et al. 1998. *Perspectives on water: uses and abuses*. New York, Oxford University Press.
- TANCREDI, A. C. F. N. S. 1996. *Recursos hídricos subterrâneos de Santarém*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. (Tese de Doutorado).
- TEIXEIRA, W. et al. 2000. *Decifrando a Terra*. São Paulo, Ed. Oficina de Textos.
- TOJA, J. 1995. *La demanda de la naturaleza. Jornadas sobre la gestión del agua en Andalucía ante las experiencias de la séquia*. Espanha, Fundación El Monte.
- TUCCI, C. E. M. 2001. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRS.
- TUNDISI, J. G. 2003. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos, Ed. Rima.
- VENEZUELA. Disponível em: <www.venaventours.com>. Acesso em: 12 dez. 2005.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. 1991. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa, Ed. Imprensa Universitária.
- VISSAMAN JR, W.; HARBAUGH, T. E.; KNAPP, J. W. 1972. Introduction to hydrology. In: VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo, Ed. McGraw-Hill do Brasil.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. 1975. *Hidrologia aplicada*. São Paulo. Ed. McGraw-Hill do Brasil.
- WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. 1977. *Atmospheric science – an introductory survey*. London, [s.n].
- YORK, D.; FARQUHAR, R. M. 1984. *The Planet Earth*, Toronto, (2), [s.n].

YOUNG, C. E. F.; FAUSTO, J. R. B. 1997. *Valoração de recursos naturais como instrumento de análise da expansão da fronteira agrícola na Amazônia*. Rio de Janeiro, IPEA, (490).

ANEXOS

ANEXO A – PROJETO DE LEI Nº , DE 2006

Acrescenta dispositivos à Lei Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997, visando a compensação de Recursos Hídricos, originários da Amazônia Brasileira para o centro oeste e sul do Brasil.

O Congresso Nacional decreta:

A Lei Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997, que 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, passa a vigor com as seguintes alterações:

Art. 1º: da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso VII, com a seguinte redação:

“VII - a água e os recursos hídricos, para os efeitos desta política, consideram não só as águas superficiais como também os aquíferos, o vapor da atmosfera e águas integrantes da biota.”

Art. 2º da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso IV, com a seguinte redação:

“IV - o balanço hídrico considerando todas as entradas e saídas de água no Brasil especialmente à água originada na Amazônia transferidas sob a forma de chuvas em todo o território brasileiro contribuindo para o desenvolvimento da agricultura em outras regiões brasileiras.”

Art. 3º da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso VII, com a seguinte redação:

“VII - em função do balanço hídrico a que se refere o inciso IV do art. 2º, estabelecer compensações em diversas regiões do Brasil considerando as transferências de águas sob qualquer forma de uma região para outra considerando também esse balanço hídrico em função das bacias hidrográficas a que se refere o art. 1º inciso V desta lei.”

Art. 5º da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso VI, com a seguinte redação:

“VI - a compensação às regiões ou bacias hidrográficas que contribuam, em função do balanço hídrico realizado, para as atividades econômicas de outras regiões estabelecendo-se mediante regulamento aos critérios de compensações através de transferências financeiras nos orçamentos da União no orçamento pertinente a utilização de recursos hídricos.”

Art. 7º O inciso I do art. 7º da Lei nº 9.433/97 passa a ter a seguinte redação:

“I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos incluindo o balanço hídrico nacional que considere não só, os aquíferos confinados, a biota, o vapor na atmosfera, a precipitação desconsiderando a reciclagem, as águas superficiais e a transferência de água de sob qualquer forma de uma região para outra.”

Art. 7º da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso XI, com a seguinte redação:

“XI - propostas para o estabelecimento de compensações financeiras no plano de recursos hídricos decorrentes do balanço hídrico nacional, beneficiando bacias hidrográficas, regiões e estados no Brasil.”

Art. 29 da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso V, com a seguinte redação:

“V - promover a compensação das transferências de recursos hídricos com a gestão ambiental e com os interesses das bacias hidrográficas, das regiões e dos estados.”

Art. 32 da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso VI, com a seguinte redação:

“VI - promover a compensação regional, ou por bacias hidrográficas, de recursos hídricos que tenham sido transferidos de uma região ou de uma bacia para outra.”

Art. 33 da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso VI, com a seguinte redação:

“VI - os Comitês de compensação e controle de transferências de recursos hídricos representados por aquíferos, concentrações atmosféricas, transferências atmosféricas e outros recursos hídricos conforme definidos nesta lei.”

Art. 35 da Lei nº 9.433/97 fica acrescido do inciso XI, com a seguinte redação:

“XI - estabelecer critérios gerais para a compensação de recursos hídricos transferidos de uma região ou de uma bacia hidrográfica para outra, observado o balanço hídrico a que se refere o inciso IV do art. 2º desta lei.”

Fica acrescida a Lei nº 9.433/97 do **CAPÍTULO IV – A**, com os seguintes artigos:

CAPÍTULO IV- A

“Art. 44-a Os Comitês de Compensação serão organizados com a mesma estrutura das Agências de Água e visarão principalmente definir o balanço hídrico e quantificar as transferências de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica para outra ou de uma região hidrográfica para outra.

Art. 44-b As regiões transferidoras de recursos hídricos, receberão das regiões transferidas beneficiárias das transferências dos recursos hídricos, compensação a serem sugeridos pelos respectivos comitês e incluídos na Política Nacional de Recursos Hídricos.”

Art. 2º Permanecem em vigor as demais disposições da lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997.

Art. 3º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrários.

JUSTIFICAÇÃO

A água é uma substância natural, responsável pelo surgimento e manutenção da vida no planeta, inclusive a dos seres humanos.

Porém, sua importância não se restringe ao contexto biológico ou orgânico, mas também é mister no âmbito cultural, religioso e econômico. A humanidade esteve, está e provavelmente estará muito ligada e dependente das águas, principalmente das “águas doces”.

Há também, por parte do planeta Terra, isto é, para a natureza em si, da qual o homem é apenas mais um integrante, uma necessidade desta substância ou elemento na manutenção do equilíbrio ecológico, climático e do meio ambiente em geral, para seus balanços e transportes de energias (calor, umidade, ventos, ondas, etc.) bem como para a manutenção da vida de outras entidades (flora e fauna, a biota como um todo).

Com o avanço tecnológico, que tem ocorrido de forma exponencial nos últimos anos, e o enorme crescimento da população humana, já com mais de 6,5 bilhões de habitantes, houve um incremento das atividades agrícolas e indústrias e a conseqüente demanda insensata por recursos hídricos para suprirem tais necessidades, que aumentam continuamente. Vêm ocorrendo conflitos, cada vez mais intensos e em maior número, entre os diversos interesses humanos e também entre as demandas do planeta (da natureza) e às do homem. Estima-se que no mundo atual cerca de 1,5 bilhões de pessoas não têm suas necessidades hídricas mínimas de dessedentação e higiene supridas e que em 2.025, isto é, daqui a 20 anos, possa ocorrer um colapso generalizado no suprimento de água para o atendimento das necessidades da humanidade

A demanda humana planetária por água doce, atualmente em torno de 7.000 Km³/ano (7 trilhões de litros por ano), se divide em 70% para o uso na agricultura/pecuária (produção de alimentos), 22% para atividades industriais e 8% para consumo humano direto (domiciliar ou público), isto é, dessedentação, higiene, etc. No Brasil, a divisão entre os distintos usos da água é diferente, sendo 59% para a agricultura, 19% para as indústrias e 22% para uso doméstico. É, pois, a produção de alimentos, em especial a atividade agrícola, o setor mais demandante de água, seja no contexto internacional ou nacional.

As águas são denominadas recursos hídricos quando deixam a condição de um recurso natural sem uso e apropriam custos na sua captação, tratamento, transporte, etc., passando então a ser considerado um bem econômico.

Porém, a água, mesmo sem uso pelo ser humano, possui enorme utilidade para a sociedade, realizando serviços ambientais e mesmo servindo como insumo para processos produtivos. Deste modo, ao “Não Uso” da água pode ser concebido e atribuído um Valor Econômico, isto é, uma “valia” ou “quantificação” expressa em unidades monetárias.

Fica claro, neste contexto, que a condição de entidade econômica da água não se restringe ao seu uso, nem ao fato de existir trabalho humano e ensejar custos financeiros para sua captação, tratamento, distribuição, etc. Ela é um bem natural e um “recurso”, chamado hídrico, mesmo quando não usada.

A Pan-Amazônia, que abrange uma área de cerca de 7.000.000 km², integrando territórios de 8 países (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela), além da Guiana Francesa, tem no Brasil a maior parte de sua superfície, cerca de 4.700.000 km², ou 67% do total da Amazônia. São nove os estados da federação que compõem a Amazônia brasileira: Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima, Pará, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, correspondendo a 55% do território nacional.

A região apresenta enormes riquezas naturais, tais como biodiversidade, o potencial de biomassa, as jazidas minerais e suas águas (recursos hídricos), sendo provavelmente a maior reserva de água doce do planeta.

O balanço hídrico da região apresenta um saldo positivo muito significativo, o que só é possível pelas características geográficas e, principalmente, pela existência da floresta, que realiza uma ciclagem da água, água esta que não é usada na região, mas sim “exportada” ou transferida para outras partes do país, sob a forma de vapor ou umidade, especialmente para o centro-sul, onde aí sim é utilizada na condição de água virtual, na produção agrícola, de grande relevância econômica/financeira não só para os produtores privados em si, mas para o país como um todo, pois apresenta uma produção de commodities muito grande e variada que compõem itens extremamente significativos nas exportações brasileiras, propiciando superávits imprescindíveis na balança comercial.

Logo, a preservação do ambiente amazônico e dos seus ecossistemas, em especial a floresta, é imprescindível e absolutamente estratégico para o país.

Torna-se, pois, necessário estabelecer mecanismos de viabilização financeira na preservação destes ecossistemas naturais, em especial a floresta, a qual é fortemente responsável pelo ciclo das águas.

O estabelecimento de um fluxo financeiro das regiões beneficiadas pelas águas exportadas, que delas se utilizam, para a Amazônia, região que as origina, constituiria-se em uma transferência de recursos financeiros, estabelecidos como compensação ou crédito pelo “NÃO USO”

A Lei Nº 9.433 precisa ser ampliada, já que ainda não contempla algumas nuances dos recursos hídricos, como o vapor d’água (ou umidade) nem estabelece, até o presente, diretrizes para o estabelecimento e compensação pelo “NÃO USO”.

Sala das sessões, em de de 2006

Deputado _____ ou Bancada da Amazônia.

ANEXO B

THE HYDROLOGIC CYCLE: AN OPEN OR A CLOSED SYSTEM?

Francisco de Assis Matos de Abreu ⁶;
André Montenegro Duarte ⁷;
Mário Ramos Ribeiro⁸;
Ana Rosa Carriço de Lima⁹;
Wellington de Jesus Sousa ¹⁰

Abstract

This paper deals with the Hydrologic Cycle, a vital element for the Earth as a whole, and especially for life, climatic conditions and the planet's dynamic equilibrium, presenting it, based on the fundamental concepts of Thermodynamics and on the new knowledge and discoveries of geosciences, under two distinct foci: 1) As a Closed System, in the form in which it is currently conceived; 2) As an Open System, in the form in which this article proposes it be understood.

Resumen

Este trabajo es acerca del “Ciclo de las Aguas”, elemento muy importante para la vida en la Tierra. Se muestran las condiciones atmosféricas, el clima y el equilibrio dinámico del planeta, tomando como base los conceptos de la termodinámica y los

⁶ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – Centro de Geociências – CPGG –
(++) 55-91-3183-1478 / (++) 55-91-3183-1619 Av. Augusto Corrêa, nº 01 – Campus
Universitário do Guamá 66.075-110 - Belém – Pará – Brasil – famatos@ufpa.br

⁷ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – Centro de Geociências – CPGG –
Centro Tecnológico – CT - (++) 55-91-3183-1478 / (++) 55-91-3183-2200 –
amonte@ufpa.br

⁸ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – BANCO DO ESTADO DO PARÁ -
BANPARÁ – mrribeiro@banparanet.com.br

⁹ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – Centro de Ciências Exatas e Naturais
– Departamento de Química – (++) 55-91-3183-2129 – anarosa@ufpa.br

¹⁰ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – Centro de Geociências –
wellingtonjsousa@gmail.com

nuevos conocimientos y descubrimientos de las geociencias, bajo dos enfoques diferentes: 1) como sistema cerrado, manera como es percibido en la actualidad; 2) como sistema abierto, manera como nosotros proponemos que sea entendido.

Introduction

Water is present in the Universe¹¹ as a whole and in other planets of the Solar System, but, from the evidence seen so far, only on Earth it is present in the three physical states (solid, liquid and gaseous). This fact, which is absolutely imperative for the existence of life, as it is conceived of and known, is due to the existence of a system called the hydrologic cycle, in which water not only alters its physical state, but also moves, both vertically and horizontally, and, as a result of the physical changes and spatial movements, is recycled and produces effects in living creatures (flora and fauna), and in inanimate objects, such as rocks and soils.

The existence and importance of this cycle are undeniable. Barron et al. (1989) have noted that the history of the Earth is strongly influenced by the water cycle, be it in terms of the temperature variations resulting from gas and energy flows in the planetary atmosphere, the erosion and transport of sediments and consequent formation of relief, and soil and vegetation covering. Water's property of being a universal solvent makes it an essential part of chemical reactions and geochemical cycles. Thus, in almost all the processes inherent of the Earth System, water, inserted in its cycle, is present.

Barron et al (1989) also recommended that the Hydrologic Cycle, so vital for the functioning of the Earth System, should be the main field of research with regard to global changes.

The Earth System with the Hydrologic Cycle inserted, may be presented as in figure 01, below:

¹¹ According to recent studies carried out at the Universities of Princeton and Cambridge and at the Berkeley laboratory, the Universe may be modeled by means of a "Cosmic Triangle," which suggests the existence of three components: Dark Energy, Dark Matter and Normal Matter, with relative participation in the Cosmos as a whole of 70%, 25% and 5%, respectively. This paper will only focus on the part of the Universe that corresponds to Normal Matter, which, in principle, encompasses the material and energy phenomena and elements that are the object of this study.

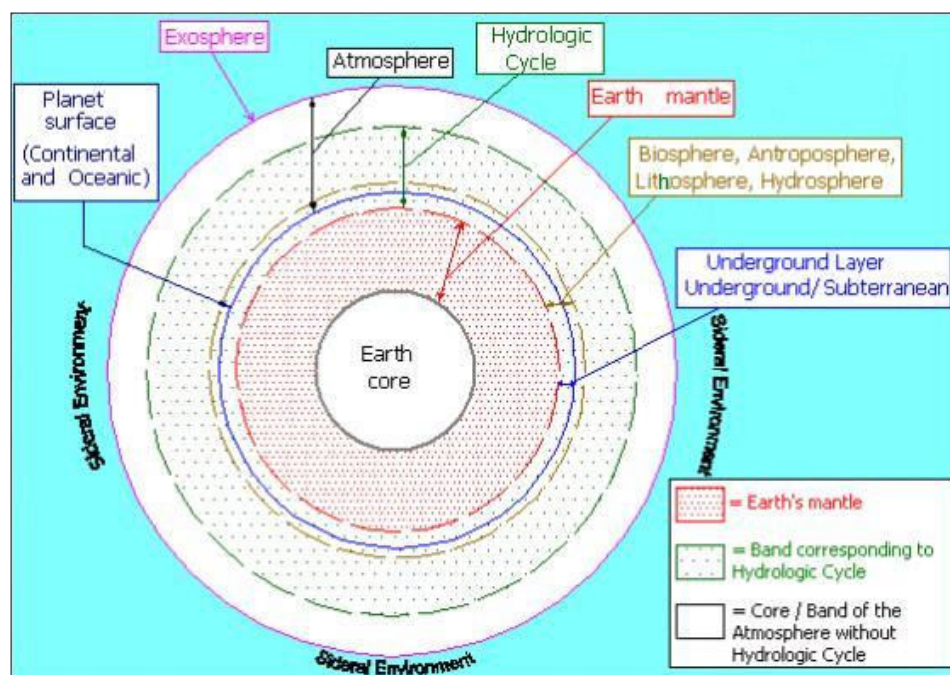


Figure 01: Earth's System schematic drawing emphasizing in elements and interfaces wherever occur the Hydrologic Cycle, contextualized and filled in the system.

Figura 01. Schematic Design of the “Earth System,” with an emphasis on the elements and interfaces that make up the Hydrologic Cycle inserted and contextualized in the System

Thus, it is evident that a complete knowledge of the Hydrologic Cycle, in both its qualitative and quantitative aspects, is fundamentally important for any study in the fields of geosciences, ecology, sanitation and water resource economics.

Basic Concepts of Thermodynamics

Thermodynamics, that part of Physics and Chemistry that studies the transformations, transferences and conservation of energy in its various types (kinetic, potential, thermal, electric, magnetic, etc) in its general principles divides the universe into two parts, system and surroundings:

System: is that part of the whole (or of the universe) in which one has a special interest, or a part whose physical properties are being investigated.

Surroundings(s): is (are) the part(s) that border the system, from which they are separated and about which observations can be made.

There is also the Boundary, which separates the System from the Surroundings and defines the Spaces (places) corresponding to each one of the parts that composes the whole.

The System may be:

Open: When there is an exchange or passage of energy and matter between the Surroundings and the System through its Boundary (ies).

Closed: When there is an exchange or passage of energy but not of matter between a(s) Surroundings(s) and the System through its Boundary (ies).

Isolated: When there is no exchange of energy or matter between the Surroundings and the System through its Boundary (ies).

Figure 02, below, illustrates the three types of systems:

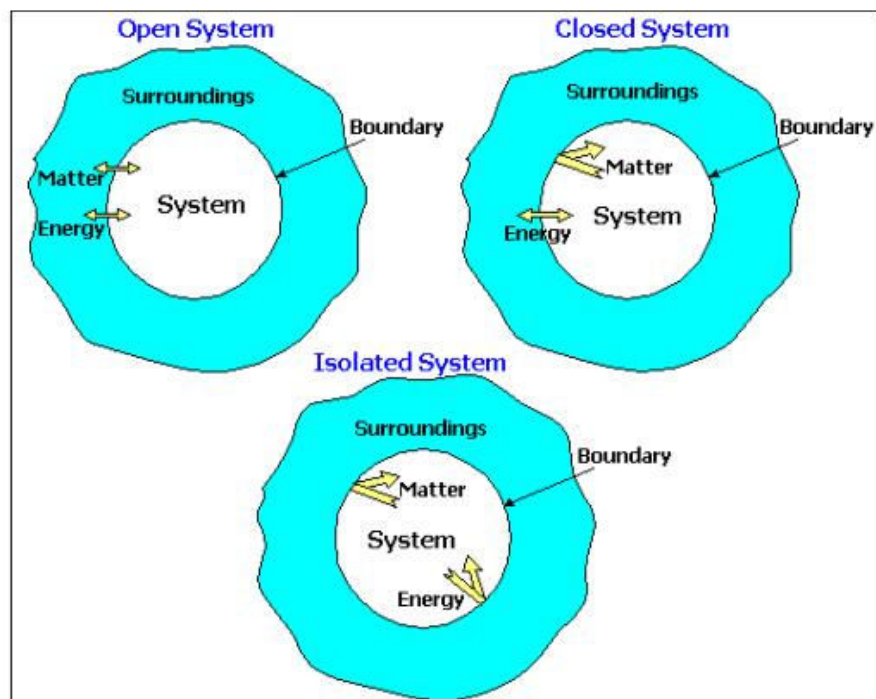


Figure 02: The three types of schematic drawing about systems: Open, Closed and Isolated.

Figura 02. Schematic Drawing of the three types of Systems: Open, Closed and Isolated

For Thermodynamics, the process is a method of operation through which a change of state is effected. To describe it, some parameters must be established, such as the boundary, the change(s) in state, the pathway(s) and their effects, both in the system itself and in the surroundings. When there are changes of state and

return to the initial condition in a system, the pathway for that transformation is called a cycle and the process through which the transformation is effected is called the cyclic process.

The Hydrologic Cycle, as a dynamic and cyclical process in which there is utilization and transformation of energy, with chemical-physical reactions and transformations, can be understood as a System, as conceived by Thermodynamics; in other words, it can be studied as a part of the universe in which there is a special interest. Things that are not part of the System, be they energy, matter or space, but which border on it, should be understood as Surroundings, from which the System is separated by a Boundary (figure 03).

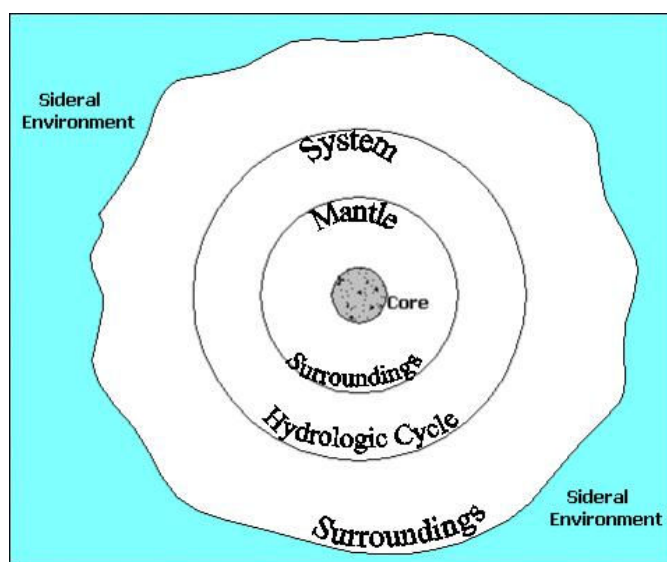


Figure 03: Schematic drawing about Hydrologic Cycle System.

Figura 03. Schematic Drawing of the “Hydrologic Cycle” System.

The processes in which energy is absorbed in the form of heat are called Endothermic. When the opposite happens, they are called Exothermic. Another important concept is that a system that permits energy to escape through its boundary in the form of heat if there is a difference in temperature between itself and its surroundings is called Diabatic or Diathermic. If the opposite happens, in other words, when there is no escape due to this difference in temperature, it is defined as Adiabatic.

Hydrologic Cycle Closed System

The scientific and professional communities, political-administrative agencies for water resources, all segments of society both nationally and internationally, conceive of the Hydrologic Cycle in the manner in which it is illustrated in figures 04 and 05, described as follows:

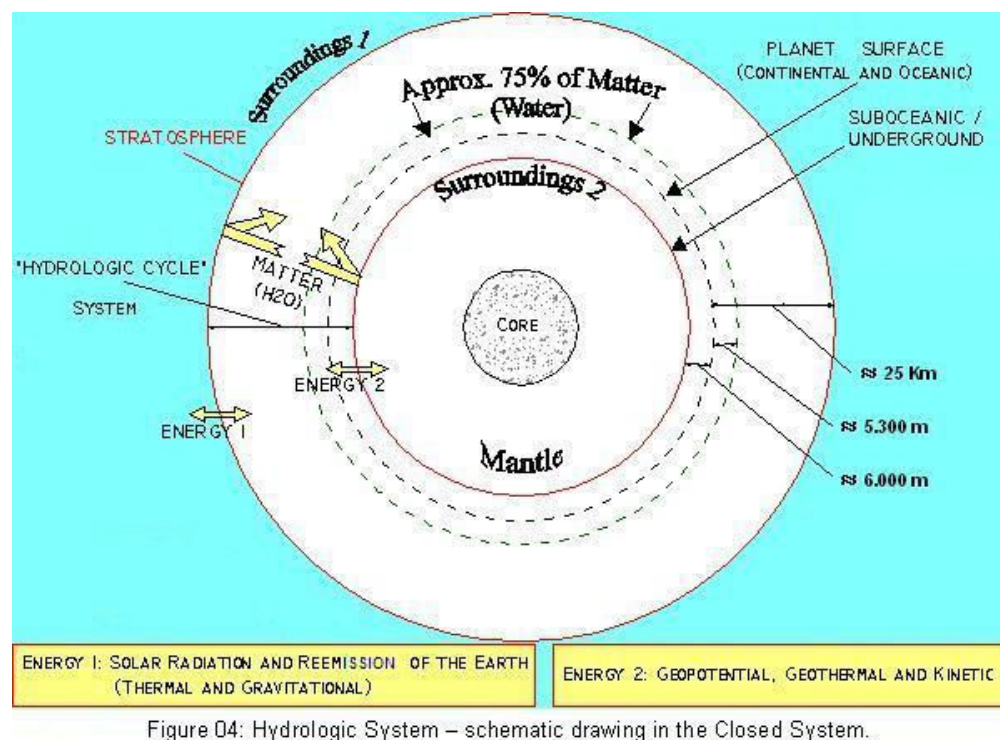


Figure 04: Hydrologic System – schematic drawing in the Closed System.

Figura 04. Schematic Drawing of the Hydrologic Cycle, in the Closed conception.

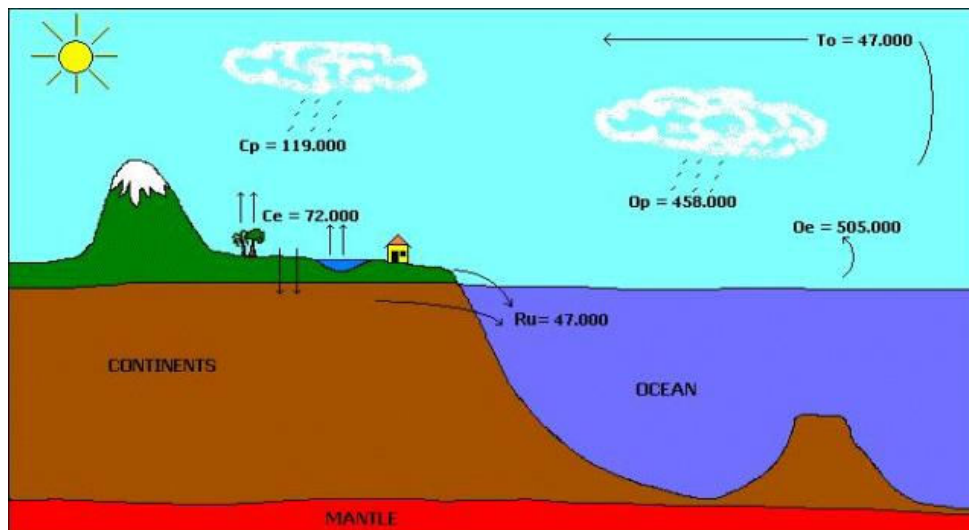


Figure 05: Representation drawing for the fluxes and quantitative by Hydrologic System, in the the Closed System.

Figura 05. Representative Drawing of the Flows and Quantities of the Hydrologic Cycle, in the Closed conception

Legend (*):

E_o = Evaporation in the oceans

E_c = Evaporation in the continents

P_o = Precipitation in the oceans

P_c = Precipitation in the continents

D_s = Surface/underground drainage to the oceans

T_o = Transference from the oceans to the continents through the atmosphere

(*) Values expressed in km^3/year

Conceived of in this form, according to the basic principles of Thermodynamics, the Hydrologic Cycle is understood as a Closed System, since there is an exchange of thermal energy (ingress of solar radiation and re-emission or response by the planet of the same radiation - albedo and long waves -, already transformed) and gravitational energy (interaction between Sun, Moon, Earth and other stars, which provides for the movement of translation and seasons of the year) as well as the gravitational or geopotential, geothermal and kinetic energies coming from inside the Earth, related to the masses of the planet's interior (surroundings) and the matter of the system (water) that leads, respectively, to precipitation, drainage, etc, the

movement of lithospheric plates, volcanic manifestations and rotation movement, which causes the days and nights.

Matter (water), in theory, neither enters nor leaves the system, but remains constant, in quantitative term. Although precise measurement of this scale is very difficult, recent studies estimate the total volume of the water matter placed in the hydrologic cycle at 1,385,984 million km³ (Tundisi 2003).

The general distribution of this volume in the different reservoirs is quite heterogeneous and may be succinctly described as follows: 96.50% in the oceans (saltwater) and practically 3.50% in the continents (ice, lakes, rivers, aquifers, soil humidity, etc.). There are also traces or small quantities of water in the atmosphere (0.001%) and in living creatures – biosphere – (0.0001%). There is also some 1% of saltwater in the continents and seas, besides the oceans, leaving as freshwater, only about 2.50% of the total waters of the Planet. Of this freshwater, practically 69% is found in Polar Icecaps and Glaciers, 30% are in aquifers (water tables and underground reserves) and some 1% are at the surface in rivers, lakes and other reservoirs.

The System corresponds to the cyclical processes of evaporation/transpiration, vertical transportation, condensation, precipitation, infiltration, absorption by biomass, percolation and surface and subterranean drainage.

It should be noted that a few authors admit, indirectly and tenuously, the possibility or hypothesis of matter entering the hydrologic cycle (juvenile water), be it through volcanic activities (Teixeira et al, 2000), be it through meteors (Tundisi 2003 and Garcia et. al 2004). This hypothetical ingress is neither equalized nor integrated into the aforementioned cycle, which, schematically and conceptually, is always conceived of in the same manner in the literature as described above, that is to say, as a closed system, without exchange of matter.

Hydrologic Cycle Open System

In recent years, the advance of knowledge in the area of geosciences, in plate tectonics, hydrogeology, meteorology, and oceanography and in several other specialties has been enormous, leading to changes in previously established and consolidated concepts. Formerly unknown phenomena are being observed and measurements that previously could not be carried out are now made, many through modeling, with the aid of technologies unknown until recently, such as artificial satellites, radio probes, computer programs and countless others.

Specifically with regard to the planet's waters, Ahrens (1989) found that, of the volume existing in the oceans (96.50% of the total), there is a stockpile of some 50% of this quantity in the upper mantle of the Planet, that is, of some 700 million km³, that are potentially transportable from the mantle to the hydrosphere and atmosphere. There is, therefore, an enormous quantity of matter (water) that may be

able to enter the hydrologic cycle through volcanism. In the scientific literature, we found no attempt to deal with this process of swapping or exchanging of matter between the mantle and the outermost layers of the planet as an intrinsic part of the hydrologic cycle.

Only in the last few years, albeit indirectly and with a certain degree of imprecision, have these transferences of water from the mantle to the oceans (input of matter) and in the inverse sense as well, from the hydrosphere to the mantle (output of matter) been described.

Ito (1983), DeVore (1983), Kasting (1992) examined the processes of transformation of the ocean floor and the variations in the volume and levels of the seas and noted that in the meso-oceanic chains and in the “hot spots” there occurs the passage of water from the mantle to the oceans, while in the subduction zones the reverse happens, that is, the passage of water from the oceans to the mantle. They quantified these passages. In this paper, DeVore’s (1983) measurements were adopted.

Frank (1990) and Pielou (1998) described the input of water into Planet Earth by means of small comets called “snowballs”, objects weighing some 20 to 40 tons, which vaporize due to friction with the atmosphere.

Berner (1996) and Walker (1977) reported the quantity of the input of juvenile water coming from continental volcanism and the planet’s output of water due to photo-dissociation of hydrogen and oxygen molecules in the upper layers of the atmosphere, caused by ultra-violet rays.

The table below summarizes the quantitative information reported above and what has been effectively adopted:

Table 1
Annual Water Balance

	Quantity Reported	Quantity Converted (km ³)/year (*)
Inputs		
Comets (Snowballs)	3 trillion Tons/10,000 years	0.0003
Oceanic Volcanism	2.2×10^{14} g/year	220.0000
Continental Volcanism	(**)	73.3333
	TOTAL INPUT	293.3336
Outputs		
Photo-Dissociation	0.0048 Km ³ /year	0.0048
Subduction Zones	3.0×10^{14} g/year	300
	OUTPUT TOTAL	300.0048
	ANNUAL BALANCE	- 6,6712

(*) For purposes of simplification in the conversion to Km^3 , the density of water as 1.00g/cm^3 was adopted.

(**) Walker (1977) apud Berner (1996) indicated a quantity of $0.03 \text{ km}^3/\text{year}$, which corresponds to only 0.1% of what was reported by DeVore (1983) for the same phenomenon, this being in the oceanic environment ($220 \text{ Km}^3/\text{year}$). Although the measurements of these magnitudes are very difficult and lead to a great degree of uncertainty or variability, for the effect of simplification and utilization in the balance set forth above, Walker's quantification was discounted as too low, and this paper adopted as the contribution of continental volcanism a magnitude corresponding to 1/3 of what was considered the oceanic contribution, since the continental surface has approximately this same proportion in relation to the seas.

Conciliating and sharing the quantities summarized above, one may conceive of the Hydrologic Cycle in the following manner (figures 06 and 07):

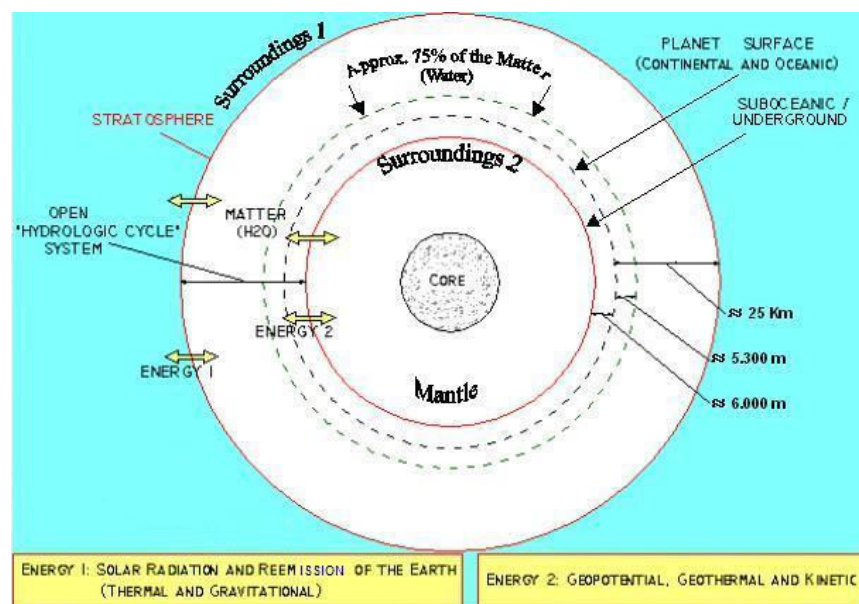


Figure 06: Schematic Drawing about Hydrologic System, in the Open System Intention.

Figura 06. Schematic Drawing of the Hydrologic Cycle, in the Open conception.

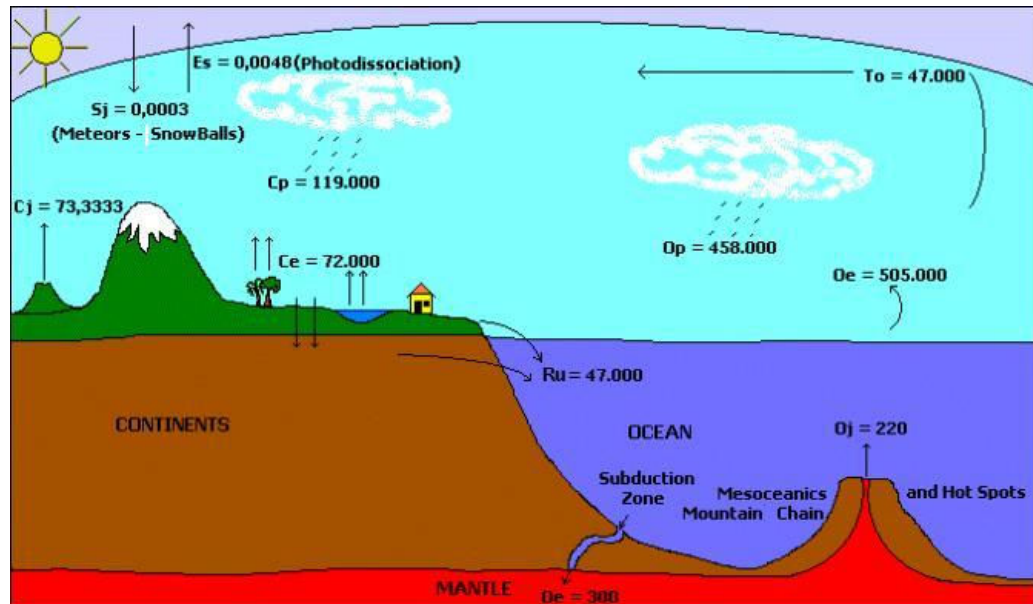


Figure 07: Representative drawing for the fluxes and quantities by Hydrologic Cycle, in the Open System Intention.

Figura 07. Representative Drawing of the Flows and Quantities of the Hydrologic Cycle, in the Open conception

Legend(*):

Eo = Evaporation in the oceans

Ec = Evaporation in the continents

Po = Precipitation in the oceans

Pc = Precipitation in the continents

Ds = Surface/subterranean drainages to the oceans

To = Transference from the oceans to the continents though the atmosphere

Io = Oceanic input

Ic = Continental input

Ie = Spatial input

So = Oceanic output

Se = Spatial output

(*) Values expressed in km^3/year

The System corresponds to the same cyclical processes already described.

Comparative Analysis Between The Two Systems

In any of the two conceptions of the System, the energy flow through the boundaries exists, and, for this reason, will not be the objects of analysis in the present work. The great difference is in the flow of matter.

The Hydrologic Cycle, conceived of as a Closed System, maintains a quantity of matter (water) permanently, in other words, the existing quantity, of 1,385,984 million km³, is the same since stabilization of the Planet's climatic and mechanical conditions, which brought about the aforementioned cycle, some 3.2 billion years ago. It should be noted that this conception not only determines that the quantity be constant but also that all the water existing in the System is the same since the beginning of the process, obviously with permanent recycling and changes of phases (or physical states).

When conceived of as an Open System, the Cycle not only considers that matter itself is exchanged or traded with other interfaces of the Planet, but specifically with the mantle. That is, the existing water is not always the same, as well as presenting an extremely discrete quantitative variation in matter, with the balance indicating an annual absolute loss of 6.6712 Km³. This loss, which in absolute numbers is very low, considered in relative terms, amounts to merely 0.48×10^{-11} % of the total volume and a 2,22% of the exchanged volume. This has absolutely no real significance, and tends towards zero. As the quantifications of the passages (inputs and outputs) of water between the System and its surroundings demonstrate considerable imprecision or variability, with these being estimated at $\pm 30\%$, it may be understood that this small number obtained in the Balance (-6,6712 km³/year) is the result of the fluctuations in measurements, considering then, the equilibrium as the real and practical result of the water balance between inputs and outputs. In other words, the balance may be considered null, with neither gain nor loss of volume occurring.

In this manner, in either of the two foci, it may be seen that the total volume of water matter in the Cycle stays unaltered and constant, on the order of 1.386 billion km³.

The convergence of the quantitative result of the two different foci, however, does not occur in the qualitative aspect. With the closed system, the water present at the moment has been the same since the beginning of the cycle. On the other hand, with the open system, there is a permanent exchange of matter between the cycle (system) and the mantle (surroundings), so that the water is not only recycled but also renewed.

Adopting as an approximation the quantity of 300 km³/year of water exchange may not seem very significant for the cycle as a whole, representing only 0.000022% of the total volume. However, this volume represents some 4% (four percent) of the total annual discharge from the Amazon River ($212,000 \text{ m}^3/\text{s} \approx 6,700$

km³/year) and, when viewed in a longer temporal horizon, such as, for example, since the last ice age, some 10,000 years ago, when humanity was beginning its civilizing activities, including agriculture, it reaches 0.21645% of the total volume. Again, although this quantity seems small, this trade is quantitatively quite significant, since it corresponds to some 216 (two-hundred and sixteen) times all the water stored in the atmosphere (0.001%), and 24 (twenty-four) times the average annual precipitation on the continents (0.009%).

Speculating as to the temporal space that would lead to the total exchange or renewal of the total water volume in the Cycle, when conceived of it this paper, with an annual trade of 300 km³, this would take some 4.6 million years to come about.

Conclusions

The Hydrologic Cycle, considered as the cyclical process of Evaporation/Transpiration, Vertical Transportation, Condensation, Precipitation, Infiltration, Absorption by Biomass, Percolation and Surface and Subterranean Drainage of Water, through which the latter is recycled and purified, may be conceived of as a System under two foci:

- I Closed: when there is no exchange of matter between itself and its surroundings;
- II Open: when there is an exchange of matter between itself and its surroundings.

In the two situations there are no quantitative differences; in other words, it was found that the total volume of water matter present in the Cycle is constant and is of approximately 1.386 billion Km³.

Qualitatively, however, the two foci are quite divergent. In the closed system the water present is always the same; that is, the water matter present in the Cycle has been the same since its stabilization some 3.2 billion years ago.

In the system under the open focus, one estimates that there is a rate of trade or exchange of water between the system (Cycle) and its surroundings, especially the Earth's mantle, a phenomenon basically caused by plate tectonics (output) and volcanism (input), of 300 km³ per year. This rate of trade or exchange of matter promotes a total renewal of the water existing in the Hydrologic Cycle in a temporal horizon of some 4.6 million years, thus making for some 696 cycles of total renewal of water matter over these last 3,2 billion years.

It is of the highest importance that one admit, and even more emphatically, adopt the focus of the Hydrologic Cycle System as Open, especially due to the existence of an enormous volume of water stored in the mantle (some 50% of the

total of the oceans), water which, while present in such a place, is strictly speaking not part of the Cycle, but which is undoubtedly being gradually transferred to the system.

The quantifications of these transferences of water matter are generally made through indirect measurements, and also with wide variability and fluctuations. With the scientific and technological advances, which have been happening at an accelerated pace, these measurements tend to become ever more precise and to provide more convincing elements for a better adjusted and correct balance of the “waters” that leave and that enter the Hydrologic Cycle.

Bibliography

- AHRENS, T. J., “Water storage in the upper mantle – Nature”, V. 342, p. 122-123, UK, 1989
- ATKINS, P. W., “Physical Chemistry, Fifth Edition – Oxford University Press”, 1994
- BARRON, E. J. et al., “The Hydrologic Cycle: a major variable during Earth History - Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol. (Global Planet, Change Sect.)”, V. 75, p. 157-174, Amsterdam, 1989
- BERNER, E. K. and BERNER, R. A., “Global Environment: Water, Air and Geochemical Cycles - Prentice-Hall Inc”, New Jersey, 1996
- CASTELLAN, G., “Fundamentos de Físico-Química”, Livros Técnicos e Científicos Ed. S. A., Rio de Janeiro, 1986
- DEVORE, G. W., “Relations between subduction, slab heating, slab hydrations and continental growth – Lithos”, V. 16, p. 255-263, Amsterdam, 1983
- FRANK, L. A., “The Splash – Carol Publishing”, New Jersey, 1990
- GARCIA, E. et al., “Water, Esperança e Futuro”, Edições Loyola, São Paulo, 2004
- ITO, E. et al., “Alteration of oceanic crust and geologic cycling chlorine and water – Geochimica et Cosmochimica Acta”, V. 47, p. 1613-1624, USA, 1983
- KASTING, J. F. and HOLM, N. G., “What determines the volume of the ocean – Earth and Planetary Science Letter”, V. 109, p. 507-517, Amsterdam, 1992
- PIELOU, E. C., “Freshwater – The University of Chicago Press”, 1998
- PREUSS, Paul, “Dark Energy Fills The Cosmos – Science Beat”, Berkeley Lab., 1999
- REBOUÇAS, A. C. et al., “Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação”, Escrituras Editora, São Paulo, 1999
- TEIXEIRA, W. et al., “Decifrando a Terra – Oficina de Textos”, São Paulo, 2000
- TUNDISI, J. G., “Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez”- Rima Editora, Are Carlos, 2003
- WALKER, J. C. G., “Evolution of the atmosphere”, Macmillan, New York, 1977
- www.geology.sdsu.edu - NASA – Project Alert

ANEXO C

THE VALUE OF “NON USE”: AN ECONOMIC PRINCIPLE FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE AMAZON

*André Montenegro Duarte (PG), Francisco de Assis Matos de Abreu(PQ), Mário
Ramos Ribeiro (PQ)*

CPGG/UFPA

amonte@ufpa.br

KEY-WORDS: VALUE OF NON USE, WATER AND FOREST RESOURCE MANAGEMENT

The Amazon is a significant part of Brazil, with a territorial extension that goes beyond national borders, and encompasses an additional seven countries. Its importance, however, is not restricted to the country, or to its enormous physical dimensions. Its forest, waters, biodiversity, ultimately its ecosystems, are vital for maintaining the planet's dynamic equilibrium and strategically relevant for all of humanity. Over the last 500 years the economic base for the region has been extractive activity (rubber latex, iron, manganese, various minerals, timber, etc.). More recently, there has been implantation of agricultural monoculture (soya, jute, etc.) and, principally, intensive cattle ranching. The implantation of an industrial center restricted to the Manaus Free Port, in Amazonas and the appearance of a few industrial establishments in Pará, have been the only industrial activities. The various uses to which the region has been submitted have led to disastrous consequences, as can be unequivocally seen in large-scale and highly accelerated deforestation, with INPE having measured, only in the last 16 years, the loss of some 300,000 Km² of forests, leading to marked changes in the rain regime (micro and macro-climates). These degraded areas are then mostly occupied and used by immigrants, leading to major conflicts over land ownership and use, accompanied by the worsening of social indicators, where one sees increasingly accentuated poverty and lack of quality of life for the local populations. This paper presents, albeit in a preliminary fashion, a new and different way of viewing and conceiving Amazon development, taking into account its peculiarities and the enormous strategic importance that the region has for the entire planet. It is guided by the idea of a theory of “non use” for valuing the region's natural assets, especially its waters inserted and integrated with the forest, with the utilization of this “value of non use”, which may reach the amount of US\$ 2,5 billion/year as “currency”, “credit” or “compensation” for benefiting, directly or indirectly, all the inhabitants of the Earth. This hypothetical “credit” may be operationalized through financial mechanisms to be implanted in the wake of the recent approval of the Kyoto Protocol.

PEARCE, David, How valuable are the tropical forest? Demonstrating and capturing economic value as a means of addressing the causes of deforestation, Seminar paper for Conseil d'Analyse Économique, Paris, December 2001.

ANEXO D

O VALOR DE “NÃO USO”: POSSIBILIDADE ECONÔMICA PARA A AMAZÔNIA

AUTORES:

Francisco de Assis Matos de Abreu – Geólogo – Prof. Dr.

Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica - Centro de Geociências da UFPA

Departamento de Geologia e Oceanografia do Centro de Geociências da UFPA – famatos@ufpa.br

André Montenegro Duarte – Engenheiro Civil – Prof. MSc.

Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica - Centro de Geociências da UFPA

Departamento de Eng. de Transportes do Centro Tecnológico da UFPA – amonte@ufpa.br

Mário Ramos Ribeiro – Economista – Prof. Dr.

Departamento de Economia do Centro Sócio Econômico da UFPA

Banco do Estado do Pará – BANPARA - mrribeiro@banparanet.com.br

Palavras-chave: Amazônia, desenvolvimento sustentável, valor de não uso.

RESUMO

A Amazônia é uma parte muito significativa do Brasil, sendo sua extensão territorial, que inclusive extrapola as fronteiras nacionais abrangendo mais sete países, correspondente a praticamente metade do território brasileiro. A sua importância não se restringe ao país e nem à sua enorme dimensão física, sendo a floresta, as águas, a biodiversidade, enfim, seus ecossistemas, componentes fundamentais de manutenção do equilíbrio dinâmico do planeta e de relevância estratégica para toda a humanidade.

Desde o início da colonização européia, no início do século XVI, até o presente, a economia da região têm se baseado, predominantemente, em atividades extrativistas (látex-borracha, ferro, manganês, bauxita, níquel, minerais diversos, madeiras, etc.). Mais recentemente, vêm-se implantando e ampliando a atividade agrícola, por vezes com caráter regional de monocultura (soja, juta, etc.) e a pecuária bovina intensiva. O enclave da Zona Franca de Manaus, no Amazonas e a implantação de indústrias eletrointensivas, no Pará, como decorrência do enorme potencial de geração de energia hidrelétrica, parcialmente explorado, assinalam a chegada de um novo ciclo econômico.

Os estudos, as concepções, os planejamentos de investimentos, quando ocorrem, não são, em sua quase totalidade, realizados pelos amazônidas, mas sim por grandes grupos ou corporações empresariais e mesmo instituições públicas e particulares nacionais ou internacionais. Conseqüentemente, as decisões políticas de intervenção na região, bem como as legislações e as bases, inclusive técnicas e conceituais, de desenvolvimento econômico não visam atender aos interesses locais e mesmo desconhecem, ou não levam em consideração, as aspirações, peculiaridades, culturas dos habitantes e da própria região, ou o seu ambiente natural. Isto tem ensejado conseqüências desastrosas, como se constata, de maneira inequívoca, no desmatamento em grande escala e extremamente acelerado, na alteração das chuvas (micro e macro-climas) nos conflitos pela posse e uso das terras e, na perda de investimentos vultosos, como foi o caso da Perimetral Norte, construída durante os governos militares, tudo isto, concomitante com o agravamento dos indicadores sociais onde vê-se, cada vez mais acentuados a pobreza e a falta de qualidade de vida das populações locais.

Este trabalho apresenta, ainda que de modo preliminar e embrionário, uma forma de olhar e ver o desenvolvimento econômico da Amazônia de maneira nova e diferente, considerando suas peculiaridades e a enorme importância estratégica que a mesma tem para todo o planeta. Ela está pautada na idéia e no desenvolvimento de uma teoria do “não uso” para valoração ou precificação de seus bens naturais, em especial de suas águas, no contexto do ciclo hidrológico como um todo. Este está agregado, de forma indissociável, à floresta e aos demais ecossistemas da região e a conseqüente utilização deste “valor ou preço de não uso” como “moeda”, “crédito” ou “compensação” para o benefício dos amazônidas, dos brasileiros e, enfim, de forma direta ou indireta, de todos os habitantes da Terra.

I – INTRODUÇÃO

AMAZÔNIA: ESPAÇO E ECOSISTEMA

Uma das regiões mais famosas e também das menos compreendidas do mundo, a Amazônia, batizada no século XVIII de “*Hiléia*” (do grego “zona das selvas”) pelo naturalista alemão Alexander Von Humboldt, de certa forma, confunde-se, de maneira imprópria e equivocada com a própria bacia hidrográfica do Rio Amazonas (BARSA, 2004 e ANA, 2004). Em verdade, constitui-se de uma grande extensão do planeta, com enorme complexidade, heterogeneidade e diversidade, no tocante à vida (fauna e flora), ao clima, às suas características físico/químicas/geológicas/geográficas e, principalmente, a integração e interrelação entre estas diversas interfaces. O fascínio que exerce sobre a humanidade em geral, mais, especificamente, sobre cientistas, estudiosos, desbravadores, empresários e empreendedores comerciais, tem ensejado várias atividades de pesquisa e de exploração mercantil da região, ao longo de séculos da sua história. Ainda assim, o que se tem hoje sobre a Amazônia é muito desconhecimento e muita mistificação. Mesmo quantificações e medidas fundamentais e básicas, como, por exemplo, os limites, a superfície ou área, a própria extensão ou comprimento e até a vazão ou descarga do Rio, são, em grande parte, pouco precisas ou mesmo indefinidas. ARAGÓN (2002) levantou uma questão ainda sem resposta: “*Até onde vai a Amazônia?*”.



Vista Geral do Rio Amazonas, seus principais afluentes e da Amazônia como um todo.

De maneira genérica o termo “Amazônia” é aplicado para designar esta imensa área localizada na zona tropical, mais próxima a faixa equatorial, com terras predominantemente de baixas altitudes (planícies) e abundante cobertura florestal, ao norte do continente sul-americano, correspondendo a todo o norte do Brasil, estendendo-se ainda por mais sete países: Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. Esta “Amazônia Continental” ou ainda a “Grande Amazônia” (MEIRELLES FILHO, 2004), que também pode ser entendida como a Pan Amazônica (MATTOS, 1980), da qual o Brasil detém a maior parte, corresponde a um colossal ecossistema. Embora não seja possível se demarcar seus limites com precisão, muito menos com exatidão, estima-se que envolva uma superfície de cerca de 7.000.000 Km², com outras diversas estimativas variando entre 5.846.100 Km² (BARSA, 2004) e 8.267.681 Km² (DOMINGUEZ, 2003). Compreende, aproximadamente, 50% das terras da América do Sul e 5% de toda superfície de terra firme do planeta.

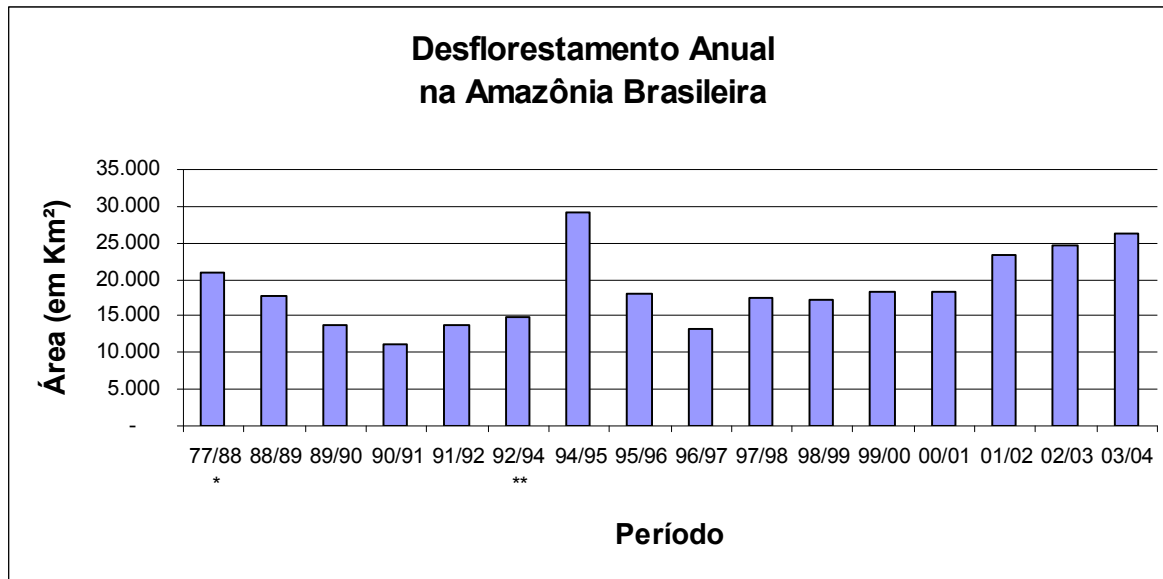
Cabe ressaltar que, diferentemente do que é propalado e tido como consenso, a Hiléia, que corresponde às regiões das florestas tropicais, que encerra uma biodiversidade transformada em ícone ou símbolo da região, não é o seu único ecossistema ou característica natural, embora seja o maior e mais importante. Na Amazônia, a hiléia compreende entre 3.500.000 Km² a 5.000.000 Km² (MENDES, 2001), existindo ainda savanas e, em menor escala, outros ambientes tais como

manguezais nas faixas costeiras, aninguais ou várzeas e áreas antropizadas (pastagens artificiais, cultivos agrícolas e núcleos urbanos).

Segundo os estudos desenvolvidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), através da análise e monitoramento de dados de satélites, tem havido uma grande redução das áreas de cobertura florestal, isto é, da própria hiléia. As medidas constatarem que nos últimos 16 anos houve uma perda de cerca de 300.000 Km² e estimativas indicam que nos últimos vinte/trinta anos que já teria ocorrido a devastação de cerca de 600.000 Km², algo em torno de 15% da floresta original e 7% de todo o território nacional. Este desflorestamento é atribuído, principalmente, à grande quantidade de queimadas que são feitas para a formação de pastos, em um primeiro momento, muitos dos quais são em seguida utilizados para o estabelecimento de monoculturas, como é o caso, por exemplo, do avanço da soja na divisa Pará –Mato Grosso.

Período	77/88 *	88/89	89/90	90/91	91/92	92/94 **	94/95	95/96
Área	21.050	17.770	13.730	11.030	13.786	14.896	29.059	18.161

Período	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
Área	13.227	17.383	17.259	18.226	18.165	23.266	24.597	26.130



Fo

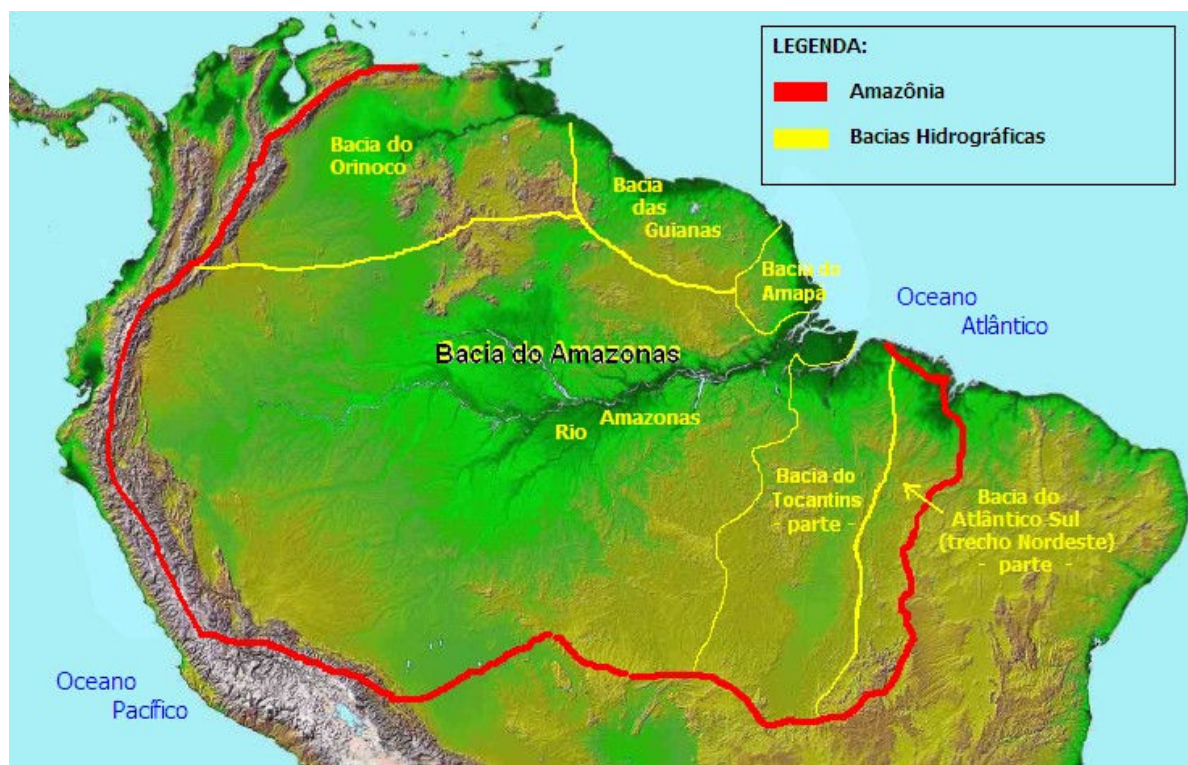
nte: INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - 2005

Constata-se na série histórica acima exposta que ocorreu uma máxima em desflorestamento nos anos de 1994/1995, atingindo 29.000 Km². Números, ainda não confirmados oficialmente pelo INPE, indicam que deva haver uma redução significativa do desflorestamento no próximo

período de medição (2004/2005), em consequência de recentes intervenções como monitoramento em tempo real e fiscalização mais intensiva, intervenções estas promovidas pelo Poder Público Federal.

Esta imensa área, como um todo, e em especial a hileia, é dotada de um vasto estoque e uma vigorosa circulação de águas, cujo volume estimado quase que de forma unânime pela comunidade científica correspondente à cerca de 1/5 de toda a água doce em estado líquido existente no planeta, ensejando um complexo e importantíssimo sistema hídrico, de valor estratégico para toda a humanidade. Cabe ainda ressaltar que a mensuração mais fundamentada e precisa deste “estoque” ou “reserva” de água vem sendo objeto de estudos em Instituições de Ensino e Pesquisa na própria Amazônia, tais como a UFPA e o INPA.

A Amazônia como um todo, também conhecida “Amazônia Continental” ou ainda a “Grande Amazônia”, que pode ser ainda ser entendida como a Pan Amazônia, é formada por seis bacias hidrográficas, sendo a de maior extensão e relevância a do Rio Amazonas.



II – BASES ECONÔMICAS E DE PRODUÇÃO NA AMAZÔNIA

Nestes últimos cinco séculos, isto é, desde que o navegador espanhol Vicente Pinzón, em 1500, adentrou no grande rio, o qual denominou de “Mar Dulce”, e Francisco Orellana, que, em 1542, o batizou como Amazonas, a área de influência direta do enorme curso d’água, conhecida como Amazônia, dentre os inúmeros entendimentos que possa ter, e guardadas algumas particularidades de suas micro- regiões (inclusive as diferentes nações e os grandes pólos urbanos isolados), apresenta as seguintes fases de atividades econômicas predominantes:

Até a primeira metade do século XIX ocorreu um “aproveitamento” ou “uso” da Amazônia restrito a exploração das chamadas “drogas do sertão”, em especial as madeiras e as especiarias alimentares, tais como: a batata doce, o guaraná, a mandioca, a pimenta, o tomate, o amendoim, o maracujá, o cacau, açaí, o cupuaçu e o bacuri. Além do extrativismo, havia, ainda de forma incipiente, atividades agropecuárias, mas nada, até o ano de 1850, estabelecido de maneira sistemática ou estruturada, seja no caráter formal ou espacial. Nesse período teve início e se desenvolveu o povoamento da região pelos europeus (portugueses na Amazônia brasileira e espanhóis nas demais áreas). Com a colonização, ocorreram mudanças de padrões culturais, sociais e religiosos e foram fundados os primeiros núcleos urbanos que, posteriormente, tornar-se-iam grandes cidades (Quito, Manaus, Santarém, Belém, etc.). Nesta primeira fase, embora houvesse exportação dos produtos extraídos, não ocorreu a formação de mercados, no sentido mais amplo, nem de uma base produtiva consistente, posto que as atividades produtivas e mercantis eram muito restritas e praticamente tinham o caráter de subsistência.

A partir de 1850 ocorreu uma enorme demanda internacional pelo látex vegetal, obtido da seringueiras, ensejando o crescimento do extrativismo desse produto, o que levou à denominada época áurea da borracha. Isto favoreceu a imigração de um grande contingente populacional para a região, ainda pouco povoada, e gerou um ingresso de divisas muito grande ao país e à região. Esta fase durou até a segunda década do século XX, isto é, cerca de 70 anos, quando o látex de origem asiática, obtido de cultivos racionais, suplantou o produto amazônico. A exploração do látex foi responsável pelo enriquecimento e acúmulo de capitais por parte de alguns grupos sociais/empresarias, o crescimento de algumas cidades (centros de negócios e serviços) e a implantação dos portos de cunho internacional. Durante a segunda grande guerra mundial, no

curto período de 1940 a 1945, devido ao fechamento das rotas asiáticas para as grandes economias ocidentais (América do Norte e Inglaterra), a exploração do látex ganhou novo impulso, tendo-se inclusive criado, com estímulos institucionais e financeiros dos países aliados, a função do soldado da borracha. Após o fim da grande guerra a atividade estagnou e mesmo declinou, perdendo importância em termos reais e estratégicos. Teve lugar a partir de então um grande vazio em termos de atividades econômicas na região, até os anos de 1950.

A partir da década de 1950, mais acentuadamente a partir dos anos de 1960, com a abertura de rodovias para integração e a ampliação das fronteiras agrícolas do Brasil, ocorreu certa diversificação das atividades de “uso” ou “utilização” dos recursos naturais da região. O extrativismo continuou a preponderar, tendo um grande impulso com a mineração – manganês, ferro, cobre, níquel, bauxita (provavelmente a Amazônia contenha a maior reserva de minérios do planeta). Desses minérios apenas alguns são beneficiados ou industrializados na região, sobremaneira nas fases de pouca agregação de valor ao produto, ou como no caso da produção do alumínio, processo eletrointensivo, utilizando a grande disponibilidade energética existente. A exploração de madeiras nobres - mogno, angelim, maçaranduba, entre outras – ganhou escala, como atividade extrativista, ainda com baixo valor de agregação econômica. Além do extrativismo, têm sido ampliadas, de forma muito acelerada, nos últimos dez-vinte anos, a pecuária bovina (atualmente um dos maiores rebanhos nacionais), as monoculturas intensivas – especialmente da soja na parte centro-sul da região -, e a pesca, base alimentar das populações locais, e que, em termos mercantis ou comerciais, é desenvolvida de maneira pouco racional e quase artesanal (embora o Estado do Pará seja o maior produtor nacional de pescado). Outro uso intenso, importante e relativamente recente dos recursos naturais da Amazônia, são o de suas águas, em especial de seus volumosos rios, de maneira não consultiva, para geração de energia através de Usinas Hidro Elétricas (UHE's). Ressalte-se que a maior parte da energia gerada na região é consumida, na sua maioria por alguns poucos usuários específicos. Excetuando-se a implantação das Zonas Francas, em especial a de Manaus, que produziu, de fato, algumas alterações sociais e da base produtiva, todas as demais intervenções e produções amazônicas tem como princípio, quase que exclusivo, o atendimento de mercados mundiais e, em menor escala, interesses de grandes corporações. Existem, funcionam e se propõem a atender apenas a estes mercados e aos seus agentes.

De forma sucinta, pode-se sistematizar as atividades predominantes na Amazônia, como um todo, nos últimos cinco séculos, como no quadro a seguir:

Período e Duração	Atividades Econômicas Predominantes	Interferências/Alterações nos Ecossistemas
1500 – 1850 (350 anos)	Extrativismo Vegetal (Drogas do Sertão) e Agropecuária Incipiente	Muito Baixa
1850 – 1920 (70 anos)	Extrativismo Vegetal – em especial o látex – Época da Borracha	Baixa
1920 – 1940 (20 anos)	Extrativismo Vegetal (madeiras/látex) com certa vacância econômica	Baixa
1940 – 1945 (5 anos)	Extrativismo Vegetal – látex -	Baixa
1945 – 1950 (5 anos)	Extrativismo Vegetal (madeiras/látex) com certa vacância econômica	Baixa
1950 – 2005 (55 anos)	Diversificação de atividades como: Extrativismo mineral e vegetal de grande impacto, pecuária intensiva, monoculturas agrícolas, pesca, geração de hidro-energia e, em menor grau, indústrias.	Alta e de forma crescente

Estes 500 anos, em termos de planejamento e estratégias econômicas, podem ser resumidos em uma única frase: “*A Amazônia nunca estruturou interesses próprios capazes de competir com os interesses de fora; foi sempre uma terra que, assim como seus trabalhadores, uma vez usada, punha-se de lado*”. (Cardoso & Muller 1977)

III – “O NÃO USO”: UMA POSSIBILIDADE ECONÔMICA

Os recursos naturais da Amazônia, através das suas várias utilizações, ao longo da história e mesmo os amazônidas, que atualmente já são cerca de 28 milhões de pessoas, não possibilitaram, até o presente, mudanças positivas substantivas na condição de vida do seu povo e as ações presentes não apresentam um direcionamento para um projeto que possa ser entendido como fundamentado nos pressupostos do chamado desenvolvimento sustentável. Crescimentos quantitativos de extração de bens (minérios, madeiras, energia) que, incontestavelmente, vem ocorrendo ao longo destes séculos, bem como a implantação ou inserção de atividades não naturais ou vocacionais da região (pecuária, monoculturas), mais acentuadamente nas últimas quatro décadas, têm produzido resultados desastrosos, manifestados por indicadores quantitativos, como o baixo IDH (índice de desenvolvimento humano), pela redução gigantesca da cobertura vegetal (da floresta e conseqüentemente de biodiversidade e do ciclo local das águas), ou por indicadores qualitativos, como os conflitos reais pela posse de terras e um absoluto caos fundiário.

Inequivocamente a Amazônia não tem trilhado um caminho de desenvolvimento, qualquer que seja o entendimento sobre o que isto venha a ser, pelos diferentes usos a que tem sido submetida. Ela, embora seja sub utilizada, é mal usada, mal tratada, e, o mais grave de tudo, está sendo destruída. Sua destruição ensejará um prejuízo à humanidade, não restringindo-se às populações amazônidas, mas sim à toda vida do planeta.

3.1. ASPECTOS RELEVANTES DOS ECOSISTEMAS

A importância do ecossistema Amazônico, como um todo, é de amplitude planetária, podendo-se levantar dois aspectos deste fato:

- 3) dinâmico (funcionamento): o ciclo das águas (líquida – rios e chuvas - e vapor – atmosfera), que está intimamente ligado e interagindo com a cobertura vegetal (floresta), sem a qual não existiria e que existe justamente como decorrência do posicionamento geográfico no planeta (oceano Atlântico, Cordilheira dos Andes, baixas latitudes, correntes de ventos e convecções muito específicas), é um componente de fundamental

importância para o equilíbrio das condições climáticas do globo. O contexto no qual se insere possibilita o transporte de calor da zona equatorial para as zonas temperadas, contribuindo ainda, em grande escala, para as precipitações e distribuição das chuvas no planeta como um todo, mas especificamente no centro sul da América do Sul (Brasil), América Central e no sul da América do Norte. As repercussões ou conseqüências de pequenas alterações na temperatura ou nos ciclos de chuvas, se forem considerados apenas os aspectos econômicos e financeiros, certamente são catastróficas, entre outros, para a saúde humana (lembrar as recentes ondas de calor na Europa durante o ano de 2003) e as atividades agrícolas;

- 4) estático (estoque): A biodiversidade animal e vegetal presente na Hiléia é tida como a maior do planeta, sendo, portanto, um “banco” ou “fundo” genético inigualável, ainda quase totalmente desconhecido, em termos de uso para os mais diversos fins (medicinais, cosméticos, alimentares, ...). A região é também considerada uma das últimas reserva mundiais de energia, seja originada de gás natural ou do potencial hidrelétrico dos seus caudalosos cursos d’água, seja, sobretudo, como um gigantesco depósito de biomassa a ser explorado no futuro

3.2. QUESTIONAMENTOS

Vêm então os questionamentos e as dúvidas com relação aos recursos naturais da Amazônia: o que fazer? O que não fazer? Usar o quê e de que forma? Preservar? Não usar?

É claro que não se pode deixar “a deriva” ou sem um tratamento adequado a condução da problemática econômica da Amazônia. Tem que haver o planejamento sistêmico, com a definição de diretrizes, o estabelecimento de metas, princípios de gestão, por parte das instituições governamentais ou não, nacionais e internacionais (governos de Estados, Federação, OTCA- Organização do Tratado de Cooperação Amazônica -, ONU, ...), com enfrentamento das questões que lhes são inerentes. Às autoridades constituídas cabem as difíceis missões de estabelecer a base legislativa/legal, de fiscalizar e “policiar” o cumprimento das leis. Por outro lado deve haver também uma participação efetiva da sociedade em geral, incluindo instituições de pesquisa, universidades, entidades empresariais (industriais e rurais), trabalhadores e suas

representações, populações tradicionais existentes na Amazônia (índios e quilombolas), as, quais devem conhecê-la, pelo menos em tese, melhor do que os extra-amazônicos e que também têm condições de contribuir para a elaboração de planos, estudos, aportando idéias, conhecimentos tradicionais, cultura, enfim, propostas concretas e reais que possam levar à novas atitudes em relação à Amazônia e à sua gente. A história tem demonstrado que para a Amazônia, não são cabíveis procedimentos importados, isto é, práticas originárias de outras regiões do planeta, mesmo que adaptadas. É preciso desenvolver para a região propostas originais, inventando-se soluções inovadoras.

Quanto aos questionamentos sobre os usos, até o presente, apresentam-se sob dois enfoques antagônicos, ditos ecúmenos, com respostas, obviamente distintas e inconciliáveis: aqueles orientados pela ecologia e os pautados na economia.

- Enfoque dos Ecologistas: têm seus fundamentos no meio ambiente (ambiência natural) e são, geralmente, economicamente deficientes ou frágeis. Propõem, em termos bem gerais, a paralisação e a não utilização permanente dos recursos naturais ou da natureza em si;
- Enfoque dos Economistas: têm grande força por se pautar em uma forte infra-estrutura e capital social consistente, com respaldo em investimentos produtivos (ou reprodutivos), geralmente de grande monta e ressonâncias econômico-financeiras. Propõem a utilização em larga escala das enormes riquezas naturais, não considerando, em termos genéricos, as conseqüências ambientais, presentes ou futuras, nem os interesses humanos locais, mas simplesmente os lucros advindos da produção e o acúmulo de capitais.

Certamente os dois enfoques não contribuem para a propositura de soluções razoáveis e plausíveis para o desenvolvimento da Amazônia. Pelo contrário, suas teses e posturas antagônicas e conflitantes só ajudam a manutenção desse “*status quo*”. Não se pode pensar em “não fazer nada”, como postulado pelos ecologistas, pois isto ensejaria uma falta de perspectiva de trabalho para milhões de pessoas, que ficariam sem renda e continuariam vivendo em condições indignas. Não se pode pensar na natureza e esquecer do ser humano, que faz parte da mesma. Também não se pode restringir ao uso indiscriminado do enorme patrimônio natural apenas para resultados econômico-financeiros imediatos ou de horizontes curtos, resultados estes restritos à poucos e geralmente de fora da região, esquecendo-se das gerações futuras e das populações locais.

Dos ecologistas surgem duas propostas: as moratórias ecológica e econômica.

- Moratória Ecológica: propõe, em termos bem gerais, a paralisação e não utilização permanente dos recursos naturais ou da natureza em si em nome da preservação ambiental do globo;
- Moratória Econômica: com duas vertentes: 1) propõe, em termos genéricos, o não pagamento, por parte dos países ou regiões em que haja recursos naturais a serem preservados, geralmente mais pobres ou desenvolvidos (no hemisfério sul), de suas dívidas ou pendências financeiras com os países ou instituições credoras (do hemisfério norte); 2) propõe a redução por parte dos países ou regiões demandantes dos recursos naturais, mais especificamente os mais ricos ou desenvolvidos (no hemisfério norte) de suas necessidades e conseqüente demanda por estes bens.

Novamente verifica-se a impossibilidade real de aplicar qualquer uma das duas teses. Não se pode “não fazer nada”, pois aí não haverá geração de valor, trabalho, renda e sentido para a vivência, assim como não se pode “não pagar”, isto é, aplicar um “calote” institucional, pois os oito países que compõem a Amazônia (o Brasil inclusive) integram a comunidade econômica internacional, a qual se pauta em princípios, contratos, acordos, protocolos que, embora possam ser alterados, têm que ser respeitados para um convívio salutar e contínuo. Também, é muito pouco provável de que sejam reduzidas, em termos significativos, as demandas pelos bens naturais da região.

Mais uma vez o dilema: o que fazer? O que não fazer? Usar o quê e de que forma? Preservar? Não usar?

3.3. PROPOSITURAS

Propõe-se agora uma idéia que pode, pelo menos em parte, conciliar as duas teses propostas, através de uma terceira alternativa: a valoração dos recursos naturais da Amazônia, em especial o ciclo de suas águas, pelo “não uso”, criando-se ou estabelecendo-se métodos de medição deste valor. Ao ser conhecido ou estimado este valor, o mesmo pode ser considerado como “moeda” de pagamento ou ainda “compensação” ou “crédito” no cômputo dos custos (principal e encargos) das dívidas econômico-financeiras dos países detentores dos recursos naturais para com os países credores. Estes valores financeiros, que não seriam mais despendidos no pagamento das dívidas, poderiam ser alocados para as populações locais, seja na condição de transferência de renda (pagamentos de salários), criação ou construção de infra-estrutura (na área de moradia, saúde, educação e ambiência) e outras formas de intervenção, não simplesmente assistencialistas, mas que permitisse uma existência digna aos amazônidas. Obviamente, nessa proposta, teria que se deixar de lado o materialismo exagerado das sociedades ditas modernas e dos grandes grupos produtores (de fora da região), intervenções estas que não são presentemente realizadas não somente por não existirem planejamentos adequados, mas também pela inexistência, real ou alegada, de recursos financeiros.

São imprescindíveis, para a sua aplicabilidade, dois fundamentos ou pressupostos:

- 1) a aceitação por parte dos credores, países detentores do poder econômico internacional, de que o uso irrestrito e indiscriminado dos recursos naturais da Amazônia, em especial suas águas em seu ciclo hidrológico, interagindo com a fauna e flora, traz prejuízos e danos de amplitude planetária. Logo, a preservação destes bens, pelo menos em parte, é importante para os referidos países e esta importância pode ser convertida em “moeda”, “compensação” ou “crédito” por serviços ambientais nos mercados financeiros internacionais ou supra-nacionais;
- 2) o estabelecimento de método(s) com bases técnico-científicas para estimativa ou cálculo do(s) valor(es) que estes bens da natureza, agora não usados materialmente, isto é, sendo preservados, passariam a ter para que possam ser “negociados” ou “utilizados” sim como “moeda”, “compensação” ou “crédito”.

Este seria o princípio econômico do “Não-Uso”.

A constatação pelas sociedades científicas, grupos ambientalistas, Estados e países, enfim, pela comunidade internacional como um todo, da relevância da Amazônia para o mundo é incontestável. A necessidade de que os seus ecossistemas devam ser preservados, pelo menos em sua maior parte, para manutenção das condições climáticas do globo e, como consequência disto, a garantia de continuidade e mesmo ampliação de atividades econômicas e produtivas em outros locais do planeta (em especial no hemisfério norte) são de conhecimento universal. Logo, o primeiro pressuposto está, em parte, atendido. Precisa ainda ser estendido à utilização do “valor de não uso”.

Quanto ao segundo pressuposto, a teoria econômica pode fornecer os caminhos a serem seguidos e as bases a serem adotadas.

3.4. CLASSIFICAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Os recursos naturais podem ser divididos, de acordo com ROMERO (1994) em:

- Recursos não renováveis: quando a utilização de uma unidade de recurso implica sua completa destruição, ensejando para sua regeneração ou renovação períodos de tempo enormes. Exemplos: carbono mineral, petróleo, gás natural, etc.;
- Recursos não renováveis com atividade de reciclagem: quando o uso do recurso implica na sua completa destruição na sua forma atual, porém, o mesmo é recuperável em um futuro mais ou menos próximo, por meio de processo industrial de reciclagem. Exemplos: ferro, prata, cobre, etc.;
- Recursos Renováveis: quando o uso do recurso produz seu esgotamento ou destruição, porém rapidamente este se regenera ou recompõe segundo algum mecanismo biológico ou natural. Exemplos: bosques, estoque pesqueiros, pradarias, etc.;
- Recursos Ambientais: quando o uso não implica necessariamente em seu esgotamento ou, se ocorrer, a velocidade de reprodução ou regeneração é rapidíssima. Exemplo: água, ar, paisagem, etc.

3.5. VALORAÇÃO

A valoração de recursos ambientais e naturais, inclusive das águas em seu ciclo e da floresta e sua biodiversidade, pode ser realizada pelos seguintes métodos de avaliação, segundo MITCHELL e CARSON (1989):

	OBSERVADOS	HIPOTÉTICOS
DIRETOS	- Preços de Mercado competitivos; - Referendum; - Preços em mercados experimentais	- Jogos de Licitação; - Referendum Contingente
INDIRETOS	- Custo de viagem; - Valor Hedônico da propriedade; - Gastos derivados	- Ordenação Contingente; - Atividade Contingente

Sucintamente, pode-se diferenciar os Métodos da seguinte maneira:

- Por Colunas: Os Observados são aqueles em que os dados ou informações provêm de observações reais sobre as decisões das pessoas e os Hipotéticos se baseiam em respostas que as mesmas dão a perguntas hipotéticas (intencionais, não reais);
- Por Filas: Os Métodos Diretos proporcionam os valores expressos monetariamente, enquanto os outros, pelo contrário, fornecem elementos ou modelos de decisão e comportamento das pessoas, daí sim, podendo-se calcular o valor monetário indiretamente.

Além dos Métodos acima expostos, o valor de alguns recursos ou bens naturais e ambientais podem ser calculados, baseando-se nos princípios de custos para sua obtenção e uso efetivo e, em alguns casos, como por exemplo, da água para irrigação, estimando-se ainda um valor chamado subjetivo, com base em teorias econômicas, mas especificamente nos custos marginais (CABALLER, 1998).

Em uma simplificação, que consiste no agrupamento de múltiplos métodos e que apresenta grau de precisão extremamente variável, conforme o método, dentro os anteriormente descritos, utilizado para o cálculo de cada componente, a estimativa do Valor Econômico de um Recurso Ambiental foi estabelecido por TOLMASQUIM, 2000 apud FERNANDES, 2003 da seguinte maneira:

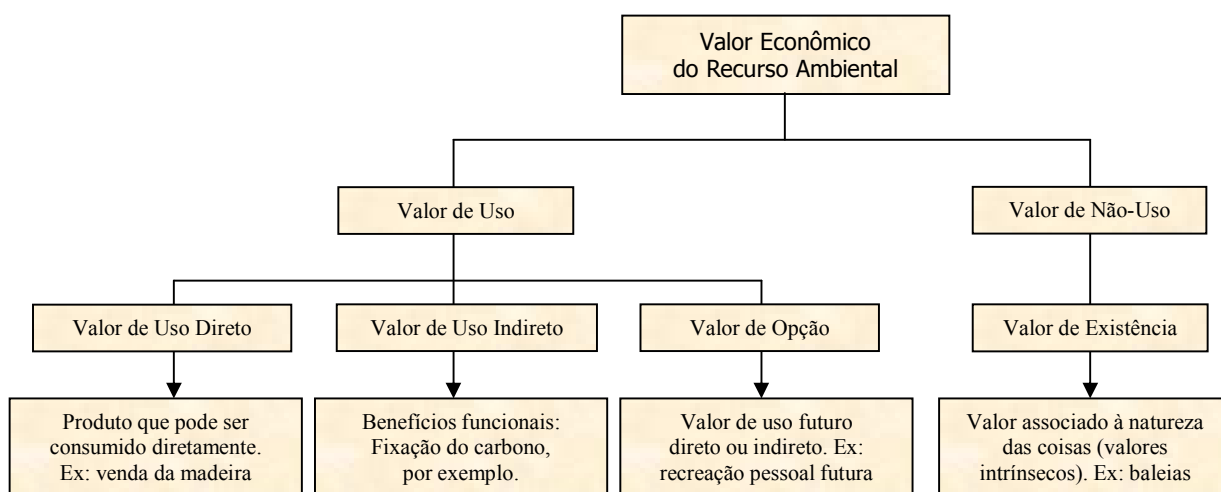
$$\text{Valor Econômico Total} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência}$$

Onde:

Valor de Uso: é o atribuído pelas pessoas que de fato usam ou usufruem do recurso a ser avaliado;

Valor de Opção: é o atribuído por pessoas que de fato não usam ou usufruem do referido recurso, mas podem atribuir valor ou valorá-lo em relação a usos futuros;

Valor de Existência: é o atribuído à simples existência do recurso, independente de seu uso atual ou futuro.



Fonte: Tolmasquim, M. T. (coordenador), 2000.

Vislumbra-se, em um estágio inicial de estudo, a valoração dos recursos naturais e ambientais da Amazônia, considerando-se o “Valor de Não Uso” e a preservação dos mesmos, estimando-se seu valor através de Métodos Indiretos com gastos derivados pelas alterações climáticas ou ainda por perda de biodiversidade.

Alguns estudos pioneiros, dos quais podem ser destacados Andersen et al (2001), Pearce (1993), Fearnside (1997), Seroa da Motta (2002) e Horton et al (2003), realizaram estimativas e avaliações, que alcançaram valores díspares, tendo, à título de exemplo, as seguintes grandezas:

Estudo 01 (in Seroa da Motta, 2002):

Biodiversidade:	US\$ 552.000.000/ano	
Estocagem de Carbono:	US\$ 1.920.000.000/ano	
Ciclo Hídrico:	<u>US\$ 26.000.000/ano</u>	
<u>TOTAL:</u>	<u>US\$ 2.498.000.000/ano</u>	(*)

Estudo 02 (in Horton et al, 2003): US\$ 912.000.000/ano. (**)

(*) ano base: 1990

(**) admitindo o valor de existência de toda floresta (biodiversidade e água) com conservação variando entre 5 a 10%, calculado pelo método contingente em 2002.

Estes estudos de valoração, quando referentes aos valores de existência (não uso), restringem-se à utilização dos Métodos Contingentes que são, via de regra, muito imprecisos e genéricos, com resultados apresentando alto grau de incertezas, que necessitam ser mais especificados. No tocante ao uso do Método Indireto de Gastos Derivados pelas alterações climáticas (em especial a alteração no regime das chuvas - micro e macro-climas pela redução da umidade do ar e aumento de temperaturas regionais e global), que podem ensejar valores de “Não Uso” mais elevados e significativos, não se identificou na literatura qualquer referência ou utilização.

IV – CONCLUSÕES

A Amazônia é uma grande extensão territorial, abrangendo oito países, onde vivem cerca de 28 milhões de pessoas, sendo 21 milhões de brasileiros. Possui a maior floresta tropical do planeta, um volume de águas doces no estado líquido enorme, estimado em 1/5 de toda a Terra. Sua importância estratégica para o globo é incontestável, seja no tocante a manutenção do equilíbrio climático ou no uso ou no não uso do gigantesco estoque de recursos naturais que encerra (água, biodiversidade, biomassa);

Nos últimos 500 anos, as atividades econômicas mais expressivas e as bases de produção da região, que sempre se pautaram no uso destes recursos através do extrativismo e, mais recentemente, também na pecuária e na monocultura, não promoveram e nem promovem o desenvolvimento humano para as sociedades locais. Estas formas de utilização dos recursos naturais têm produzido um grande desflorestamento, em especial nas ultimas décadas, com a conseqüente perda de grande parte destes recursos, importantes não apenas para os amazônidas mas para toda a humanidade e em especial para as gerações futuras;

Não entrando no mérito da complexa questão jurídica e diplomática da soberania das nações sobre seus territórios, no caso específico daquelas que fazem parte da Amazônia, a ressonância do que ocorre e do que é realizado na região tem alcance planetário. Logo, os interesses e as necessidades de gestão desta parte do mundo são de todos. A discussão sobre soberania compartilhada ou internacionalização da região, por si só, ensejaria outros trabalhos e transcende a proposta deste artigo.

As moratórias ecológicas e econômicas, teses existentes como proposituras para melhorar as condições de ambiência da região, são, em si só, inexequíveis e incapazes de promover uma melhoria na situação econômica da Amazônia e dos amazônidas;

Buscando-se assim uma alternativa que possa equilibrar os interesses conflitantes existentes na e sobre a região, propõe-se, neste trabalho, uma idéia que pode, pelo menos em parte, conciliar as duas teses propostas, criando-se uma terceira: a valoração dos recursos naturais da Amazônia, em especial o ciclo de suas águas, pelo “não uso”. Este “valor de não uso” dos bens, que pode alcançar quantias bastante expressivas, seria convertido em “moeda”, “compensação” ou “crédito” e alocado por organizações nacionais ou internacionais e/ou países industrializados para as populações locais, seja na condição de transferência de renda (pagamentos de salários), criação ou construção de infra-estrutura (na área de moradia, saúde, educação e ambiência) e outras formas de intervenção, não simplesmente assistencialistas, mas que permitam uma existência digna dos amazônidas, sem necessidade de degradar o meio ambiente existente. Este hipotético “crédito” pode ser operacionalizado através de mecanismos financeiros a serem implantados pela recente aprovação do Protocolo de Kyoto e deve ser induzido e administrado em conjunto pelos governos dos oito países que compõem a Amazônia, representantes da sociedade civil e organizações internacionais tais como a OTCA- Organização do Tratado de Cooperação Amazônica -.

V - BIBLIOGRAFIA / REFERÊNCIAS / CONSULTAS

- ALLABY, Ailsa and ALLABY Michael – Dictionary of Earth Sciences, second edition – Oxford University Press, Oxford, 1999
- AMAZÔNIA LEGAL –, www.amazonialegal.com.br, (Outubro, 2004)
- ANA – Agência Nacional de Águas, www.ana.gov.br, (Outubro, 2004)
- ANDERSEN, L. A., GRANGER, O., REIS, E. J., WEINHOLD, D., WUNDER, S. – The dynamics of deforestation and economic growth in the Amazon, mimeo, 2001
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – Relatório HiBAm – Hidrologia da Bacia Amazônica, não publicado, Março de 2001
- ARAGÓN, Luis E. – Há Futuro para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia. In: O Futuro da Amazônia: dilemas, oportunidades e desafios no limiar do século XXI - EDUFPA, Belém, 2002
- BARSA, Grande Enciclopédia Barsa, 3ª Edição – Barsa Planeta Internacional Ltda, São Paulo, 2004
- BRIGHETTI, Giorgio e SANTOS, S. R. – Navegação In: Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - Escrituras Editora, São Paulo, 1999
- BRITANNICA, Macropaedia, Enciclopedia – Chicago, 1993
- CABALLER, Vicente e GUADALAJARA, Natividad – Valoración económica del agua de riego – Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Espanha, 1998
- CARRERA-FRENNANDEZ, José e RAYMUNDO, J. G. – Economia dos Recursos Hídricos – Editora Edufpa, Salvador, 2002
- CARDOSO, F. H. e MULLER, Geraldo – Amazônia: Expansão do Capitalismo – Editora Brasiliense, São Paulo, 1977
- DOMINGUES, Camilo – A importância dos Rios no Sistema de Transporte da Amazônia. In: Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia, NAEA / UFPA, Belém, 2003
- ELETRONORTE –, www.eln.gov.br, (Outubro, 2004)
- ENGEL, Leonard et al. – Life Nature Library - The Sea - Time Incorporated, New York 1961
- FENZL, Norbert e MATHIS, Armin – Poluição dos Recursos Hídricos Naturais da Amazônia: Fontes, Riscos e Consequências. In: Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia - NAEA / UFPA, Belém, 2003

- FERNANDES, Maria Teresa Gouvêa – Valor Econômico do Meio Ambiente- Anais no XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, 2003
- FERNSIDE, P. – Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia – Ecological Economics, V. 13, p. 53-70, 1997
- FRANK, L. A. - The Splash – Carol Publishing, New Jersey, 1990
- GARCIA, E. et al. – Água, Esperança e Futuro – Edições Loyola, São Paulo, 2004
- HIDROGRAFIA DO BRASIL, www.frigoletto.com.br, (Outubro, 2004)
- HURTON, B., COLARULLO, G., BATEMAN, I. e PERES, C. A. – Evaluating non-user willingness to pay for a large-scale conservation programme in Amazonia: a UK/Italian contingent study – Environmental Conservation, V. 30, p. 139-146, 2003
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, www.inpe.br, (Março, 2005)
- KEEN, Cecil – Greatest Places Physical Geography, (1997) – www.greatestplaces.org (Outubro, 2004)
- KUMP, Lee R.; KASTING, James F.; GRANE, Robert G. – The Earth System, second edition – Pearson Education, Inc. New Jersey, 2004
- LANNA, Antônio Eduardo Leão – Hidro-economia. In: Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - Escrituras Editora, São Paulo, 1999
- LE COINTE, Paul – O Estado do Pará: a terra, a água e o ar – Companhia Editora Nacional, Rio de Janeiro, 1945
- LEFF, Enrique – Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder, 2ª edição – Editora Vozes, Petrópolis, 2002
- LOPES DE SOUZA, E. – Comentários sobre “Avaliação de Impactos Antropogênicos no Ciclo da Água na Amazônia”. In: Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia - NAEA / UFPA, Belém, 2003
- MANZI, Antônio Ocimar – Informação Verbal –“O Experimento de Grande Escala da Biosfera – Atmosfera na Amazônia – LBA –“, Palestra no Centro de Geociências da UFPA, Belém, 2004
- MATTOS, Carlos de Meira – Uma Geopolítica Pan - Amazônia – Biblioteca do Exército Editora, Rio de Janeiro, 1980
- MCT/CNPq/IBICT, Ministério da Ciência e Tecnologia/ Conselho Nacional de Pesquisa – Portal de Recursos Hídricos, www.garibaldi.prossiga.br/recursosohidricos (Outubro, 2004)
- MEDIONDO, E. M e TUCCI, C. E. M. – Escalas Hidrológicas. I: Conceitos – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, V. 2, n. 1, p. 59-12, Porto Alegre, 1997

- MEIRELLES FILHO, João Carlos – O livro de ouro da Amazônia: mitos e verdades sobre a região mais cobiçada do planeta – Ediouro, Rio de Janeiro, 2004
- MELLO FILHO, Luiz Emygdio, www.brazilnature.com/amazonia (Outubro, 2004)
- MENDES, Armando Dias – Amazônia – modos de (o)usar – Editora Valer, Manaus, 2001
- MENDES, Armando Dias e SACHS, Ignacy – A inserção da Amazônia no mundo. In: Faces do trópico úmido: conceitos e novas questões sobre desenvolvimento e meio ambiente – CEJUP / UFPA-NAEA, Belém, 1997
- MITCHELL, R. C. e CARSON, R. T. – Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method Resources for the Futures, 1998
- MONTIBELLER-FILHO, Gilberto – O mito do desenvolvimento sustentável: Meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias – Ed. da UFSC, Florianópolis, 2001
- MONTENEGRO DUARTE, André – O Valor Econômico e Estratégico das Águas da Bacia do Rio Amazonas – Exame de Qualificação para Doutorado, Centro de Geociências da UFPA, não publicado, Belém, 2004
- MORÁN, Emílio F. – A Ecologia Humana das populações da Amazônia – Editora Vozes, Petrópolis, 1990
- MURTA, Maria Helena – Águas da Amazônia. Contaminação desde a América Central - www.defensoriadaagua.org.br (Setembro, 2004)
- NASA – Project Alert, www.geology.sdsu.edu (Julho, 2004)
- NISHIZAWA, T. e KOIKE, Y. – Amazon - ecology and development - Iwanami, Tokyo, 1992
- NORONHA, Marcondes C. de – O espaço geográfico do Amazonas – Mercado Aberto, Porto Alegre, 1996
- PEARCE, D. W. – An economic approach to saving the tropical forests. In: Economic policy towards the environment, HELM, D. Blackwell, Oxford, 1991
- RABELO, Genival de Moura – Ocupação da Amazônia – Empresa Jornalística PN S.A., Rio de Janeiro, 1968
- RIANI, Flávio – Economia do Setor Público: Uma Abordagem Introdutória, 4ª Edição - Atlas, São Paulo, 2002
- REBOUÇAS, A. C. et al. – Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - Escrituras Editora, São Paulo, 1999

- ROMERO, C. – Economía de los recursos ambientales y naturales – Alianza Editorial, Espanha, 1994
- SALATI, Enéas; SHUBART, Hebert Otto Roger; JUNK, Wolfgang; OLIVEIRA, Adélia Engrácia de – Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia – Editora Brasiliense e CNPQ, São Paulo, 1983
- SALDANHA, Paula – Expedições – Terras e Povos do Brasil - Nascente do Amazonas – Edições Del Prado, Rio de Janeiro, 1998
- SALEM, Lionel (org.) – Dicionário das Ciências – Editora da UNICAMP, Campinas, 1995
- SANTA ROSA, Henrique A. – História do Rio Amazonas – Oficinas Graphics Guajarina, Belém, 1926
- SEROA DA MOTTA, R. – Estimativa do Custo Econômico do Desmatamento na Amazônia – IPEA, Rio de Janeiro, 2002
- SPEIDEL, D. H. et al. – Perspectives on water: uses and abuses - Oxford University Press, New York, 1988.
- SOUZA, Eliene Lopes de.; – Comentários Sobre “Avaliação de Impactos Antropogênicos no Ciclo da Água na Amazônia”. In: Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia - NAEA / UFPA, Belém, 2003
- SOUZA, J. R.; ROCHA, E. J. P. e COHEN, J. C. P – Avaliação de Impactos Antropogênicos no Ciclo da Água na Amazônia. In: Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia - NAEA / UFPA, Belém, 2003
- TEIXEIRA, W.. et al. – Decifrando a Terra – Oficina de Textos, São Paulo, 2000
- TOJA, J. – La demanda de la naturaleza. Jornadas sobre la gestión del agua en Andalucía ante las experiencias de la séquia - Fundación El Monte, Espanha, 1995
- TOLMASQUIM, Maurício T. – Economia do Meio Ambiente: Forças e Fraquezas. In: Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável, 3ª Edição - Cortez Editora, Recife, 2001
- TOLMASQUIM, Maurício T. – Metodologias de Valoração de Danos Ambientais causados pelo Setor Elétrico - COPPE, Rio de Janeiro, 2000
- TUNDISI, J. G. – Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez - Rima Editora, São Carlos, 2003

ANEXO E

ALTER DO CHÃO: O MAIOR AQUÍFERO DO MUNDO?

Francisco de Assis Matos de Abreu – UFPA – famatos@ufpa.br

André Montenegro Duarte – UFPA – amonte@ufpa.br

José de Ribamar Mouta Araújo – UFPA – rmouta@ufpa.br

INTRODUÇÃO

Muito se escreve, fala e conjectura sobre as riquezas naturais da Amazônia. A biodiversidade, a floresta com seu potencial de biomassa e a abundância de madeiras nobres, os recursos hídricos e minerais. Dentre essas riquezas, no contexto das geociências, destacam-se os recursos minerais e os estoques de água doce, esses últimos parte de um complexo ciclo hidrológico local.

Este artigo enfoca as águas da Amazônia, mais especificamente o tesouro que é o Aquífero Alterdo-Chão, provavelmente o maior reservatório de água doce da Terra, o qual em razão de um quadro de colapso que se prenuncia no suprimento de água doce para atendimento das necessidades humanas em escala global, nos próximos anos, possui um enorme valor estratégico para o Brasil e para toda a humanidade. O objetivo principal deste trabalho é parametrizar, ainda que de forma inicial, as reservas hídricas que configuram esta riqueza.

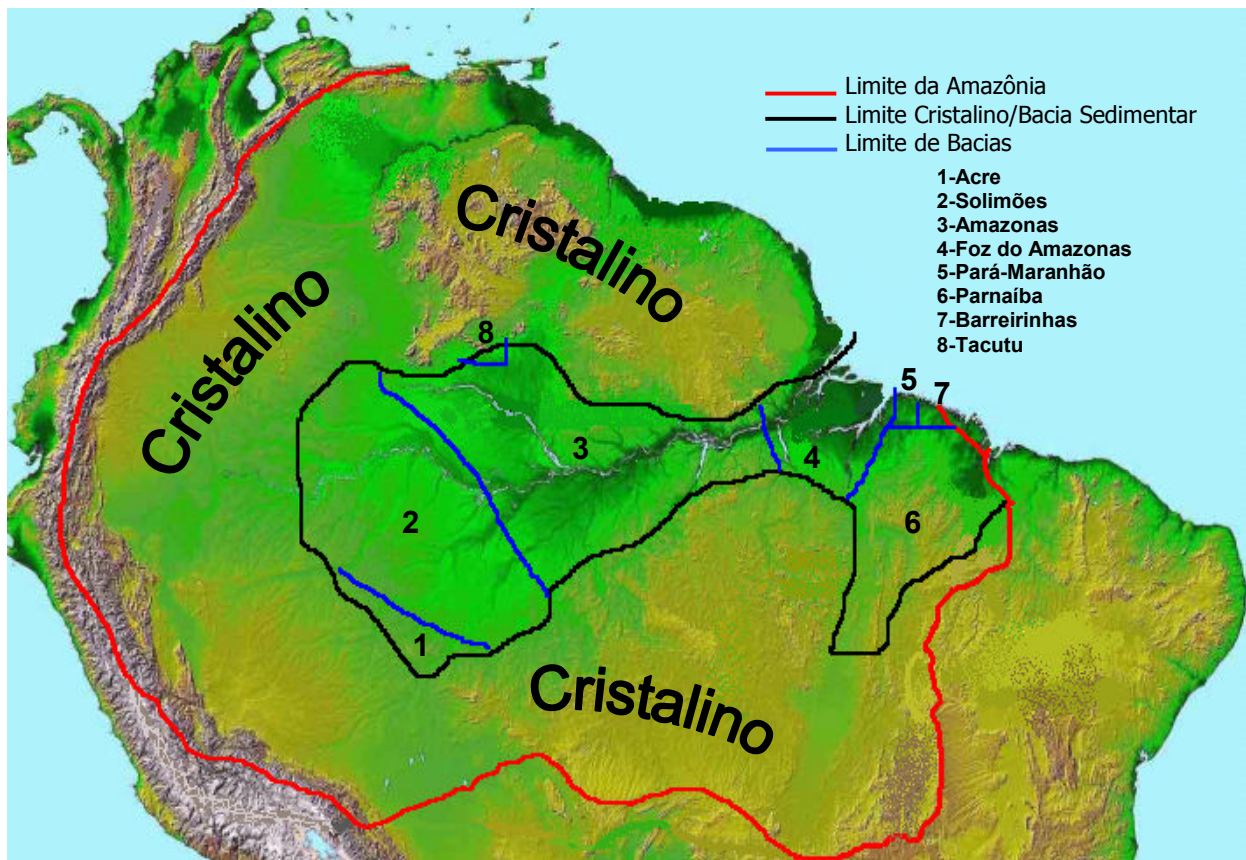
DEFINIÇÕES GEOMÉTRICA E VOLUMÉTRICA DOS AQUÍFEROS DA AMAZÔNIA

A Amazônia é, de fato, um patrimônio de bens naturais. Suas águas destacam-se entre estes bens. Historicamente, as águas da Amazônia foram entendidas e divididas em claras, escuras e brancas (Salati et al, 1983).. Tal classificação e conseqüentemente a divisão apresentada se refere apenas às águas superficiais, ou seja, aquelas de seus imensos rios, especialmente o Amazonas, o maior do planeta, e que tanto impressiona os olhos de quem as vê. A riqueza hídrica da Amazônia, porém, não se restringe às suas águas superficiais, sendo as subterrâneas, as atmosféricas, bem como a dinâmica destas águas todas, isto é, seu ciclo, um tesouro dos amazônidas, dos brasileiros e de toda a humanidade.

Estimativas de caráter mais descritivo, já consolidadas no âmbito científico, estabeleceram que na região estão cerca de 1/5 das águas doces líquidas do planeta. Estudos mais recentes apontam para um numero mais conservador, na ordem de 150.000 Km³ (150 trilhões de litros), o que representaria cerca de 3% do volume total de água doce líquida da Terra, ainda assim uma quantidade impressionante, tanto em termos relativos como absolutos.

Indubitavelmente, a maior parte dessas reservas de água encontra-se na sub-superfície, configurando-se aquíferos importantes..

Em uma primeira aproximação, sem buscar detalhes e minúcias, em face da escala do trabalho e dos objetivos deste estudo, pode-se descrever a Amazônia, em termos do contexto da ocorrência de reservatórios subterrâneos de água, como compreendendo dois ambientes distintos: terrenos sedimentares e terrenos cristalinos.



Divisão geológica esquemática simplificada da Amazônia.
 Fonte: Inpe (2006) e Petrobrás (1994), modificados.

Nesta divisão, constata-se que, dos 7 milhões de km² da Amazônia, 24,39%, ou seja, 1.707.200 km² correspondem a bacias sedimentares e 75,61%, ou seja, 5.292.800 km² correspondem a áreas onde ocorrem o cristalino.

As bacias sedimentares encontram-se, praticamente, em sua totalidade, no território brasileiro, ou seja, na Amazônia brasileira, cuja extensão é de aproximadamente 4,7 milhões de km², dos quais 36% constituem-se de depósitos sedimentares e 64% de terrenos cristalinos.

Adotando-se os dados existentes na literatura pode-se estimar, a quantidade de água existente na sub superfície da Amazônia como segue.

Nas bacias sedimentares:

Tabela 1 – Cálculo dos volumes dos aquíferos e das reservas de água na Amazônia.

Nome da Bacia Sedimentar	Área (Km²)	Formações (até 1000/1500m)	Espessura Máxima (m)	Espessura. Aquíferos (Km)	Porosidade	Volume (Km³)
Acre	150.000	Solimões	2.200	-	20%	
Solimões	400.000	Alter do Chão (mais profundo)	1.000	0,48	20%	38.400
Amazonas	500.000	Alter do Chão (menos profundo)	1.250	0,48	20%	48.000
Foz do Amazonas (Marajó)	268.000	Tucunaré/Pirarucu/Orange	8.000	0,40	20%	21.440
Pará- Maranhão	48.000	Areinhas	566	0,25	20%	2.400
Paranaíba (parte - 1/2 do todo)	300.000	Itapecuru	724	0,20	20%	12.000
Barreirinhas (parte - 2/3 do todo)	40.000	Barreiras/Pirabas	720	0,25	20%	2.000
Tacutu	1.200	Boa Vista	120	0,10	20%	24
TOTAIS	1.707.200					124.264

Fontes: Nome, área, formações e espessura máxima: Petrobrás (1994);
 Espessura dos Aquíferos: Petrobrás (1994) e, especificamente da formação Alter-do-Chão, Tancredi (1996);
 Porosidade: Tancredi (1996), especificamente para a formação Alter-do-Chão, adotado como padrão para as demais bacias.
 Volume = Espessura do Aquífero x Área da bacia x 0,20

No cristalino:

A disponibilidade de água está ligada à:

- grau de fraturamento das rochas;
- espessura do manto de intemperismo que recobre a rocha sã;
- natureza ou composição deste manto.

Como não há informações ou dados específicos sobre os elementos que promovem a disponibilidade de água nos terrenos cristalinos da Amazônia como um todo, será adotado um valor médio, estabelecido em outras regiões, que correlaciona a superfície do cristalino como volume médio de reserva de água.

Com base nos estudos realizados em São Paulo e no nordeste do Brasil, sistematizados na tabela seguinte, estimou-se esta relação superfície x volume da seguinte forma:

Tabela 2 – Cálculo da relação entre superfície do cristalino e volume de água.

Dados	Domínio Geológico	Extensão (Km ²)	Reservas (Km ³)	Relação
1	Rochas Cristalinas (SP)	6.599	9,898	0,001499924
2	Terrenos Cristalinos (PI)	25.127	50,200	0,001997851
3	Terrenos Cristalinos (CE)	118.412	236,800	0,001999797
4	Terrenos Cristalinos (RN)	26.583	53,100	0,001997517
5	Terrenos Cristalinos (PB)	8.093	91,700	0,01133078
6	Terrenos Cristalinos (PE)	20.204	161,600	0,007998416
7	Terrenos Cristalinos (AL)	8.731	40,700	0,004661551
8	Terrenos Cristalinos (SE)	4.398	35,100	0,0079809
9	Terrenos Cristalinos (BA)	113.395	907,100	0,007999471
	TOTAIS	331.542	1.586	0,047466

Fontes: Estudo em São Paulo: Costa (1995) / Estudo no Nordeste: Costa (1995)

Após tratamento estatístico da relação, com saneamento amostral dos dados discrepantes, considerando-se como parâmetros o coeficiente de variação máximo de 50% e/ou uma amplitude máxima de ± 1 desvio-padrão em relação à média, para que o valor médio da relação fosse, de fato, representativo, chegou-se ao seguinte resultado:

Tabela 3 – Processamento Final do tratamento estatístico

Dados	ROL SANEADO	Resultados	
1	0,0014999		
2	0,0019975		
3	0,0019979	Média	0,0018738
4	0,0019998	Desvio Padrão	0,00024923
		Coeficiente. de Variação..	13,30%

$$\text{Volume (em km}^3\text{)} = \text{Área do Cristalino (em km}^2\text{)} \times \text{Relação} = 5.292.800 \times 0,0018738 = 9.918 \text{ km}^3$$

$$\text{Total dos Aquíferos: Volume} = 124.264 \text{ km}^3 + 9.918 \text{ km}^3 = 134.182 \text{ km}^3$$

CONCLUSÕES:

O volume aproximado das águas subterrâneas na Amazônia, até uma profundidade de 1.000/1.500m, alcança o valor de 134.182 Km³, ou seja, 134 trilhões de litros de água. Para este cálculo, não foram efetuados levantamentos de campo, fundamentando-se o mesmo em dados secundários existentes na literatura e também em considerações e artifícios matemáticos.

A formação Alter do Chão, cuja ocorrência é praticamente restrita ao território brasileiro, nas bacias sedimentares Solimões e Amazonas, quando considerada isoladamente, apresenta uma reserva de água, a qual volumetricamente alcança 86.400 Km³, indicando que pode ser, desta forma, o maior aquífero do mundo, superando, inclusive, o Aquífero Guarani, cujas reservas são estimadas em 45.000 Km³.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS:

- COSTA, Jorge. 1995. A água oculta. Ciência Hoje / SBPC, nº 110
- COSTA, Vera Rita. 1995. Águas Subterrâneas em São Paulo. Ciência Hoje / SBPC, nº 110
- INPE. 2006. www.inpe.br (acessado em fevereiro de 2006)
- PETROBRAS 1994. Boletim de Geociências da Petrobrás, Volume 8, nº 1, Rio de Janeiro
- SALATI, Enéas; SHUBART, Hebert Otto Roger; JUNK, Wolfgang; OLIVEIRA, Adélia Engrácia de 1983. Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia – Editora Brasiliense e CNPQ, São Paulo
- TANCREDI, Antonio Carlos. 1996. Recursos Hídricos Subterrâneos de Santarém. Tese de Doutorado, Centro de Geociências/UFPA, Belém
- www.daaearaquara.com.br/guarani.htm (acessado em fevereiro de 2006)