



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRAULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

EDILENE PEREIRA ANDRADE

**REGIONALIZAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO DE MÉTODO DE
AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA PARA ESCASSEZ HÍDRICA**

FORTALEZA

2018

EDILENE PEREIRA ANDRADE

REGIONALIZAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO DE MÉTODO DE
AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA PARA ESCASSEZ HÍDRICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração- Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ana Bárbara de
Araújo Nunes.

Coorientadora: Prof^ª. PhD. Maria Cléa Brito
de Figueiredo.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A566r Andrade, Edilene Pereira.
Regionalização para o Semiárido brasileiro de método de Avaliação de Ciclo de Vida para escassez hídrica / Edilene Pereira Andrade. – 2018.
168 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes.
Coorientação: Profa. Dra. Maria Cléa de Brito Figueirêdo.
1. ACV. 2. Escassez hídrica. 3. Regiões Hidrográficas. 4. WaterGAP. I. Título.

CDD 628

EDILENE PEREIRA ANDRADE

REGIONALIZAÇÃO PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO DE MÉTODO DE
AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA PARA ESCASSEZ HÍDRICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração- Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 19/02/2018

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. PhD. Maria Cléa Brito de Figueirêdo
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dra. Cássia Maria Lie Ugaya
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedico este trabalho a Deus, cuja luz é imprescindível em minha vida, aos meus pais Carlos e Edna, ao meu marido Mateus e meus irmãos Edicarla e Eric, por serem meu alicerce diário e eterno.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar forças diariamente e me mostrar o caminho correto, que muitas vezes não é o mais fácil.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) pela infraestrutura e oportunidade que possibilitou a realização deste trabalho.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela infraestrutura e oportunidade que possibilitou a realização deste trabalho.

À professora Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes pelos quase sete anos orientação, apoio, paciência, sabedoria ao longo deste processo, e por ser o exemplo no qual me espelho.

À professora Prof. PhD. Maria Cléa Brito de Figueirêdo pelos dois anos de orientação, confiança, paciência, inteligência ao longo deste processo, e por sempre me incentivar a seguir além.

À professora Dra. Cássia Maria Lie Ugaya por estar presente na banca e por seus excelentes comentários.

À Luinne e ao Mateus que foram essenciais durante este trabalho, me ajudando trazendo novas ideias e questionamentos.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) por todo o apoio e serviços prestados, além da agradável convivência durante o curso. Fernando José Araújo da Silva, Ronaldo Stefanutti, Marisete Dantas de Aquino, Francisco Suetônio Bastos Mota, por me proporcionarem momentos únicos de elevado conhecimento e intelectualidade.

À Agência Nacional de Águas (ANA) em especial à Teresa Carvalho e Paulo Coutinho por sempre atender nossas dúvidas e solicitações com paciência e atenção. Sem essa ajuda não teríamos como finalizar esse trabalho.

À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia desenvolvida para mensuração dos possíveis impactos ambientais causados como resultado da fabricação e utilização de determinado produto ou serviço. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida é a terceira fase da ACV e tem como finalidade avaliar a significância ambiental dos resultados do inventário por meio de modelos e fatores de caracterização contidos nos métodos de AICV. O Modelo AWARE é o indicado pela UNEP/SETAC como o principal para se avaliar Escassez Hídrica nas bacias. O modelo original utiliza dados de modelos hidrológicos, de usos de água e de limites de bacias do WaterGAP. Esse modelo avalia o potencial relativo da privação de água, tanto para os seres humanos como para os ecossistemas. A água remanescente disponível por área refere-se à água remanescente, após a demanda humana e do ecossistema aquático terem sido subtraídas da disponibilidade de água natural na bacia de drenagem. A Agência Nacional de Águas tem sua própria base de dados, com valores de monitoramento relativos à demanda e disponibilidade hídrica. Além disso, adota como regionalizações as Regiões Hidrográficas e Unidades Hidrográficas Estaduais (UHE), sendo as UHEs Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco inseridas no Semiárido brasileiro. Os resultados originais do AWARE mostram a região do Semiárido, com pouca ou até com ausência de escassez. Além disso, os valores não estão de acordo com estudos elaborados pela ANA. Ao aplicar a base de dados nacionais, os fatores de caracterização se mostraram mais condizentes com a realidade da região em estudo. A aplicação da base de dados nacionais no Modelo AWARE mostrou maior escassez em todas as bacias do semiárido quando se compara aos valores originais dos fatores de caracterização. Isso se deve principalmente pelo uso de dados de modelos hidrológicos que muitas vezes se baseiam em valores antigos e fora da realidade mais atual da região. O uso de fatores de caracterização regionalizados é importante para os resultados sejam adequados a realidade à região em que estão inseridos. Além disso, o cálculo desses fatores para bacias menores, conseqüentemente, reduz incertezas em estudos de escassez hídrica considerando o ciclo de vida de produtos.

Palavras-chave: ACV. Escassez hídrica. Regiões Hidrográficas. WaterGAP.

ABSTRACT

The Life Cycle Assessment (LCA) is a methodology developed to measure the possible environmental impacts caused as a result of the manufacture and use of a particular product or service. Life Cycle Impact Assessment is the third phase of the LCA and aims to assess the environmental significance of the inventory results through models and characterization factors contained in the IVIV methods. The AWARE Model is the one indicated by UNEP / SETAC as the main one to evaluate the Water Scarcity in the basins. The original model uses data from hydrological models, water uses, and WaterGAP basin boundaries. This model assesses the relative potential of water deprivation for both humans and ecosystems. The remaining available water per area refers to the remaining water, after human demand and the aquatic ecosystem have been subtracted from the availability of natural water in the drainage basin. The National Water Agency has its own database, with monitoring values related to water demand and availability. In addition, it adopts as regionalizations the Hydrographic Regions and State Hydrographic Units (UHE), being the UHEs Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Parnaíba and São Francisco inserted in the Brazilian semi-arid. AWARE's original results show the semi-arid region, with little or even no shortage. In addition, the figures are not according to studies prepared by ANA. When applying the national database, the characterization factors were more in line with the reality of the region under study. The application of the national database in the AWARE Model showed greater scarcity in all the semiarid basins when compared to the original values of the characterization factors. This is mainly due to the use of data from hydrological models that are often based on old values and out of the region's most current reality. The use of regionalized characterization factors is important for the results to be appropriate to the region in which they are inserted. In addition, the calculation of these factors for smaller basins therefore reduces uncertainties in studies of water scarcity considering the product life cycle.

Keywords: LCA. Water Scarcity. Hydrographic Regions. WaterGAP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios do Ciclo de Vida.....	27
Figura 2 - As fases da ACV.....	28
Figura 3 - Diferença entre os métodos de AICV	32
Figura 4 - Bacias Hidrográficas no Brasil de acordo com o WaterGAP e as regionalizações da ANA.....	41
Figura 5 - Roteamento de vazão global pelo WaterGAP	43
Figura 6 - Consumo animal em L/dia. animal	46
Figura 7 - Trechos de drenagem e áreas de contribuição inseridas em parte de uma RH....	58
Figura 8 - Processo de construção da base hidrográfica Ottocodificada.....	61
Figura 9 - Demandas médias para abastecimento urbano	68
Figura 10 - Índice de perdas na distribuição (indicador IN049) dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2011, segundo estado, região e Brasil.....	69
Figura 11 - Demandas no Brasil de acordo com os respectivos usos.....	75
Figura 12 - Fluxograma para explicação de metodologia adotada.....	80
Figura 13 - Níveis de regionalização adotados no trabalho	81
Figura 14 - Exemplo de demandas agrícolas e não-agrícolas espacializadas em microbacias dentro de uma UHE	82
Figura 15 - Ordem hierárquica de definição de dados de disponibilidade hídrica	83
Figura 16 - Construção dos valores de demanda do ecossistema.....	85
Figura 17 - Situação 1 de comparações entre bacias	86
Figura 18 - Situação 2 de comparações entre bacias	87
Figura 19 - Situação 3 de comparações entre bacias	87
Figura 20 - FCs médios nas UHEs da RH Atlântico Leste	94
Figura 21 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Atlântico Leste	96
Figura 22 - Balanço quantitativo dos rios da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste.....	97
Figura 23 - FCs médios nas UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental	101
Figura 24 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Atlântico Nordeste Oriental	102
Figura 25 - Balanço quantitativo dos rios da Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental	103

Figura 26 - Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da RH Atlântico Nordeste Oriental - Biomas e Ecossistemas.....	103
Figura 27 - FCs médios nas UHEs da RH Parnaíba.....	107
Figura 28 - Balanço quantitativo dos rios da RH Parnaíba	108
Figura 29 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Parnaíba.....	109
Figura 30 - FCs médios nas UHEs da RH São Francisco	112
Figura 31 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH São Francisco	114
Figura 32 - Balanço quantitativo dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco ...	113
Figura 33 - Climografia São Francisco	115
Figura 34 - Região Hidrográfica Atlântico Leste e suas Unidades Hidrográficas Estaduais	135
Figura 35 - Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental e suas UHEs.....	140
Figura 36 - Região Hidrográfica do Parnaíba e suas UHEs	146
Figura 37 - Região Hidrográfica do São Francisco e suas UHEs.....	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de AICV para escassez hídrica.....	33
Tabela 2 - FC agri, Não-Agri e uso desconhecido para as principais regiões do mundo.....	38
Tabela 3 - Significados das siglas das operações de agregação de FC.....	39
Tabela 4 - Regiões hidrográficas e Unidades Hidrográficas Estaduais.....	54
Tabela 5 - Per capita rural (L/habitante.dia) adotada por Estado	70
Tabela 6 - Valores de BEDA por tipo de rebanho.....	71
Tabela 7 - Demandas de uso de água e os temas utilizados na distribuição espacial.....	73
Tabela 8 - Estratégias de cálculo de demanda e disponibilidade da ANA e WaterGAP	76
Tabela 9 - Correspondências entre bacias para comparação	88
Tabela 10 - Níveis de escassez adotados de acordo com faixas de FC	92
Tabela 11 - Fatores agregados para a RH Atlântico Leste	98
Tabela 12 - Análise descritiva da RH Atlântico Leste	98
Tabela 13 - Fatores agregados para a RH Atlântico Nordeste Oriental	104
Tabela 14 - Análise descritiva da RH Atlântico Nordeste Oriental	104
Tabela 15 - FCs mensais agregados para RH Parnaíba.....	110
Tabela 16 - Análise descritiva da RH Parnaíba.....	110
Tabela 17 - FCs mensais agregados para RH do São Francisco	116
Tabela 18 - Análise descritiva da RH São Francisco	116
Tabela 19 - Comparação de FCs no Semiárido	118
Tabela 20 - Comparação entre FC regionalizados e originais na UHE Metropolitana	121
Tabela 21 - FCs mensais agregados para RH do São Francisco e originais do AWARE..	122
Tabela 22 - Comparação entre base de dados do WaterGAP e da ANA para a RHSF.....	122
Tabela 23- UHEs da RH Atlântico Leste e suas respectivas áreas.....	136
Tabela 24 - UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental e suas respectivas áreas (km ²).....	141
Tabela 25 - UHEs da RH Parnaíba e suas respectivas áreas (km ²)	147
Tabela 26 - UHEs da RH do São Francisco e suas respectivas áreas.....	151

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de FCs Padrão da RH Atlântico Leste.....	99
Gráfico 2 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Atlântico Leste.	99
Gráfico 3 - Distribuição de FCs Padrão da RH Atlântico Nordeste Oriental.....	105
Gráfico 4 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Atlântico Nordeste Oriental	105
Gráfico 5 - Distribuição de FCs Padrão da RH Parnaíba	111
Gráfico 6 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Parnaíba	111
Gráfico 7 - Distribuição de FCs Padrão da RH São Francisco.....	117
Gráfico 8 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH São Francisco.	117
Gráfico 9 - Distribuição dos FCs Agrícolas para as RHs e Semiárido.....	119
Gráfico 10 - Distribuição dos FCs Não-Agrícolas para as RHs e Semiárido.....	119
Gráfico 11 - Distribuição dos FCs Padrão para as RHs e Semiárido	120
Gráfico 12 - Comparação entre FCs Agrícola Originais e Regionalizados.....	123
Gráfico 13 - Comparação entre FCs Não-Agrícola Originais e Regionalizados.....	123
Gráfico 14 - Comparação entre FCs Padrão Originais e Regionalizados.....	124
Gráfico 15 - Demandas consuntivas na RH Atlântico Leste	137
Gráfico 16 - Demandas consuntivas da RH Atlântico Nordeste Oriental	143
Gráfico 17 - Demandas consuntivas da RH Parnaíba.....	148
Gráfico 18 - Demandas consuntivas da RH São Francisco	153

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Balanço quantitativo dos principais rios brasileiros	26
Mapa 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras	53
Mapa 3 - Unidades Hidrográficas Estaduais inseridas na Regiões Hidrográficas	56
Mapa 4 - Semiárido Brasileiro.....	77
Mapa 5 - Bacias para comparação ANA x WaterGAP	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
ANA	Agência Nacional de Águas
AWARE	Available Water Remaining
BHO	Base Hidrográfica Ottocodificada
BEDA	Bovinos Equivalentes para Demanda de Água
CAC	Cinturão das Águas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EF	Fluxo Ambiental Médio
EFR	Requisitos de Fluxo Ambiental
EWR	Demanda do Ecossistema
FC	Fator de Caracterização
GANAA	Grupo de Apoio à Normalização
GWP	Potencial de Aquecimento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
MDE	Modelo Digital de Elevação
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrica
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
PRH	Planos de Recursos Hídricos
Q95	Vazão com 95% de permanência no tempo adotado
RH	Região Hidrográfica
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SIN	Sistema Interligado Nacional
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
UEPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Unidades

UH	Unidades Hidrográficas
UHE	Unidade Hidrográfica Estadual
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
WULCA	Water Use Life Cycle Assessment

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.2	Objetivo geral	21
1.3	Objetivos específicos	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	Escassez hídrica	22
2.2	Disponibilidade e demanda hídrica no Brasil	23
2.3	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	27
2.4	Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV)	30
2.4.1	<i>Modelos de avaliação de impacto de ciclo de vida</i>	31
2.5	Grupo WULCA e o modelo AWARE	34
2.5.1	<i>O modelo AWARE (Available Water Remaining)</i>	36
2.5.2	<i>Modelo Hidrológico Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP)</i>	42
2.5.3	<i>Demanda do Ecossistema</i>	49
2.6	Divisão hidrográfica brasileira de acordo com a Agência Nacional de Águas	52
2.6.1	<i>Microbacias Ottocodificadas</i>	57
2.6.1.1	<i>Codificação de Bacias Hidrográficas Otto</i>	59
2.6.1.2	<i>Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada</i>	60
2.7	Dados de disponibilidade e demanda da ANA	61
2.7.1	<i>Dados de disponibilidade hídrica</i>	62
2.7.1.1	<i>Metodologia</i>	64
2.7.2	<i>Dados de demanda</i>	66
2.7.2.1	<i>Demanda para abastecimento humano urbano</i>	67
2.7.2.2	<i>Demanda para abastecimento humano rural</i>	70
2.7.2.3	<i>Demanda para dessedentação animal</i>	70

2.7.2.4	<i>Demanda para abastecimento industrial</i>	71
2.7.2.5	<i>Demanda para irrigação</i>	72
2.7.2.6	<i>Espacialização da demanda</i>	73
2.7.3	<i>Comparação entre estratégias para cálculo de dados da ANA e WaterGAP</i>	75
2.7.4	<i>Semiárido Brasileiro</i>	76
3	METODOLOGIA	79
3.1	Área de estudo	80
3.2	Cálculo das demandas agrícolas e não-agrícolas	81
3.3	Cálculo da disponibilidade hídrica	83
3.4	Cálculo da demanda do ecossistema	84
3.5	Estratégia para comparar bacias do WATERGAP e da ANA	86
3.6	Aplicação do modelo AWARE	91
3.7	Análise Estatística	92
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4.1	Atlântico Leste	94
4.2	Atlântico Nordeste Oriental	99
4.3	Parnaíba	106
4.4	São Francisco	112
4.5	Semiárido	117
4.6	Comparação entre FCs originais e nacionais	120
5	CONCLUSÃO	125
	REFERÊNCIAS	126
	ANEXO A - Fontes dos dados de disponibilidade das UHEs	132
	ANEXO B - Região Hidrográfica Atlântico Leste	135
	ANEXO C - Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	140
	ANEXO D - Região Hidrográfica da Parnaíba	146

ANEXO E - Região Hidrográfica do São Francisco.....	150
ANEXO F - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Atlântico Leste	155
ANEXO G - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	156
ANEXO H - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Parnaíba	158
ANEXO I - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica São Francisco	159
ANEXO J - Fatores de caracterização mensais para as bacias de comparação ANA x WaterGAP	161

1 INTRODUÇÃO

A escassez hídrica pode ser definida como o consumo de água que se aproxima ou excede a capacidade natural de regeneração de um corpo hídrico (KOUNINA *et al.*, 2013). Quanto maior a escassez, maior a competição pela água fresca em uma determinada região.

A questão da escassez hídrica se tornou uma preocupação global a partir da crescente demanda humana por água, principalmente para a agricultura irrigada e para as áreas urbanas. De acordo com Mekonnen & Hoekstra (2016), dois terços da população global, cerca de 4 bilhões de pessoas, vivem em condições de escassez severa de água por pelo menos 1 mês durante o ano. Além do mais, meio bilhão de pessoas no mundo enfrentam escassez de água severa durante todo o ano.

Somado ao fato de ser um problema ambiental em muitas regiões, a escassez hídrica relacionada a um produto pode tornar-se também uma preocupação comercial em empresas exportadoras. Isso se deve a demanda crescente dos consumidores por certificação ambiental de produtos e a publicação da norma de Pegada Hídrica, ISO 14046 (ISO, 2014), que permite a certificação da pegada de escassez hídrica de um produto.

A certificação de pegada de escassez hídrica por essa norma requer a contabilização do impacto do consumo de água que ocorre em vários processos produtivos relacionados a um produto e que pode acarretar escassez hídrica nas várias regiões provedoras de água. Portanto, essa norma requer a consideração do ciclo de vida do produto na avaliação do impacto do consumo de água em várias regiões.

No âmbito do ciclo de vida dos produtos, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia utilizada para avaliar e quantificar os possíveis impactos ambientais associados a um produto ou processo. Segundo a ISO 14.040 (ISO, 2006), a ACV é uma metodologia que permite a compilação das entradas e saídas e avaliação dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

A avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV), terceira etapa da ACV, é realizada através de modelos ambientais que geram fatores de impacto para substâncias relacionadas a diversas categorias de impacto. Exemplificando, os gases de efeito estufa são relacionados a categorias mudanças climáticas por meio de fatores que denotam o potencial

de aquecimento global desses gases. Já o consumo de água está relacionado a escassez hídrica por meio de fatores que denotam o desequilíbrio entre oferta e demanda hídrica. Estudos de pegada de escassez hídrica avaliam o impacto de um produto sobre a escassez em diversas regiões fornecedoras de água para os diversos processos relacionados a sua cadeia produtiva e de consumo.

A avaliação do impacto do consumo de água na escassez hídrica está em rápida evolução, tendo sido propostos, a partir de 2006, diversos modelos que geram fatores de escassez em nível de bacia hidrográfica ou país para estudos de ACV. Entre os métodos desenvolvidos, destacam-se: Frischknecht *et al.* (2006), Bösch *et al.* (2007), Milà i Canals *et al.* (2009) Pfister *et al.* (2009), Boulay *et al.* (2011), Kounina *et al.* (2013), Bayart *et al.* (2014), Pfister e Bayer (2014), e Boulay *et al.* (2017). Devido à grande quantidade de modelos que avaliam o impacto na escassez, a UNEP/SETAC, após comparação e identificação dos melhores pontos de cada um, desenvolveu o modelo AWARE (Available Water Remaining) que atualmente é o indicado para avaliação de escassez hídrica em estudos de ACV.

O modelo AWARE (BOULAY *et al.*, 2017) avalia o potencial relativo da privação de água, tanto para os seres humanos como para os ecossistemas. O indicador do método baseia-se no pressuposto de que quanto menos água estiver disponível por área, mais provável será que outro usuário seja afetado pela escassez (BOULAY *et al.*, 2016). A água remanescente disponível por área refere-se à água remanescente após o consumo humano de água e a demanda de água ambiental terem sido subtraídos da disponibilidade de água natural na bacia de drenagem.

O modelo AWARE apresenta fatores de caracterização para 171 bacias hidrográficas brasileiras, as grandes bacias, gerados e espacializados a partir dos dados de demanda, disponibilidade hídrica e limites de bacias do modelo hidrológico global WaterGAP v 2.0 (ÁLCAMO *et al.* 2003). Entretanto, o uso de grandes bacias implica na perda de variedade que ocorre na área. Essas grandes bacias nem sempre correspondem aos limites das Unidades Hidrográficas Regionais definidas pela Agência Nacional de Águas (ANA).

De acordo com a base de dados da ANA, o país está dividido em 12 regiões hidrográficas (RH) e 449 unidades hidrográficas (UHE) estaduais (UHE), que são

regionalizações adotadas para facilitar a gestão geopolítica dos recursos hídricos no País e levantamento de dados de disponibilidade, demanda, e qualidade da água.

O uso de dados nacionais e recorte espacial de bacias de acordo com a ANA para a regionalização de fatores de escassez hídrica é extremamente importante para auxiliar gestores políticos e empresariais no controle e tomada de decisões dentro de uma cidade ou empresa. Os valores dos fatores de caracterização originalmente resultantes do modelo AWARE apresentam menor nível de detalhamento e, conseqüentemente, estão sujeitos a maior número de erros se aplicados a áreas gerenciais menores, como UHEs.

1.2 Objetivo geral

- Regionalizar os fatores de caracterização de escassez hídrica do modelo AWARE para o Semiárido brasileiro, utilizando dados hidrológicos nacionais e diferentes recortes de bacias hidrográficas da Agência Nacional de Águas (ANA).

1.3 Objetivos Específicos

- Gerar fatores em nível de Unidades Hidrográficas Estaduais (UHE), Região Hidrográfica (RH) inseridas no Semiárido brasileiro;
- Analisar estatisticamente os fatores regionalizados;
- Comparar qualitativamente a escassez observada em UHEs após regionalização com relatos oficiais de escassez.
- Comparar os valores regionalizados com os originais;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Escassez hídrica

A água é um recurso escasso em várias partes do mundo, por exemplo na África, porém em outras é um recurso abundante, por exemplo na Amazônia. Ao contrário de outros recursos, não existe um mercado global que possa garantir uma distribuição global desse recurso, pois o mercado não funciona para grandes distâncias devido aos altos custos de transporte (MONZONÍS *et al.*, 2016). Assim, quando se extrai água de uma área muito seca, como, por exemplo, o nordeste brasileiro, o impacto na região elevado é maior que o impacto causado pela extração de água na região norte do Brasil, que possui água em abundância.

Com relação a disponibilidade de água, ela pode ser entendida como uma vazão de alta garantia no tempo, ou seja, uma vazão que estará acessível na grande maioria do tempo, mesmo em períodos secos. Com o aumento da temperatura no planeta, as previsões são de aumento na evaporação, ocorrência de eventos extremos de seca e inundações, com redução da disponibilidade de água, principalmente em regiões áridas e semiáridas (IPCC, 2013).

A escassez hídrica pode ser definida como o uso ou consumo de água que se aproxima ou excede a capacidade natural de regeneração de um corpo hídrico (KOUNINA *et al.*, 2013). De acordo com a ISO 14046 (2014), a escassez hídrica ocorre em uma determinada região, por exemplo, em uma bacia hidrográfica, onde a quantidade de demanda por água é bastante próxima ao reabastecimento hídrico.

A questão da escassez hídrica se tornou uma preocupação global a partir da crescente demanda humana por água, principalmente para o setor de agricultura e para as áreas urbanas. Entre 2011 e 2050, a população mundial é deverá aumentar em 33%, crescendo de 7,0 bilhões para 9,3 bilhões, e a demanda de alimentos aumento de 60% no mesmo período (ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012).

De acordo com Kounina *et al.* (2013), entre os principais fatores que causam a escassez hídrica atualmente, podemos citar o crescente aumento da população mundial, principalmente em países em desenvolvimento, com conseqüente aumento da demanda de água, e os efeitos das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica. A autora aponta um

consumo mundial de água atual na média de 2.600 km³ por ano e Richter *et al.* (2012) constata um crescimento populacional anual no planeta de 80 milhões de pessoas, o que acarretaria em dois terços da população mundial vivendo em áreas de alto estresse hídrico em meados de 2025. Ainda de acordo com Kounina *et al.* (2013), as maiores retiradas de água hoje, são provenientes de reservatórios que já se encontram em situação de alto estresse hídrico, o que torna o cenário global atual ainda mais crítico.

Globalmente, cerca de 38% das áreas irrigadas dependem de águas subterrâneas (SIEBERT *et al.*, 2013), que contribuiu para um aumento de dez vezes da captação de águas subterrâneas para irrigação agrícola nos últimos 50 anos. Simultaneamente, quase metade da população mundial depende de águas subterrâneas para beber (TUSHAAR *et al.*, 2007), o que ressalta o alto impacto nas águas subterrâneas.

No geral, a indústria (incluindo energia) usa cerca de 19% da retirada total de água no mundo (FAO, 2014). De acordo com para a IEA (2012), a energia usa cerca de 15% do total, o que implica aproximadamente 4% para grandes indústrias e fabricação. No entanto, está previsto que, até 2050, a produção por si só aumentará seu uso 400% (OCDE, 2012). A eletricidade e o uso doméstico irão gerar maior estresse sobre recursos hídricos e possivelmente impactar a alocação de água para irrigação (OCDE, 2012).

A utilização de água relacionada às necessidades domiciliares, para consumo humano, instalações sanitárias, higiene, banho, das instituições, como escolas e hospitais, e da maioria das pequenas e médias indústrias dentro dos sistemas municipais, é responsável por 10% do consumo mundial de água doce (WWAP, 2012).

2.2 Disponibilidade e demanda hídrica no Brasil

O Brasil possui grande oferta de água. Entretanto, esse recurso encontra-se distribuído de maneira heterogênea no território nacional. Passam pelo território brasileiro, em média, cerca de 260.000 m³/s de água, dos quais 205.000 m³/s estão localizados na bacia do rio Amazonas, restando para o restante do território 55.000 m³/s de vazão média (ANA, 2016).

Além destas questões espaciais, o regime fluvial sofre variações ao longo do ano que estão estreitamente relacionadas ao regime de precipitações. Na maior parte do Brasil,

existe uma sazonalidade bem marcada com estações secas e chuvosas bem definidas, de forma que ao final do período seco pode-se observar vazões muito abaixo da vazão média e inclusive ausência de água. Essa variabilidade das chuvas e vazões também é interanual, gerada pela ocorrência de anos mais secos e outros mais úmidos (ANA, 2016).

Estima-se que a disponibilidade hídrica no Brasil, baseada numa garantia de 95% (vazão cuja frequência de ocorrência em uma seção do rio da bacia hidrográfica é maior que 95%) é em torno de 12.000 m³/s ou 22% da vazão média, excluindo-se a contribuição da bacia amazônica. Entretanto, devido à heterogeneidade climática e hidrogeológica, estas vazões mínimas podem variar de 0% a mais de 50% da vazão média.

No semiárido, por exemplo, na maioria dos rios só é possível garantir uma oferta contínua de água com a regularização promovida por açudes e reservatórios, pois os rios secam naturalmente durante os meses de estiagem. Em outras regiões, os reservatórios são utilizados para aumentar a garantia de atendimento a demandas contínuas, como por exemplo o abastecimento humano. A recuperação dos volumes desses reservatórios, no entanto, depende do aporte de água dos rios nos períodos úmidos, que por sua vez dependem prioritariamente do regime pluviométrico (ANA, 2016).

Os baixos índices de precipitação e a irregularidade do seu regime na região Nordeste, notadamente no semiárido brasileiro, aliados ao contexto hidrogeológico, contribuem para os reduzidos valores de disponibilidade hídrica ali observados. A região semiárida, além dos baixos índices pluviométricos (inferiores a 900 mm), caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2°C e 3°C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Os elevados índices de evapotranspiração normalmente superam os totais pluviométricos irregulares, configurando taxas negativas no balanço hídrico.

Os resultados de estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e outros órgãos que se dedicam à gestão hídrica no país mostram que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. Sendo assim, as bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos passam por situações de escassez e estresse hídrico precisam de intensas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

O Mapa 1 mostra o nível de criticidade em relação ao balanço quantitativo (relação demanda/disponibilidade) nos principais rios do país. Os trechos de maior criticidade se encontram nos rios inseridos no Semiárido brasileiro. Já a menor criticidade está nos rios do Norte e Centro Oeste do País.

As faixas de classificação adotadas para o nível de criticidade dos rios brasileiros foram as mesmas utilizadas pela European Environment Agency e Nações Unidas. Para isso utilizam o índice de retirada de água ou water exploitation index, que é igual ao quociente entre a retirada total anual e a vazão média de longo período. As classificações adotadas são as seguintes, consideradas adequadas para o caso brasileiro (ANA, 2013):

- < 5% - Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
- 5 a 10% - A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
- 10 a 20% - Preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- 20% a 40% - A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- 40% - A situação é muito crítica.

Mapa 1- Balanço quantitativo dos principais rios brasileiros



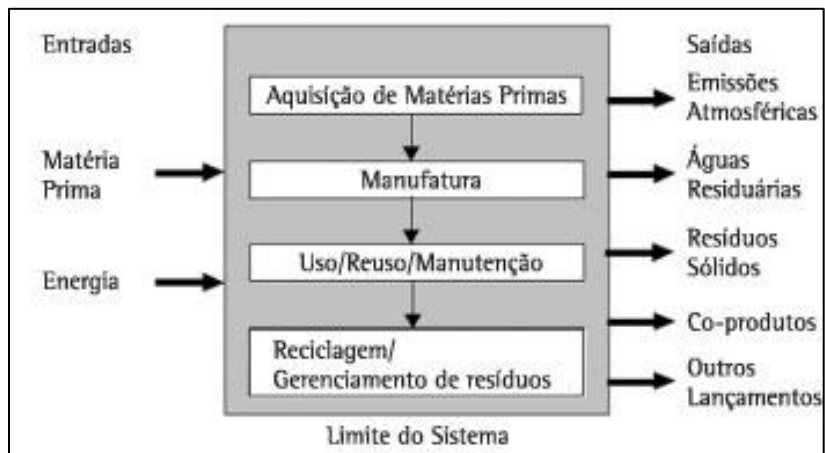
Fonte: Elaboração da autora (2018)

2.3 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A crescente conscientização sobre a importância da proteção ambiental e dos possíveis impactos associados a produtos manufaturados e consumidos tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreendê-los e diminuí-los. Uma das metodologias em desenvolvimento com esse propósito é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ISO 14044, 2006).

A ACV foi desenvolvida para mensurar os possíveis impactos ambientais causados por produtos, processos e serviços. O ciclo de vida de um produto se refere a todas as etapas de sua produção e seu uso, relativas à extração das matérias-primas, passando pela produção, distribuição até o consumo e disposição final, contemplando também reciclagem e reuso quando for o caso (Figura 1).

Figura 1 - Estágios do Ciclo de Vida



Fonte: EPA (2006)

A ACV é essencialmente quantitativa, onde os resultados numéricos refletem as categorias de impacto, permitindo, inclusive, comparações entre produtos semelhantes. Tal abordagem permite identificar os pontos críticos no ciclo de vida do produto e, assim, promover melhorias nos processos produtivos. Dessa forma, trata-se de uma metodologia multidisciplinar, pois abrange várias áreas do conhecimento. Também é multicritério, uma vez que considera várias categorias de impacto e dano ambiental.

O uso da ACV pode auxiliar tanto atividades de pesquisa e desenvolvimento, no desenvolvimento de inovações, quanto indústrias, por possibilitar a identificação de pontos

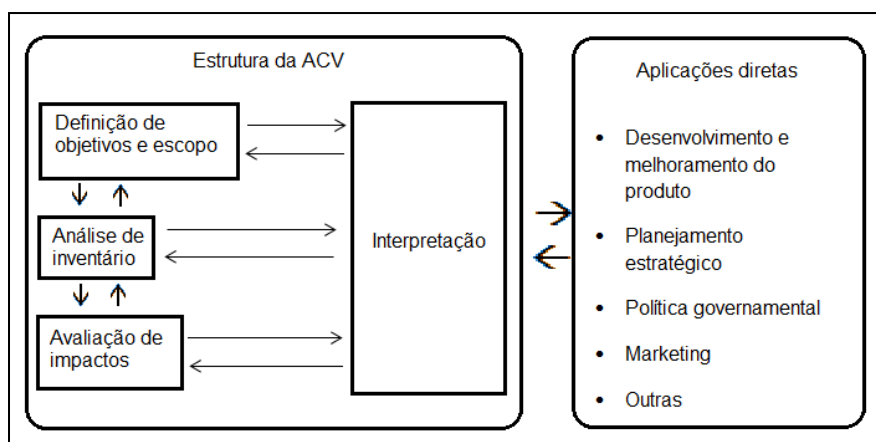
críticos, o aumento da eficiência dos processos, redução de custos e promoção do marketing verde. Além da indústria e pesquisa, o setor governamental pode se amparar nos resultados dos estudos de ACV para a elaboração de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis (CHEHEBE, 1997).

No Brasil, a ACV foi formalmente introduzida em 1993 com a criação de um subcomitê do Grupo de Apoio à Normalização (GANNA) destinado particularmente à Avaliação do Ciclo de Vida. A ACV foi regularizada internacionalmente em 1998 e, segundo Baumann e Tillman (2004), é contemplada pelas normas ISO 14040-14043. No ano de 2006, as normas ISO 14040 (Princípios e Práticas Gerais), 14041 (Definição do objetivo e escopo e Análise do Inventário), 14042 (Avaliação dos Impactos) e 14043 (Interpretação dos Resultados) foram sintetizadas em apenas duas normas - a ISO 14040 (2006), que trata dos princípios e da estrutura da ACV, e a ISO 14044 (2006), que trata dos requisitos e das diretrizes.

A Avaliação do Ciclo de Vida consiste em quatro fases (Figura 2):

- Definição de Objetivo e Escopo;
- Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV);
- Análise de Impacto Ambiental de Ciclo de Vida (AICV);
- Interpretação de Resultados.

Figura 2 - As fases da ACV



Fonte: ISO 14040 (2009)

A metodologia de ACV não é restrita apenas a uma avaliação geral de toda a cadeia de impactos de um processo, o chamado do “berço-ao-túmulo”, podendo também ser realizada em certas etapas do ciclo de vida, como do “berço ao portão”, do “portão ao portão” e do “portão ao túmulo”.

A Norma ISO 14040 preconiza que na fase de definição dos objetivos seja esclarecida de forma clara e inequívoca a utilização que se pretende dar aos resultados do estudo, a que tipo de audiência se destina e o processo de revisão crítica que se pretende adotar (CHEHEBE, 1997).

O objetivo de uma ACV deve incluir a aplicação pretendida, as principais razões para a realização do estudo e o público-alvo a quem a ACV se destinará. O escopo se refere à aplicabilidade geográfica, tecnológica e temporal do estudo, sendo assim, deve-se definir quais os processos produtivos que serão considerados na avaliação, onde esses processos ocorrem e qual a idade aceitável dos dados coletados. É necessária também a definição de como o estudo será atualizado, como será trabalhada a informação e onde os resultados serão aplicados.

A análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) especifica os processos que ocorrem durante o ciclo de vida de um produto. No ICV, um inventário é feito com todas as entradas e saídas dos processos que ocorrem durante o ciclo de vida de um produto (UNEP/SETAC, 2005). Nessa etapa ocorre a coleta de dados e os procedimentos de cálculo do uso de insumos e emissões em relação à unidade funcional e no último estágio da análise de inventário, os dados serão processados (CHEHEBE, 1997). Uma tabela do inventário será criada, na qual todas as entradas e saídas são traduzidas para entradas (consumos de materiais e energia) e saídas (produtos, coprodutos e emissões) relativas a uma unidade funcional estabelecida no início do processo (UNEP/SETAC, 2005).

A Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) é a terceira etapa do estudo de ACV cujo objetivo principal é descrever os impactos ambientais potenciais relacionados aos resultados da análise de inventário. Mais do que quantificar as emissões e recursos resultantes do sistema, a AICV procura transformar essas informações em dados relevantes ambientalmente, ou seja, informações que possam quantificar o impacto potencial no meio ambiente, saúde humana, ou recursos (BAUMANN e TILLMAN, 2004).

A última etapa da avaliação de impactos é a interpretação, em que há comparação dos problemas ambientais, analisando resultados, tirando conclusões, explicando as limitações e fornecendo recomendações para uma análise completa do ciclo de vida. Além disso, a interpretação dos resultados deve também mostrar as limitações que tornam os objetivos iniciais inalcançáveis ou impraticáveis. O seu objetivo principal é aumentar a confiança e significado do estudo ACV executado (CHEHEBE, 1997).

2.4 Avaliação de impactos do Ciclo de Vida (AICV)

De acordo com Chehebe (1997), a avaliação de impactos é a etapa da ACV identifica, caracteriza e avalia quantitativamente, impactos potenciais das intervenções ambientais identificadas na etapa de análise do inventário. As “entradas” e as “saídas” quantificadas na análise do inventário são interpretadas em função dos impactos que eles causam no meio ambiente, em relação à unidade funcional definida (UNEP/SETAC, 2005).

A ISO 14044 (2006) traz os elementos obrigatórios e os opcionais para a AICV. Os elementos obrigatórios são os seguintes:

- Obrigatórios: Seleção das categorias de impacto, indicadores de categoria e métodos de avaliação, correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação), cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização);
- Opcionais: Normalização, ponderação, agrupamento e análise da qualidade dos dados.

A União Europeia indica modelos de acordo com as categorias de impacto *midpoint* para serem utilizados em ACV conduzidos em regiões europeias. Atualmente, ainda não foram disponibilizados estudos que indiquem métodos mais apropriados às condições ambientais brasileiras.

Após serem escolhidas as categorias, dá-se início à classificação com o objetivo de atribuir, a cada uma das categorias selecionadas e identificadas, os dados correspondentes do inventário.

Na caracterização é que são quantificadas as contribuições de cada consumo e emissão do ICV para cada categoria ambiental (CHEHEBE, 1997). Essa quantificação

envolve a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto, com a utilização dos fatores de caracterização. Dentro da AICV, o fator de caracterização é aplicado a cada fluxo de entrada e saída, com o objetivo de obter impactos agregados dentro de cada categoria de impacto ambiental selecionada no estudo.

Os fatores de caracterização indicam quanto determinada substância, seja ela da entrada ou saída do inventário, colabora para um determinado problema ambiental se comparada a uma substância de referência. O cálculo do fator de caracterização é feito baseado em um modelo de caracterização com base científica e tecnológica aceita internacionalmente selecionado para o estudo.

O resultado do cálculo é um fator numérico (ISO 14044, 2006). Cada método de caracterização apresenta um modelo próprio de cálculo para geração do fator de caracterização (GOEDKOOOP *et al.*, 2009) (Equação 1):

$$I_m = \sum_i Q_{mi} \cdot m_i \quad (1)$$

Onde m_i é a magnitude ou tamanho da intervenção i (entrada ou saída quantificada no inventário), Q_{mi} o fator de caracterização que conecta a intervenção i com a categoria de impacto de m , e I_m o impacto da categoria de impacto de m .

É importante ressaltar que o impacto analisado será sempre o impacto que tem potencial de causar danos ao meio ambiente e não o impacto real existente no processo.

2.4.1 Modelos de avaliação de impacto de ciclo de vida

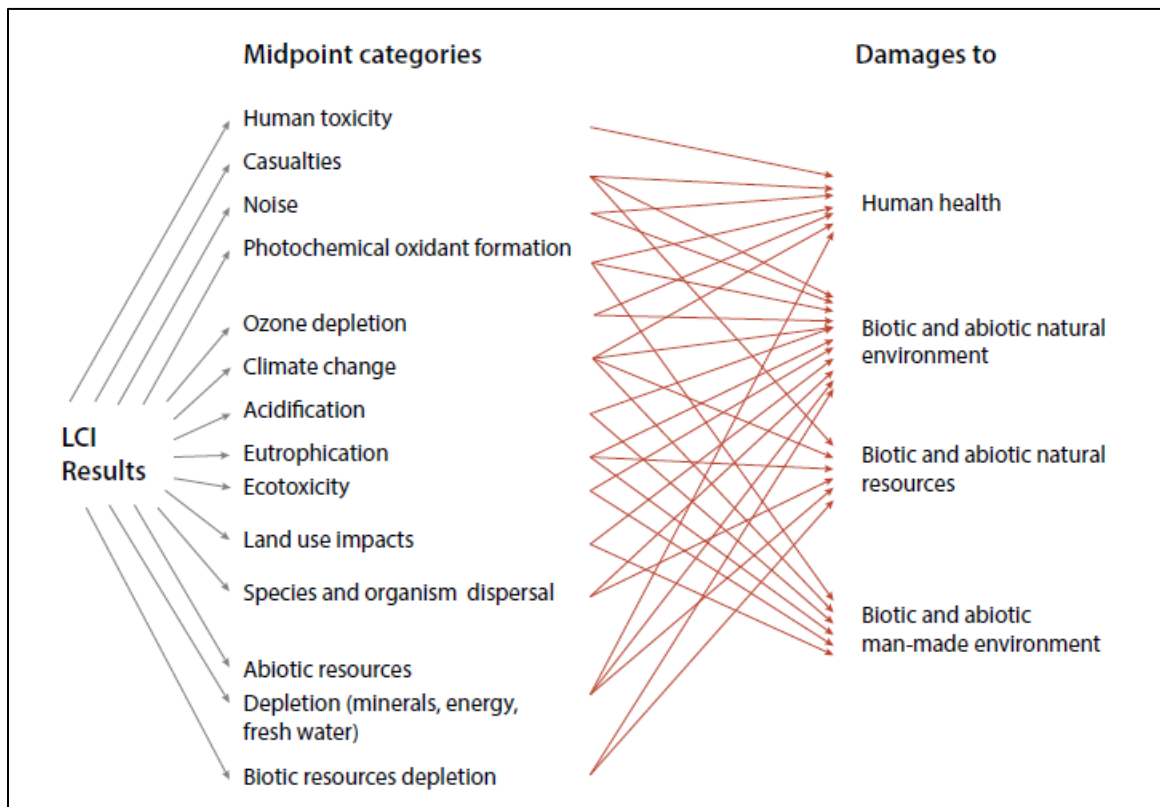
Diversos modelos têm sido desenvolvidos para fornecer os fatores de caracterização em cada categoria de impacto. Os métodos AICV podem ser agrupados em duas categorias:

- Impacto intermediário (*Midpoint*): Relacionam diretamente os resultados do ICV às categorias de impacto, porém não chegam ao final da avaliação do dano ambiental. Possui uma abordagem voltada para o problema ambiental.

- Dano ambiental (*Endpoint*): Indo além das categorias de impacto intermediárias, mostram os danos causados a saúde humana, aos ecossistemas e aos recursos naturais.

A Figura 3 apresenta a diferença de abordagem das metodologias de impacto “Midpoint” e “Endpoint”.

Figura 3 - Diferença entre os métodos de AICV



Fonte: UNEP/SETAC (2005)

Em geral, na abordagem de *midpoint* o número de categorias de impacto é maior (ao redor de 10) e os resultados são mais exatos e precisos quando comparados às áreas de proteção do *endpoint* (EC-JRC, 2010a).

No âmbito da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV), modelos têm sido propostos com o intuito de desenvolver formas abrangentes e eficazes de avaliar os impactos de produtos e processos na intensificação da escassez hídrica regional. A tabela 1 traz os principais métodos de avaliação de escassez hídrica de acordo com sua abordagem.

Tabela 1 - Modelos de AICV para escassez hídrica

<i>Método</i>	<i>Indicador</i>
Frischknecht <i>et al.</i> (2006)	Fator obtido pela relação entre consumo humano e 20% de água disponível em uma região.
Bösch <i>et al.</i> (2007)	Demanda Cumulativa de Exergia por unidade de produto ou processo (CExD, em MJ-eq). Quando a água é utilizada para produção de energia hidroelétrica, seu potencial de exergia é considerado.
Milà i Canals <i>et al.</i> (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de estresse hídrico (WSI, adimensional), obtido pela razão entre o consumo de água e a água disponível para o uso humano, que é diminuído pela demanda do ecossistema. - Potencial de depleção abiótica (ADP em kg Sb-eq/kg) que considera a disponibilidade de água estocada em reservas fósseis e a taxa de uso e recarga dessas reservas, relativas às reservas de antimônio (recurso abiótico de referência, Sb).
Pfister <i>et al.</i> (2009)	- Índice de estresse hídrico, baseado na razão demanda-disponibilidade, considerando a variação de precipitação mensal e anual.
Boulay <i>et al.</i> (2011)	-Índice de estresse hídrico (α_i dimensional) para águas superficial e subterrânea, por funcionalidade de categoria, sendo possível analisar 17 categorias diferentes de funcionalidade (m ³ de água-eq/m ³ de água por categoria dada). Este indicador é calculado considerando a água consumida, a fração de água subterrânea consumida, a fração de água renovada, a fração de água consumida por cada uso, e o mínimo de água no fluxo do ri principal.
Hoekstra <i>et al.</i> (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Escassez hídrica de água azul (WS, 1/m³), calculada com base no escoamento superficial na bacia e a água requerida pelo ecossistema. - Nível de poluição da água (LWP, kg/ano), calculado com base no escoamento superficial na bacia, a concentração permitida de poluente no líquido efluente e a concentração natural de poluente nos ambientes aquáticos. - Escassez hídrica por água verde (WS, 1/m³), calculada com base na disponibilidade de água verde na bacia. Esta disponibilidade é medida considerando evapotranspiração na água de chuva, evapotranspiração reservada para vegetação natural, e evapotranspiração de áreas não-produtivas.
Loubet <i>et al.</i> (2013)	Fator de caracterização de Deprivação de água (m ³ /m ³) é avaliada considerando o consumo de água na bacia, o efeito deste consumo nas bacias rios abaixo, e a disponibilidade de água na bacia, reduzindo a água de demanda do ecossistema.

<i>Método</i>	<i>Indicador</i>
Pfister and Bayer (2014)	Índice de Estresse hídrico mensal (WSI, adimensional), calculada considerando a razão demanda-disponibilidade e a variação na precipitação anual. É um aperfeiçoamento do Método de Pfister <i>et al.</i> (2009).
Bayart <i>et al.</i> (2014)	Índice do Impacto Hídrico (WII em m ³ -eq/ano), calculado considerando qualidade de água e o índice de estresse hídrico (WSI) proposto por Pfister <i>et al.</i> (2009).
Berger <i>et al.</i> (2014)	Índice de Depleção Hídrica (WDI in m ³ /m ³), baseado na razão entre o consumo de água e disponibilidade de água, que é modificada pela consideração do volume de água disponível nos reservatórios e nas águas subterrâneas renováveis.
Motoshita <i>et al.</i> (2014)	Fatores de caracterização para Agricultura (dimensional), calculado considerando a água requerida para irrigação, dependência de irrigação para produção de alimento, vulnerabilidade física e vulnerabilidade social à escassez hídrica (medida pela habilidade de gerar alimento além da demanda do país).
Boulay <i>et al.</i> (2017)	Água disponível remanescente (Available Water Remaining - AWARE, in m ³ -eq/m ³), medida com base na disponibilidade mensal e demanda hídrica humana e do ecossistema.

Fonte: Figueiredo *et al.* (2017)

Os modelos que desconsideram a qualidade da água citam que esse aspecto deve ser analisado somente em outras categorias de impacto relacionadas ao nível de poluição da água, como acidificação e eutrofização e não na escassez hídrica.

2.5 Grupo WULCA e o Modelo AWARE

O WULCA (Water Use Life Cycle Assessment) é um grupo de trabalho internacional cujo foco está na avaliação do uso da água e na pegada hídrica, tomando como perspectiva o ciclo de vida.

Esse grupo é composto por uma comunidade de pessoas da academia, várias indústrias (por exemplo, indústria de produtos químicos, alimentos e bens de consumo, celulose e papel, tratamento de água, etc.) além de instituições públicas, que juntos constituem o tornam globalmente atuante e de forma transversal.

O objetivo geral do grupo é fornecer aos profissionais, tanto da indústria como da academia, um quadro com coerência para medir, avaliar e comparar o desempenho ambiental de produtos e operações em relação ao uso de água doce.

Os objetivos específicos incluem:

- O desenvolvimento de um quadro de avaliação geral para o uso da água, tendo a inclusão de indicadores que possam avaliar os impactos ambientais na saúde humana, nos ecossistemas e nos recursos de água doce;

- Estabelecer regimes adequados de inventário de água e parâmetros;

- Estabelecer métodos de avaliação de impacto para caracterizar o uso da água e os impactos ambientais relacionados;

- Obter práticas e orientações recomendadas para desenvolvedores e profissionais de métodos de ACV.

As principais atividades envolvem o desenvolvimento de um esquema consistente para a contabilidade e elaboração de relatórios de uso de água doce, modelagem dos impactos gerados pelo uso de água doce de acordo com o contexto geográfico, harmonização do esquema ACV para contabilidade de uso de água doce e avaliação do impacto da água, aplicação dos métodos e indicadores desenvolvidos em estudos de caso industriais, e, finalmente, comunicação e divulgação na indústria e na comunidade científica.

Recentemente, um novo conceito de Pegada de Hídrica baseado em uma abordagem do ciclo de vida foi enquadrado na norma ISO 14046 (ISO 14046 2014). Isso se deu pelo fato de nos últimos anos, as empresas terem começado a incluir indicadores de escassez de água, indicadores de estresse, para avaliar possíveis impactos potenciais associados ao aspecto da quantidade de uso de água, ou seja, consumo de água sem considerar a componente de qualidade adicional da disponibilidade do consumo de água (BOULAY *et al.*, 2017).

Não existia, porém, um consenso em relação a uma abordagem para avaliar o impacto da escassez de água na ISO 14046 (ISO 14046, 2014). A norma apresenta uma série de exemplos de pegada de escassez de água que não são diretamente comparáveis, pois os modelos de caracterização têm diferentes escalas e intervalos, e são com base em diferentes escolhas de variáveis e equações que denotam a escassez hídrica. Surgiu assim a necessidade de um modelo baseado em consenso para desenvolvedores e várias iniciativas ambientais de

rotulagem e declaração que desejam usar métricas globais e garantir a comparabilidade (GALATOLA e PANT. 2014; ISO 14046 2014; BOULAY *et al.* 2015). A construção desse modelo foi identificada como prioritária pelo UNEP-SETAC Iniciativa do ciclo de vida (JOLLIET *et al.*, 2014).

O modelo desenvolvido e recomendado, AWARE (Available Water REMaining), baseia-se na quantificação da água disponível relativa restante por área, uma vez que a demanda de seres humanos e ecossistemas aquáticos foi atendida. Esse modelo responde à pergunta "Qual é o potencial de privar outro usuário (humano ou ecossistema) ao consumir água nesta área? "O fator de caracterização resultante (FC) varia entre 0,1 e 100 e é indicado para ser usado no cálculo da pegada de escassez hídrica (BOULAY *et al.*, 2017).

2.5.1 *O modelo AWARE (Available Water Remaining)*

O modelo AWARE (BOULAY *et al.*, 2017) avalia o potencial relativo da privação de água, tanto para os seres humanos como para os ecossistemas. O indicador do modelo baseia-se no pressuposto de que quanto menos água estiver disponível por área, mais provável será que outro usuário sofra com a escassez (BOULAY *et al.*, 2016). A água remanescente disponível por área refere-se à água remanescente, após a demanda humana e do ecossistema aquático terem sido subtraídas da disponibilidade de água natural na bacia de drenagem.

O indicador 1/AMD é baseado no inverso da diferença entre disponibilidade e demanda (Equação 2). O AMD_i é calculado em m³/ m². mês e o volume restante de água disponível para uso, uma vez satisfeita a demanda, por unidade de área e tempo (m³/ m². mês).

$$AMD_i = \frac{(Disponibilidade - Demanda Humana - Demanda do ecossistema)}{Área} \quad (2)$$

A demanda se refere à soma de consumo de água para uso humano (HWC) e a do ecossistema (EWR). Demanda e disponibilidade são calculados em m³/mês e a área em m².

O valor da AMD_{mund} med é a média ponderada pelo consumo de AMD_i (m³/m². mês) em todo o mundo (0,0136 m³/m².mês), obtida nas 11 050 sub-bacias, definidas pelo WaterGAP, nos doze meses do ano. A unidades do FC é m³ eq./m³i (Equação 3).

$$FC = \frac{AMD_{\text{Mundo med}}}{AMD_i} \quad (3)$$

O modelo exige algumas considerações para que seja aplicado corretamente. Quando o valor de demanda for igual ou maior que a disponibilidade, ou seja, gere um AMD negativo, o fator (FC) tem de ser ajustado para um valor máximo, pois caso contrário, a equação não seria mais contínua. Este valor máximo de 100 é definido como um ponto de corte após a (FC) ter sido normalizado. Além disso, há um valor mínimo de 0,1 para o FC que é aplicado como um corte inferior. É necessário fazer esses cortes para limitar a influência potencial de valores extremos baixos ou altos, minimizando a perda de informação, ou seja, o número de bacias hidrográficas com FC acima do valor máximo de corte 100 ou abaixo do corte mínimo de 0,1 (Equações 4 e 5) (BOULAY *et al.*, 2017).

$$CF_{\text{Max}} = 100, \text{ Demanda} \geq \text{Disponibilidade na região ou } AMD_i < \frac{AMD_{\text{Mundo media}}}{100} \quad (4)$$

$$CF_{\text{Min}} = 0.1, AMD_i > 10 \times AMD_{\text{Mundo media}} \quad (5)$$

O valor de FC de 1 corresponde à região onde ocorre a disponibilidade menos a demanda média igual a mundial ($AMD_i = AMD_{\text{Mundo média}}$). Trata-se de uma normalização interna utilizada para fornecer resultados relativos a uma referência. É importante salientar que um valor FC de 1 não é equivalente ao fator para o consumo médio de água no mundo, isto é, a média mundial da FC a ser usada quando o local não é conhecido. Essa média mundial é calculada como a média ponderada pelo consumo dos FC de cada bacia, que se baseiam em $1/AMD$ e não em AMD , daí a média mundial do consumo de água tem um valor de 43 m^3 de água-eq/ m^3 mundial para uso desconhecido e 20 m^3 de água-eq / m^3 mundial e 46 m^3 de água do mundo água-eq/ m^3 para consumo de água não-agrícola e agrícola, respectivamente.

Os fatores de caracterização foram calculados utilizando estimativas mensais de consumo setorial e descarga do modelo hidrológico global WaterGAP (ÁLCAMO *et al.*, 2003). Para determinação da demanda do ecossistema (EWR) foram utilizados os valores determinados em Pastor *et al.* (2014), que quantificam o fluxo mínimo necessário para manter os ecossistemas em estado "justo" (com respeito a intocada), variando entre 30-60% do fluxo natural (BOULAY *et al.*, 2017).

Foram desenvolvidos vários fatores de caracterização (FC) para o modelo AWARE, com diferentes resoluções espaciais e temporais, para potenciais utilizadores em termos de especificidade e aplicabilidade. Os FCs (m^3 mundo eq / m^3) podem ser determinados para água consumida na agricultura (Agri), para consumida em outras atividades (Não-Agri), e para consumo em atividade desconhecida (Pad) (Tabela 2).

Tabela 2 - FC agri, Não-Agri e uso desconhecido para as principais regiões do mundo

<i>Regiões</i>	<i>Agri</i> (m^3 mundo eq/ m^3)	<i>Não-Agri</i> (m^3 mundo eq/ m^3)	<i>Desconhecido</i> (m^3 mundo eq/ m^3)
<i>Europa</i>	40	21	36.5
<i>Resto do mundo</i>	46	22.3	44
<i>África</i>	74.4	51.3	73.9
<i>Ásia</i>	44.6	26	43.5
<i>América Latina e Caribe</i>	31.4	7.5	26.5
<i>América do Norte</i>	35.7	8.7	32.8
<i>Oriente Médio</i>	60.5	40.9	60
<i>OECD</i>	41.4	20.5	38.2
<i>OECD+BRIC</i>	36.5	19.5	34.3
<i>Oceania</i>	69.6	19.8	67.7

Fonte: Boulay *et al.* (2017)

Os FC foram originalmente gerados por bacia hidrográfica e para cada mês do ano. Entretanto, podem ser agregados no tempo (valores médios anuais) e no espaço (valores médios por país e continente). As equações 6 a 15 mostram como as diferentes agregações (tempo e espaço) podem ser realizadas.

$$FC_{agri_{BH,ano}} = \frac{1}{C_{agri_{BH,ano}}} * \sum_{m=1}^{12} FC_{BH,mês} * C_{agri_{BH,mês}} \quad (6)$$

$$FC_{non_agri_{BH,ano}} = \frac{1}{C_{non_agri_{BH,ano}}} * \sum_{m=1}^{12} FC_{BH,mês} * C_{non_agri_{BH,mês}} \quad (7)$$

$$FC_{agri_{país,mês}} = \frac{1}{C_{agri_{país,mês}}} * \sum_{BH=1}^n FC_{BH,mês} * C_{agri_{BH,mês}} \quad (8)$$

$$FC_{non_agri_{país,mês}} = \frac{1}{C_{non_agri_{país,mês}}} * \sum_{BH=1}^n FC_{BH,mês} * C_{non_agri_{BH,mês}} \quad (9)$$

$$FC\ agri_{país,ano} = \frac{1}{Cagri_{país,ano}} * \sum_{mês=1}^{12} FC_{país,mês} * Cagri_{país,mês} \quad (10)$$

$$FC\ non_agri_{país,ano} = \frac{1}{Cnon_agri_{país,ano}} * \sum_{mês=1}^{12} FC_{país,mês} * Cagri_{país,mês} \quad (11)$$

$$FC\ padrão_{país,mês} = \frac{1}{Ctot_{país,mês}} * \sum_{BH=1}^n FCpadrão_{BH,mês} * Ctot_{BH,mês} \quad (12)$$

$$FC\ padrão_{país,ano} = \frac{1}{Ctot_{país,ano}} * \sum_{mês=1}^{12} FCpadrão_{país,mês} * Ctot_{país,mês} \quad (13)$$

$$FC\ padrão_{global,mês} = \frac{1}{Ctot_{global,mês}} * \sum_{BH=1}^n FC_{BH,mês} * Ctot_{BH,mês} \quad (14)$$

$$FC\ padrão_{global,ano} = \frac{1}{Ctot_{global,ano}} * \sum_{mês=1}^{12} FCpadrão_{global,mês} * Ctot_{global,mês} \quad (15)$$

A Tabela 3 traz os significados das abreviações das equações de 6 a 15.

Tabela 3 - Significados das siglas das operações de agregação de FC

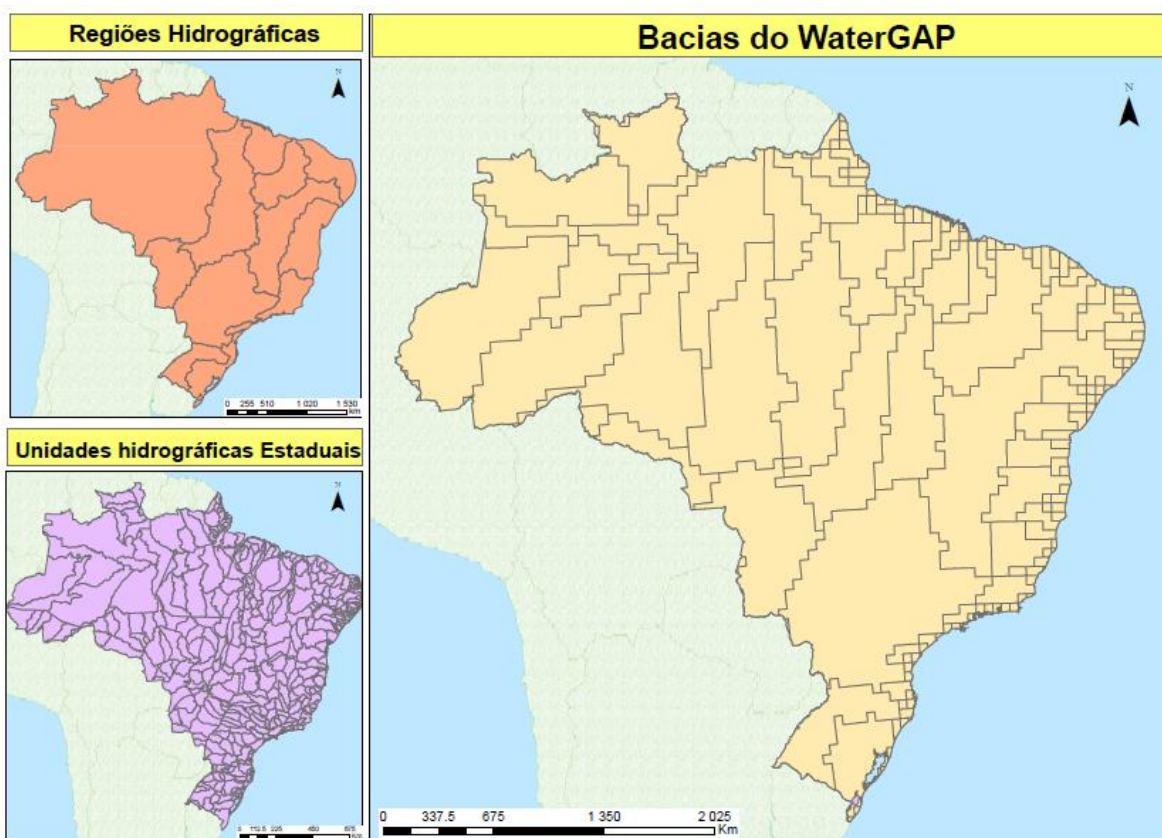
<i>Sigla</i>	<i>Significado</i>
$Cagri_{BH,ano}$	Consumo agrícola anual na bacia hidrográfica
$Cagri_{BH,mês}$	Consumo agrícola mensal na bacia hidrográfica
$Cnão_agri_{BH,ano}$	Consumo não agrícola anual na bacia hidrográfica
$Cnão_agri_{BH,mês}$	Consumo não agrícola mensal na bacia hidrográfica
$Cagri_{país,mês}$	Consumo agrícola mensal no país
$Cnão_agri_{país,mês}$	Consumo não agrícola mensal no país
$Cagri_{país,ano}$	Consumo agrícola anual no país
$Cnão_agri_{país,ano}$	Consumo não agrícola anual no país
$Ctot_{país,mês}$	Consumo total mensal no país
$Ctot_{BH,mês}$	Consumo total mensal na bacia hidrográfica
$Ctot_{país,ano}$	Consumo total mensal no país
$Ctot_{global,ano}$	Consumo total anual global
$Ctot_{global,mês}$	Consumo total mensal global
$FC_{BH,mês}$	Fator de caracterização mensal na bacia hidrográfica
$FCpadrão_{BH,mês}$	Fator de caracterização não especificado mensal na bacia hidrográfica
$FCagri_{país,mês}$	Fator de caracterização agrícola mensal no país

<i>Sigla</i>	<i>Significado</i>
$FC_{n\grave{a}o_agri_{pa\grave{is},m\grave{e}s}}$	Fator de caracterização não agrícola mensal no país
$FC_{agri_{pa\grave{is},ano}}$	Fator de caracterização agrícola anual no país
$FC_{n\grave{a}o_agri_{pa\grave{is},ano}}$	Fator de caracterização não agrícola anual no país
$FC_{padr\tilde{a}o_{pa\grave{is},m\grave{e}s}}$	Fator de caracterização não especificado mensal no país
$FC_{padr\tilde{a}o_{pa\grave{is},ano}}$	Fator de caracterização não especificado anual no país
$FC_{padr\tilde{a}o_{global,m\grave{e}s}}$	Fator de caracterização não especificado global mensal
$FC_{padr\tilde{a}o_{global,ano}}$	Fator de caracterização não especificado global anual

Fonte: Elaboração da autora. (2017)

Dentro dos limites do Brasil, existem 171 bacias hidrográficas definidas pelo Modelo Hidrológico WaterGAP v2.2 (MÜLLER SCHMIED *et al.*, 2014) (Figura 4). Essas bacias não correspondem aos limites das Unidades Hidrográficas Regionais definidas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Ressalta-se que qualquer agregação da espacialização original na espacialização definida pela ANA implicaria em perda de informações, resultando em uma super ou subestimação do valor do fator de caracterização devido ao uso da média ponderada.

Figura 4 - Bacias Hidrográficas no Brasil de acordo com o WaterGAP e as regionalizações da ANA



Fonte: Elaboração da autora (2017)

De acordo com Boulay *et al* (2017), as três principais limitações do modelo AWARE são:

1. A falta de poder discriminatório nas regiões onde a procura é maior do que a disponibilidade;
2. A incerteza e a natureza normativa da escolha da EWR;
3. A extensão deste novo FC é escolhida para ser três ordens de grandeza, entre 0,1 e 100.

O modelo traz algumas incertezas devido à base de dados utilizada do WaterGAP e os valores de EWR. A incerteza do modelo hidrológico global não foi quantificada, porém, sabe-se que o resultado mensal é mais incerto do que o anual (BOULAY *et al.*, 2017). Apesar

de o componente de disponibilidade de água ter sido calibrado pelos desenvolvedores do modelo contra a descarga anual média de rios em 1319 estações de medição, a incerteza da disponibilidade mensal de água é elevada, em particular em regiões secas, tal como revelado, por exemplo, por Scherer *et al.* (2015). As estimativas do consumo de água na agricultura no modelo WaterGAP, que responde por aproximadamente 90% do consumo global de água, dependem fortemente das estimativas de área irrigada, período de cultivo e variáveis climáticas (Döll *et al.*, 2016) - o uso agrícola da água é discutido por Flörke *et al.* (2013).

O EWR foi identificado como um dos fatores que mais contribuem para a incerteza dos fatores de caracterização, devido às incertezas metodológicas relacionadas à definição de EWR. Uma avaliação mensal do EWR foi utilizada no método AWARE (Pastor *et al.*, 2014), mas permanecem desafios.

Os valores de EWR variam mensalmente em função dos padrões de fluxo, mas não como uma função de outros aspectos ambientais e o algoritmo que calcula EWR em escala global não leva em conta aspectos locais específicos devido ao acesso limitado a dados em escala global, como largura de rio, fauna aquática global etc. Além disso, embora os dados subjacentes incluam informações sobre a localização das barragens, há variação e incerteza quanto ao modo como estas infraestruturas são geridas. Em alguns casos, a gestão de barragens inclui libertações de água específicas para atender às exigências de fluxo ambiental (BOULAY *et al.*, 2016).

2.5.2 *Modelo Hidrológico Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP)*

O modelo global de água doce Water Global Assessment and Prognosis (WaterGAP) calcula os fluxos e os armazenamentos de água em todos os continentes do globo (exceto a Antártida) (ÁLCAMO *et al.*, 2003). Ele leva em consideração a influência humana sobre o sistema natural de água doce por retiradas de água e barragens. Além disso, é aplicado para avaliar a escassez de água, secas e inundações e quantificar o impacto das ações humanas na água doce.

O WaterGAP foi desenvolvido na Universidade de Kassel, Alemanha, em 1996, e desde 2003 também na Universidade de Frankfurt, Alemanha. O WaterGAP é dividido em

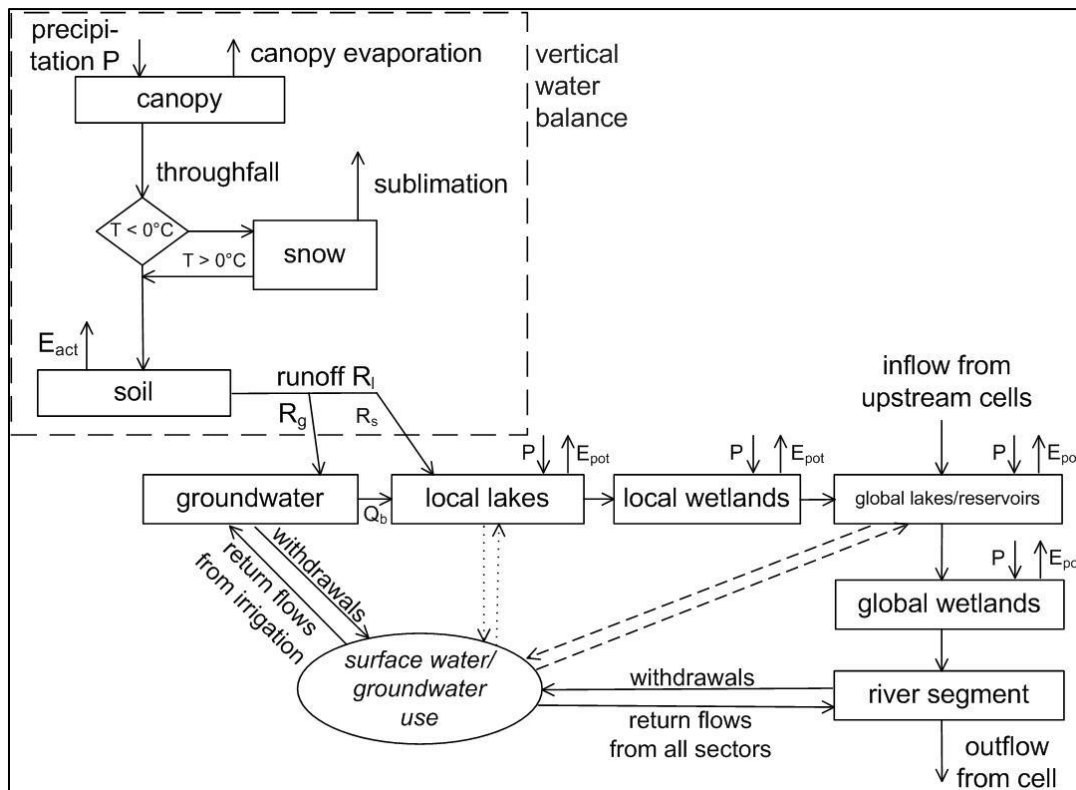
dois modelos, Modelo Global Hidrológico e no Modelo Global de Uso de Água (ÁLCAMO *et al.*, 2003):

1. Modelo Global de Uso da água: Envolve fatores socioeconômicos básicos tais quais uso doméstico, industrial e agrícola (envolve irrigação e animal). É dividido em:

- a) Setores doméstico e industrial, considerando os efeitos de mudanças estruturais e tecnológicas no uso da água;
- b) Setor agrícola, que considera principalmente os efeitos do clima na necessidade hídrica para irrigação.

2. Modelo Global Hidrológico: Envolve fatores físicos e climáticos, computando o escoamento superficial e recarga das águas subterrâneas baseado no cálculo de balanço hídrico diário do solo e das copas das árvores. Também é calculado um balanço hídrico para águas superficiais, e a vazão hídrica é computada via um esquema de roteamento de vazão global (Figura 5). O modelo também disponibiliza um método que leva em consideração os efeitos do clima e cobertura do solo no escoamento (ÁLCAMO *et al.*, 2003).

Figura 5 - Roteamento de vazão global pelo WaterGAP



Fonte: Doll & Lehner (2012)

Um modelo adicional calcula as frações do uso total de água que são extraídas das águas subterrâneas ou superficiais sejam elas rios, lagos ou reservatórios. Todos os cálculos são feitos com uma resolução temporal de 1 dia e uma resolução espacial de $0,5^\circ$ de latitude geográfica \times $0,5^\circ$ de longitude geográfica, o que equivale a $55 \text{ km} \times 55 \text{ km}$ no equador. A entrada do modelo inclui séries temporais de dados climáticos (por exemplo, precipitação, temperatura e radiação solar) e informações fisiogeográficas, como características de corpos d'água superficiais (lagos, reservatórios e zonas úmidas), cobertura terrestre, tipo de solo, topografia e área irrigada.

As escalas espaciais utilizadas para o cálculo incluem o país, a bacia hidrográfica e escalas de grade ($0,5^\circ$ longitude \times $0,5^\circ$ latitude). Os tamanhos das bacias podem ser flexíveis, contendo um esquema de rota de fluxo baseado no mapa direcional de drenagem global DDM30 (DOLL & LEHNER, 2002). Os cálculos abrangem mais de 10.000 rios de “primeira ordem”, que são aqueles que desembocam no oceano ou em reservatórios intercontinentais, cobrindo toda a superfície da terra exceto os polos. Os rios compõem 3.565 bacias com áreas de drenagem maiores que 2.500 km^2 e, além disso, as 34 maiores bacias, com área superior a 750.000 km^2 , que são posteriormente subdivididas em bacias menores.

2.5.2.1 *Modelo Global de Uso da Água*

O Modelo Global de Uso da água cobre três setores: doméstico, industrial e agrícola. O setor doméstico inclui o uso em residências, pequenas empresas e outros dentro do município, que retiram água de alta qualidade diretamente da rede de abastecimento. No setor industrial estão incluídas usinas elétricas e fábricas, já o setor agrícola cobre irrigação e usos para pecuária.

Nesse modelo, calcula-se a intensidade de água, por unidade de uso, em cada setor e multiplica-se esse valor pelas forças motrizes de consumo de água. Os valores das forças motrizes considerados são:

- População para o setor doméstico,
- Produção nacional de eletricidade para o setor industrial
- Área de terra irrigada e número de animais para o setor agrícola.

2.5.2.1.1 Setores Doméstico e Industrial

Para os setores doméstico e industrial, mudança estrutural e mudança tecnológica são os principais conceitos que são usados para modelar as mudanças na intensidade de água. Esses conceitos fornecem uma visão transparente, consistente e de longo prazo do comportamento humano em relação ao uso da água.

A “mudança estrutural” é a mudança na intensidade da água correlacionada com a mudança na estrutura de uso da mesma, isto é, a combinação de atividades de consumo e dos hábitos dentro de um setor. Um exemplo seria o aumento da renda de famílias mais pobres, que assim tendem a adquirir mais eletrodomésticos que consomem água, porém quando saturadas desses eletrodomésticos o consumo de água se estabiliza. A consequência dessas mudanças estruturais é que a média de intensidade de água nas residências (m^3 por pessoa) cresce bruscamente no primeiro instante, juntamente com o crescimento da renda nacional, mas, eventualmente, se estabiliza, mesmo com o crescimento contínuo da renda per capita do país.

No setor industrial, o conceito de mudança estrutural representa a mudança na intensidade de água com a mudança no consumo em usinas de energia e indústrias dentro de um país. Em regiões mais ricas, essa intensidade já tem se estabilizado ou tem uma leve tendência decrescente. Em países mais pobres, a intensidade de água decresce bruscamente no primeiro instante, depois cresce novamente com o aumento do rendimento nacional bruto (SHIKLOMANOV, 2000). O motivo para essa constante alta na intensidade em regiões pobres ainda não é claro. Pode ser relacionada ao baixo consumo dentro da indústria, comparado com outros setores e, por isso, há falta de incentivo para economia de água.

Com o desenvolvimento do país, o setor de eletricidade tende a dominar o consumo de água no setor industrial, e a intensidade de água alcança uma relativa estabilidade, o que reflete a combinação de usinas elétricas termais e não-termais que compõem o setor elétrico. A intensidade estrutural de água é alta onde usinas termais dominam a produção elétrica.

O segundo conceito utilizado no modelo de demanda de água para os setores doméstico e industrial é a “mudança tecnológica”, que quase sempre tende a melhorar a eficiência no consumo e a diminuir a intensidade de água.

Para os rios Parnaíba e Jaguaribe, no Brasil, os dados disponíveis são apenas para o setor doméstico. Para uma região semiárida, os cálculos do WaterGAP superestimam as demandas domésticas, quando comparados com os valores da ANA, provavelmente porque a distribuição geográfica de renda no país, e consequentemente de intensidade de água, não é levada em consideração pelo modelo, além de os dados serem do ano de 1995, enquanto os do Caderno de Recursos Hídricos da ANA é de 2013, e a base é constantemente atualizada. Por exemplo, o modelo trata da demanda humana para o rio Parnaíba como 141.3 e para o Jaguaribe como 60.9 milhões de m³ por ano. Já a ANA traz como demanda humana 127.5 milhões de m³ por ano para a Parnaíba e para o Jaguaribe, a demanda humana segundo a ANA é de 13.5 milhões de m³ por ano.

2.5.2.1.2 Setores Agrícola

Para calcular a demanda de água no setor agrícola, considera-se o consumo direto de água para irrigação de lavouras e para a pecuária. No consumo é considerado todo o volume de água que é captado, o perdido por evapotranspiração e o que é percolado para águas subterrâneas.

Na maior parte do mundo, o montante de água usado para a pecuária é muito pequeno comparado ao uso para irrigação de lavouras (ÁLCAMO *et al.*, 2011). As demandas de água para a pecuária são consideradas iguais aos seus usos consuntivos e são computadas numa grade global (0.5° x 0.5°), multiplicando-se o número de animais por célula-grade, pelo consumo anual por cabeça (Figura 6).

Figura 6 - Consumo animal em L/dia. animal

livestock	water use [l/d per animal]
cattle	25
pigs	4
sheep	2.25
goats	2.25
chicken	0.028
horses	15
camels	25
buffalo	25

Fonte: ÁLCAMO *et al.* (1997)

O modelo Global de Irrigação do WaterGAP armazena as demandas líquidas e brutas de irrigação, refletindo um quadro otimista de abastecimento de água para culturas irrigadas. A demanda líquida refere-se a parte de água que é necessária para a evapotranspiração, enquanto a demanda bruta refere-se ao volume total de água que é retirada de sua fonte, e a relação entre as duas é chamada de “eficiência do uso da água para irrigação”. A diferença entre demanda líquida e bruta surge das perdas de água que ocorrem no transporte e distribuição, sejam elas por infiltração do solo, ou evaporação da superfície do solo. Em nível de cálculo de cenário, considera-se que essa eficiência aumenta com o tempo devido às mudanças tecnológicas no sistema de irrigação.

O modelo de irrigação usa um mapa digital global de áreas irrigadas como ponto inicial para o cálculo de simulações (DÖLL & SIEBERT, 2000). O modelo simula os padrões de cultura, as estações de cultivo e as necessidades líquidas e brutas de irrigação, distinguindo dois tipos gerais de cultura- arroz, e outras.

Para computar as necessidades de irrigação, o padrão de cultura de cada célula com terra irrigada é modelado, que determina que tipo de cultura cresce em determinada condição de irrigação, e se as condições de plantio são adequadas para um ou dois períodos de cultura dentro de um ano.

As demandas líquidas de irrigação são calculadas usando uma série temporal de informações mensais do clima, considerando o período da normal climática de 1961 a 1990 (NEW *et al.*, 2000). A precipitação mensal é desagregada para valores diários, que incorporam informações do número de dias chuvosos por mês.

As demandas brutas de irrigação são calculadas levando em conta variações na eficiência das áreas de irrigação projetadas em nível regional, variando de 0.35 no Sul e Leste da Ásia, a 0.7 no Canada, África do Norte e Oceania.

2.5.2.2.2 Modelo Global Hidrológico

O modelo WaterGAP calcula a disponibilidade de água em nível de bacia hidrográfica. O Modelo Global Hidrológico é capaz de avaliar os impactos das mudanças globais na disponibilidade de água, e simular o comportamento do ciclo de água terrestre em macroescala.

O cálculo do balanço diário hídrico para cada célula da bacia de drenagem leva em consideração solo, vegetação, declividade e tipo de aquífero, as entradas a montante, a extensão e influência hidrológica dos lagos, reservatórios e zonas úmidas, assim como a redução nas descargas fluviais causadas pelo consumo humano. A normal climatológica utilizada foi de 1979-1993 (ÁLCAMO *et al.* 2003).

Para as alterações causadas no escoamento pela mudança na cobertura vegetal, considera-se alguns parâmetros como profundidade de raiz, albedo e índice de área foliar. Para os efeitos no escoamento gerados pelas mudanças climáticas, considera-se os impactos da temperatura e precipitação no balanço vertical hídrico. Para as frações de terra em cada célula, esse balanço consiste em 2 componentes principais: um balanço hídrico do copado, determinando que parte da precipitação evapora diretamente do dossel (intercepção) e que parte alcança o solo (precipitação não interceptada), e um balanço hídrico do solo, que divide a precipitação não interceptada em evapotranspiração real e escoamento total.

O escoamento total das áreas de solo é dividido em escoamento superficial, e de subsuperfície, e recarga de águas subterrâneas. Em seguida, o balanço e armazenamento de água em corpos d'água abertos (lagos e zonas úmidas) é computado, para então as descargas serem encaminhadas para as células a jusante.

A disponibilidade de água é calculada para médias de vazões anuais a longo prazo (1979-1993), e essas médias são comparadas a valores de literatura estimados e medidos, em relação às bacias hidrográficas e aos países. As comparações em nível de bacia consideram alguns aspectos:

1. Para algumas bacias hidrográficas, o modelo hidrológico do WaterGAP foi calibrado em relação às descargas medidas nas estações para qual a comparação foi feita.
2. Para outras bacias, o modelo foi calibrado em relação às descargas da estação seguinte a jusante da estação a qual a comparação foi feita.

3. Ainda, para outras bacias, nenhuma calibração foi possível devido à falta de disponibilidade de dados.

2.5.3 *Demanda do Ecossistema*

O fluxo do rio é o principal mantenedor do bom estado ecológico do mesmo (POFF *et al.*, 2009). De acordo com a Declaração de Brisbane (2007), "os fluxos ambientais descrevem a quantidade, a qualidade e o tempo dos fluxos de água necessários para sustentar os ecossistemas de água doce e estuarino e os meios de subsistência e bem-estar humanos que dependem desses ecossistemas". Acontece, porém, que as atividades humanas têm prejudicado os ecossistemas de água doce devido à retirada excessiva de água, à poluição dos rios, à alteração do uso da terra (incluindo o desmatamento) e à sobrepesca (DUDGEON, 2000).

À medida que cresce a necessidade de água para a produção de alimentos e outras necessidades humanas, é necessário quantificar os requisitos de fluxo ambiental (EFRs) para avaliar a quantidade de água necessária para sustentar os ecossistemas de água doce.

EFRs são calculados a partir da média de um método de um fluxo ambiental médio (EF). Nas atuais avaliações globais de balanço hídrico, os EFRs são quase sempre negligenciados ou incluídos de forma muito simplificada, resultando em uma quantidade de água disponível para consumo humano provavelmente superestimada (GERTEN *et al.*, 2013).

Na escala global, não existe um conjunto de dados que indique o nível da condição ecológica dos rios, também não há um conjunto de dados com o status ecológico desejado dos rios em todo o mundo. A decisão sobre o status ecológico de qualquer rio faz parte de um consenso internacional entre gestores de água, governos e cientistas ambientais (PASTOR *et al.* 2014).

Ao longo das últimas décadas, modelos hidrológicos globais têm sido usados para realizar avaliações globais de água (ARNELL, 2004; ALCAMO *et al.*, 2007; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009; VAN BEEK *et al.*, 2011; HOFF *et al.*, 2010, HANASAKI *et al.*, 2008). Entretanto, a maioria destes estudos negligencia a água requerida pelo ambiente, ou seja, as EFRs. Apenas alguns estudos incluem alguns aspectos dos fluxos ambientais

(HOEKSTRA E MEKONNEN, 2011, SMAKHTIN *et al.* 2004, HANASAKI *et al.*, 2008, GLEESON *et al.*, 2012).

O trabalho de Pastor *et al.* (2014) selecionou cinco métodos de EF hidrológicos-Tennant (TENNANT, 1976), Smakhtin (SMAKHTIN *et al.*, 2006), Tessmann (TESSMANN, 1980), o método Q90_Q50, e de fluxo mensal variável (VMF). Pastor *et al.* (2014) comparou os valores EFRs gerados por esses métodos com 11 estudos de caso de EFR calculados localmente para indicar um método EF global simples e confiável que leva em conta a variabilidade intra-anual. Na ausência de uma avaliação eco-hidrológica global, assumiu-se que os EFR calculados localmente são as melhores estimativas das necessidades ecológicas de um rio e que podem ser utilizados para a validação de métodos globais de EF. Os onze estudos de caso foram selecionados de acordo com seus tipos de métodos EF definidos localmente, regimes de baixo rio, geolocalizações e principais tipos de habitat (MHTs).

A escolha dos estudos de caso foi restrita a métodos focados em ecossistemas como a simulação do habitat e / ou baseados em conjuntos de dados de fluxo diário. Os principais tipos de habitat, como rios costeiros temperados e grandes deltas fluviais, foram descritos nas ecorregiões de água doce do mundo (FEOW, ABELL *et al.*, 2008), que classificam os rios globais em 426 ecorregiões de água doce.

Os métodos EF globais são definidos usando métodos hidrológicos devido à ausência de dados ecohidrológicos globais (RICHTER *et al.*, 2006; POFF E ZIMMERMAN, 2010). Os métodos hidrológicos são geralmente baseados em limiares de fluxo mínimo anual como o 7Q10, ou seja, o fluxo mais baixo que ocorre por sete dias consecutivos uma vez em dez anos (TELIS E DISTRITO, 1992) ou Q90, onde o fluxo excede 90% do período de registro.

A vantagem dos métodos hidrológicos é que são simples e rápidos para uso em avaliações preliminares ou quando conjuntos de dados ecológicos não estão disponíveis. Além do mais, podem ser facilmente implementados tanto em nível local como global, dependendo da complexidade e disponibilidade de dados hidrológicos.

Os conjuntos de dados hidrológicos dos estudos de caso individuais foram obtidos no Global Runoff Data Center ou junto aos autores dos estudos de caso. Os fluxos

mensais médios foram calculados com séries históricas de 8 a 30 anos para representar as condições ecológicas "naturais" ou "intocadas" do rio.

Todos os cálculos estão em m^3/s , e a classificação dos estudos de caso pelo seu respectivo número de meses foram de fluxo baixo (FL), de fluxo intermediário (IF) e de fluxo alto (IC). FL é definido como MMF (fluxo de média mensal) inferior a 40% de MAF (média anual do fluxo); IF entre igual ou superior a 40% e inferior a 80% de MMF de MAF; E HF como MMF maior que 80% de MAF.

Os EFR foram sempre calculados com fluxos naturais obtidos a partir de conjuntos de dados históricos ou a partir de conjuntos simulados de dados de fluxo naturalizado. Para isso, o modelo de terra controlada Lund-Potsdam-Jena (LPJmL) foi utilizado como simulador global do fluxo do rio em uma resolução espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ em escala de tempo diária. Os dados climáticos globais da CRU TS 2.1 (1901-2002) foram utilizados no modelo.

Para comparar os métodos EF globalmente foi utilizada a proporção de EFRs mensais para o fluxo mensal natural para mostrar a variabilidade intra-anual dos EFRs no espaço e no tempo. Os cálculos foram apresentados em uma base anual e durante dois meses, janeiro e abril, em média de 1961 a 2000. Também se comparou a taxa anual de EFR para o fluxo natural de diferentes bacias hidrográficas, fornecendo uma gama de EFR anuais para os cinco métodos hidrológicos escolhidos para o estudo.

Como conclusão do estudo, determinou-se os métodos VMF e Tessmann como métodos válidos e fáceis de implementar em modelos hidrológicos globais. Ambos os métodos usam um algoritmo simples e também levam em conta a variabilidade intra-anual. Eles melhoram os cálculos de fluxo ambiental devido à sua maior resolução de tempo de uma base anual para mensal e a aplicabilidade global que isso proporciona. Os métodos VMF e Tessmann foram validados com cálculos EFR existentes a partir de estudos de caso locais e mostraram boas correlações com EFRs calculados localmente.

A inclusão de EFRs em avaliações globais de água melhora as estimativas de limites globais de água e permite a produção de cenários sustentáveis na expansão de terras irrigadas e na utilização de água para outros usuários, como o setor de energia hidrelétrica (PASTOR *et al.* 2014).

Os valores obtidos do trabalho de Pastor *et al.* (2014) foram tanto utilizados na elaboração dos fatores de caracterização pelo Modelo AWARE original como neste trabalho.

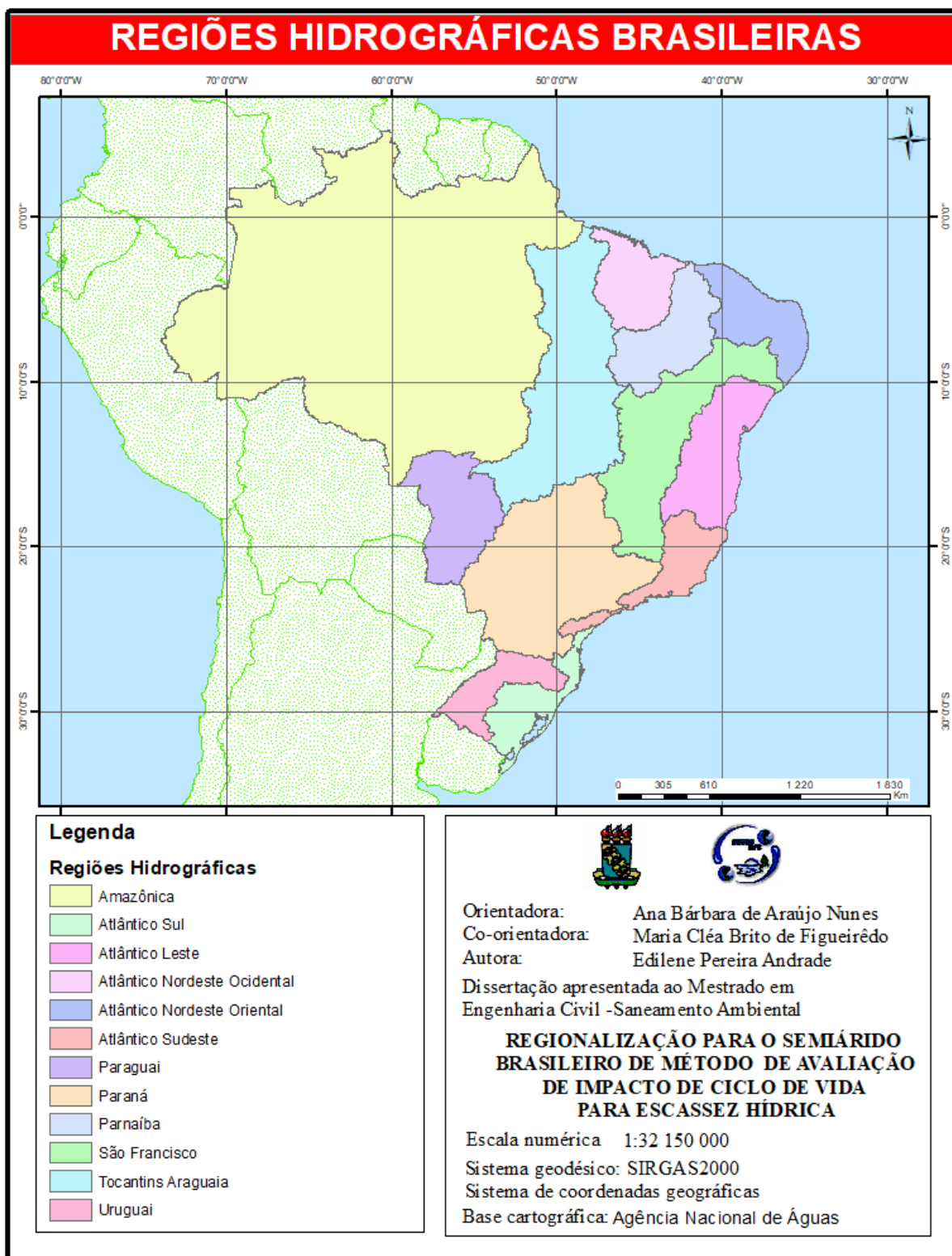
2.6 Divisão hidrográfica brasileira de acordo com a Agência Nacional de Águas

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A atuação da ANA obedece a fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e é desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Cabe à ANA, dentre outras funções:

- Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;
- Promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos; estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), tendo em vista o aprimoramento da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil, promulgou a Resolução 32/2003 na qual delimita doze Regiões Hidrográficas. Essa resolução define Região Hidrográfica (RH) como sendo o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. As 12 regiões hidrográficas são mostradas no mapa abaixo (Mapa 2).

Mapa 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Diferentemente das bacias hidrográficas, que podem ultrapassar as fronteiras nacionais, as regiões hidrográficas, pelo fato de serem constituídas por legislação nacional, estão limitadas ao espaço territorial das 27 unidades federativas brasileiras. Elas são mais uma alternativa para gerenciamento e planejamento do Brasil, sendo nesse caso com foco nos recursos hídricos e baseando-se nas bacias hidrográficas.

As subdivisões consideradas em cada Região Hidrográfica possuem várias Unidades Hidrográficas (UH) (Tabela 4), que consistem em agrupamentos de Unidades de Planejamento Hídrico que, por sua vez, correspondem às unidades hídricas estaduais para a gestão de recursos hídricos.

Tabela 4 - Regiões hidrográficas e Unidades Hidrográficas Estaduais

REGIÃO HIDROGRÁFICA	UNIDADES HIDROGRÁFICAS ESTADUAIS
Amazônica	89
Atlântico Leste	34
Atlântico Nordeste Ocidental	11
Atlântico Nordeste Oriental	66
Atlântico Sudeste	28
Atlântico Sul	30
Paraná	57
Paraguai	13
Parnaíba	15
São Francisco	45
Tocantins-Araguaia	40
Uruguai	19
TOTAL	449

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

As Unidades Hidrográficas Estaduais são denominadas Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UEPGRH) (Mapa 3). Essas unidades são estabelecidas com foco na gestão dos recursos hídricos, considerando aspectos geopolíticos como divisas estaduais, que muitas vezes se sobrepõe ao critério estritamente hidrográfico, adotado em outras divisões hidrográficas. A divisão do território em unidades hidrográficas

estaduais visa auxiliar a gestão dos recursos hídricos em bacias de domínio da União e dos Estados, estimulando a constituição de Comitês de Bacias Hidrográficas nas unidades hidrográficas.

Mapa 3 - Unidades Hidrográficas Estaduais inseridas na Regiões Hidrográficas



Fonte: Elaboração da autora (2017)

2.6.1 *Microbacias Ottocodificadas*

A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos é obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro. A BHO é gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrologicamente consistentes em nível de UHE e RH.

A BHO representa a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Uma característica essencial dessa representação é ser topologicamente consistente, isto é, representar corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo.

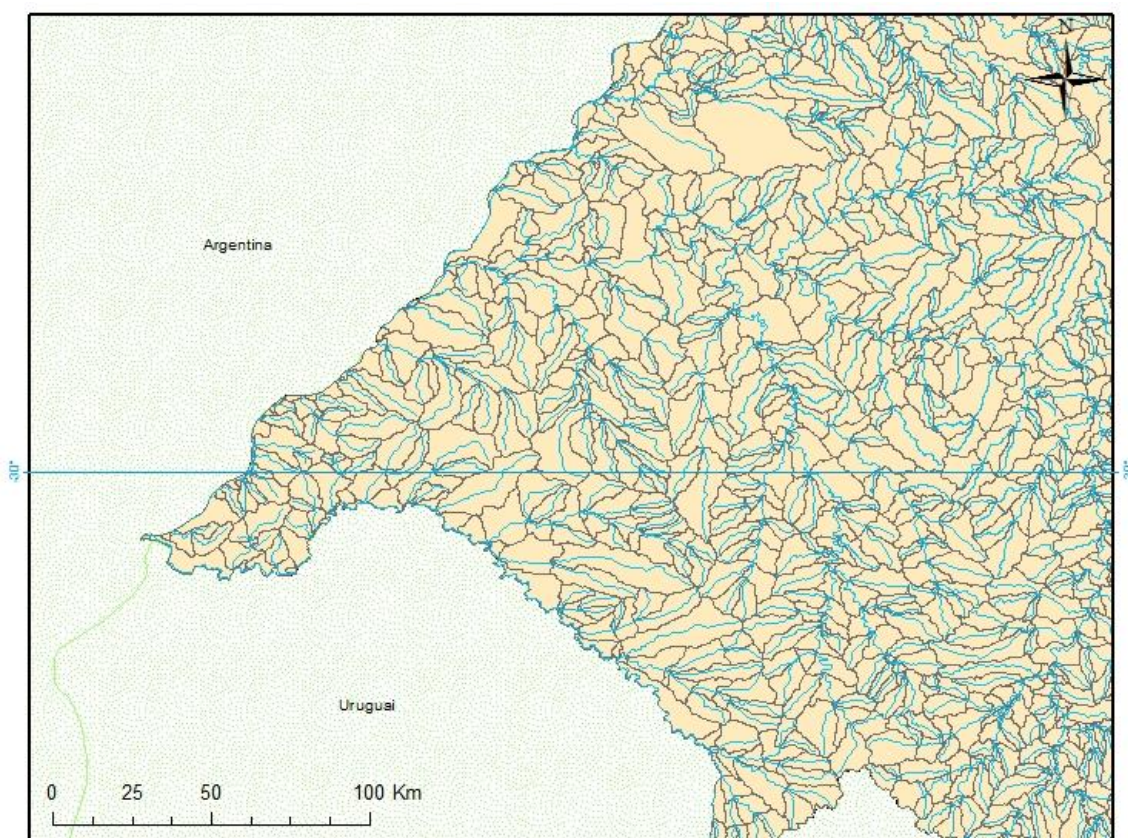
A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) é uma base hidrográfica de referência que engloba toda a América do Sul e é composta por sete planos de informação geográfica-

- Trecho de drenagem,
- Área de contribuição hidrográfica,
- Ponto de drenagem,
- Curso d'água,
- Hidrônimo,
- Barragem e
- Massa d'água.

A base recebe a denominação “ottocodificada” porque as suas bacias são codificadas segundo a metodologia de Otto Pfafstetter, que será descrita mais adiante. A BHO da Agência Nacional de Águas mais recente foi elaborada com base na cartografia oficial do país na escala de maior detalhe, dependendo da disponibilidade de escala na região.

Os trechos de drenagem são representados por uma hidrografia unifilar composta por vetores no formato do tipo linha onde cada trecho de drenagem está delimitado pelos pontos de drenagem e está associado a um polígono do plano de informação geográfica área de contribuição hidrográfica (ottobacia) (Figura 7). Os trechos de drenagem e os pontos de drenagem possuem relação topológica do tipo arco-nó representando a rede hidrográfica e o sentido de fluxo d'água.

Figura 7 - Trechos de drenagem e áreas de contribuição inseridas em parte de uma RH



Fonte: Elaboração da autora (2017)

As áreas de contribuição hidrográfica são obtidas a partir do modelo digital de elevação hidrológicamente consistente levando em consideração os trechos de drenagem obtidos na cartografia e o Modelo Digital de Elevação (MDE). Têm-se utilizado os dados de MDE do projeto global Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA, com resoluções espaciais de 90 e 30 metros dependendo da região. Para a delimitação das “ottobacias”, adotou-se modelos digitais de elevação, que permitiram delimitações realizadas com maior rigor fisiográfico, pois consideraram os dados altimétricos do terreno em suas etapas de processamento.

A Resolução nº 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) adota a codificação de bacias de Otto Pfafstetter como a codificação de referência utilizada na Política Nacional de Recursos Hídricos. A codificação de bacias de Otto Pfafstetter é adotada por diversas entidades relacionadas ao estudo e gestão de recursos hídricos, como a

ANA, o Serviço Geológico Americano (United States Geological Survey - USGS) e a Comunidade Europeia.

A codificação de bacias de Otto Pfafstetter possibilita integrar os diversos planos de informação a respeito dos usos de recursos hídricos e da disponibilidade hídrica dos cursos d'água, associando dados tabulares aos elementos espaciais, preservando a consistência hidrológica das informações.

A ANA associa à BHO informações físicas, socioeconômicas e hidrológicas, entre as quais a disponibilidade e a demanda pelos recursos hídricos, discretizadas por áreas de contribuição hidrográfica. Assim, a BHO é o principal elemento da base de dados do módulo de Inteligência Geográfica, que congrega todas as informações geográficas e uma série de serviços associados, dando suporte a todos os demais subsistemas do SNIRH garantindo sua integração. É cada vez mais aceito o critério de que as bacias hidrográficas constituem as unidades fundamentais para o planejamento e a gestão territorial. É imprescindível para a Gestão de Recursos Hídricos que as informações estejam nessa base territorial. Assim, a ANA utiliza a BHO como referência na agregação dessas informações de demanda, disponibilidade hídrica, enquadramentos dos corpos hídricos e domínio de cursos d'água.

2.6.1.1 Codificação de Bacias Hidrográficas Otto

O engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, então a serviço do DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento), desenvolveu uma codificação inteligente e versátil para bacias hidrográficas, baseada em sucessivas subdivisões das áreas de drenagem a partir da escala continental, às quais são progressivamente atribuídos os algarismos de 0 a 9.

A análise é sempre realizada de jusante para montante. Determina-se o curso d'água principal da bacia composto pelos trechos de drenagem que possuem, de jusante para montante, a partir da foz, a maior área de contribuição hidrográfica a montante, independente do nome que o curso d'água receba na cartografia. Uma vez determinado o curso d'água principal, identificam-se as bacias dos quatro tributários com maior área de drenagem. Estas recebem como código os algarismos pares 2, 4, 6 e 8, de jusante para montante. O curso

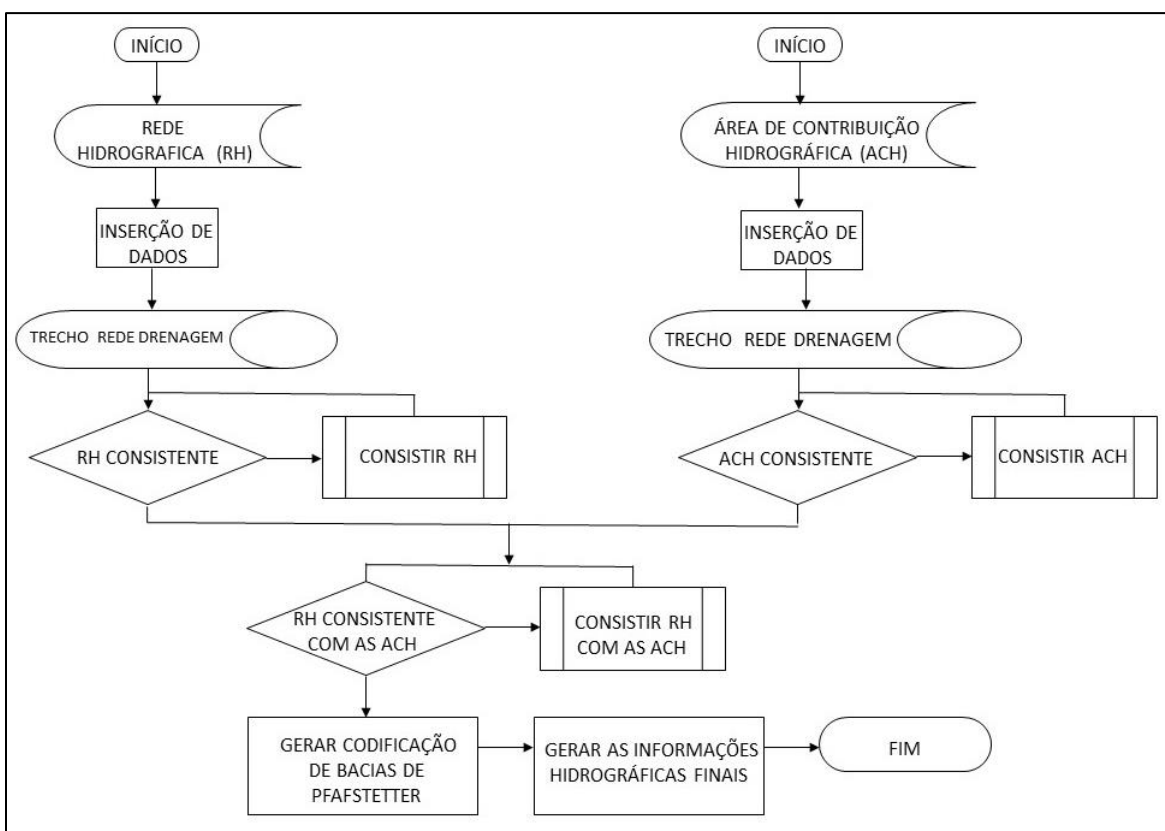
d'água principal fica, assim, dividido em cinco partes, cujas áreas de drenagem são chamadas interbacias. Essas são áreas que drenam diretamente para o curso d'água principal e que recebem, cada uma, um dos cinco algarismos ímpares (1, 3, 5, 7, 9), de jusante para montante.

2.6.1.2 *Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada*

Construiu-se a base hidrográfica ottocodificada a partir das funcionalidades do projeto pgHydro, que é um complemento em sistema de banco de dados espaciais voltado para a tomada de decisão em recursos hídricos. As áreas de contribuição hidrográfica para cada trecho de drenagem são obtidas a partir do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.

As principais funcionalidades do pgHydro para a construção da BHO são consulta de trechos a jusante até a foz da bacia, cálculo da distância até a foz da bacia, consulta trechos a montante, cálculo de área a montante, consulta seleção do trecho imediatamente a jusante do trecho, consulta seleção do trecho imediatamente a montante do trecho, codificação de bacias de Pfafstetter, geração das informações hidrográficas finais (Figura 8).

Figura 8 - Processo de construção da base hidrográfica Ottocodificada



Fonte: ANA (2016)

2.7 Dados de disponibilidade e demanda da ANA

Os tópicos a seguir mostram a detalhada regionalização adotada da Agência Nacional de Águas (ANA) para divulgação de dados por Ottobacias. Além disso, apresenta-se como foram calculados os dados de disponibilidade e demanda hídrica que foram utilizados como base para realização deste trabalho, considerando as seguintes Notas técnicas da ANA- Nota Técnica nº 16/2016/SPR- Cálculo de Disponibilidade Hídrica e Nota Técnica nº 006/2005/SPR/ANA - Memorial descritivo da revisão da demanda de água calculada para o documento “Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

2.7.1 *Dados de disponibilidade hídrica*

A disponibilidade hídrica deve ser entendida como a quantidade de água que serve de referência para contabilização do balanço entre oferta e demanda por água. Portanto, essa disponibilidade representa uma condição de oferta bruta de água, ou seja, isenta de captações, na qual será realizado o cotejo das retiradas existentes, sejam outorgas emitidas ou demandas calculadas, a fim de definir o quanto de água ainda poderia ser alocado a outros usuários ou o quanto determinados rios estão estressados hidricamente.

Dada a complexidade dos sistemas hídricos, principalmente quando se considera as infraestruturas existentes e suas diferentes formas de operação, o estabelecimento de uma base de oferta hídrica que permita operacionalizar de forma rápida um balanço entre oferta e demanda requer algumas facilidades, uma delas é utilizar uma base hidrográfica georeferenciada e discretizada em trechos de rio, como repositório final das informações.

Desta forma, a disponibilidade hídrica superficial foi definida como uma vazão mínima de referência associada aos trechos de rio em geral. A ANA adotada como disponibilidade a vazão de referência Q95, que é a vazão com 95% de permanência no tempo adotado.

Para considerar a influência de reservatórios, a disponibilidade hídrica nos trechos a jusante dos barramentos foi definida como a vazão mínima defluente, estabelecida na regra operativa do reservatório, somada ao incremento de vazão de referência destes trechos. Nos trechos de rio inseridos nos lagos dos reservatórios, a vazão disponível é a vazão regularizada reduzida da vazão defluente mínima, a não ser em reservatórios do setor elétrico, onde se considerou como disponível a vazão Q95 que ocorreria no local do barramento, caso este não existisse. Reservatórios que operam a fio d'água, recebem tratamento particular, não se considerando vazões mínimas defluentes, mesmo se informada alguma vazão de restrição no inventário de regras operativas.

A vazão regularizada é a quantidade de água que pode ser fornecida por um reservatório com uma determinada segurança, considerado o período de dados da série histórica de vazões afluentes. Do ponto de vista teórico, a maior vazão que pode ser regularizada é a vazão natural média. Entretanto, a vazão regularizada também é função das condições de operação dos reservatórios, que dependem diretamente dos seus usos múltiplos,

que pode incluir a geração de energia, abastecimento humano, irrigação e o amortecimento de cheias, entre outros.

Até chegar no valor da disponibilidade hídrica é necessário, portanto, a reunião de vários planos de informação- a base hidrográfica, as estimativas da vazão de referência para os trechos da base, a localização das barragens e mapeamento das áreas de lago dos reservatórios a serem considerados, e as estimativas das vazões associadas aos reservatórios.

A base de referência adotada para esse estudo é a base multiescala BHO2013 que reúne trechos de hidrografia derivados da cartografia digital da hidrografia do país em diferentes escalas. A hidrografia é unifilar, topologicamente consistida e otocodificada.

A BHO é o núcleo dos dados de hidrografia do módulo de Inteligência Geográfica do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Através dela é possível integrar os diversos planos de informação referentes aos usos e à disponibilidade hídrica dos cursos d'água, associando dados tabulares aos elementos espaciais, preservando a consistência hidrológica das informações. Dessa forma, a localização espacial do dado é considerada, o que é essencial a um sistema de fluxos unidirecionais como a rede hidrográfica. Funciona como uma base de interoperabilidade entre as instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, possibilitando a integração a partir de um mesmo critério e referência geográfica. Permite que informações físicas, socioeconômicas e hidrológicas, entre as quais disponibilidade e demanda pelos recursos hídricos, sejam associadas às áreas de contribuição hidrográfica, conhecidas como ottobacias.

Os estudos hidrológicos específicos que foram reunidos são referentes às bacias-do Amazonas, do Tocantins-Araguaia, do Paraguai, do Paranaíba, do Grande, do Paranapanema e da Lagoa Mirim/ São Gonçalo. Nos locais sem estudos específicos foram utilizadas as vazões constantes no relatório de Conjuntura do Recursos Hídricos que são originárias do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

A localização das barragens foi obtida da Base de Dados de Reservatório (ANA, 2013b). Já as áreas de lago foram obtidas de uma junção do que havia disponível na base de dados de reservatórios e no mapeamento de espelhos d'água. A essa base de reservatórios foram ainda adicionados os reservatórios com informação de vazão regularizada informada

na base Conjuntura e os que compunham a base de dados de açudes utilizada pela SRE para emissão de outorgas, denominado SCBH açudes.

A quantidade de reservatórios considerados nessa estimativa da disponibilidade hídrica dependeu da disponibilidade de informação de vazão. Para os reservatórios de regularização as vazões regularizadas foram obtidas nas bases conjuntura e SCBH açudes, prevalecendo os valores desta última fonte. Como vazão mínima defluente foi adotado o valor informado no SCBH açudes. Na ausência da informação foi adotada defluência nula devido a estes reservatórios de regularização estarem todos localizados na região do semiárido. Em todo caso, a vazão disponível no lago destes reservatórios foi igualada a vazão regularizada menos a defluente.

Para os reservatórios do Sistema Interligado Nacional (SIN) que não operam a fio d'água estabeleceu-se como vazão mínima defluente, o valor informado no manual de restrições operativas do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (ONS, 2013). Na ausência deste, adotou-se a vazão natural mínima mensal afluyente ao reservatório entre 1930 e 2011 desde que a série estivesse disponível em ONS (2014).

Conforme indicado na regra geral, o valor de disponibilidade hídrica nos trechos alagados de reservatórios do SIN foi definido como a vazão Q95 que chegaria ao local do barramento, caso o reservatório não existisse. Com os critérios descritos foram considerados 374 reservatórios, sendo 132 ligados ao SIN, dos quais 67 operam a fio d'água. Dos demais 242 reservatórios, 188 tinha informação de vazão no SCBH açudes, no restante a informação utilizada foi da base do Conjuntura ou de nota técnica específica.

2.7.1.1 Metodologia

O cálculo de disponibilidade hídrica foi baseado nas séries de vazões naturais das principais bacias do Sistema Interligado Nacional e nos dados pluviométricos e fluviométricos do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas. Em relação às águas subterrâneas, admitiu-se que a disponibilidade corresponde a 20% das reservas renováveis, desconsiderando a contribuição das reservas permanentes. Os principais aquíferos do país e suas potencialidades foram estimados a partir do Mapa Geológico e do

Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, e dos dados fluviométricos e pluviométricos acima mencionados.

As etapas adotadas para o estudo consistiram em criar uma base de vazões Q95, identificar os trechos inseridos nos lagos dos reservatórios, identificar os trechos barrados e calcular a disponibilidade hídrica de acordo com a definição já descrita acima. Parte da organização e processamento das informações, ocorreu em banco de dados PostgreSQL e outra em ArcGis.

Em todos os estudos hidrológicos aqui considerados o método de regionalização utilizado para obtenção da vazão Q95 por trecho de rio foi o que considera uma vazão específica incremental constante entre dois ou mais pontos de referência. Desta forma, a primeira etapa o trabalho consistiu na construção do plano de informação denominado “RegioesVazoesEspecificasQ95”, formado por polígonos de mesma vazão específica incremental.

Após a definição dos polígonos de vazão específica, o restante do processamento para cálculo da “Disponibilidade Hídrica Q95” foi modelado em banco de dados pela Coordenação de Conjuntura e Gestão da Informação-CCOGI, que consistiu nos seguintes passos:

- i. Associação de uma vazão específica Q95 incremental para cada trecho da BHO2013 através de cruzamento espacial com os polígonos de vazão específica;
- ii. Cálculo da vazão incremental por trecho de rio resultante do produto entre a vazão específica e a área de contribuição incremental;
- iii. Acumulação da vazão incremental na rede de fluxo, gerando por trecho de rio as vazões Q95 chamadas naturais (ou seja, sem influência dos reservatórios);
- iv. Cruzamento da hidrografia com os pontos de barragem e alteração das vazões naturais devido a influência das restrições de operação (quando for o caso), onde, nos trechos de jusante do barramento, a vazão disponível é a vazão defluente mínima do reservatório (ou reservatórios) somada às incrementais naturais a partir do reservatório. A cada novo reservatório existente no mesmo curso d’água se reinicia o processo de cálculo dos respectivos trechos a jusante de forma que os trechos são influenciados apenas pelos reservatórios localizados imediatamente a montante, seja no mesmo curso d’água ou em curso d’água afluente;

v. Cruzamento dos polígonos de massas d'água com um buffer de 500 metros e os trechos de rio da BHO identificando como trechos alagados aqueles com mais de 50% do comprimento inserido na massa d'água. O trecho onde está localizada a barragem foi sempre locado dentro do lago, independente do seu percentual de alagamento;

vi. Substituição do valor da vazão nos trechos alagados de reservatórios ligados ao SIN pelo valor da vazão estimada no trecho da respectiva barragem (resultante do processamento do item iv. Para os demais reservatórios, considerou-se nos trechos alagados o valor da vazão regularizada menos a vazão defluente;

O produto final do estudo é um shapefile de trechos de rio na base multiescala BHO2013, contendo na tabela de atributos as seguintes informações adicionais por trecho de rio: 1) a vazão de referência em estado “natural”- antes das retiradas, 2) a Disponibilidade Hídrica (vazão Q95), 3) o código da barragem que alaga o trecho (código zero indica trecho não alagado), 4) o código da barragem existente no trecho (código zero indica ausência de barragem), 5) um código lógico (0 ou 1) para indicar o tipo de operação, sendo valor 1 para existência de uma barragem com operação do fio d'água no trecho e 6) a fonte da informação de vazão. O shapefile de polígonos de mesma vazão específica Q95 também é apresentado.

Os resultados mostram que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. As bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos passam por situações de escassez e estresse hídrico. Estas bacias precisam de intensas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

2.7.2 *Dados de demanda*

A demanda hídrica é alcançada pelo cálculo da “vazão de retirada”, volume de água que é retirado de um corpo d'água em determinado intervalo de tempo para atender a determinado uso. A demanda hídrica pode ser consuntiva, quando se utiliza a água para abastecimento público urbano ou rural, indústria, irrigação ou dessedentação animal, ou pode ser não-consuntiva, por exemplo no uso da água para geração hidrelétrica, navegação ou lazer.

Para os usos consuntivos, uma parte da vazão de retirada retorna ao ambiente após o uso e é denominada de “vazão de retorno”, que pode ser obtida pela multiplicação da vazão de retirada por coeficientes de retorno que vão depender de cada uso. A água que não é devolvida para o meio, ou seja, a diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno é o que se denomina a “vazão de consumo”.

No ano de 2015, a ANA atualizou as estimativas de demandas hídricas consuntivas em escala nacional, aperfeiçoando os dados primários e os aspectos metodológicos para o cálculo das estimativas e para a espacialização das demandas estimadas.

Visando aprimorar as estimativas de demanda de água para irrigação, a ANA tem atuado no refinamento das informações, como as de áreas irrigadas, principais culturas irrigadas (cada cultura tem uma necessidade hídrica) e sazonalidade do uso da irrigação. Um exemplo desse esforço é a parceria com a Embrapa Milho e Sorgo para mapeamento das áreas equipadas com pivôs centrais de irrigação no país.

A estimativa das demandas relativas aos usos consuntivos da água tem por objetivo subsidiar os estudos técnicos que visam manter atualizado o balanço entre a demanda e a disponibilidade dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, no País.

Os diversos usos consuntivos considerados para o cálculo das demandas foram-

- Demanda urbana atendida;
- Demanda rural humana;
- Demanda animal;
- Demanda industrial;
- Demanda de irrigação.

Os cálculos para cada uma dessas demandas serão detalhados nos itens abaixo.

2.7.2.1 Demanda para abastecimento humano urbano

Para o cálculo da demanda para abastecimento urbano, aplicou-se a taxa de urbanização de cada município proveniente da razão entre a população urbana e a população total do Censo de 2010 (IBGE, 2010) na população estimada para 2013 (IBGE, 2013), obtendo assim a população urbana estimada para 2013. Para os 5 municípios novos (Paraíso

das Águas - MS, Mojuí dos Campos-PA, Pinto Bandeira-RS, Pescaria Brava-SC e Balneário Rincão-SC) - base municipal IBGE 2013, foram aplicados os percentuais do município a que pertenciam em 2010. A população urbana de cada município foi multiplicada por valores de uso per capita máximo diário de consumo provenientes do ATLAS - Abastecimento de Água (ANA, 2010) (Figura 9), corrigidos com as perdas por estado (dados do ano base 2011) informadas no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2012 (SNIS, 2012) (Figura 10).

Figura 9 - Demandas médias para abastecimento urbano

Ano	Demanda por Região Geográfica (m ³ /s)					Total Brasil (m ³ /s)
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
2005	34	115	33	247	65	494
2015	45	136	39	275	75	570
2025	54	151	44	298	83	630

Fonte: ANA (2010)

Figura 10 - Índice de perdas na distribuição (indicador IN049) dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2011, segundo estado, região e Brasil

Estado / Região	IN ₀₄₉ (%)
Acre	64,7
Amazonas	49,7
Amapá	73,3
Pará	42,3
Rondônia	53,8
Roraima	58,1
Tocantins	34,6
Norte	49,7
Alagoas	59,6
Bahia	38,2
Ceará	35,3
Maranhão	55,9
Paraíba	45,9
Pernambuco	65,7
Piauí	59,1
Rio Grande do Norte	57,4
Sergipe	60,3
Nordeste	51,4
Espírito Santo	34,6
Minas Gerais	33,1
Rio de Janeiro	32,8
São Paulo	35,2
Sudeste	34,3
Paraná	33,1
Rio Grande do Sul	39,0
Santa Catarina	33,6
Sul	35,6
Distrito Federal	24,8
Goiás	31,6
Mato Grosso do Sul	31,8
Mato Grosso	45,9
Centro-Oeste	33,6
Brasil	38,8

Fonte: SNIS (2012)

Para se chegar ao valor final de demanda consumida, aplicou-se um coeficiente de retorno de 0,8 na vazão de retirada para abastecimento urbano por rede de abastecimento, baseado no estudo “Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Nacional – SIN” (ONS, 2003).

Para a demanda de abastecimento urbano, foram consideradas as perdas informadas por estado no SNIS 2012 ao invés de 40% para todos os estados conforme consta no Atlas Brasil- Abastecimento Urbano de Água.

2.7.2.2 *Demanda para abastecimento humano rural*

Para o cálculo da demanda para abastecimento rural, a população rural foi calculada aplicando-se a taxa de urbanização de cada município proveniente da razão entre a população rural e a população total do Censo de 2010 (IBGE, 2010) na população estimada para 2013 (IBGE, 2013), obtendo assim a população rural estimada para 2013. Para os 5 municípios novos (Paraíso das Águas - MS, Mojuí dos Campos-PA, Pinto Bandeira-RS, Pescaria Brava-SC e Balneário Rincão-SC) - base municipal IBGE 2013, foram aplicados os percentuais do município a que pertenciam em 2010. A população rural de cada município foi multiplicada por valores de uso per capita rurais estabelecidos por grupos de Estados (FGV, 1998), conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Per capita rural (L/habitante.dia) adotada por Estado

<i>Estado</i>	<i>Per capita de água (L/habitante.dia)</i>
<i>AL, GO, PI</i>	70
<i>AC, BA, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO</i>	100
<i>AM, AP, MG, RJ, RS, RR, SP</i>	125

Fonte: FGV (1998)

2.7.2.3 *Demanda para dessedentação animal*

Para o cálculo da demanda para abastecimento animal, foram utilizados os dados de efetivo de rebanhos por município no ano de 2013 (Produção Pecuária Municipal – IBGE, 2013), disponíveis no site do IBGE.

Para estimar o consumo de água dos rebanhos, utilizou-se a metodologia BEDA - Bovinos Equivalentes para Demanda de Água (SUDENE, 1980), a qual pondera a demanda unitária de água para a dessedentação de cada espécie em relação ao bovino (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores de BEDA por tipo de rebanho

<i>Tipo de rebanho</i>	<i>Dessedentação (L/dia)</i>	<i>Relação BEDA</i>
<i>Bovinos</i>	50	BEDA/1
<i>Bubalinos</i>	50	BEDA/1
<i>Equinos, Muares, Asininos</i>	40	BEDA/1.25
<i>Suinos</i>	10	BEDA/5
<i>Ovinos e Caprinos</i>	8	BEDA/6.25
<i>Coelhos</i>	0.25	BEDA/200
<i>Avinos</i>	0.2	BEDA/250

Fonte: Tundisi e Rebouças (2006)

Para se chegar ao valor final de demanda consumida, foi aplicado um coeficiente de retorno de 0,2 na vazão de retirada baseado no estudo “Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Nacional – SIN” (ONS, 2003).

2.7.2.4 Demanda para abastecimento industrial

No cálculo da demanda de água para uso industrial, foram levadas em consideração as outorgas da ANA e dos estados até julho de 2014. Utilizou-se as outorgas para uso industrial para estimativa da demanda e realizou-se análises de consistência tabular e espacial. Para o cálculo, foram utilizadas outorgas subterrâneas e superficiais. Para os estados do Amazonas, Acre, Amapá e Mato Grosso do Sul, que não outorgam, foram considerados os dados estimados em 2010 e as outorgas federais até julho de 2014.

Para se chegar ao valor final de demanda consumida, aplicou-se um coeficiente de retorno de 0,8 na vazão de retirada com base no estudo “Estimativa das Vazões para

Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Nacional – SIN (ONS, 2003).

2.7.2.5 *Demanda para irrigação*

A demanda de irrigação foi calculada multiplicando-se um coeficiente mensal de irrigação (L/s.ha) pelo valor da área irrigada do município (ha). Foram utilizados coeficientes mensais de consumo e retirada provenientes do estudo da SRHU & FUNARBE (2011), o que permitiu o cálculo de demandas mensais. A partir das demandas mensais, foram calculadas a demanda máxima mensal, a média do período mais seco (4 meses), a média dos meses em que há irrigação e a média anual.

Para atualização da área irrigada incorporou-se dados dos Planos de Recursos Hídricos das bacias dos rios Grande, Piancó-Piranhas-Açu e Paranaíba, além do levantamento de pivôs centrais de irrigação – ano base 2014.

A área irrigada municipal foi calculada da seguinte forma:

- Irrigação por pivôs centrais: utilizados os dados do mapeamento ano-base 2014, realizado pela Embrapa em parceria com a ANA (EMBRAPA & ANA, 2013).
- Planos de Recursos Hídricos – PRH- os Planos das bacias do rio Grande, Paranaíba e Piancó-Piranhas: Açu levantaram informações de áreas irrigadas em escala regional, aprimorando as estimativas realizadas anteriormente. Mapeamento em imagens de satélite e visitas de campo foram os principais meios para o aprimoramento de informações.
- Demais métodos de irrigação: utilizados os dados do Censo Agropecuário ano-base 2006 (exceto- método aspersão por pivô central, municípios com PRH recente, municípios com informações mais precisas – Conab, por exemplo), projetados até o ano 2014 com base nas taxas anuais de crescimento da área irrigada calculadas pela Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da Abimaq (CSEI/ABIMAQ, 2014).

É importante considerar, no cálculo das demandas de irrigação, que o uso da água para esse fim se dá principalmente nos meses mais secos. Ou seja, as demandas de irrigação não são bem representadas por uma média anual, embora este valor seja referência para comparação com demais usos. Uma melhor representação ocorre com o uso da demanda do mês mais seco (demanda máxima) ou da média do trimestre/quadrimestre mais seco do ano.

2.7.2.6 *Espacialização da demanda*

A distribuição espacial em microbacias e em seus respectivos trechos de drenagens de uma demanda municipal estimada de uso da água esteve atrelada a parâmetros técnicos geográficos relevantes. Para transferir um valor de vazão de uma demanda, estando originalmente atrelado a uma feição poligonal de município, a trechos de drenagens e/ou bacias, exigem técnicas de geoprocessamento que avaliam informações temáticas adequadas ao tipo de demanda analisada, de maneira a não subestimar ou superestimar a análise de oferta e demanda do recurso hídrico em cada trecho de rio considerado.

Assim, para cada tipo de demanda estimada se utilizou critérios temáticos. Na Tabela 7, estão descritas as demandas e os respectivos critérios utilizados na distribuição espacial de cada um.

Tabela 7 - Demandas de uso de água e os respectivos temas utilizados na distribuição espacial

Usos	Animal	Industrial	Irrigação	Rural	Urbano
Temas utilizados na espacialização	-bacias hidrográficas ottocodificadas - polígonos dos limites municipais IBGE; - polígonos de pastagem, - tabela de demanda estimada municipal de dessedentação animal.	- bacias hidrográficas ottocodificadas; - polígonos dos limites municipais IBGE; - pontos de outorgas industriais (ANA e estados), - vazões máximas outorgadas constantes do tema de pontos de outorgas.	- bacias hidrográficas ottocodificadas; - polígonos de pivôs EMBRAPA; - polígonos dos limites municipais IBGE; - polígonos de áreas potencialmente irrigáveis (cultura irrigada), - tabela de demanda estimada municipal da irrigação (sazonal e mensal) para pivôs e outros métodos de irrigação.	- bacias hidrográficas ottocodificadas; - polígonos de setores censitários rurais IBGE; - tabela da população por setor censitário, CENSO 2010; - tabela da população total municipal rural, CENSO 2010, - tabela de demanda estimada municipal de abastecimento rural.	- bacias hidrográficas ottocodificadas; - polígonos de áreas edificadas IBGE; - pontos de captações de abastecimento urbano; - tabela de percentual de atendimento municipal da captação, - tabela de demanda estimada municipal de abastecimento urbano.

Fonte: ANA (2015)

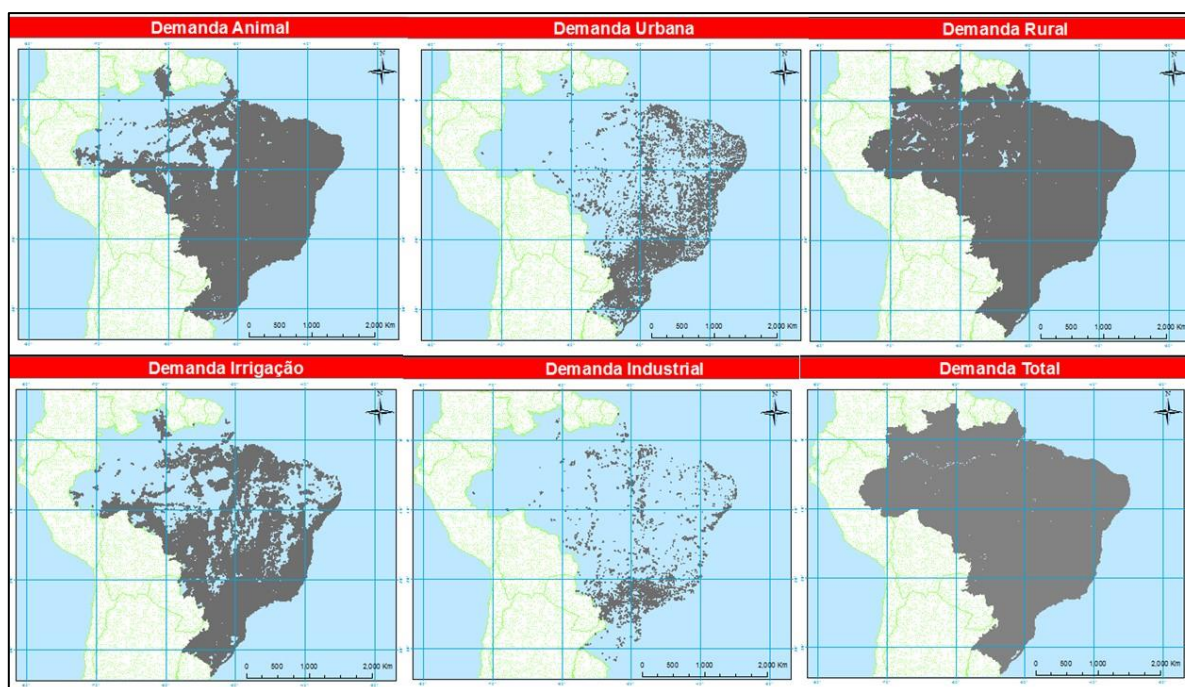
A espacialização da demanda é iniciada com a intersecção vetorial poligonal entre os polígonos das microbacias ottocodificadas e o tema que melhor represente a demanda (pastagem/outorga/captação/área edificada/setor censitário/pivô central/área de

cultura). Em seguida, no caso de intersecção entre polígonos, cruzam-se o produto anterior com os polígonos municipais, obtendo, por fim, uma base de microbacias com identificação temática e municipal. Então, é possível obter um fator de proporcionalidade de áreas para que a demanda estimada seja distribuída proporcionalmente nas microbacias. Já no caso dos setores censitários, é aplicado ainda, após cruzamento, o peso proporcional entre a população total municipal e a do setor censitário.

Para os temas de feições pontuais, não é obrigatória a identificação municipal, somente as microbacias onde se localizam, pois, no caso das outorgas de indústrias, a vazão é a máxima outorgada. Para a distribuição da demanda urbana nos pontos de captações, os municípios considerados são aqueles que a captação atende, e não um único município onde espacialmente está localizada a mesma captação.

A distribuição espacial em temas poligonais foi utilizada para as seguintes demandas- abastecimento animal, irrigação (pivô e outros métodos), abastecimento rural e abastecimento urbano (áreas edificadas). Já a distribuição em temas pontuais foi utilizada para- abastecimento industrial (outorgas de captações para abastecimento industrial) e abastecimento urbano (captações para abastecimento urbano). A figura 11 traz as demandas já especializadas de acordo com o seu uso.

Figura 11 - Demandas no Brasil de acordo com os respectivos usos



Fonte: Elaboração da autora (2017)

2.7.3 *Comparação entre estratégias para cálculo de dados da ANA e WaterGAP*

As metodologias de cálculo de dados de demanda e disponibilidade hídrica do WaterGAP e da ANA são diferenciadas e já forma mostradas. A tabela 8 traz um resumo comparativo entre a obtenção desses dados. A importância dessa comparação será mais bem percebida na obtenção dos resultados, para que se compreenda as diferenças existentes entre os fatores originais do Modelo AWARE (BOULAY *et al.*, 2017) e os fatores regionalizados desse trabalho.

Tabela 8 - Estratégias de cálculo de demanda e disponibilidade da ANA e WaterGAP

	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS		WATERGAP	
UNIDADE DE PLANEJAMENTO	Microbacias Ottocodificadas		A bacia hidrográfica é uma escala de grade de 0.5 x 0.5 graus (50x50km).	
DISPONIBILIDADE HÍDRICA	Considerou como disponível a vazão com 95% de permanência no tempo (Q95) para os trechos de rios. Dados de monitoramento das Companhias de Águas dos estados (ANA, 2016).		Computada pelo modelo Global Hidrológico (DOLL <i>et al</i> , 2003), expressa em escala de célula grade e bacia hidrográfica, calcula escoamento superficial, recarga subterrânea e recargas fluviais.	
DEMANDA	URB	- ATLAS - Abastecimento de Água - IBGE	DOM	A demanda doméstica é calculada em função do produto interno bruto anual do país e de cenários populacionais.
	RUR	-Censo de 2010 (IBGE, 2010) na população estimada para 2013 (IBGE, 2013). -Valores de uso per capita rurais estabelecidos por grupos de Estados.		
	IND	-Outorgas estaduais e da ANA até julho de 2014. -A espacialização dos dados foi feita através da localização das outorgas industriais.	- Em função da produção elétrica nacional e do produto interno bruto, expressada em volume de água consumido por MW hora. - A demanda industrial nacional é alocada para as células grade em função da população urbana.	
	ANI	- Informações atualizadas da Pesquisa Pecuária Municipal - 2013 (IBGE). - A espacialização foi feita considerando uso do solo (pastagem).	- Multiplicando o número de animais por célula vezes sua demanda anual por cabeça.	
	IRRI	-Área irrigada incorporando os resultados dos Planos de Recursos Hídricos, e do mapeamento de pivôs centrais de irrigação 2014 (parceria ANA & EMBRAPA). - Censo Agropecuário 2006 e de levantamentos da Conab - A espacialização dos dados foi feita através do mapeamento de pivôs (Embrapa) e outras áreas irrigadas disponíveis.	- Modelo atualizado Global de Irrigação e computa necessidades líquidas e brutas para o setor. - Demandas líquidas são calculadas em função de séries históricas mensais de mudanças climáticas entre 1961-1990 - Demandas brutas são calculadas em função de variações de índices de eficiência de áreas irrigadas que variam entre 0.35 e 0.7	

Fonte: Elaboração da autora (2017)

2.7.4 *Semiárido Brasileiro*

A região Nordeste, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), contém a maior parte do Semiárido brasileiro (Mapa 4), o qual é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50% (Moura *et al.*, 2007).

Mapa 4 - Semiárido Brasileiro



Fonte: Elaboração da autora (2017)

O clima do Semiárido brasileiro é pouco diversificado, mesmo considerando a sua grande extensão territorial. Em consequência do comportamento das chuvas no Semiárido e da reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos (JACOMINE, 1996), os rios apresentam regime temporário, com exceção do rio São Francisco, que se destaca em meio à grande área seca. O clima constitui a característica mais importante do Semiárido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (MENDES, 1997), que determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias.

A marcante variabilidade interanual da pluviometria, associada aos baixos valores totais anuais pluviométricos sobre a região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período chuvoso. No litoral leste, as chuvas são superiores a 1.000 mm e, à medida que se vai adentrando no Semiárido, passando pela zona Agreste e se dirigindo para o Sertão, as precipitações diminuem e alcançam valores médios inferiores a 500 mm anuais.

Percebe-se que há algumas regiões centrais que apresentam valores mais elevados de precipitação, próximos a 1500 mm. Estas áreas são microclimas específicos, que ocorrem devido à presença de serras e montanhas, como na Chapada Diamantina – BA, parte oeste da Paraíba e centro-norte de Pernambuco.

Na distribuição mensal da precipitação para o Nordeste do Brasil, há uma predominância do período chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e abril, em quase toda área semiárida. Nas regiões que compreendem o sul do Piauí, e o extremo-oeste de Pernambuco a estação chuvosa tem início nos meses de novembro e dezembro.

A climatologia das chuvas no Semiárido nordestino é muito estudada. No entanto, mesmo em anos nos quais os totais pluviométricos são próximos à média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante a estação chuvosa pode afetar substancialmente os recursos hídricos, a agricultura e a pecuária. Por exemplo, quando a pluviometria diária é bem distribuída temporalmente, resulta em pouco escoamento superficial e, conseqüentemente, a quantidade de água precipitada não possibilita o enchimento dos reservatórios. No que se refere à agricultura e à pecuária, mesmo em anos em que o total de

chuva é próximo à média, podem ocorrer períodos de estiagem prolongados, que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas, ocasionando a “seca verde”.

As altas taxas de evaporação que ocorrem em superfícies livres de água representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica de uma região. O conhecimento das perdas por evaporação é a base para se determinar o volume potencial de água disponível, cuja informação é de suma importância no planejamento de políticas de manejo dos recursos hídricos da região.

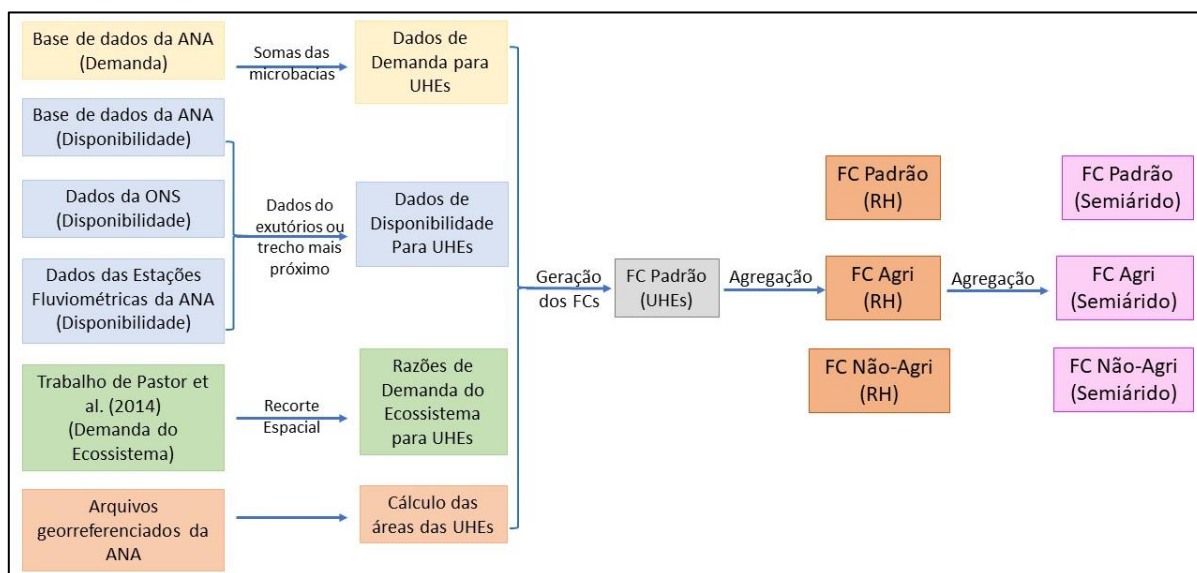
O déficit hídrico no Semiárido é visto, quase sempre, sob o seu aspecto quantitativo, sem analisar a qualidade da água disponível. Assim, isso conduz a “soluções” que priorizam a acumulação de água. Neste contexto, o gerenciamento dos recursos hídricos não deve ser realizado dissociando os aspectos quantitativos e qualitativos, para permitir uma visão ampla e conduzir a soluções apropriadas. O processo de salinização que ocorre em corpos d’água pode ter como origem razões geológicas milenares ou ações antrópicas recentes (Moura *et al*, 2007).

3 METODOLOGIA

Para elaboração dos FCs de escassez hídrica para as Unidades Hidrográficas Estaduais e Regiões Hidrográficas da Agência Nacional de Águas localizadas no Semiárido brasileiro utilizou-se a metodologia do AWARE (Boulay *et al*. 2017), base de dados nacional e modelo de demanda para o ecossistema (Figura 12).

A partir dos documentos elaborados pela Agência Nacional de Águas foi possível analisar qualitativamente a escassez encontrada em UHEs, principalmente utilizando a Conjuntura Nacional de Recursos Hídricos 2013, através de mapas e imagens disponibilizadas nesse documento.

Figura 12 - Fluxograma para explicação de metodologia adotada



Fonte: Elaboração da autora (2018)

3.1 Área de estudo

Nesse trabalho adotou-se como área de estudo o Semiárido Brasileiro. Entre as doze RH brasileiras, quatro – Atlânticos Leste e Nordeste Oriental, Parnaíba e São Francisco - estão inseridas, em parte ou no todo, nos limites do semiárido, sendo no total 60 UHEs que tiveram seus valores regionalizados utilizando base de dados brasileira.

A regionalização dos fatores foi feita gradualmente, sendo as UHEs o maior nível de detalhamento, ou menor área geográfica, a ser trabalhado para elaboração dos fatores de caracterização. Após as UHEs, os fatores foram agregados para as RHs e por fim para o Semiárido com um todo (Figura 13). A partir da regionalização de RHs, os fatores foram divididos em FC Agrícola (FC Agri), FC Não-Agrícola (FC Não-Agri) e FC Padrão (FC Pad).

Figura 13 - Níveis de regionalização adotados no trabalho

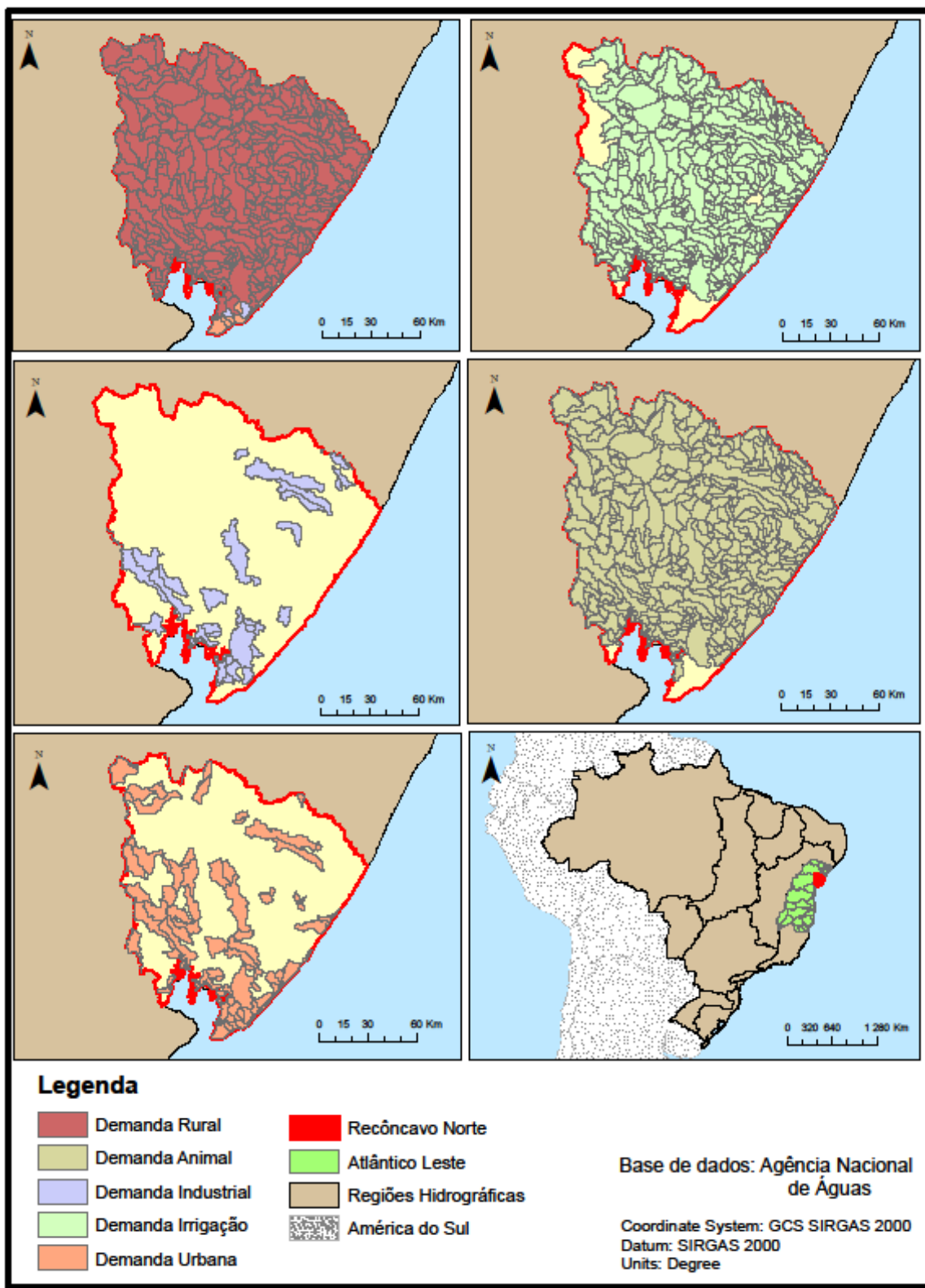


Fonte: Elaboração da autora (2018)

3.2 Cálculo das demandas agrícolas e não-agrícolas

Os dados de demandas agrícolas e não-agrícolas foram obtidos diretamente com a ANA. O nível de detalhamento desses dados é de microbacias. Para se chegar até a delimitação pretendida, a de UHEs, realizou-se a soma das demandas de cada microbacia inserida no limite da UHE (Figura 14). Somente a irrigação apresentou dados mensais, para as demais demandas repetiu-se a média anual de janeiro a dezembro.

Figura 14 - Exemplo de demandas agrícolas e não-agrícolas espacializadas em microbacias dentro de uma UHE

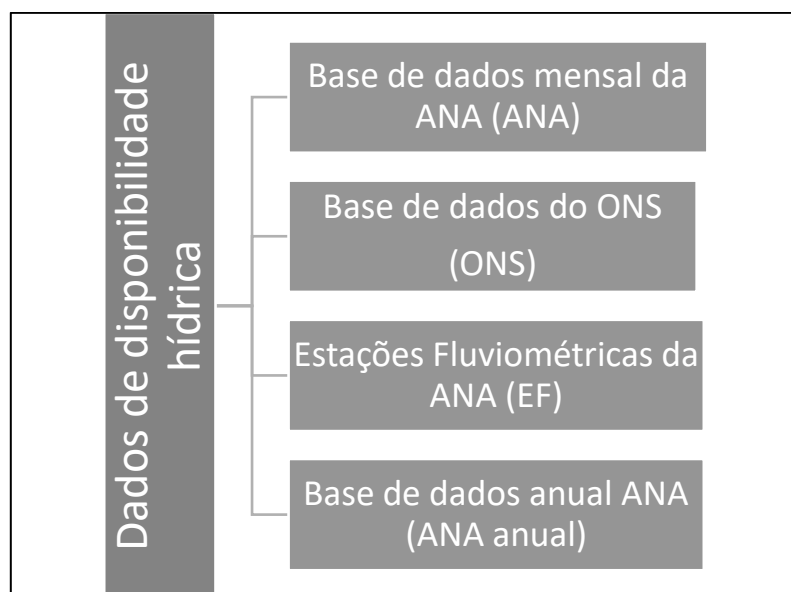


Fonte: Elaboração da autora (2018)

3.3 Cálculo da disponibilidade hídrica

Os dados de disponibilidade hídrica foram obtidos a partir de arquivos georreferenciados da ANA e do NOS, disponibilizados diretamente pelos órgãos, e de dados das estações fluviométricas brasileiras, obtidos pelo banco de dados Hidroweb da ANA (Figura 15).

Figura 15 - Ordem hierárquica de definição de dados de disponibilidade hídrica e sigla utilizada para identificação



Fonte: Elaboração da autora (2018)

A primeira opção para determinar as disponibilidades hídricas das UHEs foi utilizando a base de dados nacionais da ANA, disponibilizada pela própria agência. A escolha dessa base de dados foi devido a esta ser a base de dados oficiais do país sobre recursos hídricos. Para essa base georreferenciada selecionou-se o trecho do exutório, ponto de um curso d'água onde se dá todo o escoamento superficial gerado no interior da bacia hidrográfica, que continha valor de vazão mensal e adotou-se essa como vazão da UHE.

Quando não foi possível utilizar a base mensal da ANA, utilizou-se a base de dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) que traz vazões mensais calculadas por estações fluviométricas. Escolheu-se essa base de dados pelo fato de que os dados já estão trabalhados, apresentando como resultado as vazões mensais para cada estação

fluviométrica. A partir das coordenadas geográficas, identificou-se a qual UHE pertencia a estação e assim associaram-se as vazões mensais de disponibilidade hídrica à UHE.

Após as duas etapas anteriores, algumas UHEs ficaram sem valores de disponibilidade, assim, optou-se como processo final utilizar dados mensais das estações fluviométricas brasileiras. Para isso, selecionou-se a estação mais próxima ao exutório da UHE que continha pelo menos 10 anos de dados fluviométricos. Algumas UHEs não possuíam nenhum dos dados anteriores, assim foi necessário utilizar a vazão anual disponível no arquivo shape da ANA.

Para utilizar a metodologia do AWARE é necessário ter vazões naturais, assim, para cada vazão definida somou-se o valor das demandas totais da UHE, definindo assim a vazão natural de cada Unidade.

3.4 Cálculo da demanda do ecossistema

Para determinar a demanda do ecossistema para o presente estudo, foi adotado um modelo hidrológico de vazão ecológica mensal, disponibilizado por Pastor *et al.* (2014), que quantifica a necessidade do ecossistema como uma fração da vazão total disponível do corpo hídrico.

O modelo é o mesmo utilizado como parâmetro para a determinação da demanda do ecossistema nos cálculos do AWARE, e adota uma faixa entre 30 a 60 por cento da disponibilidade total do rio, seguindo as variabilidades sazonais das vazões, da seguinte forma: 60% para períodos de baixa disponibilidade; 45% para períodos de vazão intermediária; e 30% aplicados para períodos de altas vazões (BOULAY *et al.*, 2017).

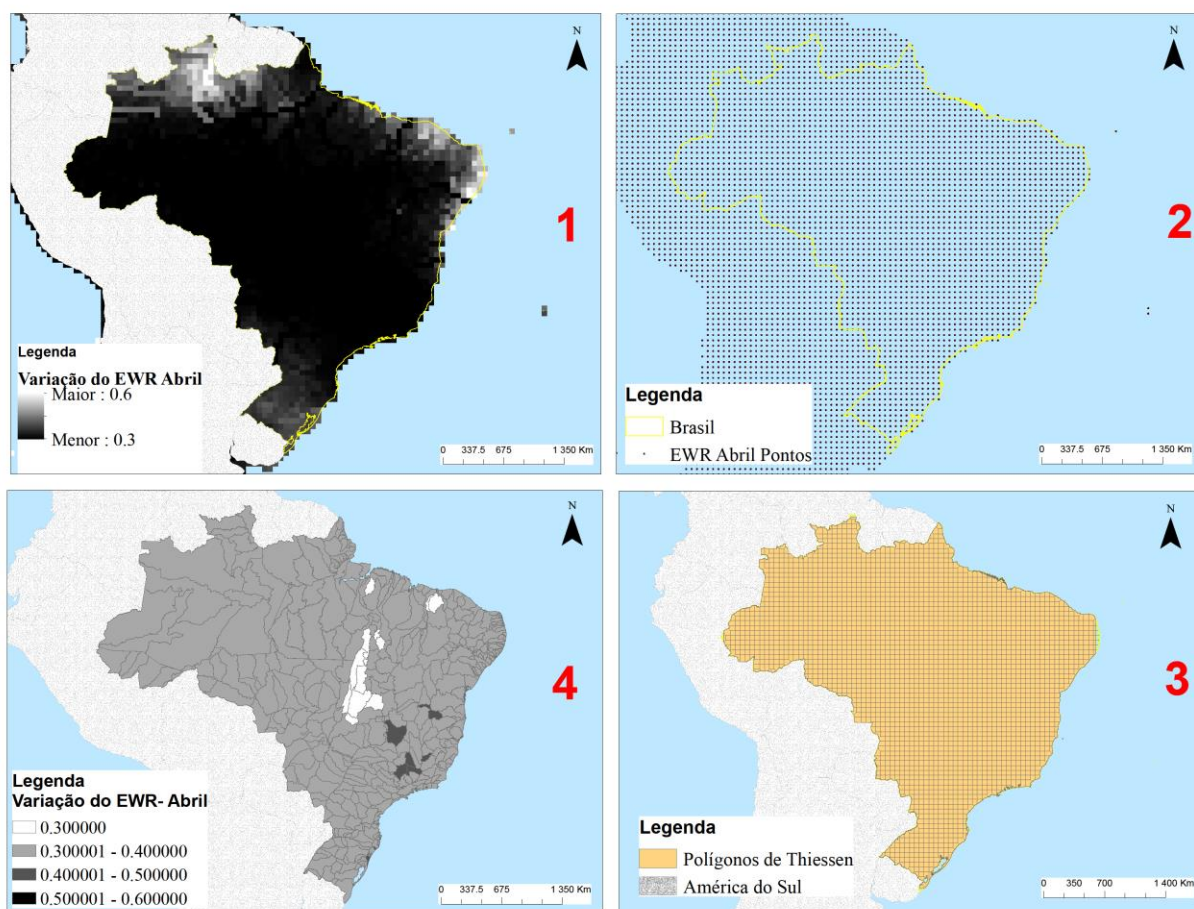
Para fins de aplicabilidade no presente estudo, a autora disponibilizou, de forma solícita, os dados de environmental flow requirements (EFRs) do modelo desenvolvido em Pastor *et al.* (2014), na forma de um mapa raster para todo o globo terrestre. Um mapa raster é um mapa de imagens que contém a descrição de cada pixel que, no caso do modelo apresentado, representa a quantificação da necessidade do ecossistema, na forma de um percentual. Foram disponibilizadas 12 imagens no total, uma para cada mês do ano.

A manipulação das imagens raster (1) de demanda do ecossistema envolveu, primeiramente, a transformação do arquivo raster para polígonos. Esse processo foi

executado com as ferramentas *Raster to Point* (2) e *Thiessen Polygons* (3) e, na sequência, foi feito o recorte para as UHEs (4) (Figura 16).

A etapa seguinte transformou essa informação para os limites das unidades hidrográficas desejados para o estudo. Para isso, utilizou-se a ferramenta *Join Data based on spatial location* com a opção de média para os atributos. Essa ferramenta possibilita calcular a média dos polígonos que caem dentro de cada UHE, de forma a obter um valor de EFR mensal para cada unidade hidrográfica.

Figura 16 - Construção dos valores de demanda do ecossistema



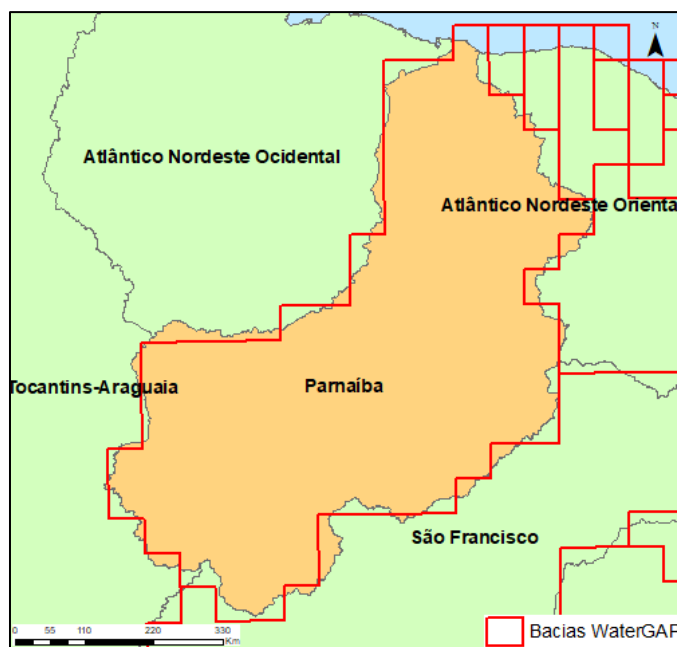
Fonte: Elaboração da autora (2018)

3.5 Estratégia para comparar bacias do WATERGAP e da ANA

A regionalização adotada pelo WaterGAP e pela ANA são distintas. Enquanto o WaterGAP traz a regionalização de grandes bacias formadas pela junção de células de 0.5° latitude x 0.5° longitude, a ANA adota as UHEs em que as bacias são regionalizadas a partir dos rios principais da região. Apesar de não apresentarem limites iguais, foi possível fazer a comparação entre os FCs originais do AWARE e FCs obtidos com os dados da ANA:

1. Bacia do WaterGAP e UHE ou RH se sobrepõem: Comparação simples entre fatores. Por exemplo a RH Parnaíba (Figura 17).

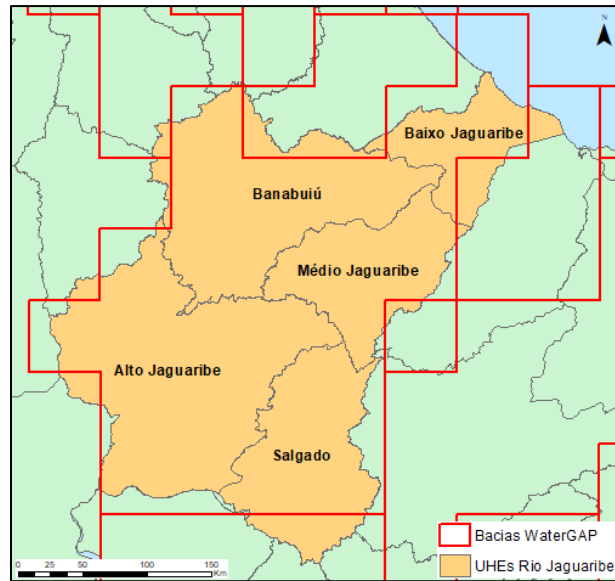
Figura 17 - Situação 1 de comparações entre bacias



Fonte: Elaboração da autora (2018)

2. Uma bacia do WaterGAP abrange várias UHEs: Foi recalculado o fator para aquele novo limite associando as UHEs, somando-se as disponibilidades e demandas para aquele novo limite da bacia. Por exemplo, a bacia do Rio Jaguaribe no WaterGAP é uma única grande bacia, já na ANA, para melhor gestão dos recursos hídricos, é dividida em cinco outras (Salgado, Banabuiú, Alto, Médio e Baixo Jaguaribe) que para efeitos de cálculo foram reunidas em uma só (Figura 18).

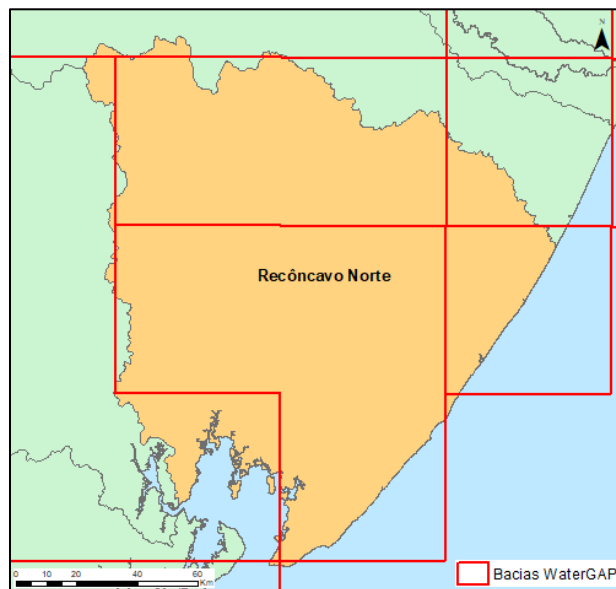
Figura 18 - Situação 2 de comparações entre bacias



Fonte: Elaboração da autora (2018)

3. Uma UHE abrange mais de uma bacia do WaterGAP: Realizou-se a média aritmética dos fatores originais das bacias do WaterGAP cujos limites estavam associados a uma única UHE. Por exemplo a UHE Recôncavo Norte, localizada na RH Atlântico Leste é formada pela junção de quatro bacias do WaterGAP (Figura 19).

Figura 19 - Situação 3 de comparações entre bacias



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Após aplicada metodologia, 37 bacias apresentavam limites semelhantes (Mapa 5), a comparação entre os FCs das bacias cujos limites (Tabela 9) se assemelhavam foi feita de maneira pareada, verificou-se as diferenças e semelhanças entre FCs mensais, FC anual Agri, FC anual Não-Agri e FC anual PAD.

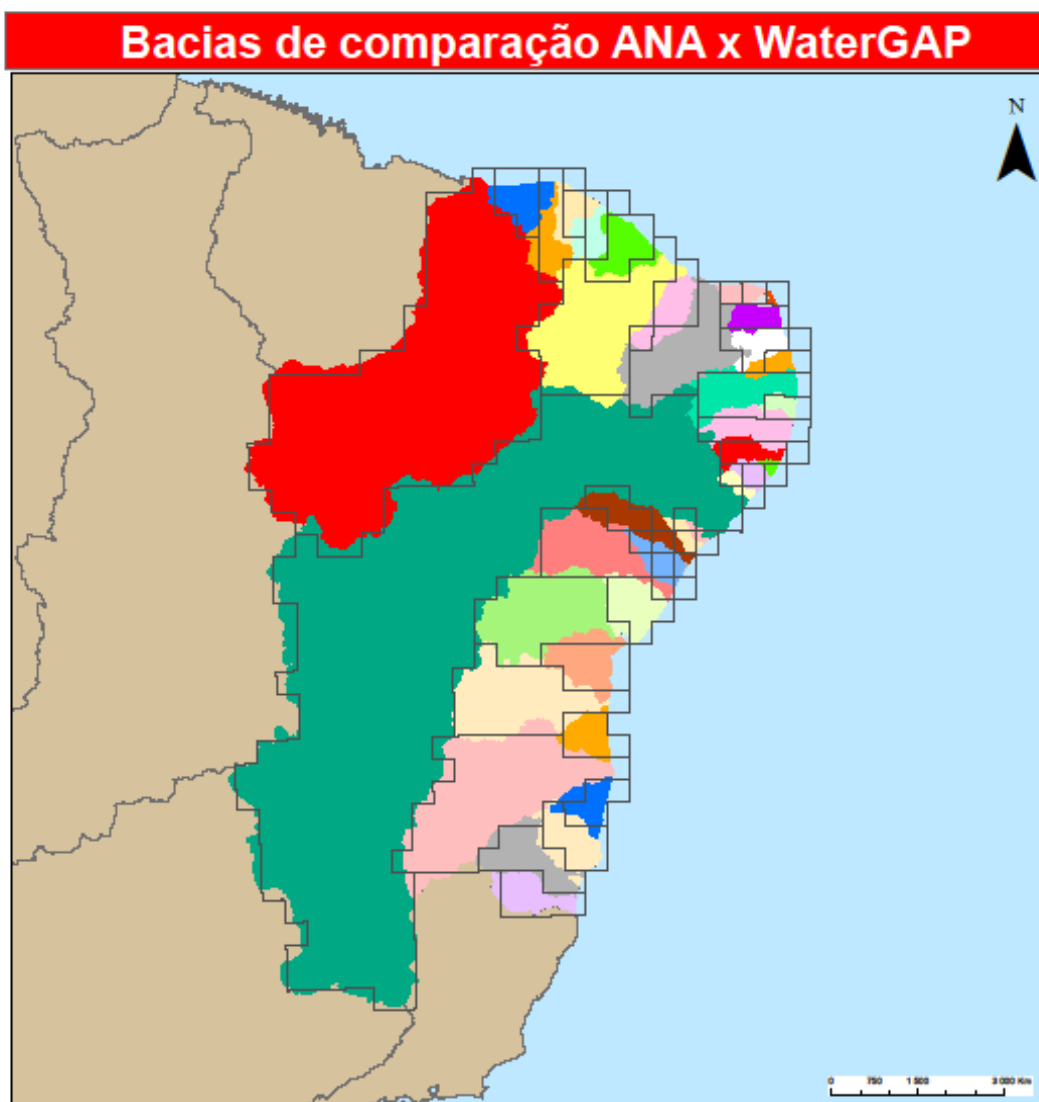
Tabela 9 - Correspondências entre bacias para comparação

WATERGAP	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	RH
54727	Acaraú	Atlântico Nordeste Oriental
55746	Piranhas-Açu/ Piranhas/Jacu/15-3	Atlântico Nordeste Oriental
55364	Metropolitana	Atlântico Nordeste Oriental
55944	Ceará-Mirim/ Potengi/16-3/16-4/16-5/Pirangi/ Rio Doce	Atlântico Nordeste Oriental
55365	Alto Jaguaribe/Médio Jaguaribe/Baixo Jaguaribe/Salgado/ Banabuiú	Atlântico Nordeste Oriental
56137	Trairi RN/ Trairi PB/ 16-6/ 16-7/ Catu/ Curimatau RN/ 16-8/ Guaju RN/ Curimatau PB	Atlântico Nordeste Oriental
55557	Apodi-Mossoró	Atlântico Nordeste Oriental
56515	Paraíba PB/ Litoral Sul/GL6	Atlântico Nordeste Oriental
55747	15-4	Atlântico Nordeste Oriental
55749	16-1/16-2	Atlântico Nordeste Oriental
55748	Boqueirão/Punau/ Maxaranguape	Atlântico Nordeste Oriental
56323	Guaju PB/ Litoral Norte PB	Atlântico Nordeste Oriental
56704	Goiana/GL1	Atlântico Nordeste Oriental
56896	Capibaribe/ GL2/ Ipojuca/ Sirinhaém/ GL3	Atlântico Nordeste Oriental
57101	Una/ GL4/ GL5/ Jacuibe-Uma-Mundau-PE	Atlântico Nordeste Oriental
57462	Paraíba AL/ CELMM	Atlântico Nordeste Oriental
57290	Camaraçibe/ Pratagi/ Mundau AL	Atlântico Nordeste Oriental
57291	Litoral Norte AL	Atlântico Nordeste Oriental
57622	GI 1/ Coruripe/ São Miguel	Atlântico Nordeste Oriental
54726/ 54725	Coreaú/ Difusas do Litoral (Anor)	Atlântico Nordeste Oriental
59740/ 59555	Dos Frades, Buranhaém e Santo Antônio	Atlântico Leste
59201/ 59031	Leste	Atlântico Leste
58539/ 58697	Recôncavo Sul	Atlântico Leste
58230/ 58385	Recôncavo Norte	Atlântico Leste
57778	Japaratuba e Sapucaia	Atlântico Leste
57777	Sergipe	Atlântico Leste
58076	Real BA/ Real SE/ Piauí SE	Atlântico Leste
57928	Vaza Barris BA/ Vaza Barris SE/ Caueiras Abais	Atlântico Leste
58075	Itapicuru	Atlântico Leste

WATERGAP	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	RH
58384	Paraguaçu	Atlântico Leste
58863	De Contas	Atlântico Leste
60471	São Mateus/Rio São Mateus	Atlântico Leste
60290	Rio Mucuri/ Itaúnas/ Riacho Doce/Bacias do Leste: Rio Itaúnas/Bacias do Leste: Peruípe/ Mucuri	Atlântico Leste
59376	Alto Rio Jequitinhonha/Rio Araçuaí/Rio Pardo/Pardo BA/ Jequitinhonha/Médio e Baixo Jequitinhonha	Atlântico Leste
60108/59926	Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu/ Bacias do Leste Jucuruçu/ Bacias do Leste: Burunhaém	Atlântico Leste
54724	RH Parnaíba	Parnaíba
57622	RH São Francisco/GI 1	São Francisco

Fonte: Elaboração da autora (2018)

Mapa 5 - Bacias para comparação ANA x WaterGAP



Legenda

- Regiões Hidrográficas
- Bacias WaterGAP





Orientadora: Ana Bárbara de Araújo Nunes
Co-orientadora: Maria Cléa Brito de Figueirêdo
Autora: Edilene Pereira Andrade

Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia Civil - Saneamento Ambiental

REGIONALIZAÇÃO PARA SEMIÁRIDO BRASILEIRO DE MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA PARA ESCASSEZ HÍDRICA

Escala numérica 1:14 000 000
Sistema geodésico: SIRGAS2000
Sistema de coordenadas geográficas
Base cartográfica: Agência Nacional de Águas

Fonte: Elaboração da autora (2018)

3.6 Aplicação do modelo AWARE

Para o cálculo dos fatores de caracterização utilizou-se as equações do modelo AWARE (BOULAY *et al.*, 2017). As incógnitas das equações foram definidas para o atendimento em relação às regionalizações adotadas nesse trabalho.

$$AMDUhe = \frac{(Disp\ UHE - Dem\ Humana\ UHE - Dem\ Ecossistema\ UHE)}{\acute{A}rea\ UHE} \quad (16)$$

$$FC = \frac{AMD\ mundo\ med}{AMD\ UHE} \quad (17)$$

$$FC\ agri_{UHE,ano} = \frac{1}{Cagri_{UHE,ano}} * \sum_{m=1}^{12} FC_{UHE,m\acute{e}s} * Cagri_{UHE,m\acute{e}s} \quad (18)$$

$$FC\ n\tilde{a}o - agri_{UHE,ano} = \frac{1}{Cn\tilde{a}o_agri_{UHE,ano}} * \sum_{m=1}^{12} FC_{UHE,m\acute{e}s} * Cn\tilde{a}o - agri_{UHE,m\acute{e}s} \quad (19)$$

$$FC\ agri_{RH,m\acute{e}s} = \frac{1}{Cagri_{RH,m\acute{e}s}} * \sum_{UHE=1}^n FC_{UHE,m\acute{e}s} * Cagri_{UHE,m\acute{e}s} \quad (20)$$

$$FC\ n\tilde{a}o - agri_{RH,m\acute{e}s} = \frac{1}{Cn\tilde{a}o_agri_{RH,m\acute{e}s}} * \sum_{UHE=1}^n FC_{UHE,m\acute{e}s} * Cn\tilde{a}o - agri_{UHE,m\acute{e}s} \quad (21)$$

$$FC\ agri_{RH,ano} = \frac{1}{Cagri_{RH,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FC_{RH,m\acute{e}s} * Cagri_{RH,m\acute{e}s} \quad (22)$$

$$FC\ n\tilde{a}o - agri_{RH,ano} = \frac{1}{Cn\tilde{a}o_agri_{RH,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FC_{RH,m\acute{e}s} * Cagri_{RH,m\acute{e}s} \quad (23)$$

$$FC\ pad_{RH,m\acute{e}s} = \frac{1}{Ctot_{Semi,m\acute{e}s}} * \sum_{RH=1}^n FCpad_{RH,m\acute{e}s} * Ctot_{RH,m\acute{e}s} \quad (24)$$

$$FC\ pad_{RH,ano} = \frac{1}{Ctot_{Semi,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FCpad_{RH,m\acute{e}s} * Ctot_{RH,m\acute{e}s} \quad (25)$$

$$FC\ agri_{Semi,m\acute{e}s} = \frac{1}{Cagri_{Semi,m\acute{e}s}} * \sum_{RH=1}^n FC_{RH,m\acute{e}s} * Cagri_{RH,m\acute{e}s} \quad (26)$$

$$FC\ n\tilde{a}o - agri_{Semi,m\acute{e}s} = \frac{1}{Cn\tilde{a}o_agri_{Semi,m\acute{e}s}} * \sum_{RH=1}^n FC_{RH,m\acute{e}s} * Cn\tilde{a}o - agri_{RH,m\acute{e}s} \quad (21)$$

$$FC\ agri_{RH,ano} = \frac{1}{Cagri_{RH,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FC_{RH,m\acute{e}s} * Cagri_{RH,m\acute{e}s} \quad (22)$$

$$FC\ n\tilde{a}o - agri_{Semi,ano} = \frac{1}{Cn\tilde{a}o_agri_{Semi,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FC_{Semi,m\acute{e}s} * Cagri_{Semi,m\acute{e}s} \quad (23)$$

$$FC\ pad_{Semi,m\acute{e}s} = \frac{1}{Ctot_{Semi,m\acute{e}s}} * \sum_{RH=1}^n FCpadr\tilde{a}o_{Semi,m\acute{e}s} * Ctot_{Semi,m\acute{e}s} \quad (24)$$

$$FC\ pad_{Semi,ano} = \frac{1}{Ctot_{Semi,ano}} * \sum_{m\acute{e}s=1}^{12} FCpadr\tilde{a}o_{Semi,m\acute{e}s} * Ctot_{Semi,m\acute{e}s} \quad (25)$$

Para uma classificação quantitativa, os FCs são gerados por categoria FC Agri, FC Não-Agri e FC Pad:

- FC Agri: FC gerado somente para demandas agrícolas, quando dados de demanda agrícola estão disponíveis;
- FC Não-Agri: FC gerado para demandas não-agrícolas, sendo elas, animal, rural, urbana e industrial, quando dados de demanda não-agrícola estão disponíveis;
- FC Pad: FC gerados com dados de demandas gerais, sem a separação de demandas agrícolas e não-agrícolas. Utilizado quando não há distinção entre os dados ou quando se deseja obter um FC único.

Os resultados serão mostrados e discutidos por RH, no caso desse trabalho, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba e São Francisco que estão dentro do limite do Semiárido Brasileiro. Para uma classificação qualitativa, uma escala foi adotada para mostrar os níveis de escassez considerados nesse trabalho (Tabela 9). O modelo AWARE não adota classificação qualitativa para avaliar os FCs.

Tabela 10 - Níveis de escassez adotados de acordo com faixas de FC

<i>Faixa de FC</i>	<i>Nível de Escassez</i>
0.1 - 20	Muito Baixo
20.1 - 30	Baixo
30.1 - 50	Médio
50.1 - 80	Alto
80.1 - 100	Muito Alto

Fonte: Elaboração da autora (2017)

3.7 Análise estatística

A aplicação do Modelo AWARE em bacias menores gerou uma grande quantidade de valores, o que pode dificultar visualizar o real significado dos mesmos. Assim, é importante realizar uma análise estatística, mesmo que simples, para organizar os dados e, quando possível, prever futuras tendências com base na informação. O uso da análise estatística serve para examinar cada amostra de dados em uma população ao invés de uma representação transversal de amostras (SANTOS, 2017).

As estatísticas descritivas pretendem descrever um conjunto de dados com gráficos e tabelas de contingência. Como gráficos e tabelas são os componentes principais,

as estatísticas descritivas facilitam a compreensão e visualização de dados brutos. Entre alguns dos dados úteis que provêm da estatística descritiva incluem-se o moda, a mediana e a média, bem como a amplitude, variância e desvio padrão.

As estatísticas descritivas são simplesmente uma maneira de descrever dados e não são usadas para tirar conclusões além dos dados analisados ou chegar a conclusões sobre quaisquer hipóteses que foram feitas (SANTOS, 2017).

Os histogramas representam uma distribuição de frequências em um agrupamento de dados em classes, de tal maneira que se contabiliza o número de ocorrências em cada classe. O objetivo é apresentar os dados de uma maneira mais concisa em que seja possível extrair informação sobre seu comportamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após aplicação da metodologia de cálculo de disponibilidades hídricas, obteve-se os seguintes resultados:

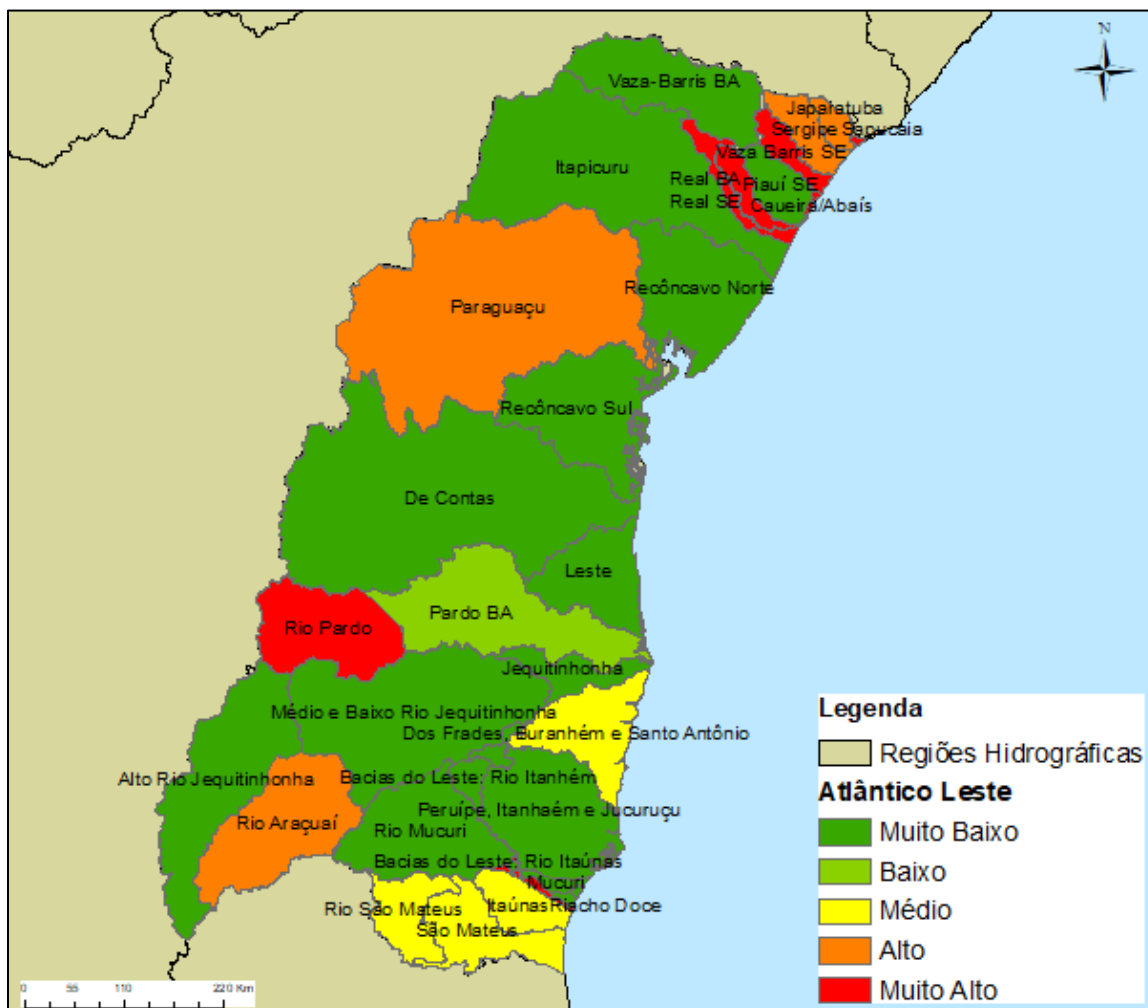
- 42 UHEs têm o valor de disponibilidade hídrica obtido da base de dados mensal da ANA;
- 3 têm o valor de disponibilidade hídrica obtido da base de dados anual da ONS;
- 56 UHEs têm o valor de disponibilidade hídrica obtido das estações fluviométricas da ANA;
- 59 UHEs têm o valor de disponibilidade hídrica obtido da base de dados anual da ANA.

No ANEXO A é possível verificar para cada UHE qual a fonte de dados para as disponibilidades hídricas.

4.1 Atlântico Leste

A média anual e a variação mensal dos FC mensais regionalizados do AWARE para as UHEs do Atlântico Leste estão nas Figuras 20 e 21, respectivamente.

Figura 20 - FCs médios nas UHEs da RH Atlântico Leste

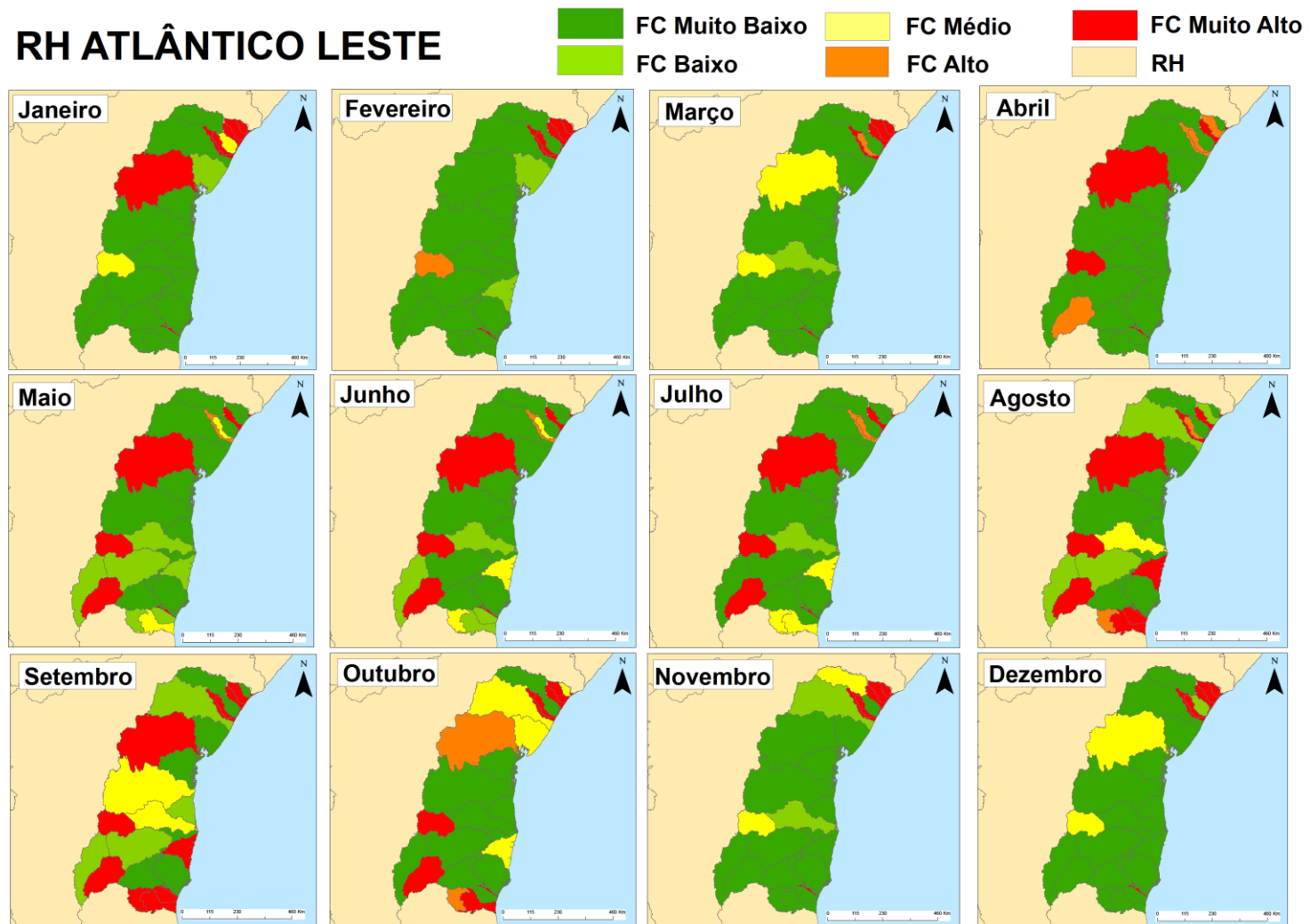


Fonte: Elaboração da autora (2017)

A RH Atlântico Leste, no geral, não sofre tanto com escassez hídrica quando comparada a outras RHs (Anexo B). Os meses que mostraram maior escassez foram agosto, setembro e outubro, sendo o mês de setembro o pior (Anexo F). Já os meses de dezembro a março mostraram a menor escassez na RH.

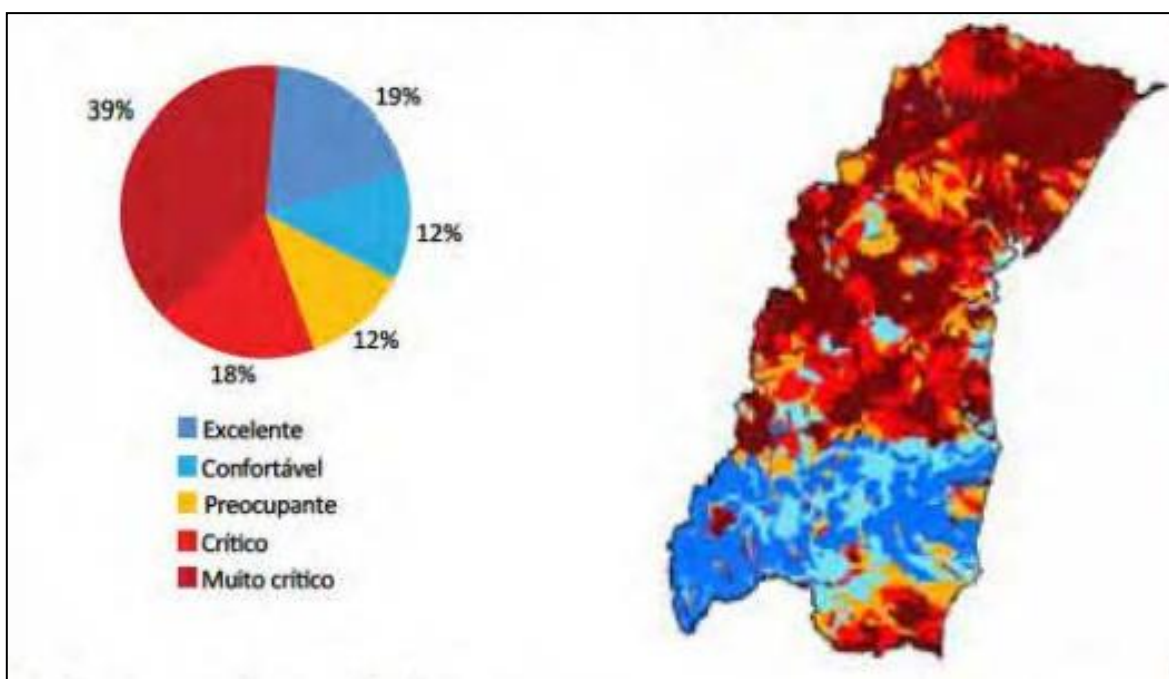
Os resultados mostrados na figura 20 apresentam divergências com o mapa divulgado pela ANA na sua Conjuntura de Recursos Hídricos 2013 (ANA, 2013) (Figura 21) como balanço quantitativo da Região Hidrográfica Atlântico Leste, principalmente na parte central do mapa. Isso se deve à base de dados utilizada para a disponibilidade hídrica, pois essa região apresentava poucos dados mensais de vazão no exutório, sendo necessário utilizar dados das estações fluviométricas, podendo assim ter havido superestimação desses valores de disponibilidade. Outro motivo para essa divergência nos resultados é a metodologia utilizada pela ANA para o cálculo do balanço hídrico e a escala utilizada que não são as mesmas do AWARE.

Figura 21 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Atlântico Leste



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Figura 22 - Balanço quantitativo anual dos rios da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste



Fonte: ANA (2013)

A pluviometria na RH Atlântico Leste é bem diversificada, com média anual variando entre 835 mm e 1.985 mm anuais. Diferentemente de outras RH, na Atlântico Leste não se percebe uma relação direta entre pluviometria e os fatores de caracterização, devido principalmente a metodologia de cálculo da ANA explicada no item 2.2 deste trabalho. Bacias localizadas mais ao sul da região apresentam maiores disponibilidades de água superficial. As bacias hidrográficas localizadas na porção central e norte da região hidrográfica analisada possuem extensas áreas sujeitas à influência de climas mais secos (ANA, 2006).

Os FCs das UHEs foram agregados para gerar fatores para a RH Atlântico Leste (Tabela 10). Essa RH apresenta o FC anual padrão classificado com nível de escassez médio. A RH mostra variação anual, com índices mais baixos durante a quadra chuvosa característica do Semiárido Brasileiro. Nessa RH, como era de se esperar, a demanda agrícola é a que mais contribui para a geração de FCs com valores mais elevados.

Tabela 11 - Fatores agregados para a RH Atlântico Leste

	AGRI	NÃO-AGRI	PAD
Janeiro	35.6	32.9	33.6
Fevereiro	12.8	28.2	22.2
Março	17.7	27.3	24.6
Abril	31.9	29.8	30.6
Mai	56.4	32.0	42.8
Junho	53.3	31.6	40.5
Julho	53.5	31.8	40.8
Agosto	65.5	39.0	51.8
Setembro	68.4	47.0	58.3
Outubro	48.0	39.4	43.8
Novembro	25.3	27.3	26.8
Dezembro	34.6	27.0	28.2
Anual	47.3	32.8	38.5

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A análise descritiva das UHEs da RH Atlântico Leste mostra que seus FCs Padrão anuais estão mais próximos do limite inferior (0.1), devido à mediana ser 28.1, mostrando que a região apresenta baixa (FC até 30) escassez hídrica (Tabela 11).

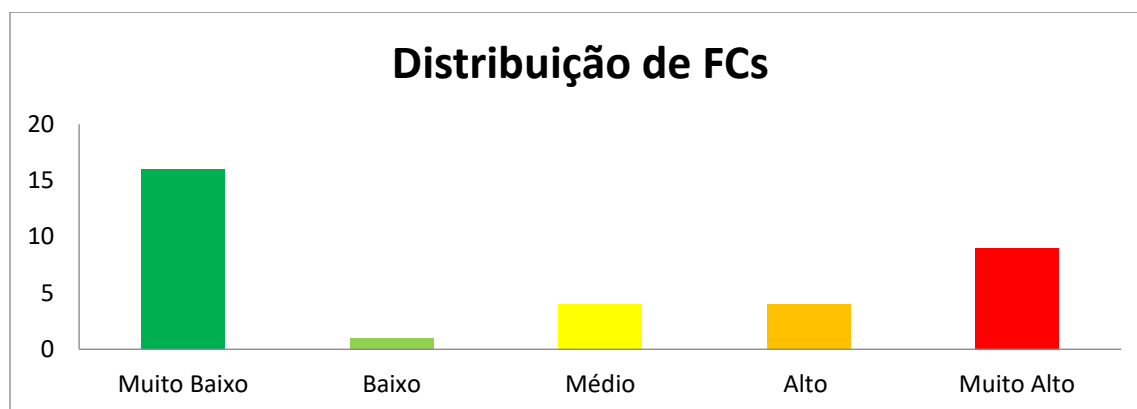
Tabela 12 - Análise descritiva da RH Atlântico Leste

ANÁLISE DESCRITIVA	
Média	43.3
Mediana	28.1
Moda	100
Desvio padrão	38.1
Variância da amostra	1452.8
Intervalo	99.4
Mínimo	0.6
Máximo	100
Contagem	34

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A RH Atlântico Leste, entre as quatro RHs que compõem o Semiárido, foi a região que apresentou a maior variação de FCs durante o ano (Gráfico 1), o que contribuiu para o resultado anual para o FC Padrão anual que foi de 38.5, FC considerado “médio”.

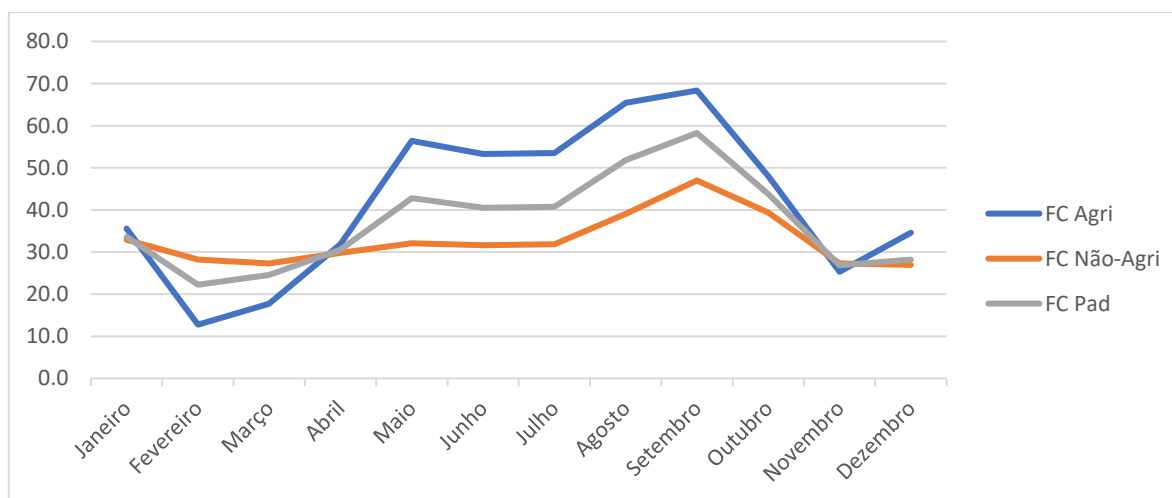
Gráfico 1 - Distribuição de FCs Padrão da RH Atlântico Leste



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Além disso, as curvas de variação dos FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão (Gráfico 2) seguem a mesma variação com o pico dos FCs no mês de setembro, caracterizado como mês seco na região e menores FCs no mês de fevereiro, que está inserido o período chuvoso da RH.

Gráfico 2 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Atlântico Leste



Fonte: Elaboração da autora (2018)

4.2 Atlântico Nordeste Oriental

A RH Atlântico Nordeste Oriental (Anexo C) é composta por 66 UHEs. Essa RH é a com maior escassez hídrica dentre as 12 da Divisão Hidrográfica Nacional. Essa escassez é devida a vários fatores que atuam em conjunto (ANA, 2013):

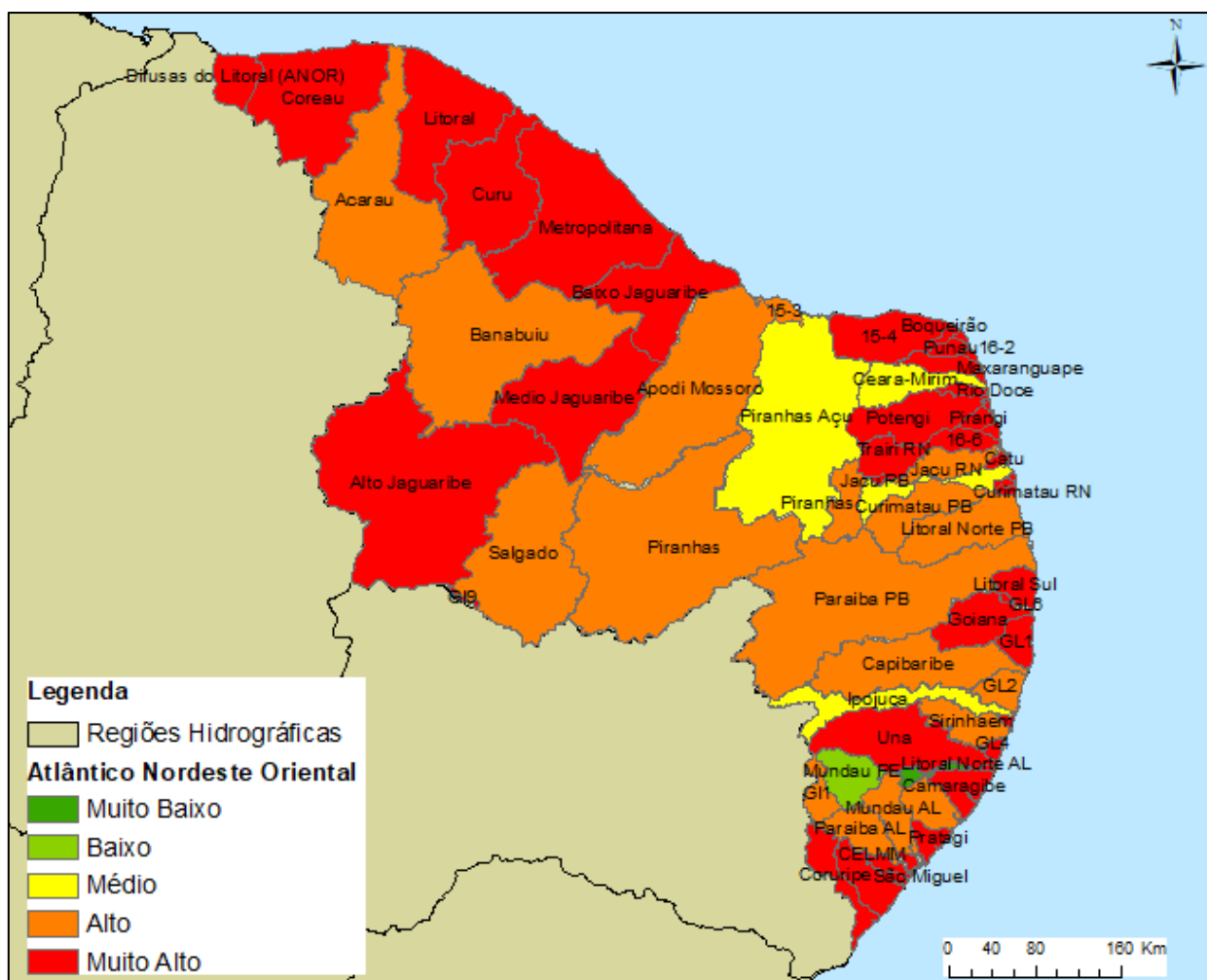
- Baixos totais precipitados, onde a média pluviométrica anual na região situa-se em torno de 600mm o que é insuficiente para repor as reservas dos aquíferos regionais;
- A distribuição interanual das precipitações é bastante irregular, assim a região sofre constantemente com períodos de precipitação extremamente baixa;
- Irregularidade na distribuição mensal das precipitações, que se concentram em um período de apenas três a quatro meses do ano, fevereiro a maio, sendo os demais meses são secos ou quase secos na maior parte da região;
- Solo “raso” cristalino que não favorece o acúmulo de água para manutenção de rios perenes.

A média anual e a variação mensal anual dos FC mensais regionalizados do AWARE para as UHEs do Atlântico Nordeste Oriental estão nas Figuras 23 e 24, respectivamente. Apesar de ser uma região com histórico de alta escassez, duas bacias destacam-se pelos baixos FC durante quase o ano inteiro, Jacuípe-Una e Ipojuca. Essas duas RHs estão dentro da área de Mata Atlântica (Figura 26), que possuem clima tropical úmido, chuvas abundantes sem apresentação de períodos de estiagem, que contribuem para esses baixos FCs.

Os valores de FC regionalizados indicam escassez semelhante, ao do balanço quantitativo da ANA (Figura 25). Das 66 UHEs 42 apresentam FC Pad igual a 100 durante todo o ano, confirmando a altíssima escassez da região (Anexo G).

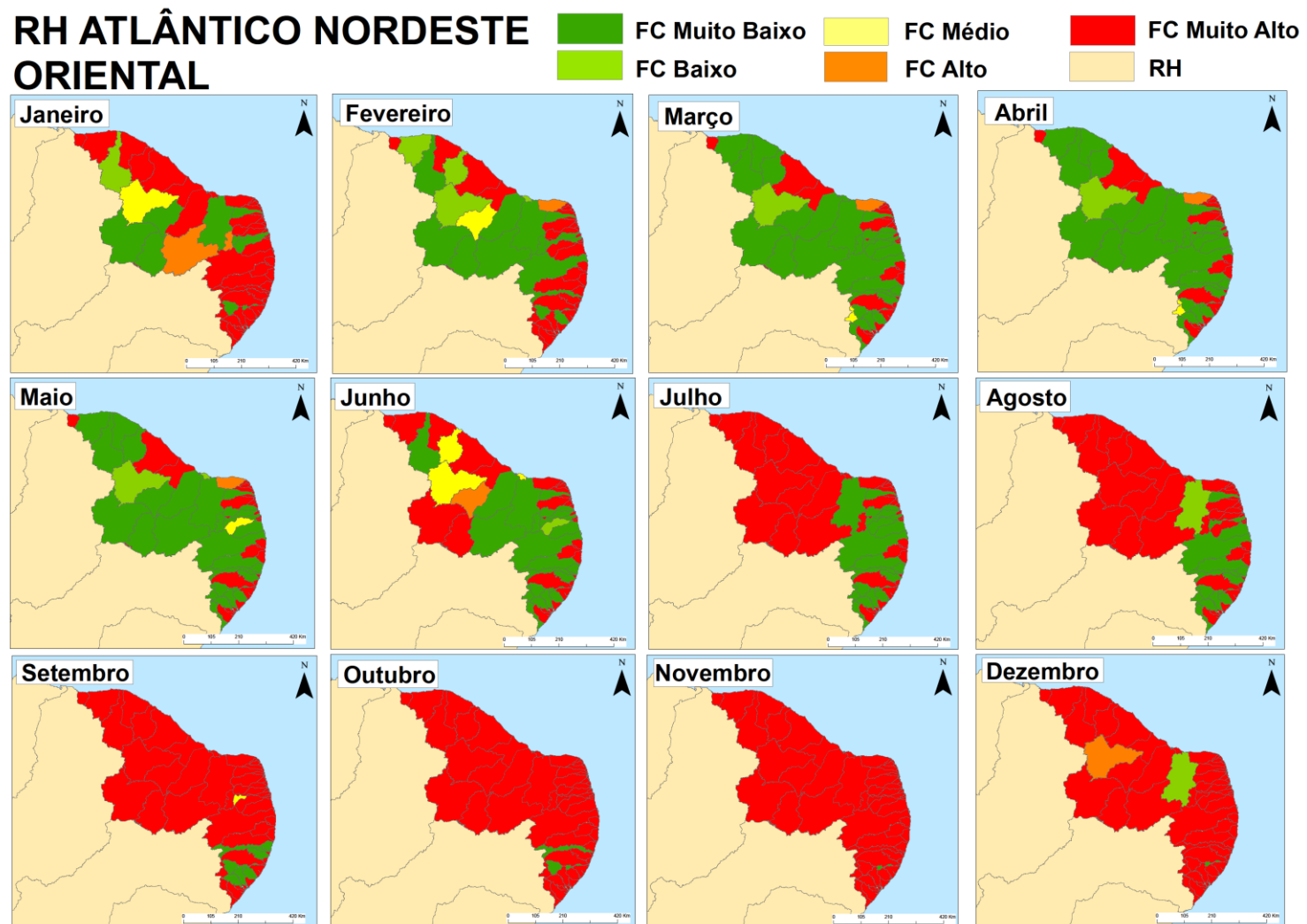
Observa-se o padrão em relação ao regime de chuvas do semiárido, onde os FCs de março a junho apresentam menores índices quando comparados aos dos meses do segundo semestre do ano.

Figura 23 - FCs médios nas UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental



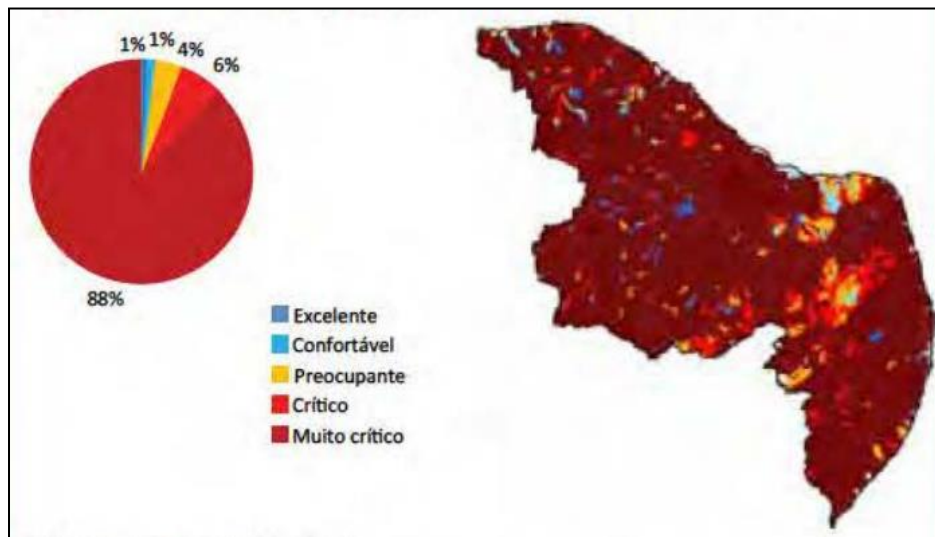
Fonte: Elaboração da autora (2017)

Figura 24 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Figura 25 - Balanço quantitativo anual dos rios da Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: ANA (2013)

Figura 26 - Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da RH Atlântico Nordeste Oriental - Biomas e Ecossistemas



Fonte: ANA (2013)

Os FCs das UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental foram agregados para gerar fatores para essa nova regionalização (Tabela 12). Os fatores agregados mostram média e alta escassez durante quase todo ano, sendo o FC anual padrão classificado com nível de escassez “muito alto”. Nessa RH o peso de contribuição dos fatores Agri e Não-Agri é maior para os fatores Agri, mostrando a importância da demanda agrícola na região. Essa RH apresenta alta demanda humana implicando altos FCs Não-Agri, assim como os FCs Agri.

Tabela 13 - Fatores agregados para a RH Atlântico Nordeste Oriental

	AGRI	NÃO-AGRI	PAD
Janeiro	93.0	89.8	91.7
Fevereiro	81.9	77.8	79.7
Março	66.4	61.7	63.0
Abril	45.9	50.7	48.9
Mai	37.6	50.2	46.4
Junho	58.1	56.2	56.6
Julho	83.1	62.1	69.5
Agosto	77.5	65.7	72.2
Setembro	82.8	81.4	82.2
Outubro	97.5	96.9	97.2
Novembro	99.4	100.5	99.5
Dezembro	96.6	98.8	97.0
Anual	86.6	74.3	81.3

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A análise descritiva (Tabela 13) das UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental revela certa variação de valores, porém uma alta concentração de FCs Padrão mensais nos níveis mais altos de escassez. Isso é mostrado com um intervalo de 99.8, além de mediana com 85.2 e de moda com valores iguais a 100, ou seja, nível de escassez muito alto.

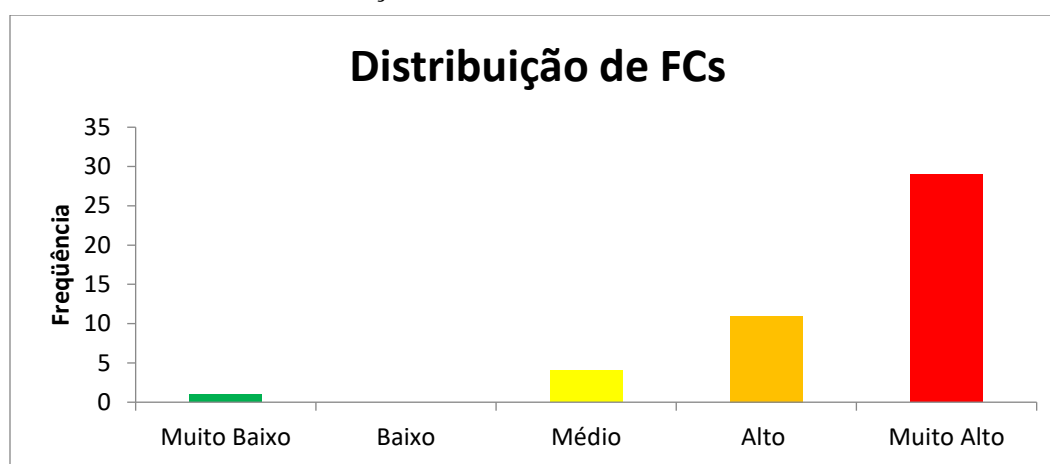
Tabela 14 - Análise descritiva da RH Atlântico Nordeste Oriental

ANÁLISE DESCRITIVA	
Média	73.7
Mediana	85.2
Moda	100.0
Desvio padrão	32.0
Variância da amostra	1021.9
Intervalo	99.8
Mínimo	0.2
Máximo	100.0
Contagem	66

Fonte: Elaboração da autora (2018)

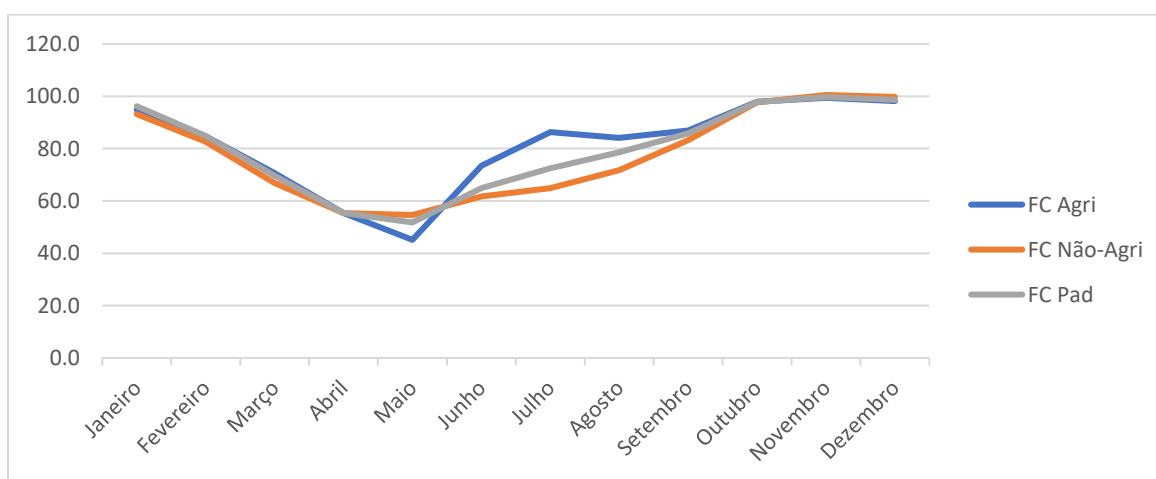
A RH Atlântico Nordeste Oriental apresenta 50% dos seus FCs Padrão com nível de escassez “muito alto”, o que contribui para o seu valor anual FC Pad 81.3, escassez muito alta (Gráfico 3). As curvas de variação dos Não-Agrícola e Padrão (Gráfico 4) seguem a mesma variação com o pico dos FCs no mês de novembro, caracterizado como mês seco na região e menores FCs no mês de maio, mês inserido na quadra chuvosa. Já os FCs Agrícola, também apresenta um pico inferior no mês de maio, porém, a sua curva apresenta uma queda no mês de agosto, devido a uma queda mais acentuada na disponibilidade hídrica nesse mês.

Gráfico 3 - Distribuição de FCs Padrão da RH Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Gráfico 4 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: Elaboração da autora (2018)

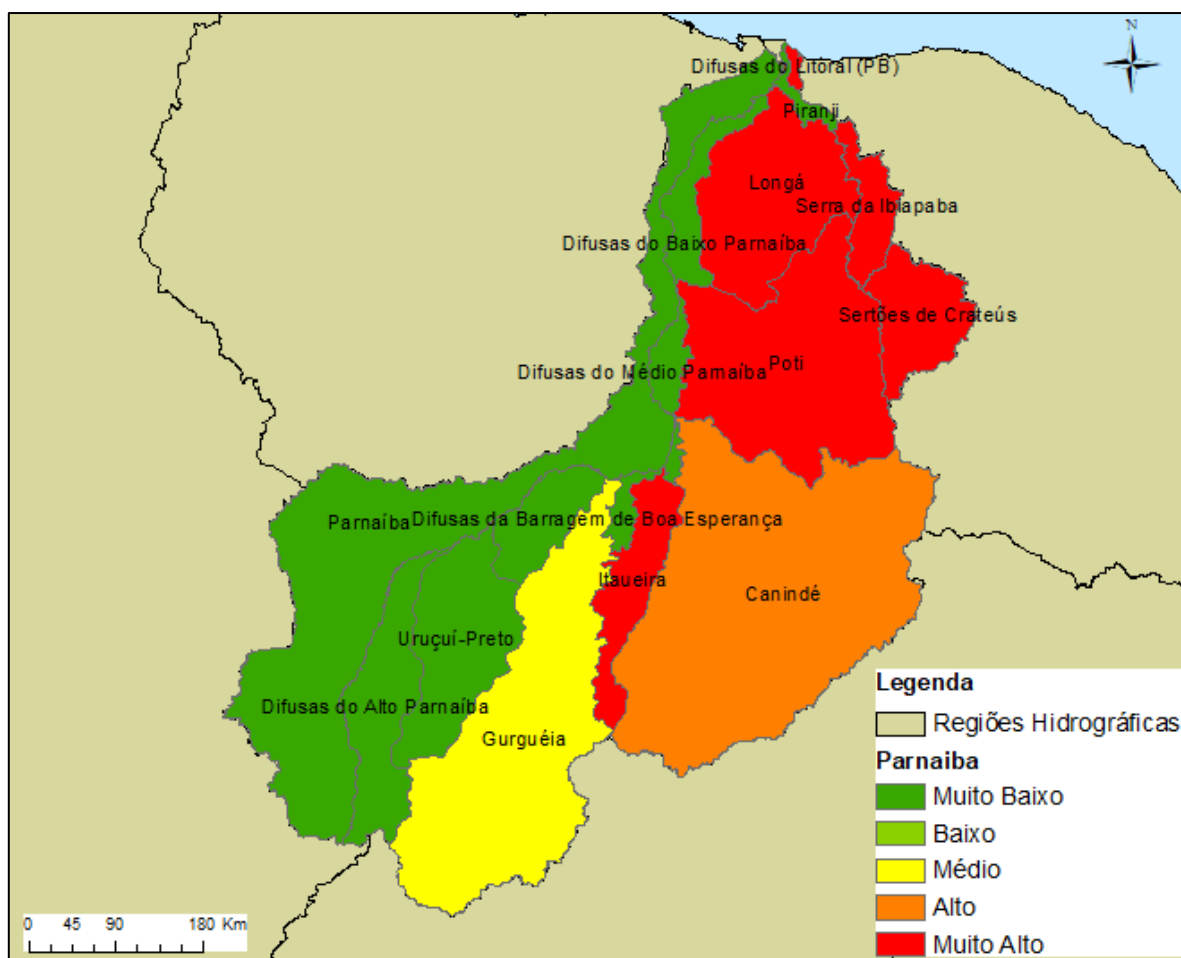
4.3 Parnaíba

A RH Parnaíba (Anexo D) é dividida em 15 UHEs com informações sobre retirada, consumo e disponibilidade de água disponíveis na base de dados da ANA. A média anual e a variação mensal dos FC mensais regionalizados do AWARE para as UHEs do Parnaíba estão nas Figuras 27 e 29, respectivamente.

A RH Parnaíba apresenta FCs bem distintos para suas UHEs. Enquanto as UHEs Itauera, Canindé, Difusas do Litoral (PB) e Gurguéia apresentam escassez máxima (FC =100) durante o ano inteiro, as UHEs Difusas do Baixo Parnaíba, Uruçuí-Preto, Difusas da Barragem de Boa Esperança, Difusas do Médio Parnaíba, Piranji, Difusas do Alto Parnaíba e Parnaíba apresentam nível de escassez muito baixo (FC <20) também durante o ano todo (Anexo H).

Outra particularidade da RH Parnaíba é que apenas as UHEs Serra da Ibiapaba e Sertões de Crateús percebe-se a variação dos FCs de acordo com a quadra chuvosa do Semiárido (fevereiro-maio). Nas outras UHEs não há grandes variações anuais dos FCs.

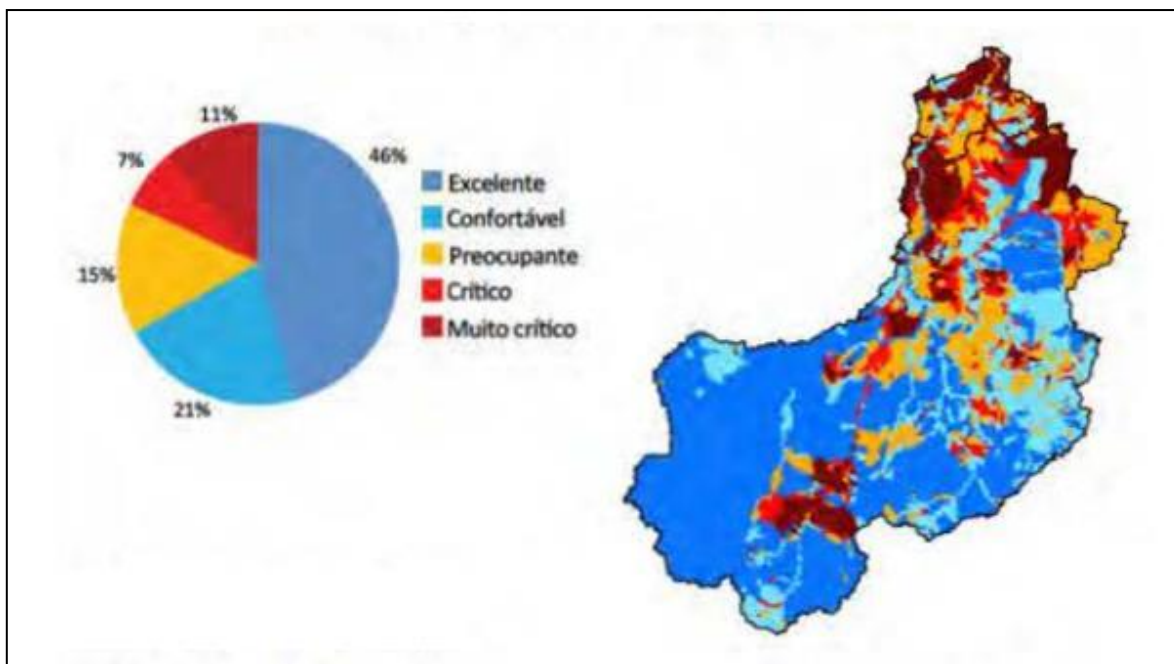
Figura 27 - FCs médios nas UHEs da RH Parnaíba



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Os valores dos FCs, apresentam um pouco de divergência quando comparados ao balanço quantitativo da ANA (Figura 28), e isso se deve principalmente ao formato das UHEs que podem agregar mais de um rio nos seus limites. Além disso, a ANA trabalha com a relação demanda sobre disponibilidade, ficando fora a contabilidade da demanda do ecossistema.

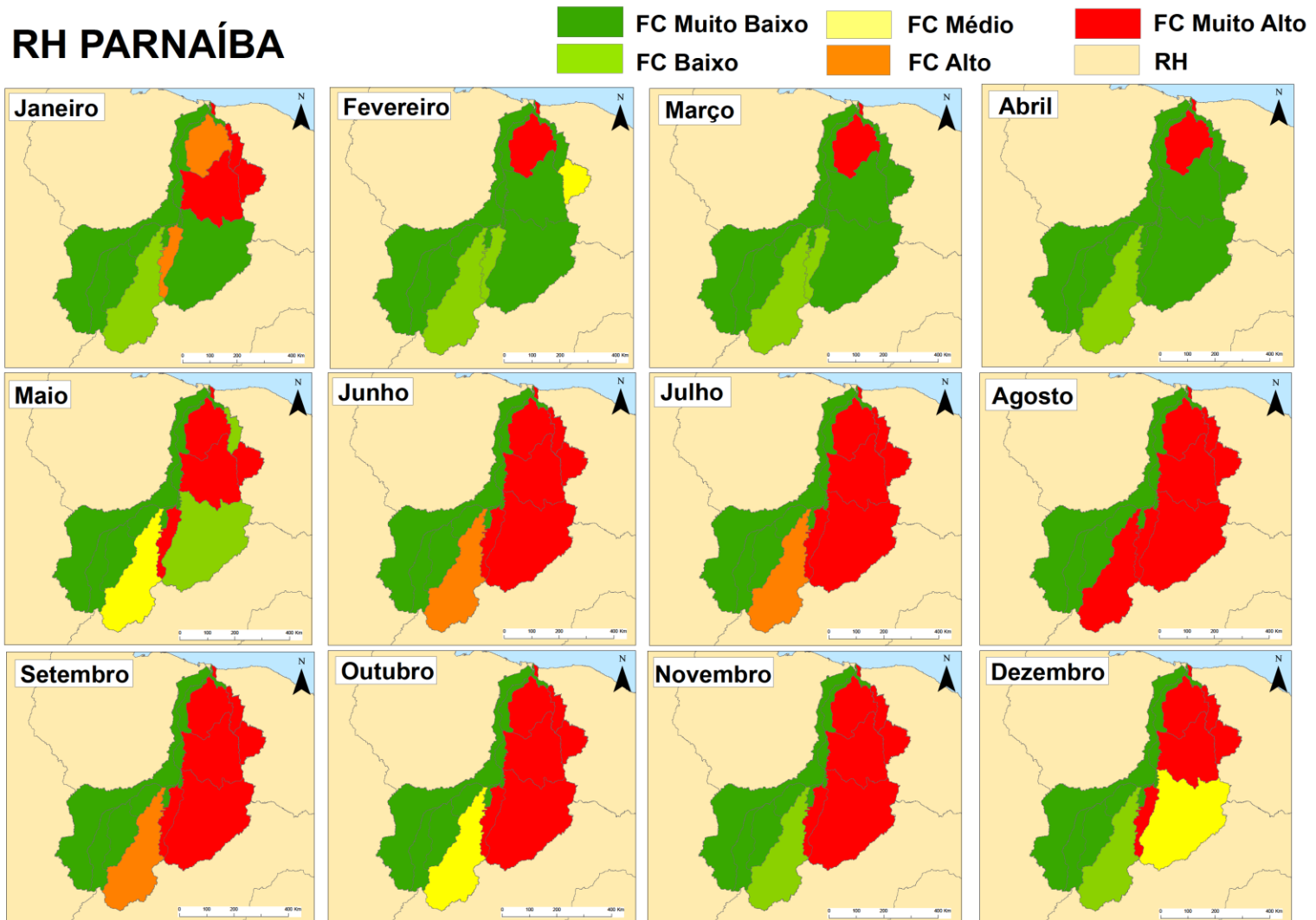
Figura 28 - Balanço quantitativo anual dos rios da RH Parnaíba



Fonte: ANA (2013)

Figura 29 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH Parnaíba

RH PARNAÍBA



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Realizou-se a agregação das UHEs para que fosse possível gerar fatores para a RH (Tabela 12). A RH apresenta fatores de escassez de níveis “muito baixo” e “baixo”, sendo o FC padrão anual classificado com “baixo” nível de escassez. O resultado está de acordo com o divulgado pela Agência Nacional de Águas, que não trata a RH como problemática em relação aos recursos hídricos. Para essa RH as demandas não-agrícolas são as que mais contribuem para elevação dos FCs Padrão da região.

Tabela 15 - FCs mensais agregados para RH Parnaíba

	AGRI	NÃO AGRI	PAD
Janeiro	83.8	34.5	39.3
Fevereiro	16.8	14.4	14.6
Março	18.0	12.8	12.9
Abril	14.5	14.1	14.1
Mai	24.7	14.1	32.2
Junho	45.9	47.9	46.9
Julho	47.8	48.0	47.9
Agosto	49.8	48.1	49.1
Setembro	51.5	47.9	50.1
Outubro	54.4	47.0	51.4
Novembro	60.7	46.5	53.5
Dezembro	65.2	39.6	48.9
Anual	50.4	35	42.5

Fonte: Elaboração da autora (2017)

A análise descritiva das UHEs da RH Parnaíba mostra que há variedade nos FCs Padrão anuais, com um intervalo de 99.9, porém eles se concentram nos níveis “mais baixo” e “alto” de escassez, ou seja, para essa RH há poucos valores intermediários para os níveis de escassez.

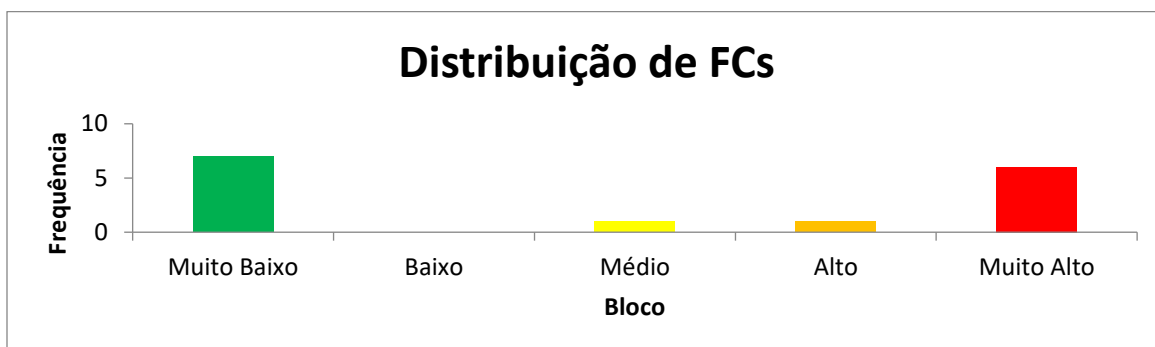
Tabela 16 - Análise descritiva da RH Parnaíba

ANÁLISE DESCRITIVA	
Média	44.2
Mediana	47.1
Moda	Não possui
Desvio padrão	43.8
Variância da amostra	1920.8
Intervalo	99.9
Mínimo	0.1
Máximo	100
Contagem	15

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A RH tem uma concentração aproximada de 90% nos extremos da escala de escassez. O histograma é mais importante no caso dessa RH, pois sem ele, ao apresentar uma média de 51.3 e intervalo de 99.9, pode-se assumir erroneamente que os valores estão bem distribuídos por toda a escala de 0.1 a 100. Essa concentração nos extremos também é uma explicação para o FC Padrão anual de 40, que está bastante próximo ao nível médio de escassez, definido pelo FC igual a 50.

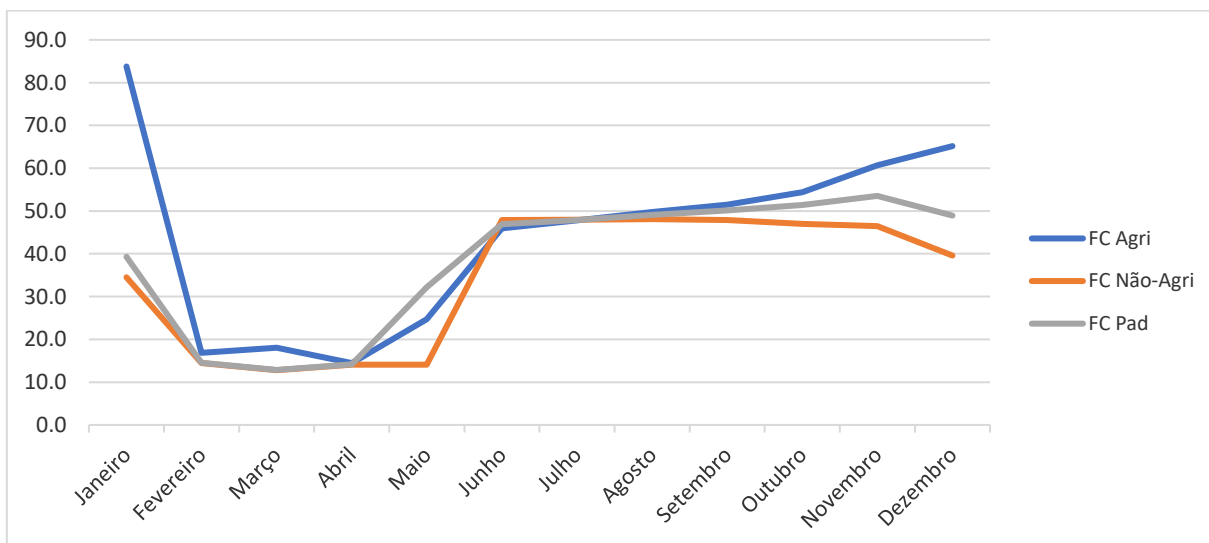
Gráfico 5 - Distribuição de FCs Padrão da RH Parnaíba



Fonte: Elaboração da autora (2018)

As curvas de variação dos Não-Agrícola e Padrão (Gráfico 6) seguem a mesma variação com uma diminuição considerável dos FCs entre os meses de fevereiro a maio, período chuvosa na RH, e após esse período há um aumento nos FCs, no período mais seco.

Gráfico 6 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH Parnaíba



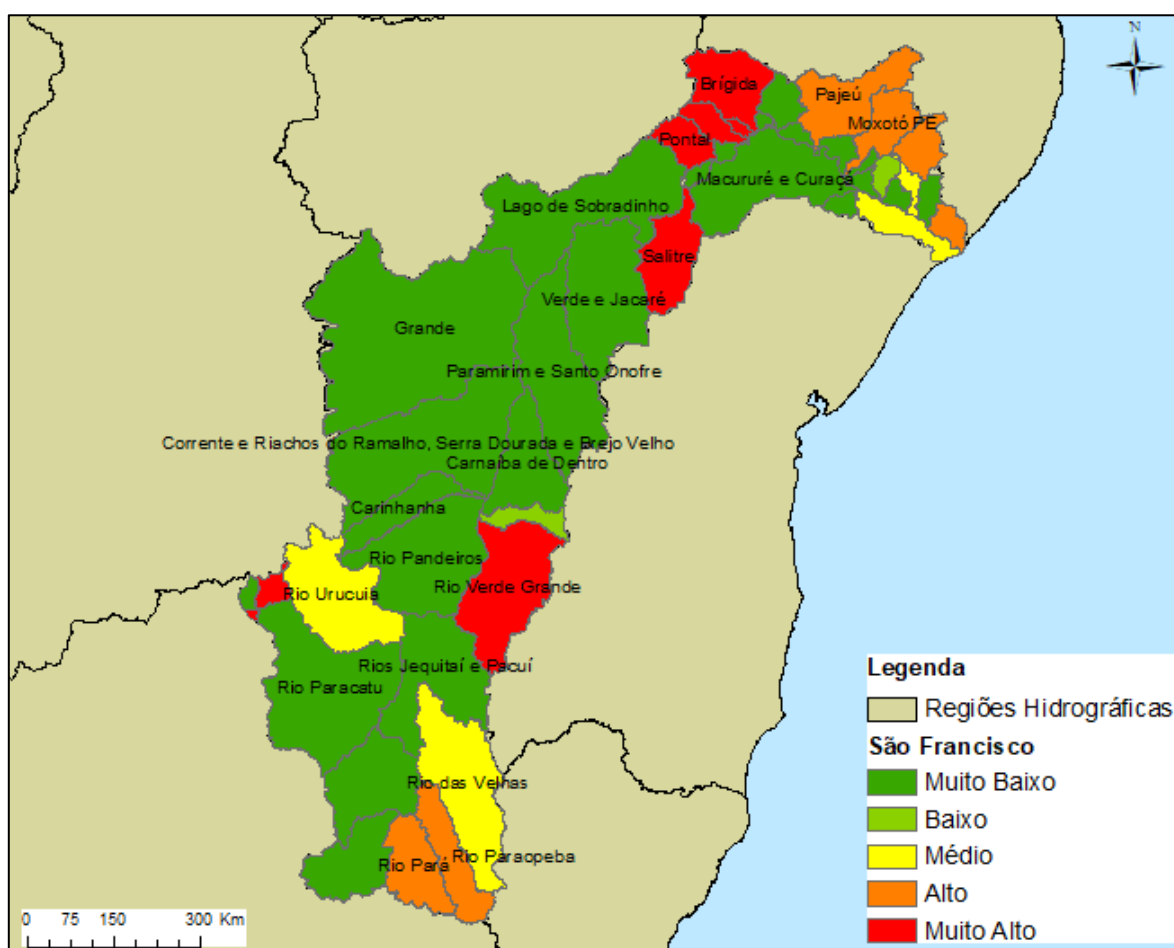
Fonte: Elaboração da autora (2018)

4.4 São Francisco

A RH São Francisco (Anexo E) é dividida em 45 UHEs. A média anual e a variação mensal dos FC mensais regionalizados do AWARE para as UHEs do São Francisco estão nas Figuras 30 e 31, respectivamente.

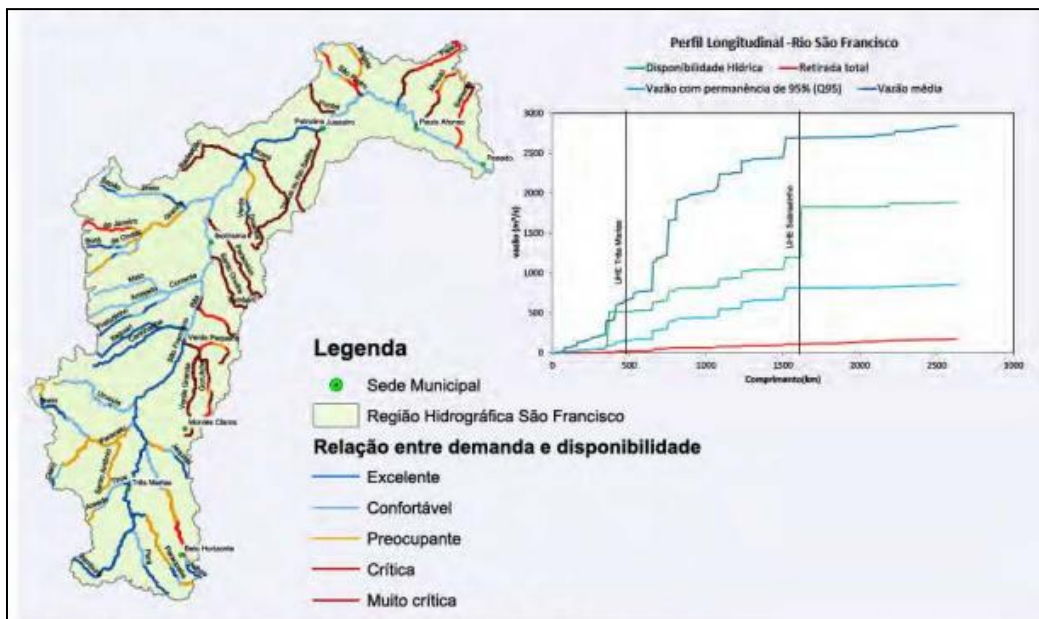
Na RH São Francisco, nota-se que a disponibilidade hídrica é capaz de atender com facilidade às demandas hídricas ao longo do rio principal, assim, têm-se os menores FCs nessas UHEs. Quando as UHEs não estão ao longo do rio principal, os FCs aumentam substancialmente, com algumas bacias escassas durante do todo o ano, como por exemplo, Garças, Salitre e Terra Nova (Anexo I). Os valores encontrados estão de acordo com o mostrado na Conjuntura Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2013) (Figura 30).

Figura 30 - FCs médios nas UHEs da RH São Francisco



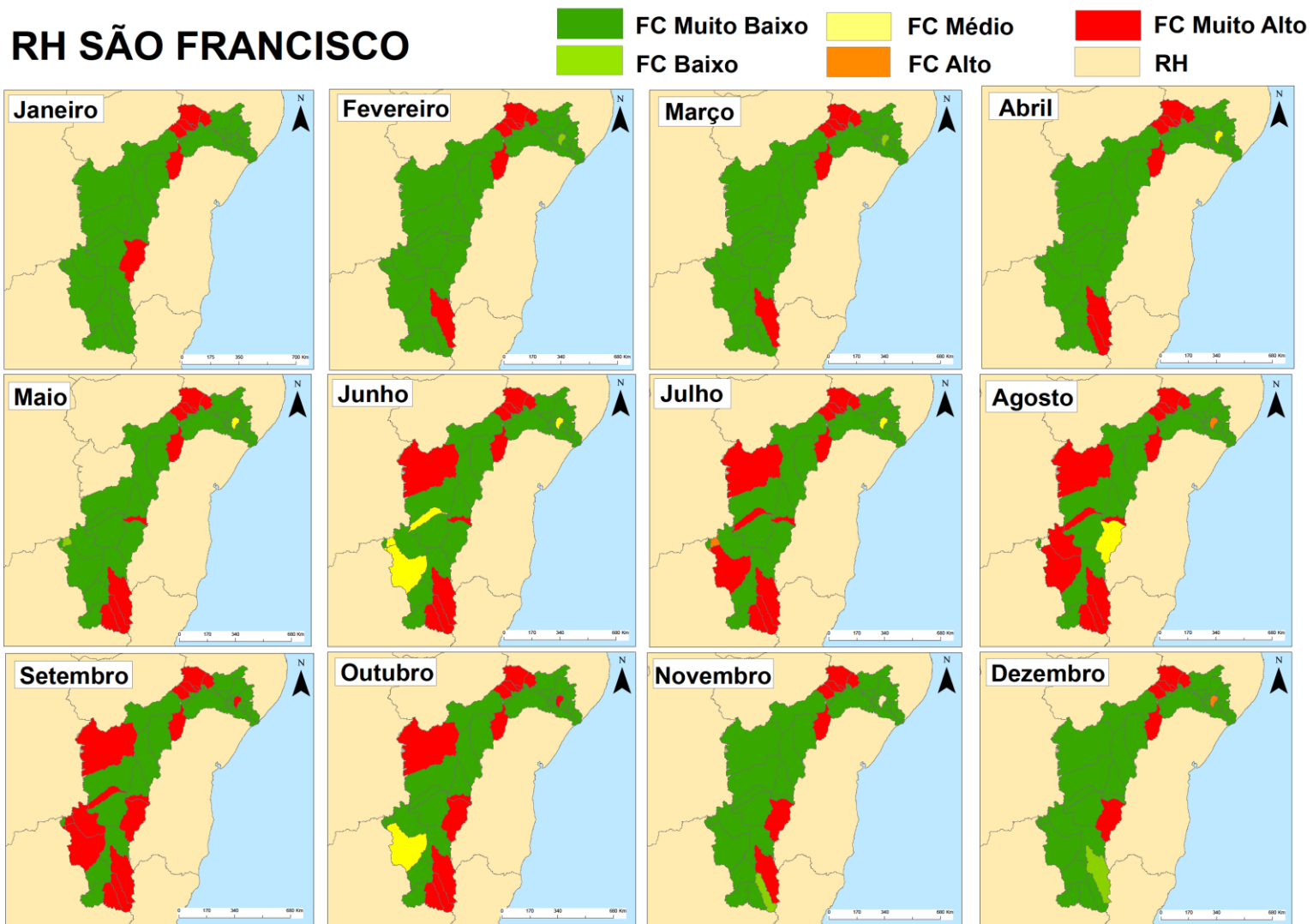
Fonte: Elaboração da autora (2017)

Figura 31 - Balanço quantitativo anual dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco



Fonte: ANA (2013)

Figura 32 - Variação mensal dos FCs por UHE na RH São Francisco

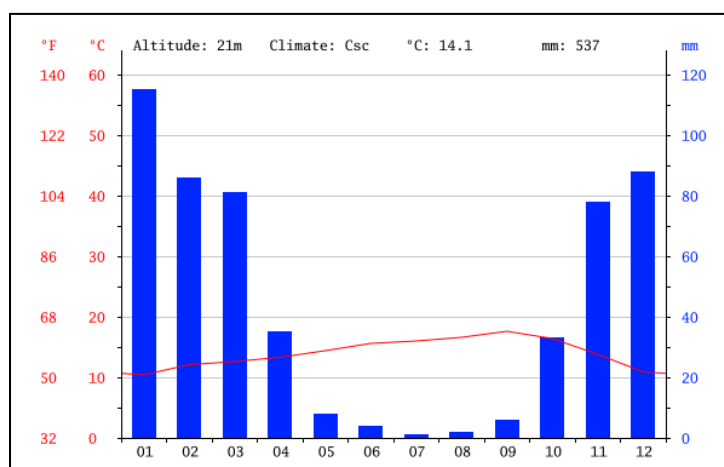


Fonte: Elaboração da autora (2018)

Os FCs foram agregados para se chegar a fatores para a RH do São Francisco (Tabela 17). Os FCs regionalizados mostram um padrão esperado de acordo com o regime de chuvas da região. Os FCs Padrão da RH se dividem entre os níveis de escassez muito baixo, baixo e médio, sendo FC anual padrão sendo classificado como nível baixo de escassez.

Os FCs mais altos são encontrados no período de maio a outubro, meses em que a pluviosidade é baixa na região, e o calor é mais intenso, necessitando mais água para sobrevivência (Figura 33).

Figura 33 - Climografia São Francisco



Fonte: Climate Data (2017)

A principal demanda nessa RH é a de irrigação (ANA, 2012), porém a demanda que tem mais peso no FC Padrão é a não-agrícola, pois as demandas de irrigação, apesar de altas, variam bastante durante o ano, chegando a ser de valor zero em algumas UHEs durante os meses de chuva. Já a demanda não-agrícola, que também tem valor relativamente alto nessa RH, é considerada constante durante todo o ano, assim seu valor está presente no cálculo o FC para a UHE e na agregação para o FC da RHSF.

Tabela 17 - FCs mensais agregados para RH do São Francisco

	AGRI	NÃO-AGRI	PAD
Janeiro	15.54	7.00	14.80
Fevereiro	13.37	15.35	14.36
Março	11.83	15.44	13.94
Abril	12.52	42.07	22.56
Mai	44.67	64.97	50.09
Junho	38.52	64.97	45.70
Julho	46.12	66.40	51.45
Agosto	51.34	68.36	55.28
Setembro	50.35	70.11	54.85
Outubro	32.87	67.71	42.20
Novembro	19.99	25.08	22.17
Dezembro	17.91	10.41	14.03
Anual	36.4	43.2	38.6

Fonte: Elaboração da autora (2017)

A análise descritiva das UHEs da RH São Francisco mostra que há variedade nos FCs Padrão anuais, com um intervalo de 99.9, porém eles se concentram no nível de escassez “muito baixo”, explicado pela mediana de 1.9 (Tabela 18).

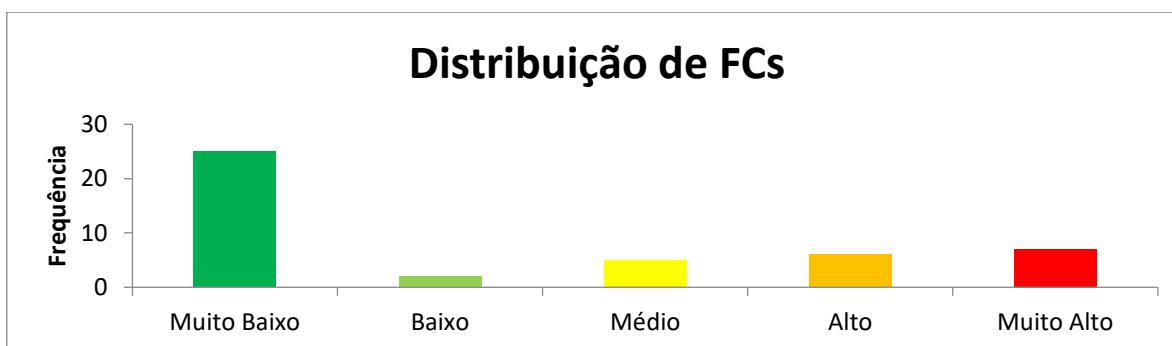
Tabela 18 - Análise descritiva da RH São Francisco

<i>ANÁLISE DESCRITIVA</i>	
Média	28.6
Mediana	1.9
Moda	0.1
Desvio padrão	36.1
Variância da amostra	1300.9
Intervalo	99.9
Mínimo	0.1
Máximo	100
Contagem	45

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A distribuição dos FCs pelas classes adotadas é variada, tendo 55% de concentração na categoria de “Muito Baixo” (Gráfico 7). A presença de índices tão baixos de escassez é devido à alta disponibilidade hídrica encontrada nas UHEs que estão dentro Rio São Francisco.

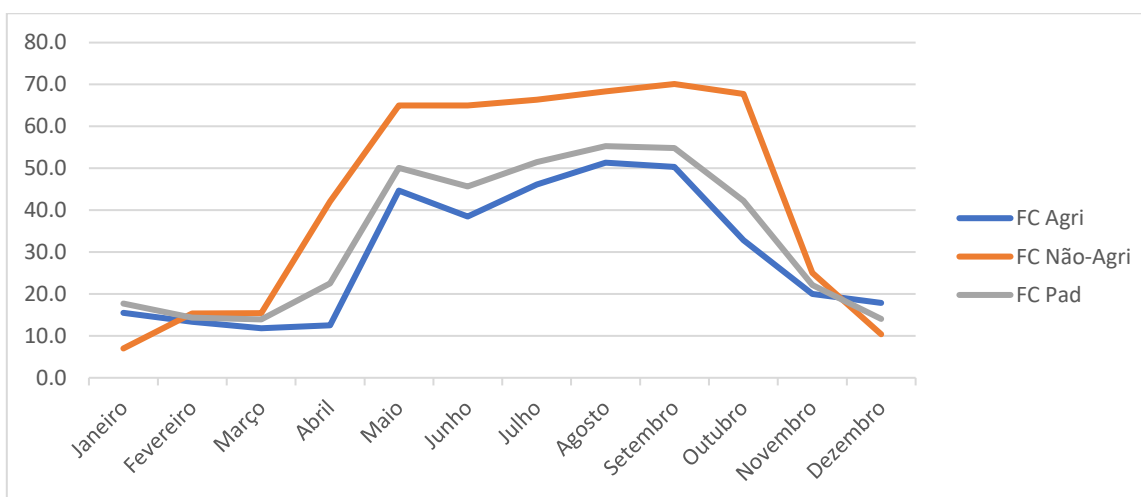
Gráfico 7 - Distribuição de FCs Padrão da RH São Francisco



Fonte: Elaboração da autora (2018)

As curvas de variação dos Não-Agrícola e Padrão (Gráfico 8) seguem a mesma variação com um aumento considerável dos FCs entre os meses de abril e maio, e após esse aumento, há uma diminuição nos FCs a partir de novembro. O aumento acentuado dos FCs agrícola se dá devido à alta demanda hídrica que a partir de maio.

Gráfico 8 - Distribuição de FCs Agrícola, Não-Agrícola e Padrão na RH São Francisco



Fonte: Elaboração da autora (2018)

4.5 Semiárido

O Semiárido brasileiro foi adotado nesse trabalho como sendo a agregação dos fatores de caracterização das RHs Atlânticos Leste e Nordeste Oriental, Parnaíba e São Francisco. Como resultado, têm-se FCs com valores mais altos, mostrando que há mais

escassez do que nos FCs originais do modelo (Tabela 19). Além disso, os fatores originais não mostram a diminuição encontrada no período chuvoso que ocorre na região do Semiárido.

Na comparação entre os fatores regionalizados com os originais, observa-se que fatores originais e regionalizados mostram a mesma tendência de fatores não agrícolas apresentam maior FC Não-Agri anual.

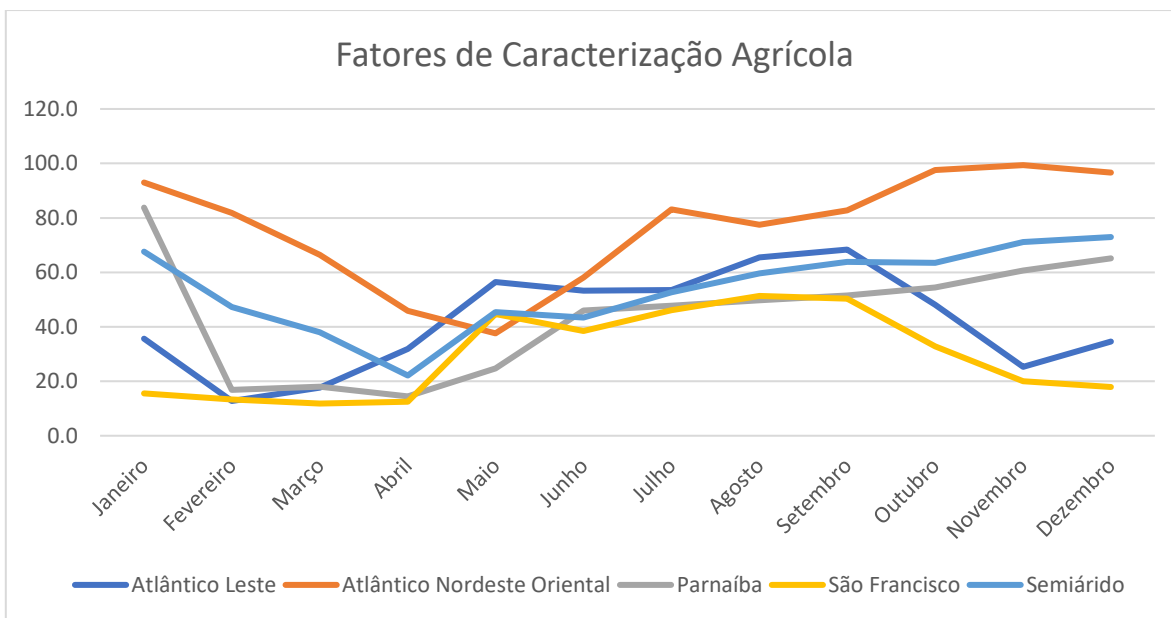
Tabela 19 - Comparação de FCs no Semiárido

	AGRI	NÃO-AGRI	PADRÃO	ORIGINAL
Janeiro	67.6	44.5	62.0	7.6
Fevereiro	47.3	40.3	43.4	4.3
Março	38.0	34.4	35.3	2.9
Abril	22.1	39.6	31.0	2.1
Maiο	45.4	47.2	46.8	2.1
Junho	43.4	51.2	46.9	2.6
Julho	52.6	53.8	53.1	3.0
Agosto	59.6	57.7	58.9	4.2
Setembro	63.8	65.8	64.4	6.0
Outubro	63.5	68.1	64.9	8.1
Novembro	71.1	52.8	63.6	10.4
Dezembro	73.0	47.2	60.8	10.9
Agri	56.4	-	-	4.0
Não-Agri	-	50.2	-	5.3
Pad	-	-	54.1	4.3

Fonte: Elaboração da autora (2018)

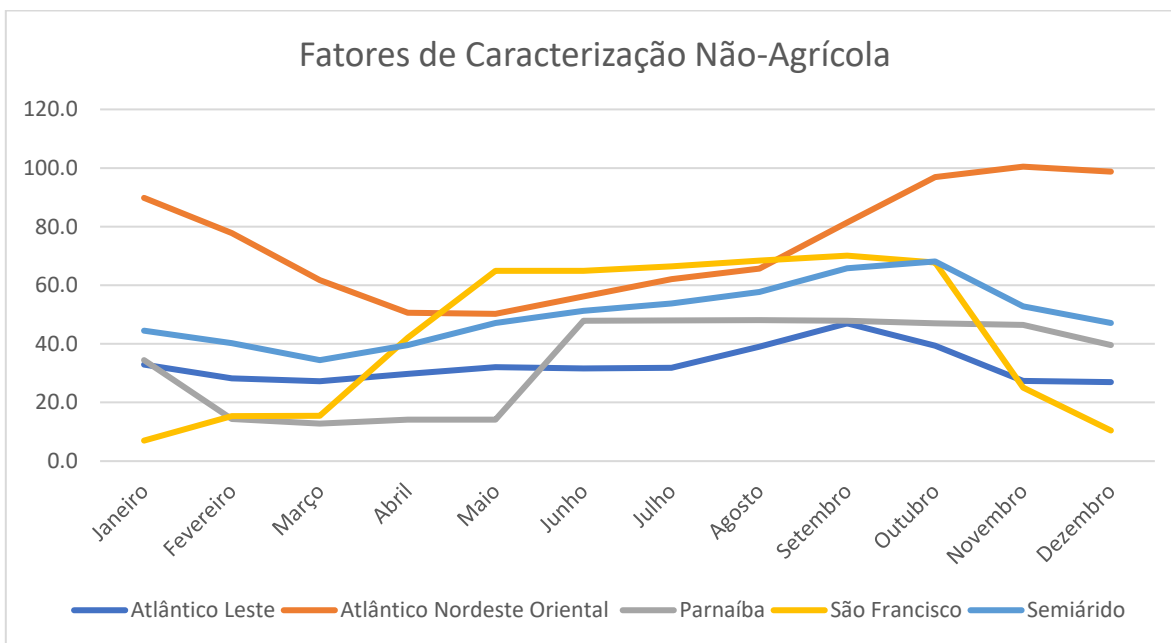
Entre as RH, a RH Atlântico Nordeste Oriental é a que mais contribui para a alta escassez do Semiárido, apresentando os maiores FCs durante o ano, sejam eles agrícola, não-agrícola ou padrão (Gráficos 9 a 11). A distribuição dos fatores durante o ano é bastante semelhante entre as RHs Atlântico Leste, São Francisco, apresentando aumento nos FCs a partir de abril, já que as chuvas nessas regiões já se iniciam a partir de novembro-dezembro. Já as RH Atlântico Nordeste Oriental e Parnaíba, têm FCs aumentando a partir de maio, permanecendo elevados até janeiro seguinte, que é quando tem início quadra chuvosa no Semiárido, aumentando a disponibilidade hídrica nas regiões. Devido à alta escassez encontrada na RH Atlântico Nordeste Oriental, essa região é a que mais tem influência nos resultados encontrados para o Semiárido.

Gráfico 9 - Distribuição dos FCs Agrícolas para as RHs e Semiárido



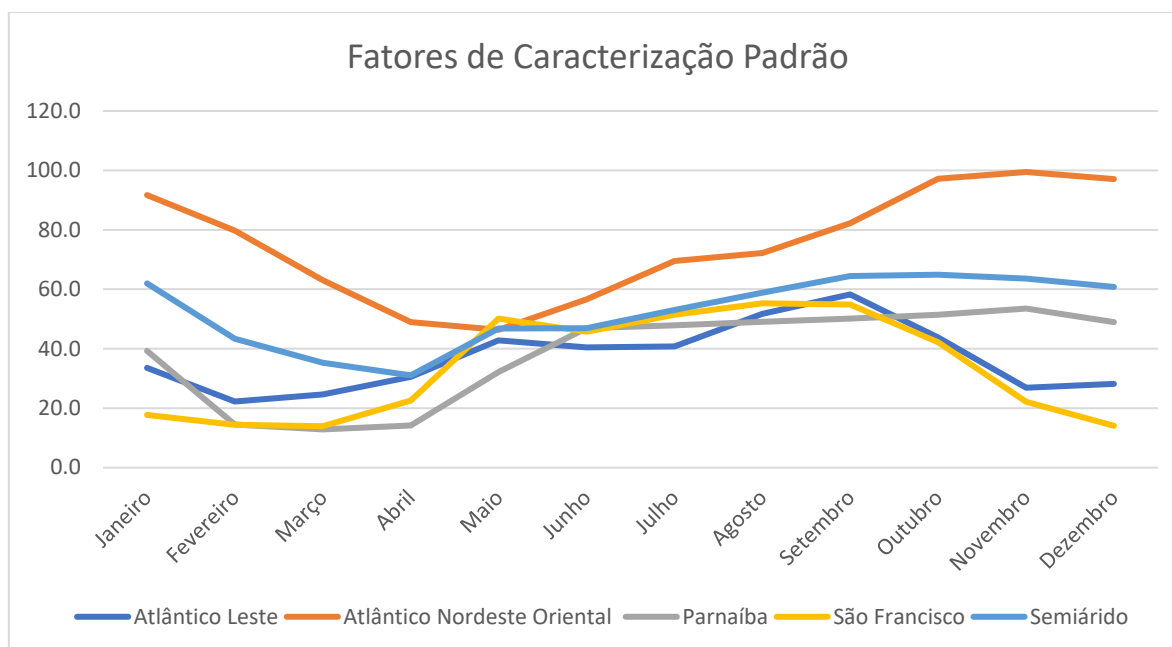
Fonte: Elaboração da autora (2018)

Gráfico 10 - Distribuição dos FCs Não-Agrícolas para as RHs e Semiárido



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Gráfico 11 - Distribuição dos FCs Padrão para as RHs e Semiárido



Fonte: Elaboração da autora (2018)

4.6 Comparação entre FCs originais e nacionais

De acordo com os limites de bacias do WaterGAP o Semiárido é composto 52 bacias formadas pela união de células de 0.5° latitude x 0.5° longitude. O principal problema com o uso do nível de regionalização da bacia hidrográfica surge quando um único FC é gerado para grandes bacias hidrográficas em países onde a disponibilidade e a demanda de água não são uniformes (NUÑEZ *et al.*, 2015). Assim, Nuñez *et al.* (2015) encorajou outros pesquisadores em Avaliação do Ciclo de Vida a atualizar fatores de caracterização para outros países usando informação a nível nacional que geralmente tem-se acesso livre.

Os novos fatores obtidos foram utilizados para comparar com os fatores publicados por Boulay *et al.* (2017), após operação para situá-los na mesma regionalização de acordo com a metodologia adotada nesse trabalho.

A comparação entre FCs das Bacias do WaterGAP e UHEs da ANA mostra que quando se aplica dados nacionais, há maior concordância com a realidade da região. Regiões mostradas pelos dados de literatura da ANA como escassas, como por exemplo a UHE Metropolitana, onde está inserida a Região Metropolitana de Fortaleza, pelo modelo AWARE mostravam-se com escassez muito baixa (Tabela 20). O resultado geral da

regionalização dos FCs mostra que ao se utilizar um modelo hidrológico e de uso de água pode-se encontrar resultados subestimados em relação à realidade local. No Anexo J estão todos os FC Pad mensais para as bacias de comparação.

Tabela 20 - Comparação entre FC regionalizados e originais na UHE Metropolitana

	WATERGAP	ANA
Janeiro	11.9	100.0
Fevereiro	4.3	100.0
Março	1.3	100.0
Abril	0.6	100.0
Mai	0.6	100.0
Junho	1.2	100.0
Julho	2.2	100.0
Agosto	4.8	100.0
Setembro	7.2	100.0
Outubro	9.9	100.0
Novembro	13.7	100.0
Dezembro	15.9	100.0
Agri	5.9	100.0
Não-Agri	6.1	100.0
Padrão	6.0	100.0

Fonte: Elaboração da autora (2018)

A RH São Francisco, por exemplo, nos limites do WaterGAP está definida como uma única grande bacia. Comparando o resultado do modelo regionalizado com o modelo original, percebe-se que há maior escassez ao aplicar uma base de dados nacional (Tabela 21). Essa discrepância de resultados pode ser explicada pela superestimação, pelo WaterGAP, de valores de disponibilidade hídrica na RH do São Francisco, chegando, por exemplos a ser quase cinco vezes maior que o valor calculado pela ANA (Tabela 22). Além disso, há uma leve subestimação dos valores de demanda agrícola quando se compara essas duas bases de dados. A vazão necessária por ano para a demanda não-agrícola calculada pelo WaterGAP foi de 224.61 m³/s enquanto que pela ANA é de 121.26 m³/s.

Tabela 21 - FCs mensais agregados para RH do São Francisco e originais do AWARE

	FC Agri	FC Não-Agri	FC Pad	Originais AWARE
Janeiro	0.6	1.8	1.3	1.5
Fevereiro	4.5	2.7	3.6	1.1
Março	6.8	3.1	4.6	1.2
Abril	8.0	5.5	7.1	1.4
Mai	11.8	34.5	17.9	4.3
Junho	13.9	55.6	25.2	7.2
Julho	16.0	58.0	27.1	5.3
Agosto	24.9	63.8	33.9	5.3
Setembro	20.6	69.7	31.7	5
Outubro	9.2	37.4	16.7	4.5
Novembro	3.0	6.0	4.2	3.7
Dezembro	0.3	2.2	1.3	2.6
FC Anual	13.2	28.3	18.2	-
FC Anual Original	3.0	3.1	3.6	-

Fonte: Elaboração da autora (2017)

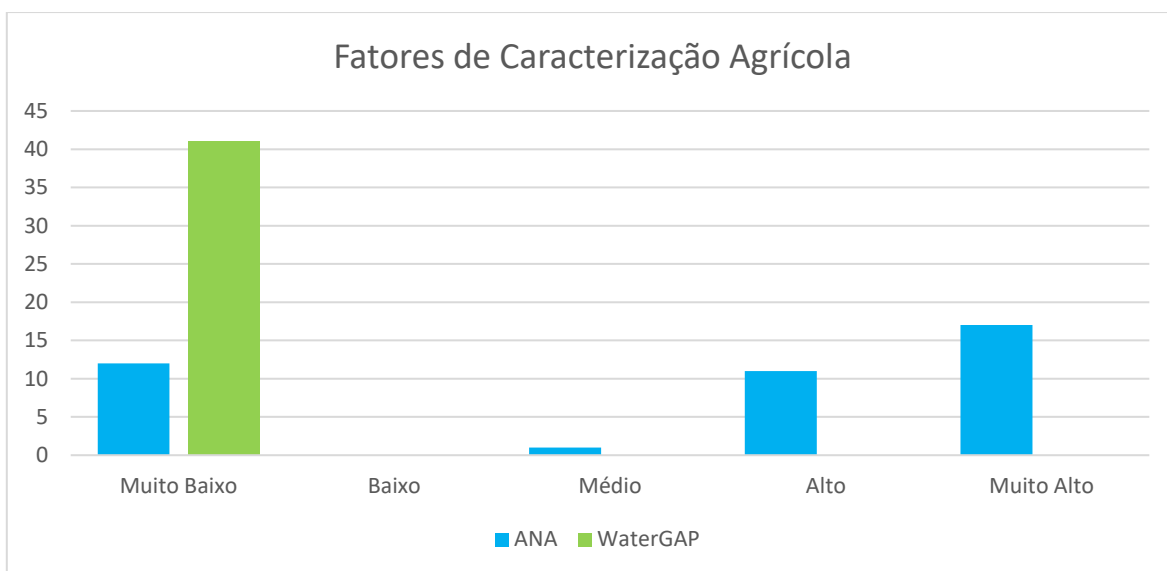
Tabela 22 - Comparação entre base de dados do modelo WaterGAP e da ANA para a RHSF

	<i>Disponibilidade</i>		<i>Demanda Agrícola</i>	
	WaterGAP	ANA	WaterGAP	ANA
Janeiro	2055.60	1033.56	58.36	88.49
Fevereiro	3710.86	1105.71	110.50	122.64
Março	4949.37	1117.09	105.47	86.60
Abril	5007.89	961.15	118.96	235.51
Mai	4424.65	701.87	106.47	332.53
Junho	3714.60	567.86	51.90	325.50
Julho	2950.53	526.48	38.86	340.11
Agosto	1846.79	511.45	33.81	402.17
Setembro	1015.98	506.65	40.04	411.49
Outubro	598.54	516.90	35.98	331.54
Novembro	478.97	598.09	26.38	161.87
Dezembro	669.08	802.02	30.38	113.34

Fonte: Elaboração da autora (2017)

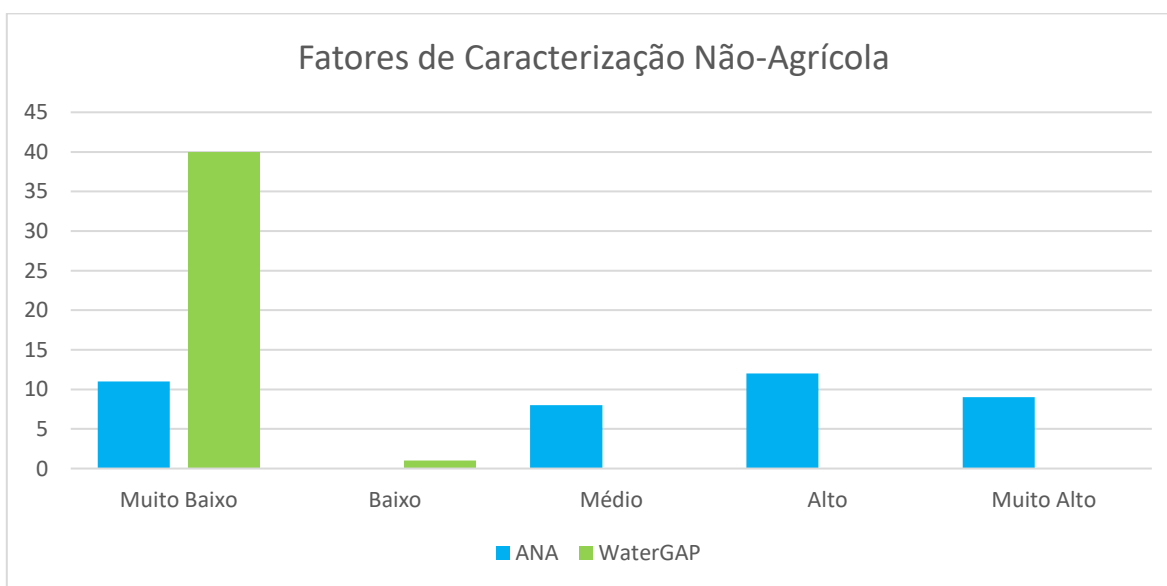
Comparando a distribuição entre os FCs Agrícola, Não-agrícola e Padrão originais e regionalizados percebe-se que nos regionalizados há uma maior distribuição dos fatores, enquanto nos originais há uma concentração dos fatores no nível “muito baixo” (Gráficos 12, 13 e 14). Essa variação nos FCs regionalizados é esperada, pois no Semiárido brasileiro há situações distintas de escassez como foi visto nos resultados desse trabalho.

Gráfico 12 - Comparação entre FCs Agrícola Originais e Regionalizados



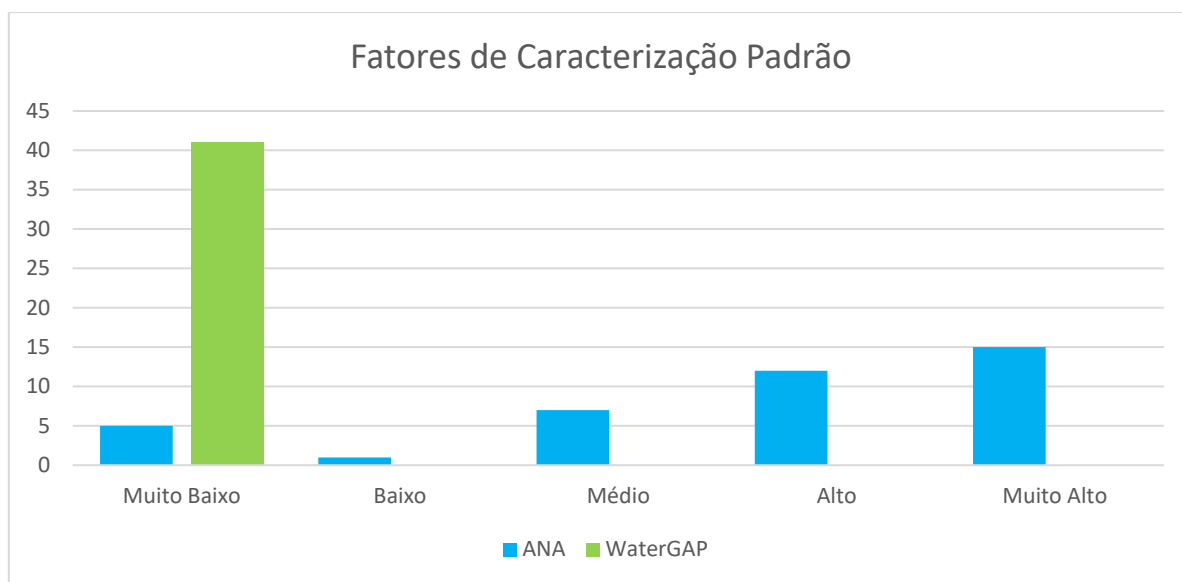
Fonte: Elaboração da autora (2018)

Gráfico 13 - Comparação entre FCs Não-Agrícola Originais e Regionalizados



Fonte: Elaboração da autora (2018)

Gráfico 14 - Comparação entre FCs Padrão Originais e Regionalizados



Fonte: Elaboração da autora (2018)

5 CONCLUSÃO

O uso de fatores de Escassez Hídrica é importante para se avaliar o impacto mais próximo da realidade devido ao consumo de água em estudos de ACV. Visando ou não a certificação ambiental. Nesse trabalho, regionalizou-se os fatores de caracterização do modelo AWARE.

A partir de dados de disponibilidade e demanda hídricas e manipulação dos mesmos no software Arcgis trial (versão estudante) e no Excel, foi possível obter fatores de caracterização (FC), pelo Método AWARE, regionalizados por Unidades Hidrográficas Estaduais (UHE), Regiões Hidrográficas (RH) do Brasil e Semiárido.

Gerou-se fatores de caracterização para 160 UHEs de quatro RHs brasileiras. O nível de detalhe dos FCs regionalizados é maior comparando-se com os originais que foram determinados para grandes bacias. Foram encontradas semelhanças entre os FCs e relatos oficiais sobre escassez em algumas UHEs, principalmente nas regiões mais secas. Houveram algumas divergências devido a delimitação de rios e ao cálculo de disponibilidade hídrica das UHEs.

A partir dos resultados desse trabalho, com a elevada presença de FCs muito alto e altos, foi possível confirmar que os FCs originais disponibilizados por Boulay *et al.* (2017) estavam subestimados em relação à realidade encontrada no Semiárido brasileiro, com valores muitos baixos de escassez.

O uso de fatores de caracterização regionalizados é importante para os resultados sejam adequados a realidade à região em que estão inseridos. Além disso, o cálculo desses fatores para bacias menores, conseqüentemente, reduz incertezas em estudos de escassez hídrica considerando o ciclo de vida de produtos.

Para próximos trabalhos recomenda-se o cálculo de fatores de caracterização para o resto do Brasil para verificar se há divergência de resultados em regiões que historicamente não são consideradas escassas. Além disso, é importante que sejam calculados fatores de incerteza para os FCs para que se verifique as variações que estão sujeitos os fatores, sendo possível elaborar cenários onde haveria mais ou menos restrição aos recursos hídricos de uma dada região.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, M. **Encyclopedia of Sustainable Technologies**. 1. ed. USA, 2017. p. 2262.
- ALCAMO, J. et al. Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. **Hydrological Sciences Journal**, v. 48, n. 3, p. 317-337, 2003.
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. **ESA Working Paper**. n. 12-03. FAO, Rome, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Apresenta legislações, informações e notícias sobre os recursos hídricos. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>> . Acessos em: mar-jul. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2013_rel.pdf>. Acessos em: julho-dezembro, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acessos em: julho-dezembro, 2017.
- ANA. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Estudo Técnico. **Caderno de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, p. 123, 2005.
- BAUMANN, H.; TILLMAN, A. M.. **The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application**. External organization, 2004.
- BAYART, J. B. et al. A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment** v. 15, n. 5, p. 439-453, 2010.
- BÖSCH, M. E. et al. Applying cumulative exergy demand (CExD) indicators to the ecoinvent database. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, n. 3, p. 181–190, 2007.
- BOULAY, A. M. et al. Regional characterization of freshwater use in LCA: modeling direct impacts on human health. **Environmental Science & Technology** v. 45, n. 20, p. 8948–8957, 2011.
- BOULAY, A. M. et al. Consensus building on the development of a stress-based indicator for LCA-based impact assessment of water consumption: outcome of the expert workshops. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 5, p. 577-583, 2015.

BOULAY, A. M. et al. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1-11, 2017.

CHAUDHARY, A. et al. Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species-Area Models and Vulnerability Indicators. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 16, p. 9987–9995, 2015.

CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.104, 1997.

DÖLL, P.; KASPAR, F.; LEHNER, B. A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. **Journal of Hydrology**, v. 270, n. 1, p. 105-134, 2002.

EC-JRC – JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment- background document. **ILCD Handbook – International Reference Life Cycle Data System**, European Union, 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. Washington, DC, EPA/600/R-06/060, 2006.

EUROPEAN COMMISSION, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. **Characterization factors of the ILCD recommended Life Cycle Impact Assessment methods**. Database and Supporting Information. First edition. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2012.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security**. Rome, FAO 2012. Disponível <<http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>> Acesso em: outubro de 2017.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Water Withdrawal by Sector, around 2007**. Rome, FAO 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf>.

FLORKE, M. et al. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: a global simulation study. **Glob Environ Chang**, p.146–156, 2013.

FRISCHKNECHT, R. et al. **Swiss ecological scarcity method: the new version 2006**. Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Switzerland.

GALATOLA, M.; PANT, R. Reply to the editorial Bproduct environmental footprint - breakthrough or breakdown for policy implementation of life cycle assessment? **The International Journal of Life Cycle Assessment** v. 19, p.1356 –1360, 2014.

GERTEN, D. I. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: role of environmental flow requirements. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 551–558, 2013.

GOEDKOOPE, M. et al. **ReCiPe 2008**. Holanda: PRé Consultants, University of Leiden, Radboud University (CML) e National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), 2009.

IEA (International Energy Agency). **Global Energy Outlook 2012**. Paris, IEA, 2012. Disponível em: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/>. Acesso em: 30 de novembro de 2017.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change. Summary for Policymakers. **In: Climate Change: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker, T. F., D. Qin et al. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, SBCS-UFV, p. 930, 1996.

JOLLIET, O. et al. Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: findings of the scoping phase. **The International Journal of Life Cycle Assessment** v. 9, p. 962–967, 2014.

KOUNINA, A. et al. Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 707-721, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14040: environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework**. Genebra: ISO: 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14044: environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines**. Genebra: ISO: 2006b.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14046: Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines**. Genebra: ISO: 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Disponível em: <http://www.ipcc.ch/>.

- LOUBET, P.; ROUX, P.; BELAUD, G. Assessing water deprivation at the sub-river basin scale in LCA integrating downstream cascade effects. **Environmental Science & Technology**, v. 47, p. 14242–14249, 2013.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advantage**, v.2, n. 2, pp. 1-7, 2016.
- MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do SemiÁrido**. Fortaleza: SEMACE, p. 108, 1997.
- MILÀ I CANALS, L. et al. Assessing freshwater use impacts in LCA: part I - inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.14, n. 1, p. 28–42, 2009.
- SANTOS, V. M. **Análise Estatística: qual é a importância da técnica nos negócios?** Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/analise-estatistica/>>. Acesso em: fevereiro de 2018.
- SCHMIED, M. et al. Sensitivity of simulated global-scale freshwater fluxes and storages to input data, hydrological model structure, human water use and calibration. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 9, p. 3511-3538, 2014.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016**. Perugia, 2016. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2017.
- NUNEZ, M. et al. Spatial and temporal specific characterisation factors for water use impact assessment in Spain. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.20, n. 1, p. 128-138, 2015.
- PEDRO-MONZONÍS, M. et al. Water accounting for stressed river basins based on water resources management models. **Science Total Environment**, v. 565, p.181-190, 2016.
- PFISTER, S.; BAYER, P. Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production. **Journal Clean Production**, v. 73, p. 52-62, 2014.
- POSCH, M. et al. The role of atmospheric dispersion models and ecosystem sensitivity in the determination of characterisation factors for acidifying and eutrophying emissions in LCIA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 6, p. 477 - 486, 2008.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). **OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction**. Paris, OECD Publishing, 2012.

PASTOR, A. V. et al. Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 10, p. 14987-15032, 2013.

PFISTER, S.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 11, p. 4098–4104, 2009.

RICHTER, Brian D. et al. A presumptive standard for environmental flow protection. **River Research and Applications**, v. 28, n. 8, p. 1312-1321, 2012.

ROSENBAUM, R. K. et al. USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 7, p. 532-546, 2008.

SCHERER, L. et al. Large-scale hydrological modeling for calculating water stress indices: implications of improved spatiotemporal resolution, surface-groundwater differentiation, and uncertainty characterization. **Environmental Science & Technology**, v. 49, p. 4971–4979, 2015.

SEPPÄLÄ, J. et al. Country-dependent Characterisation Factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 6, p. 403 - 416, 2006.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and Assessment of World Water Resources. **Water International**, v. 25, p. 11-32, 2000.

SIEBERT, S.; HENRICH, V.; FRENKEN, K.; BURKE, J. **Update of the Digital Global Map of Irrigation Areas (GMIA) to Version 5**. Rome/Bonn, Germany, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/University of Bonn, 2013.

WULCA. **The AWARE method: Available WATER REmaning**. Disponível em: <<http://www.wulca-waterlca.org/aware.html>>. Acesso em: março – setembro, 2017.

TELIS, P. A.; DISTRICT, P. H. W. **Techniques for estimating 7-day, 10-year low-flow characteristics for ungaged sites on streams in Mississippi**. US Geological Survey, allahassee, MS, USA, Water-Resources Investigations Report 91-4130, p.143, 1992.

TUSHAAR, S. et al. **Groundwater: A Global Assessment of Scale and Significance**. CAWMA, **Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture**. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute (IWMI), 2007.

UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. **Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators**: Paris – França, v.1, p. 159, 2016. ISBN: 978-92-807-3630-4.

UNEP/SETAC. **Life Cycle Approaches – the road from analysis to practice.** United Nations Environment Program/Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Paris - France, p. 89, 2005.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). **The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk.** Paris, UNESCO, 2012. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>.

ANEXO A - Fontes dos dados de disponibilidade das UHEs

RH	UHE	FONTE	RH	UHE	FONTE
At. Leste	Alto Rio Jequitinhonha	ANA	At. NE Oriental	Maxaranguape	ANA
At. Leste	Bacias do Leste: Rio Buranhém	ANA	At. NE Oriental	Medio Jaguaribe	ANA
At. Leste	Bacias do Leste: Rio Itanhém	ANA	At. NE Oriental	Metropolitana	ANA
At. Leste	Bacias do Leste: Rio Itaúnas	ANA	At. NE Oriental	Mundau AL	ANA
At. Leste	Bacias do Leste: Rio Jucuruçu	ANA	At. NE Oriental	Mundau PE	ANA
At. Leste	Bacias do Leste: Rio Peruípe	ANA	At. NE Oriental	Paraíba AL	ANA
At. Leste	Caueira/Abaís	ANA	At. NE Oriental	Paraíba PB	ANA
At. Leste	De Contas	ANA Anual	At. NE Oriental	Pirangi	ANA
	Dos Frades, Buranhém e Santo Antônio				ANA
At. Leste	Antônio	ANA Anual	At. NE Oriental	Piranhas	ANA
At. Leste	Itapicuru	ANA Anual	At. NE Oriental	Piranhas Acu	ANA
At. Leste	Itaúnas	ANA Anual	At. NE Oriental	Potengi	ANA
At. Leste	Japarutuba	ANA Anual	At. NE Oriental	Pratagi	ANA
At. Leste	Jequitinhonha	ANA Anual	At. NE Oriental	Punau	ANA
At. Leste	Leste	ANA Anual	At. NE Oriental	Rio Doce	ANA
At. Leste	Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	ANA Anual	At. NE Oriental	Salgado	ANA
At. Leste	Mucuri	ANA Anual	At. NE Oriental	Sao Miguel	ANA
At. Leste	Paraguaçu	ANA Anual	At. NE Oriental	Sirinhaem	ANA
At. Leste	Pardo BA	ANA Anual	At. NE Oriental	Trairi PB	ANA
At. Leste	Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu	ANA Anual	At. NE Oriental	Trairi RN	ANA
At. Leste	Piauí SE	ANA Anual	At. NE Oriental	Una	ANA
At. Leste	Real BA	ANA Anual	Parnaíba	Canindé	ANA
At. Leste	Real SE	ANA Anual	Parnaíba	Difusas da Barragem de Boa Esperança	ANA
At. Leste	Recôncavo Norte	ANA Anual	Parnaíba	Difusas do Alto Parnaíba	ANA
At. Leste	Recôncavo Sul	ANA Anual	Parnaíba	Difusas do Baixo Parnaíba	ANA
At. Leste	Riacho Doce	ANA Anual	Parnaíba	Difusas do Litoral (PB)	ANA
At. Leste	Rio Araçuaí	ANA Anual	Parnaíba	Difusas do Médio Parnaíba	ANA
At. Leste	Rio Mucuri	ANA Anual	Parnaíba	Gurguéia	ANA
At. Leste	Rio Pardo	ANA Anual	Parnaíba	Itaueira	ANA
At. Leste	Rio São Mateus	ANA Anual	Parnaíba	Longá	ANA
At. Leste	São Mateus	ANA Anual	Parnaíba	Parnaíba	ANA

At. Leste	Sapucaia	ANA Anual	Parnaíba	Piranji	ANA
At. Leste	Sergipe	ANA Anual	Parnaíba	Poti	ANA
At. Leste	Vaza Barris SE	ANA Anual	Parnaíba	Serra da Ibiapaba	ANA
At. Leste	Vaza-Barris BA	ANA Anual	Parnaíba	Sertões de Crateús	ANA
At. NE Oriental	15_3	ANA Anual	Parnaíba	Uruçuí-Preto	ANA
At. NE Oriental	15_4	ANA Anual	São Francisco	Afluentes do Rio Preto	ANA Anual
At. NE Oriental	16_1	ANA Anual	São Francisco	Alto Rio São Francisco	ANA Anual
At. NE Oriental	16_2	ANA Anual	São Francisco	Brígida	ANA Anual
At. NE Oriental	16_3	ANA Anual	São Francisco	Capiá	ANA Anual
At. NE Oriental	16_4	ANA Anual	São Francisco	Carinhanha	ANA Anual
At. NE Oriental	16_5	ANA Anual	São Francisco	Carnaíba de Dentro	ANA Anual
At. NE Oriental	16_6	ANA Anual	São Francisco	Corrente e Riachos do Ramalho, Serra	
At. NE Oriental	16_7	ANA Anual	São Francisco	Dourada e Brejo Velho	ANA Anual
At. NE Oriental	16_8	ANA Anual	São Francisco	Entorno da Represa de Três Marias	ANA Anual
At. NE Oriental	Acarau	ANA Anual	São Francisco	Garças	ANA Anual
At. NE Oriental	Alto Jaguaribe	ANA Anual	São Francisco	GI2	ANA Anual
At. NE Oriental	Apodi Mossoro	ANA Anual	São Francisco	GI3	ANA Anual
At. NE Oriental	Baixo Jaguaribe	ANA Anual	São Francisco	GI4	ANA Anual
At. NE Oriental	Banabuiu	EF	São Francisco	GI5	ANA Anual
At. NE Oriental	Boqueirao	EF	São Francisco	GI6	ANA Anual
At. NE Oriental	Camaragibe	EF	São Francisco	GI7	ANA Anual
At. NE Oriental	Capibaribe	EF	São Francisco	GI8	ANA Anual
At. NE Oriental	Catu	EF	São Francisco	Grande	ANA Anual
At. NE Oriental	Ceara_Mirim	EF	São Francisco	Ipanema AL	ANA Anual
At. NE Oriental	CELMM	EF	São Francisco	Ipanema PE	EF
At. NE Oriental	Coreau	EF	São Francisco	Lago de Sobradinho	EF
At. NE Oriental	Coruripe	EF	São Francisco	Macururé e Curaçá	EF
At. NE Oriental	Curimatau PB	EF	São Francisco	Moxotó AL	EF
At. NE Oriental	Curimatau RN	EF	São Francisco	Moxotó PE	EF
At. NE Oriental	Curu	EF	São Francisco	Pajeú	EF
At. NE Oriental	Difusas do Litoral ANOR	EF	São Francisco	Paramirim e Santo Onofre	EF
At. NE Oriental	GI1	EF	São Francisco	Piauí AL	EF
At. NE Oriental	GI9	EF	São Francisco	Pontal	EF
				Riacho do Tará	EF

At. NE Oriental	GL1	EF	São Francisco	Riacho Grande	EF
At. NE Oriental	GL2	EF	São Francisco	Rio das Velhas	EF
At. NE Oriental	GL3	EF	São Francisco	Rio Pandeiros	EF
At. NE Oriental	GL4	EF	São Francisco	Rio Pará	EF
At. NE Oriental	GL5	EF	São Francisco	Rio Paracatu	EF
At. NE Oriental	GL6	EF	São Francisco	Rio Paraopeba	EF
At. NE Oriental	Goiana	EF	São Francisco	Rio Urucuia	EF
At. NE Oriental	Guaju PB	EF	São Francisco	Rio Verde Grande	EF
At. NE Oriental	Guaju RN	EF	São Francisco	Rios Jequitaí e Pacuí	EF
At. NE Oriental	Ipojuca	EF	São Francisco	Salitre	EF
At. NE Oriental	Jacu PB	EF	São Francisco	São Francisco GO	EF
At. NE Oriental	Jacu RN	EF	São Francisco	São Francisco SE	EF
At. NE Oriental	Jacuipe_Una	EF	São Francisco	Talhada	EF
At. NE Oriental	Litoral	EF	São Francisco	Terra Nova	EF
At. NE Oriental	Litoral Norte AL	ONS	São Francisco	Traipu	EF
At. NE Oriental	Litoral Norte PB	ONS	São Francisco	Verde e Jacaré	EF
At. NE Oriental	Litoral Sul	ONS	São Francisco	Verde Grande	EF

ANEXO B - Região Hidrográfica Atlântico Leste

A Região Hidrográfica Atlântico Leste possui (Figura 34), aproximadamente, 388.160 km² de área (3,9% do país), abrangendo 491 municípios com sedes inseridas na RH, distribuídos em quatro Unidades da Federação: Bahia (69%), Minas Gerais (26%), Sergipe (4%) e Espírito Santo (1%) (ANA, 2013). É formada por um conjunto de bacias hidrográficas costeiras, que derramam no litoral, com uma relevante diversidade em termos de porte, que compreendem, ao norte, parte dos estados da Bahia e Sergipe e se estendem até porções de Minas Gerais e Espírito Santo.

Figura 34 - Região Hidrográfica Atlântico Leste e suas Unidades Hidrográficas Estaduais



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Essa RH está dividida em 35 unidades hidrográficas estaduais (Tabela 24). Tem como principais rios: Vaza-Barris, Barba do Tubarão, Real, Itapicuru-açu, Itapicuru, Inhambupe, Jacuípe, Salgado, Pojuca, Capivari, Paraguaçu, São João, Salto, Gavião, Conguji, Contas, Pardo, Itacambiruçu, Araçaí, Jequitinhonha, Prado ou Jucuruçu, Alcobaça ou Itanhaém, Mucuri, Cibrão, e São Mateus.

Tabela 23- UHE da RH Atlântico Leste e suas respectivas áreas

UHE	ÁREA (km²)	UHE	ÁREA (km²)
Alto Iguaçú/Afluentes do Rio Negro/Afluentes do Rio Ribeira	20222.09	Paraguaçu	54923.95
Alto Rio Jequitinhonha	19935.75	Pardo BA	19899.78
Bacias do Leste- Rio Buranhém	323.80	Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu	16134.29
Bacias do Leste- Rio Itaúnas	128.87	Piauí SE	3953.48
Bacias do Leste- Rio Itanhém	1510.94	Real BA	2524.99
Bacias do Leste- Rio Jucuruçu	714.54	Real SE	2386.73
Bacias do Leste- Rio Perúpe	50.23	Recôncavo Norte	16171.76
Caueira/Abais	162.32	Recôncavo Sul	17512.14
De Contas	55189.32	Riacho Doce	421.97
Dos Frades, Buranhém e Santo Antônio	9602.76	Rio Araçaí	16325.28
Itaúnas	4428.75	Rio Pardo	12754.66
Itapicuru	36511.35	Rio São Mateus	5644.53
Japarutuba	1674.27	São Mateus	8237.20
Jequitinhonha	4081.48	Sapucaia	119.02
Leste	9500.16	Sergipe	3693.92
Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	29639.48	Vaza Barris SE	2660.05
Macaé/Das Ostras	2016.23	Vaza-Barris BA	14294.74
Mucuri	920.33		

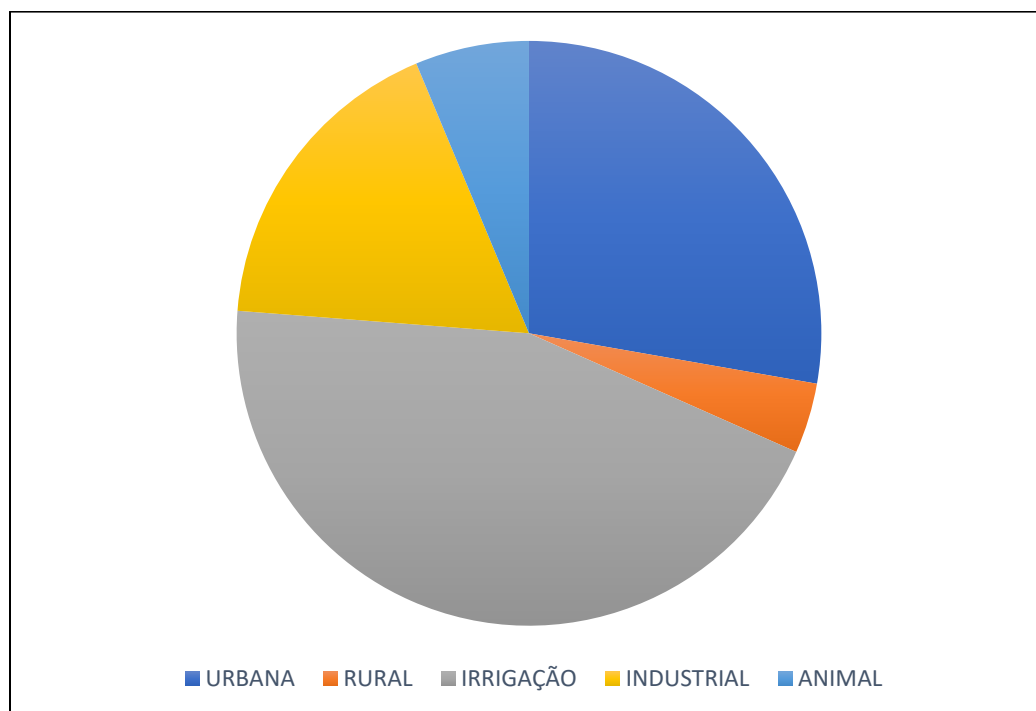
Fonte: Elaboração da autora (2017)

A população total da região é de, aproximadamente, 15,1 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Caracteriza-se por possuir população predominantemente urbana, representada por 75% do total de seus habitantes, destacando-se as Regiões Metropolitanas de Salvador e Aracaju. A densidade demográfica é de 38,82 hab./km², aproximadamente, 2 vezes maior que a média brasileira, que é de 22,4 hab./km².

Segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na RH Atlântico Leste é de 1.018 mm, bem menor do que o valor da média nacional, de 1.761 mm. A vazão média é de 1.484 m³/s, correspondendo a 0,8% da vazão média nacional, e sua disponibilidade hídrica é de 305 m³/s, ou seja, 0,3% da disponibilidade hídrica nacional (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região) (ANA, 2013).

As principais demandas de recursos hídricos na RH Atlântico Leste são para irrigação com 58.24 m³/s e para o abastecimento urbano de água com 36 m³/s. A vazão de retirada para o uso industrial correspondeu a 22,83 m³/s; para a dessedentação animal, a 8,23m³/s, e para o abastecimento da população rural, a 5.08 m³/s (ANA,2013). No gráfico 15 abaixo são mostradas as porcentagens atribuídas às demandas de usos consuntivos na RH.

Gráfico 15 - Demandas consuntivas na RH Atlântico Leste



Fonte: Elaboração da autora (2017)

No ano de 2012, as áreas irrigadas tomavam 0,9% do território da RH, representando 6,1% do total de área irrigada do país. De 2006 a 2012, houve um aumento de, aproximadamente, 46% na área irrigada, que ocupava 11,6% de toda a área plantada. Apesar do expressivo aumento mostrado, a RH ocupa a sexta posição quanto ao volume de água demandado para irrigação, dentre as doze regiões hidrográficas brasileiras.

A RH Atlântico Leste é a segunda com menor disponibilidade hídrica, ficando à frente apenas da RH Atlântico Nordeste Oriental, esse fato da baixa disponibilidade hídrica, que há naturalmente na região, além do fato de muitos de seus rios serem intermitentes, podem vir a ser limitantes para a expansão da atividade agrícola. Além do mais, a baixa disponibilidade hídrica pode ainda ocasionar conflitos futuros em relação ao uso da água em algumas localidades (ANA, 2013).

O balanço entre a disponibilidade hídrica/demandas consuntivas e disponibilidade hídrica/diluição de efluentes representa a oferta de água em condições satisfatórias para os diversos usos, respectivamente, quantitativa e qualitativamente.

Considerando-se o balanço hídrico (ANA, 2013), constatou-se que a Região Hidrográfica Atlântico Leste possui, aproximadamente, 51% da extensão de seus principais rios em situação satisfatória, quanto ao balanço hídrico quali-quantitativo. Isso significa que metade dos recursos hídricos da RH estão em boas condições, em termos de quantidade e qualidade para usos futuros, sendo eles de consumo para os diversos fins ou diluição de efluentes. O restante desses recursos, porém, mostra uma situação de criticidade quantitativa (32%), qualitativa (3%) ou quali-quantitativa (14%), necessitando ações de gestão para reversão desse quadro.

Os principais trechos de rios com criticidade quantitativa na RH estão inseridos espacialmente, em sua maioria, nas regiões compreendidas pelo semiárido, onde estão os rios intermitentes, ou seja, que durante um período do ano eles secam. A escassez hídrica natural da região é fator agravante para o atendimento das demandas atuais existentes. Devido a disponibilidade hídrica ser insuficiente para a demanda atualmente existente, torna-se necessário o melhor gerenciamento dos recursos hídricos, especialmente nessas áreas tão sensíveis quanto à oferta hídrica (ANA, 2013).

Como já citado, grande parte da RH Atlântico Leste situa-se na região do semiárido e a distribuição das disponibilidades hídricas se reflete na configuração da infraestrutura hídrica para abastecimento urbano de água. Os sistemas integrados, que atendem a mais de uma cidade, são comumente empregados nas áreas mais secas do país. Dessa forma, na RH Atlântico Leste, existe um maior número de cidades atendidas por sistemas integrados na porção semiárida do que na outra porção, onde há um predomínio de sistemas isolados (ANA, 2013).

Em 2013, o maior número de municípios nos quais foram reconhecidos situação de emergência (SE) ou estado de calamidade pública (ECP) estava na RH Atlântico Leste, sendo 58% dos municípios devido a secas ou estiagens e 4% dos municípios devido a chuvas intensas. A seca severa que vem enfrentando o Nordeste Brasileiro, desde o ano de 2012, além de impactar a zona rural, atingiu também o abastecimento de muitas sedes urbanas. Na RH Atlântico Leste, segundo dados da Operação Seca1, o abastecimento de, aproximadamente, 21% das sedes municipais apresentou racionamento ou esteve em estado de alerta, no ano de 2013. Diversas ações emergenciais vêm sendo realizadas e planejadas nessas sedes afetadas. Dentre elas destacam-se a distribuição de água por meio de carros-pipa e a perfuração de novos poços.

A segurança hídrica está relacionada à garantia da oferta de água para o abastecimento humano e para as atividades produtivas, de maneira que seja possível enfrentar as secas e estiagens ou qualquer outro desequilíbrio entre a oferta e a demanda hídrica. A infraestrutura para reservação de água é fator estratégico para garantir a segurança hídrica de uma região (ANA, 2013).

ANEXO C - Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental

A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 31) possui uma área de cerca de 286.800 km², 3,4% do território nacional, e abrange 874 municípios, onde 739 possuem suas sedes na RH. Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas estão inseridos nessa RH.

Figura 35 - Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental e suas UHEs



Fonte: Elaboração da autora (2017)

A RH está dividida em 66 unidades hidrográficas estaduais (Tabela 25). Os principais rios da região são o Jaguaribe, Piranhas, Aracaú, Banabuiú, Paraíba, Ipojuca, Una, Apodi e Capibaribe. Os rios Jaguaribe e o Piranhas Açu abrigam os principais açudes da região.

Tabela 24 - UHEs da RH Atlântico Nordeste Oriental e suas respectivas áreas (km²)

UHE	ÁREA (km²)	UHE	ÁREA (km²)
15-3	552.84	GL5	68.86
15-4	3940.90	GL6	87.16
16-1	105.48	Goiana	2888.69
16-2	115.00	Guaju PB	153.23
16-3	83.35	Guaju RN	136.90
16-4	20.64	Ipojuca	3435.96
16-5	80.98	Jacu PB	979.04
16-6	189.20	Jacu RN	1774.43
16-7	18.00	Jacuípe-Una	514.70
16-8	59.72	Litoral	8593.29
Acaraú	14441.89	Litoral Norte AL	1533.09
Alto Jaguaribe	25241.77	Litoral Norte PB	4610.41
Apodi Mossoró	15858.39	Litoral Sul	1179.79
Baixo Jaguaribe	7112.48	Médio Jaguaribe	10352.46
Banabuiú	19647.45	Maxaranguape	998.35
Boqueirão	244.85	Metropolitana	15004.78
Camaragibe	1754.25	Mundaú AL	1955.41
Capibaribe	7458.18	Mundaú PE	2144.45
Catu	209.00	Paraíba AL	1995.00
Ceará-Mirim	2647.94	Paraíba PB	20103.01
CELMM	655.66	Pirangi	455.88
Coreaú	10621.24	Piranhas	26060.50
Coruripe	2015.61	Piranhas Açú	17885.88
Curimataú PB	3321.32	Potengi	4105.65
Curimataú RN	840.71	Pratagi	764.71
Curu	8609.12	Punaú	445.43
Difusas do Litoral (ANOR)	1818.20	Rio Doce	386.52
GI1	1358.41	São Miguel	2225.91
GI9	115.44	Salgado	12718.81
GL1	1194.14	Sirinhaém	2091.08
GL2	1267.50	Trairi PB	106.26

UHE	ÁREA (km ²)	UHE	ÁREA (km ²)
GL3	129.06	Trairi RN	2849.69
GL4	297.73	Una	6311.33

Fonte: Elaboração da autora (2017)

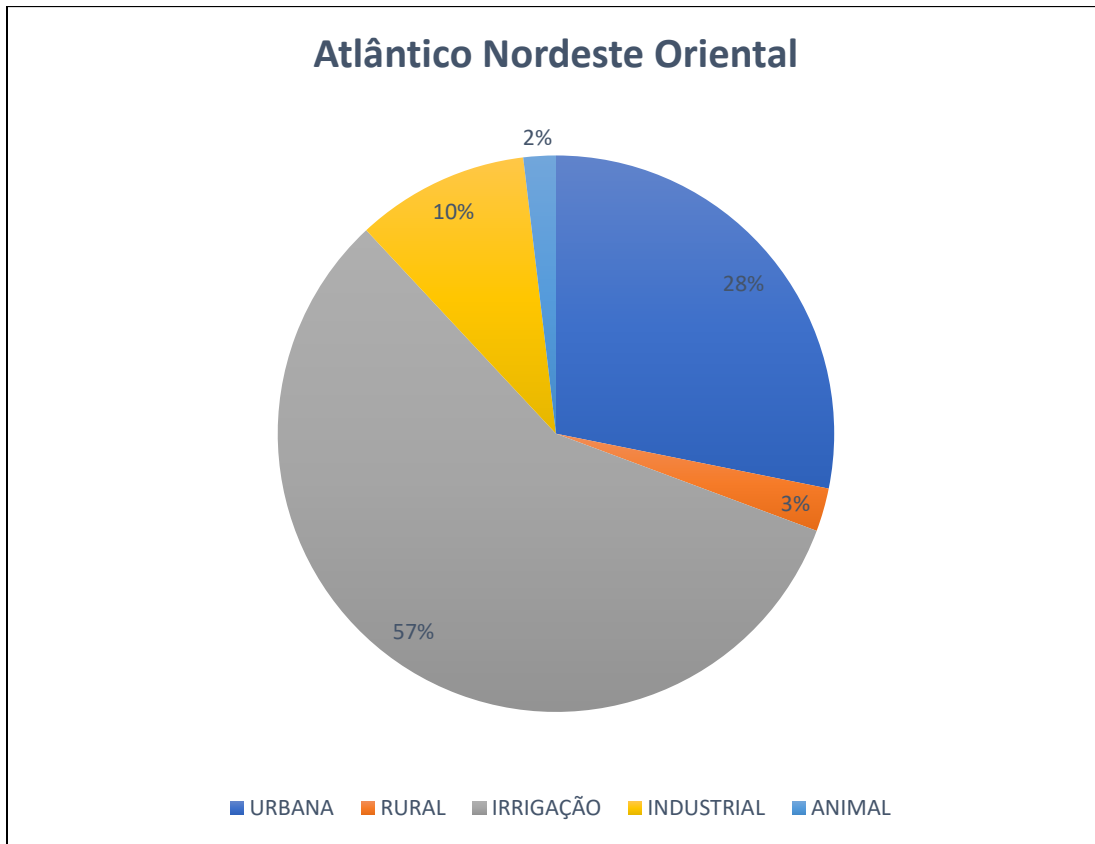
A população total é de aproximadamente 24,1 milhões de habitantes (IBGE, 2010), com 80% vivendo na zona urbana, principalmente nos centros urbanos localizados próximos ao litoral de Fortaleza, Natal, João Pessoa, Recife e Maceió. A densidade demográfica da região é de 84 hab./km², cerca de 4 vezes maior do que a média brasileira, que é de 22,4 hab./km².

A RH Atlântico Nordeste Oriental tem quase a totalidade de sua área pertencente à Região do Semiárido nordestino, região essa que apresenta períodos críticos de estiagens prolongadas, resultado das condições de baixa pluviosidade e de alta evaporação. Segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na RH é de 1.052 mm, abaixo da média nacional, de 1.761 mm (ANA, 2013).

A disponibilidade hídrica superficial, considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região, é de 91,5 m³/s, correspondendo a 0,1% da disponibilidade superficial do país que é de 91.071 m³/s (ANA, 2013).

As principais demandas de recursos hídricos na RH Atlântico Leste são para irrigação com 138,28 m³/s e para o abastecimento urbano de água com 67,88 m³/s. A vazão de retirada para o uso industrial correspondeu a 24,25 m³/s; para a dessedentação animal, a 4,54m³/s, e para o abastecimento da população rural, a 6,06 m³/s (ANA, 2013). No gráfico 16 abaixo são mostradas as porcentagens atribuídas às demandas de usos consuntivos na RH.

Gráfico 16 - Demandas consuntivas da RH Atlântico Nordeste Oriental



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Além dos baixos índices pluviométricos, a região semiárida é caracterizada pelas temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas, por forte insolação e pelas altas taxas de evapotranspiração. Assim, devido aos elevados índices de evapotranspiração normalmente superarem os totais pluviométricos irregulares, resulta em taxas negativas no balanço hídrico da região, a exemplo do que ocorreu no período de 2012 a 2013. Portanto, a RH trata-se de um território vulnerável, em que a irregularidade interanual das chuvas pode chegar a condições extremas, representadas por frequentes e longos períodos de estiagem. Esses períodos críticos têm sido os maiores responsáveis pelo histórico êxodo de grande parte da sua população (ANA, 2013).

Em relação à disponibilidade de águas subterrâneas, o semiárido nordestino brasileiro apresenta áreas com fraco potencial hidrogeológico, devido à grande presença do embasamento cristalino. Nesses locais, a produtividade dos poços apresenta vazões muito

baixas e a água possui elevada salinidade, porém, em muitas pequenas comunidades, esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível (ANA, 2013).

A Região Atlântico Nordeste Oriental apresenta grande ocorrência de rios classificados com criticidade quali-quantitativa devido à baixa disponibilidade hídrica dos corpos d'água, com 90% dos trechos de domínio da União nessa região considerados críticos. Quando se considera o balanço quantitativo, 97,5% da extensão dos seus principais rios são classificados com situação “muito crítica”, “crítica” ou “preocupante”. Destaca-se a bacia do rio Jaguaribe que tem quase a totalidade dos rios em situação “crítica” ou “muito crítica” (ANA, 2013).

No intuito de priorizar as ações de gestão nas áreas mais críticas, a ANA realizou, em 2012, um estudo para identificação de corpos d'água críticos, principalmente federais, considerando o comprometimento quali-quantitativo em todas as RHs brasileiras, cujo resultado foi publicado na Portaria da ANA n°62, em 26 de março de 2013. A RH Atlântico Nordeste Oriental se destaca nesse contexto, pois apresenta mais de 90% da extensão dos seus rios federais na situação crítica.

Por ser um fenômeno natural recorrente, a população dessa região vulnerável aprende a conviver com seca. A mentalidade de “combate à seca” foi trocada pela “convivência com o semiárido”, que passou também a ser o ponto de ação das instituições governamentais. Historicamente, o açude é a principal solução adotada para conviver com o problema da seca na RH. Os reservatórios da RH Atlântico Nordeste Oriental desempenham papel importante no atendimento das demandas da RH, através da regularização das vazões. Importantes rios na região, como o rio Piranhas Açú, são naturalmente intermitentes e são perenizados pela atividade dos reservatórios Coremas-Mãe D'Água e Armando Ribeiro Gonçalves (ANA, 2013).

O Ceará é o estado que possui o maior número de reservatórios de regularização, sobressaindo-se a bacia do rio Jaguaribe, com um elevado número de barramentos com capacidade de acumulação superior a 10 hm³, com destaque para os açudes Orós, Banabuiú e Castanhão. Nessa bacia, as demandas muitas vezes superam a vazão de estiagem, e, com a regularização das vazões promovidas pelos açudes, a disponibilidade hídrica faz-se capaz de atender às demandas (ANA, 2013).

No abastecimento das regiões metropolitanas é importante dar destaque aos Sistemas Integrados Tapacurá, Botafogo, Gurjaú e Pirapama, responsáveis pela cobertura da Região Metropolitana de Recife, e o Sistema Integrado Gavião na Região Metropolitana de Fortaleza, que recebe o reforço de dois canais, o Canal do Trabalhador e o Eixo de Integração (ANA, 2013).

A principal obra para superar a escassez de mananciais na RH Atlântico Nordeste Oriental é o PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco - com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, atualmente em construção. O PISF tem dois canais com duas captações, Eixos Norte e Leste, localizadas no rio São Francisco, a jusante da barragem da UHE Sobradinho (ANA, 2013).

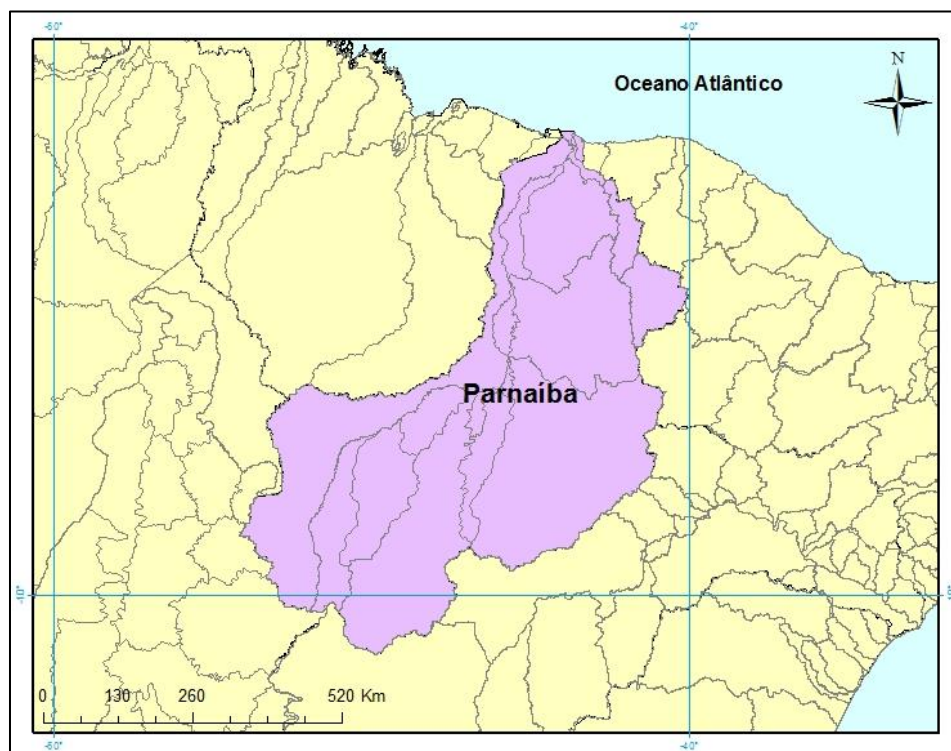
A integração do rio São Francisco às bacias dos rios temporários do Semiárido será possível com a retirada contínua de 26,4 m³/s de água, o equivalente a 1,4% da vazão garantida pela barragem de Sobradinho (1850 m³/s), no trecho do rio onde se dará a captação. Este montante hídrico será destinado ao consumo da população urbana de vários municípios do Agreste e do Sertão dos quatro estados do Nordeste Setentrional, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará (ANA, 2013).

No Ceará, está em implantação o Cinturão das Águas - CAC -, que se constitui de um grande sistema gravitatório de canais, que origina praticamente na entrada no Ceará do Eixo Norte do PISF, à altura da cidade de Jati, e permitirá a adução das águas transpostas para a maioria do território cearense, inclusive para as regiões mais secas do estado, bem como para aquelas de potencial turístico e econômico (ANA, 2013).

ANEXO D - Região Hidrográfica da Parnaíba

A Região Hidrográfica Parnaíba (Figura 32) representa uma das mais importantes da Região Nordeste do Brasil, sendo ocupada pelos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, com uma área de 333.056 km², abrangendo porções dos estados do Piauí (77% da RH), Maranhão (19%) e Ceará (4%).

Figura 36 - Região Hidrográfica do Parnaíba e suas UHEs



Fonte: Elaboração da autora (2017)

A RH está dividida em 15 UHEs (Tabela 30), sendo os principais rios da região o Parnaíba, o Canindé, o das Balsas, o Piauí, o Poti, o Longá, o Itaueira e o Uruçuí Preto. Suas águas atravessam diferentes biomas, como- o Cerrado, no Alto Parnaíba, a Caatinga, no Médio e Baixo Parnaíba; e o Costeiro, no Baixo Parnaíba, diversificando as características hidrológicas de cada uma destas regiões.

Tabela 25 - UHEs da RH Parnaíba e suas respectivas áreas (km²)

UNIDADES HIDROGRÁFICAS ESTADUAIS	ÁREA (km²)
Canindé	75300.13
Difusas da Barragem de Boa Esperança	7552.19
Difusas do Alto Parnaíba	14782.17
Difusas do Baixo Parnaíba	5774.36
Difusas do Litoral (PB)	552.11
Difusas do Médio Parnaíba	5613.98
Gurguéia	48919.28
Itaueira	10012.28
Longá	23503.55
Parnaíba	67179.88
Piranji	1312.65
Poti	38906.96
Serra da Ibiapaba	5761.90
Sertões de Crateús	10739.06
Uruçuí-Preto	18622.90

Fonte: Elaboração da autora (2017)

A RH Parnaíba possui 293 municípios, sendo 222 no Piauí, 42 no Maranhão, e 29 no Ceará. Apresenta 263 de suas sedes inseridas no território da região. A população total da região é de aproximadamente, 4,15 milhões de habitantes (IBGE, 2010), com 65% dos seus habitantes vivendo em área urbana. A densidade demográfica da região é de 12,5 habitantes/ km², menor do que a média brasileira que é de 22,4 habitantes/km².

A RH Parnaíba, em grande parte localizada no semiárido brasileiro, caracteriza-se pela intermitência das chuvas, e, segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na região é de 1.064 mm, muito abaixo da média nacional, de 1.761 mm.

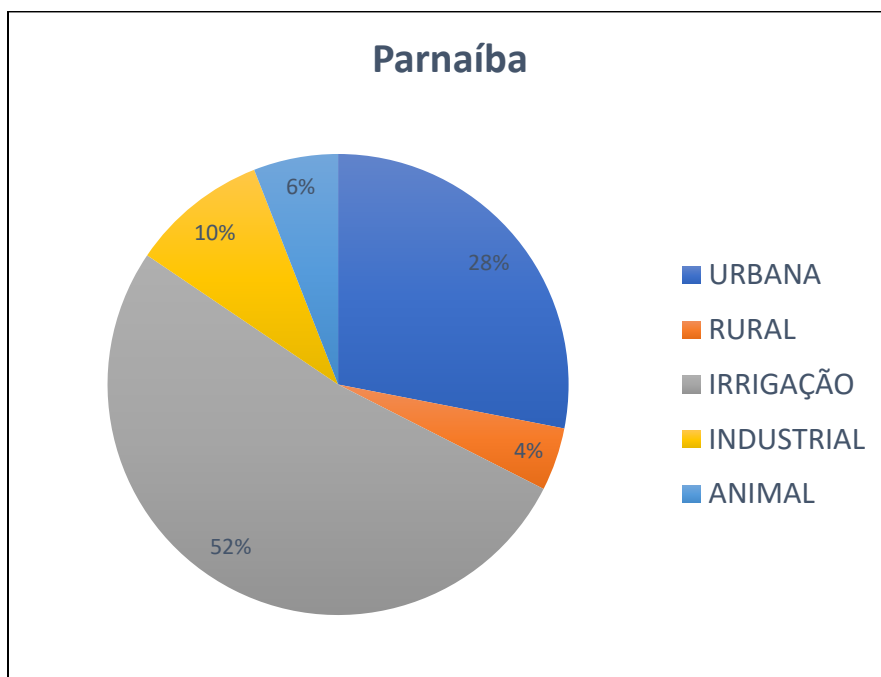
A sua disponibilidade hídrica superficial (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região) é de 379 m³/s; equivale a menos de 0,5% da disponibilidade hídrica nacional (91.071 m³/s), e a vazão média da RH é de 767 m³/s, correspondendo a 0,43% da vazão média nacional (179.516 m³/s) (ANA, 2013).

Essa RH apresenta grandes diferenças tanto em termos de desenvolvimento econômico e social quanto no que se refere à disponibilidade hídrica, sendo a baixa oferta de água historicamente apontada como um dos principais motivos associados ao baixo índice de desenvolvimento econômico e social, sobretudo, nas áreas mais afastadas da região litorânea, da Zona da Mata e do rio Parnaíba (ANA, 2013).

Ocorre uma distribuição desigual dos recursos hídricos superficiais da bacia, pois a maioria dos afluentes a margem direita do Parnaíba, na região do Médio Parnaíba, tem caráter temporário, especialmente os rios Canindé e Piauí, Poti e cabeceiras do rio Gurguéia (Serra de Bom Jesus do Gurguéia), que drenam grandes áreas localizadas no semiárido. Isso justifica a presença de microbacias com criticidade quantitativa e qualitativa, pois, além de a capacidade de assimilação de cargas orgânicas pelos corpos d'água ser baixa, o esgoto geralmente é lançado sem tratamento nesses cursos de água (ANA, 2013).

O principal uso da água na região é a irrigação, com 17,97 m³/s, seguida do uso urbano, com 9,7 m³/s. A demanda industrial é de 3,32 m³/s, a animal é de 2,05 m³/s e a rural de 1,53 m³/s. No gráfico 17 abaixo são mostradas as porcentagens atribuídas às demandas de usos consuntivos na RH.

Gráfico 17 - Demandas consuntivas da RH Parnaíba



Fonte: Elaboração da autora (2017)

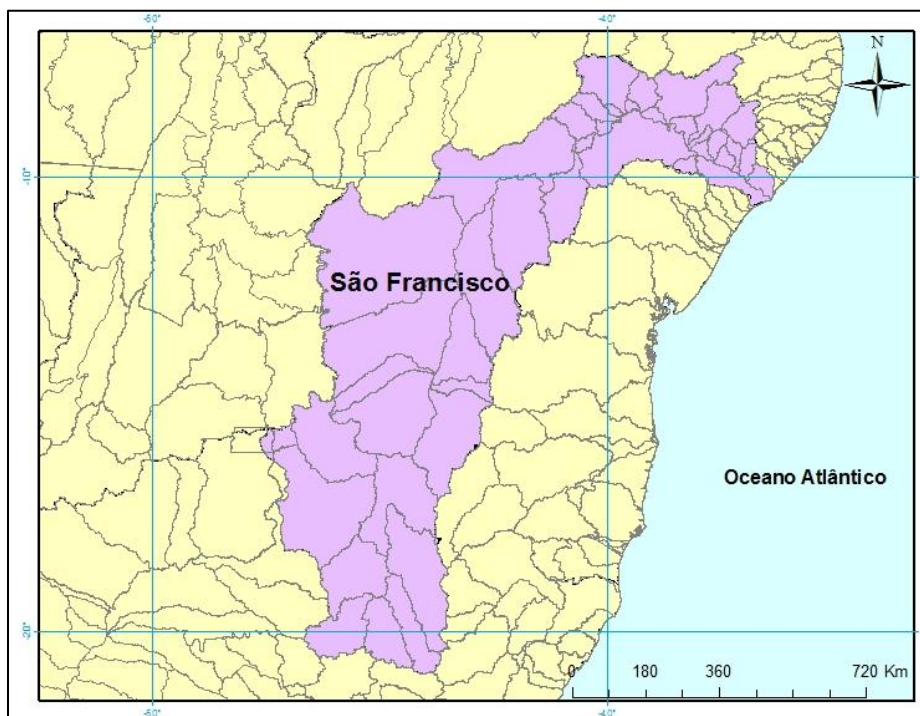
Situações de escassez de água são frequentes na região, durante o prolongado período seco, característico do semiárido brasileiro. A seca severa que vem enfrentando o Nordeste Brasileiro, desde o ano de 2012, além de impactar a zona rural, atingiu também o abastecimento de muitas sedes urbanas. Na RH Parnaíba, segundo dados da Operação Seca, o abastecimento de, aproximadamente, 13% das sedes municipais apresentou racionamento, no ano de 2013 (ANA, 2013).

Essas sedes estão localizadas, principalmente, na porção leste da RH. Diversas ações emergenciais vêm sendo realizadas e planejadas nas sedes afetadas. Dentre elas, destacam-se a distribuição de água, por meio de carros-pipa e a perfuração de novos poços (ANA, 2013).

ANEXO E - Região Hidrográfica do São Francisco

A Região Hidrográfica São Francisco (Figura 33) possui 638.466 km² de área e abrange sete Unidades da Federação- Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás, e Distrito Federal. O Rio São Francisco nasce em Minas Gerais, na Serra da Canastra e chega a sua foz, no Oceano Atlântico, entre Alagoas e Sergipe, percorrendo cerca de 2.800 km de extensão. A região engloba parte da Região do Semiárido, que corresponde, aproximadamente, a 58% do território da RH (ANA, 2013).

Figura 37 - Região Hidrográfica do São Francisco e suas UHEs



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Essa Região Hidrográfica está dividida em 45 Unidades Hidrográficas Estaduais (Tabela 27): Alto São Francisco, Médio São Francisco, Sub-médio São Francisco e Baixo São Francisco. Os principais rios da região são o São Francisco (2.637 km), das Velhas (689 km), Grande (502 km), Verde Grande (458 km), Paracatu (448 km), Urucuia (381 km), Paramirim (345 km), Pajeú (333 km), Preto (315 km) e o Jacaré (297 km).

Tabela 26 - UHEs da RH do São Francisco e suas respectivas áreas

UHE	ÁREA (km²)	UHE	ÁREA (km²)
Afluentes do Rio Preto	1400.36	Pajeú	16848.18
Alto Rio São Francisco	14325.47	Paramirim e Santo Onofre	31407.30
Brígida	13582.63	Piauí AL	3323.69
Capiá	2258.48	Pontal	6029.69
Carinhanha	9933.81	Riacho do Tará	1954.69
Carnaíba de Dentro	16584.37	Riacho Grande	1764.32
Corrente e Riachos do Ramalho, Serra Dourada e Brejo Velho	47708.88	Rio das Velhas	28038.64
Entorno da Represa de Três Marias	18862.04	Rio Pandeiros	31419.61
Garças	4094.72	Rio Pará	12338.65
GI2	125.30	Rio Paracatu	41961.85
GI3	2602.71	Rio Paraopeba	12137.82
GI4	1440.32	Rio Urucuia	25373.52
GI5	706.68	Rio Verde Grande	27136.24
GI6	838.24	Rios Jequitai e Pacuí	25244.69
GI7	1205.91	São Francisco GO	3130.48
GI8	1300.35	São Francisco SE	7387.65
Grande	83750.61	Salitre	14195.93
Ipanema AL	1840.74	Talhada	1450.96
Ipanema PE	6176.73	Terra Nova	4902.44
Lago de Sobradinho	41091.62	Traipu	2671.54
Macururé e Curaçá	27206.97	Verde e Jacaré	29715.65
Moxotó AL	1052.95	Verde Grande	4278.91
Moxotó PE	8732.00		

Fonte: Elaboração da autora (2017)

A RH São Francisco possui 503 municípios, sendo 452 com suas sedes inseridas no território da região. A população total da região, segundo dados do IBGE de 2010, é de, aproximadamente, 14,3 milhões de habitantes (IBGE, 2010), cerca de metade localizada na

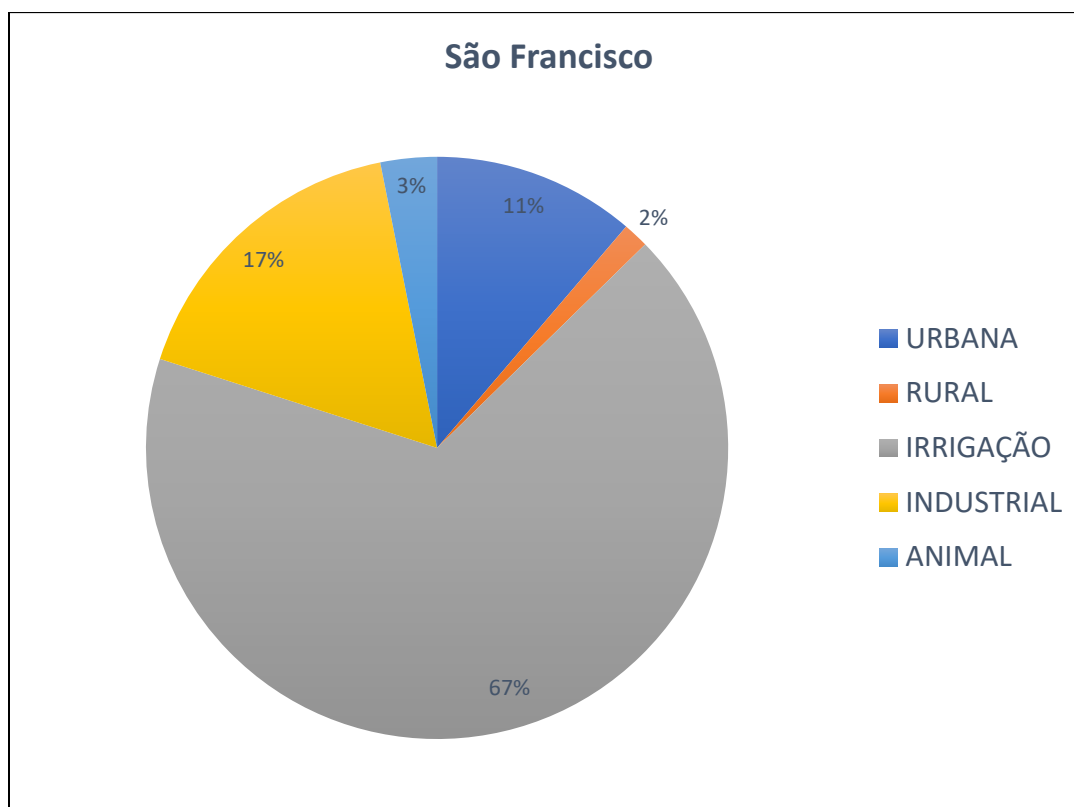
região do Alto São Francisco, onde está a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Caracteriza-se por possuir população predominantemente urbana, representada por 77% do total de seus habitantes, e a densidade populacional média é igual à média brasileira, com 22,4 habitantes/km² (ANA, 2013).

Segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na RH São Francisco é de 1.003 mm, muito abaixo da média nacional, que é de 1.761 mm. A disponibilidade hídrica superficial da RH é de 1.886 m³/s, o que corresponde a 2,07% da disponibilidade superficial do país.

A RH possui uma vazão específica de 4,5 L/s/km² e um volume máximo de reservação *per capita* de 5.183 m³/hab, maior do que o volume máximo de reservação *per capita* para o país (3.596 m³/hab.). A RH São Francisco engloba uma parte da região do semiárido nordestino, caracterizada por apresentar períodos críticos de prolongadas estiagens, resultado de baixa pluviosidade e alta evapotranspiração, fazendo que o Rio São Francisco desempenhe um importante papel nesta região (ANA, 2013).

A região do São Francisco caracteriza-se por um predomínio claro das vazões de retirada para irrigação (207,13 m³/s) em relação aos demais usos. Em seguida, vem a demanda industrial com 52,11 m³/s e a urbana com 34,65 m³/s. A demanda animal da região é de 9,64 m³/s e a rural, de 4,39 m³/s. No gráfico 18 abaixo são mostradas as porcentagens atribuídas às demandas de usos consuntivos na RH.

Gráfico 18 - Demandas consuntivas da RH São Francisco



Fonte: Elaboração da autora (2017)

Estima-se uma área total irrigada de 626 mil hectares (ano base 2012), correspondendo a 10,9% dos 5,8 milhões de hectares irrigados no Brasil. Destacam-se as cidades de Juazeiro e Petrolina (perímetros irrigados para fruticultura), o Pólo de Barreiras, no Oeste Baiano (produção de soja) e a bacia do Rio Preto/Paracatu como principais áreas de irrigação da região.

Nessas duas últimas, observa-se uma alta concentração de pivôs instalados, especialmente nos municípios de Paracatu, onde ocupam cerca de 38 mil hectares, e em São Desidério e Barreiras, com cerca de 24 mil hectares. A expansão da irrigação na Região (aumento de 26% na área irrigada, quando comparadas as estimativas de 2006 e 2012) levou a fortes impactos sobre os recursos hídricos e disputas entre usuários nos afluentes do Paracatu, na sub-bacia do Alto Preto, do rio Verde-Grande, do Rio Grande e Salitre. Cabe ressaltar que o referido aumento reflete não somente o incremento da área irrigada como também a melhoria da informação para a região.

Situações de escassez de água são frequentes na região, durante o prolongado período seco, característico do semiárido brasileiro. Em 2013, 276 municípios, 61% dos municípios da RH, decretaram situação de emergência por motivo de seca. Na região, 206 municípios apresentaram mais de 10 eventos de seca, entre 2003 e 2013, e alguns municípios, como por exemplo, Belém do São Francisco, Santa Cruz e Afrânio, vêm sendo repetidamente afetados pela seca, apresentando mais de 20 eventos de situação de emergência ou estado de calamidade pública, devido à seca, entre 2003 e 2013 (ANA, 2013).

A seca severa que vem enfrentando o Nordeste Brasileiro, desde o ano de 2012, além de impactar a zona rural, atingiu também o abastecimento de muitas sedes urbanas. Na RH São Francisco, segundo dados da ANA referente aos anos de 2012 e 2013, o abastecimento de, aproximadamente, 21% das sedes municipais apresentou racionamento ou esteve em estado de alerta no ano de 2013. Diversas ações emergenciais vêm sendo realizadas e planejadas nas sedes afetadas. Dentre elas, destacam-se, a distribuição de água, por meio de carros-pipa, e a perfuração de novos poços.

ANEXO F - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Atlântico Leste

UHE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Alto Rio Jequitinhonha	9.8	10.1	10.2	11.8	21.8	22.3	18.1	22.7	20.4	14.6	10.0	9.8
Bacias do Leste- Rio Buranhém	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	2.0	1.9	2.4	2.0	1.7	1.6	1.6
Bacias do Leste- Rio Itanhém	10.6	11.7	10.6	11.7	14.4	16.3	17.0	19.3	17.0	11.5	10.2	10.2
Bacias do Leste- Rio Itaúnas	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bacias do Leste- Rio Jucuruçu	2.5	2.7	2.5	2.7	3.1	3.4	3.4	3.9	3.4	2.7	2.5	2.5
Bacias do Leste- Rio Peruípe	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Caueira/Abais	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
De Contas	5.0	2.9	5.0	7.2	18.9	17.0	17.4	19.2	32.2	17.5	5.7	2.6
Dos Frades, Buranhém e Santo Antônio	14.5	25.8	14.9	9.6	24.0	35.0	40.6	100.0	100.0	31.2	8.3	7.5
Itapicuru	10.7	9.3	10.6	11.5	9.9	10.3	13.4	20.4	29.4	34.9	29.7	10.6
Itaúnas	3.2	6.2	3.9	5.4	26.3	20.1	15.5	100.0	100.0	10.5	2.8	3.0
Japaratuba	100.0	100.0	100.0	8.2	3.0	2.2	2.0	3.4	12.4	46.8	100.0	100.0
Jequitinhonha	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
Leste	2.7	2.2	2.2	3.5	8.2	10.2	9.6	15.4	23.2	9.4	2.6	2.1
Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	2.1	0.9	3.8	13.4	23.9	18.0	18.0	22.4	29.5	5.7	1.2	0.7
Mucuri	0.4	0.1	0.6	1.3	18.2	7.1	1.3	2.0	10.9	1.1	0.2	0.1
Paraguaçu	100.0	2.0	33.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	64.7	12.7	45.7
Pardo BA	12.8	15.2	26.0	12.2	24.2	24.6	28.8	31.4	34.7	19.9	23.4	14.3
Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu	4.7	6.3	5.4	4.8	7.8	9.5	9.3	14.7	13.9	7.6	4.4	3.3
Piauí SE	34.1	20.0	11.8	6.0	3.1	3.7	3.8	5.5	9.9	15.7	15.5	21.6
Real BA	100.0	100.0	100.0	63.5	56.2	53.1	58.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Real SE	100.0	100.0	72.8	51.9	48.6	47.6	52.0	78.1	100.0	100.0	100.0	100.0
Recôncavo Norte	26.3	28.7	11.9	7.0	3.0	3.5	4.4	8.8	19.5	32.3	14.1	11.4
Recôncavo Sul	5.3	4.4	4.0	4.2	4.6	4.1	3.5	4.2	5.5	5.7	4.5	4.1
Riacho Doce	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Rio Araçuaí	2.5	1.9	3.6	50.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.4	1.2
Rio Mucuri	5.4	5.8	5.6	6.6	11.7	13.3	12.0	12.5	10.6	6.6	5.4	5.3
Rio Pardo	34.9	50.5	45.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	43.5	32.7
Rio São Mateus	5.7	9.4	9.9	12.7	29.6	37.4	37.1	52.9	100.0	52.0	10.7	4.6
São Mateus	2.8	4.4	3.4	6.2	49.9	29.4	40.2	100.0	100.0	100.0	4.8	2.0
Sapucaia	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Sergipe	100.0	100.0	100.0	72.6	7.0	6.5	4.6	20.8	100.0	100.0	100.0	100.0
Vaza Barris SE	5.8	3.4	1.8	1.9	1.3	1.5	1.2	2.8	6.9	11.4	32.2	8.7
Vaza-Barris BA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ANEXO G - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental

UHE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
15_3	86.8	22.8	15.9	16.3	21.0	46.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
15_4	100.0	74.8	56.6	55.4	61.5	83.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16_8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Acarau	28.6	16.4	3.0	0.8	1.0	10.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Alto Jaguaribe	14.7	10.7	14.9	7.8	17.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Apodi Mossoro	100.0	11.9	10.2	4.4	4.6	18.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Baixo Jaguaribe	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Banabuiu	34.1	24.7	22.1	22.6	24.5	35.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	67.8
Boqueirao	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Camaragibe	100.0	4.4	3.3	1.5	0.6	0.4	0.4	0.6	1.0	100.0	100.0	100.0
Capibaribe	100.0	100.0	100.0	13.2	5.3	2.2	2.6	16.3	100.0	100.0	100.0	100.0
Catu	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ceara_Mirim	15.1	4.8	4.6	1.8	3.2	3.8	4.3	15.0	91.3	100.0	100.0	100.0
CELMM	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Coreau	100.0	20.9	5.5	3.1	11.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Coruripe	100.0	100.0	100.0	8.4	3.0	2.6	1.7	18.3	100.0	100.0	100.0	100.0
Curimatau PB	13.2	100.0	7.2	9.0	34.2	28.8	17.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Curimatau RN	9.0	6.7	1.4	0.8	1.8	1.3	1.1	3.7	100.0	100.0	100.0	100.0
Curu	83.4	24.9	12.9	2.1	2.6	41.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Difusas do Litoral ANOR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GI1	100.0	100.0	84.0	31.6	18.2	7.3	10.9	18.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GI9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GL1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GL2	100.0	100.0	12.8	1.1	0.7	0.4	0.3	0.7	3.4	100.0	100.0	100.0
GL3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

UHE	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
GL4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GL5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
GL6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Goiana	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Guaju PB	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Guaju RN	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ipojuca	96.0	4.6	5.7	2.4	1.3	0.9	1.0	1.3	3.0	15.0	100.0	100.0
Jacu PB	7.5	2.1	2.3	1.6	3.4	6.5	4.3	9.3	37.6	100.0	100.0	100.0
Jacu RN	100.0	6.8	67.9	7.0	5.2	4.2	5.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Jacuipe_Una	1.5	1.1	0.8	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	1.0	1.4	2.2
Litoral	100.0	100.0	8.4	3.7	6.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Litoral Norte AL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Litoral Norte PB	100.0	100.0	4.3	1.6	2.3	1.7	0.9	3.5	100.0	100.0	100.0	100.0
Litoral Sul	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Maxaranguape	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Medio Jaguaribe	11.5	32.5	17.8	7.9	3.7	66.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Metropolitana	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mundau AL	100.0	100.0	5.9	0.8	0.4	0.2	0.2	0.3	0.8	100.0	100.0	100.0
Mundau PE	3.7	2.4	1.4	1.1	1.7	1.7	1.3	1.3	1.2	3.0	100.0	100.0
Paraiba AL	100.0	100.0	100.0	4.5	1.0	0.7	0.6	1.0	13.7	100.0	100.0	100.0
Paraiba PB	100.0	16.2	3.4	1.7	3.5	7.7	4.9	17.8	100.0	100.0	100.0	100.0
Pirangi	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Piranhas	74.5	19.5	2.5	1.3	2.0	19.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Piranhas Acu	12.8	9.7	8.6	8.7	9.5	12.8	18.3	27.5	86.3	100.0	100.0	23.7
Potengi	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Pratagi	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Punau	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Rio Doce	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Salgado	6.9	2.4	1.2	1.0	2.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
São Miguel	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Sirinhaem	100.0	100.0	22.6	5.2	2.2	1.4	1.3	1.6	3.8	100.0	100.0	100.0
Trairi PB	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Trairi RN	100.0	100.0	6.1	3.9	5.2	9.9	10.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Una	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ANEXO H - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica Parnaíba

UHE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Canindé	15.0	8.2	8.1	6.9	27.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	41.2
Difusas da barragem de boa esperança	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
Difusas do alto parnaíba	0.6	0.5	0.5	0.6	1.0	1.4	1.6	1.7	1.8	1.2	0.8	0.6
Difusas do baixo parnaíba	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Difusas do litoral (pb)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Difusas do médio parnaíba	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Gurguéia	24.7	24.7	24.6	26.5	37.6	62.7	63.5	66.9	61.1	35.7	26.2	25.1
Itaueira	65.3	22.5	21.4	11.9	89.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Longá	80.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Parnaíba	1.0	2.1	2.1	2.1	2.6	3.7	3.9	4.0	3.8	3.3	2.5	2.2
Piranji	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Poti	100.0	11.8	7.1	14.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Serra da ibiapaba	100.0	13.1	7.7	4.9	26.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Sertões de crateús	100.0	37.1	10.7	19.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Uruçuí-preto	0.5	0.7	0.6	0.8	1.1	1.8	2.0	2.1	2.2	1.4	1.0	0.8

ANEXO I - Fatores de caracterização mensais para as UHEs da Região Hidrográfica São Francisco

UHE	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Afluentes do Rio Preto	0.10	0.36	0.35	0.44	0.75	0.79	0.70	0.81	0.80	0.67	0.46	0.41
Alto Rio São Francisco	0.10	0.98	1.01	1.36	3.28	6.49	8.64	12.00	11.17	5.33	2.04	1.26
Brígida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Capiá	19.85	29.94	28.61	30.73	33.78	35.00	37.48	57.39	100	100	142.59	52.07
Carinhanha	0.10	0.92	1.05	1.78	11.33	39.92	100	100	100	5.44	1.51	0.97
Carnaíba de Dentro	0.10	0.11	0.10	0.13	0.24	0.28	0.31	0.32	0.32	0.29	0.19	0.14
Corrente e Riachos do Ramalho, Serra Dourada e Brejo Velho	0.10	0.39	0.38	0.47	0.64	0.74	0.76	0.77	0.64	0.52	0.41	0.39
Entorno da Represa de Três Marias	0.10	0.81	0.80	1.51	2.68	4.97	9.03	15.50	7.96	6.63	1.71	0.82
Garças	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GI2	0.10	0.20	0.18	0.23	0.41	0.51	0.57	0.63	0.67	0.60	0.41	0.28
GI3	0.10	0.02	0.10	0.02	0.04	0.06	0.10	0.09	0.11	0.10	0.05	0.03
GI4	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01	0.10	0.02	0.10	0.10	0.01	0.01
GI5	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01	0.02	0.10	0.02	0.10	0.10	0.01	0.01
GI6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GI7	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01	0.02	0.10	0.02	0.10	0.10	0.01	0.01
GI8	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01	0.02	0.10	0.02	0.10	0.10	0.01	0.01
Grande	0.10	2.42	2.83	7.22	166.51	100	100	100	100	100	5.11	2.26
Ipanema AL	0.10	0.01	0.10	0.01	0.02	0.02	0.10	0.02	0.10	0.10	0.02	0.02
Ipanema PE	17.85	0.17	0.20	0.12	0.15	0.28	0.24	0.78	1.85	2.39	1.77	1.08
Lago de Sobradinho	0.10	0.26	0.24	0.31	0.62	0.68	0.70	0.75	0.79	0.63	0.42	0.32
Macururé e Curaçá	0.10	0.04	0.10	0.05	0.10	0.17	0.23	0.29	0.34	0.29	0.13	0.06
Moxotó AL	0.10	0.00	0.10	0.00	0.01	0.01	0.10	0.02	0.10	0.10	0.01	0.01
Moxotó PE	0.10	0.09	0.10	0.10	0.17	0.26	0.32	0.39	0.49	0.43	0.29	0.14
Pajeú	0.10	0.16	0.16	0.18	0.25	0.34	0.41	0.43	0.45	0.40	0.32	0.25
Paramirim e Santo Onofre	0.10	0.15	0.14	0.18	0.32	0.40	0.45	0.48	0.50	0.42	0.30	0.21
Piauí AL	0.10	0.04	0.10	0.04	0.05	0.07	0.10	0.07	0.10	0.10	0.08	0.06
Pontal	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riacho do Tará	0.10	0.00	0.10	0.00	0.01	0.01	0.10	0.01	0.10	0.10	0.01	0.01
Riacho Grande	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01	0.02	0.10	0.02	0.10	0.10	0.02	0.01

UHE	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Rio das Velhas	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	24.96
Rio Pandeiros	0.10	0.31	0.28	0.36	0.77	0.89	0.97	1.02	1.04	0.86	0.55	0.40
Rio Pará	0.12	1.28	1.64	11.37	100	100	100	100	100	100	8.41	1.58
Rio Paracatu	0.10	2.00	1.77	2.94	14.87	41.19	100	100	100	30.53	3.12	2.05
Rio Paraopeba	0.15	1.77	2.21	100	100	100	100	100	100	100	21.34	1.89
Rio Urucuia	0.32	0.31	0.29	0.32	0.90	2.11	4.09	100	100	1.14	0.64	0.44
Rio Verde Grande	100	11.64	8.23	8.36	5.73	8.21	7.52	41.63	100	100	100	100
Rios Jequitaí e Pacuí	0.10	0.65	0.64	0.76	1.33	1.44	1.51	1.56	1.63	1.26	0.75	0.61
Salitre	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
São Francisco GO	0.46	3.54	3.87	4.79	22.54	40.24	59.92	104.07	100	17.85	18.47	2.26
São Francisco SE	0.10	0.03	0.10	0.03	0.04	0.06	0.10	0.07	0.10	0.10	0.06	0.04
Talhada	0.10	0.00	0.10	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.10	0.10	0.01	0.01
Terra Nova	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Traipu	0.10	0.04	0.10	0.04	0.05	0.07	0.10	0.07	0.10	0.10	0.07	0.05
Verde e Jacaré	0.10	0.16	0.17	0.21	0.45	0.64	0.75	0.81	0.83	0.58	0.35	0.21
Verde Grande	1.01	2.35	2.06	3.71	100	100	100	100	100	100	4.74	3.12

ANEXO J - Fatores de caracterização mensais para as UHEs de comparação ANA x WaterGAP

Mês	57928	Vaza-Barris BA	58075	Itapicuru	58384	Paraguaçu	58863	De Contas	60471	São Mateus/Rio São Mateus
Janeiro	4.7	100.0	2.9	10.7	4.9	100.0	2	5.0	0.3	4.5
Fevereiro	5.6	100.0	2.3	9.3	2	2.0	1.9	2.9	0.7	6.9
Março	6.4	100.0	3.8	10.6	3.4	33.3	2.5	5.0	0.6	5.8
Abril	6.5	100.0	4.6	11.5	3.6	100.0	3.8	7.2	1	9.9
Maiο	2.5	100.0	3	9.9	5	100.0	5.9	18.9	2.3	58.5
Junho	2.2	100.0	2.6	10.3	6	100.0	6.6	17.0	2.8	44.0
Julho	1.8	100.0	3	13.4	6.7	100.0	6.6	17.4	3.4	56.6
Agosto	2.8	100.0	4	20.4	6.8	100.0	7.5	19.2	4.2	100.0
Setembro	4.3	100.0	6.5	29.4	6.5	100.0	9	32.2	4.1	100.0
Outubro	5.1	100.0	7.4	34.9	5.6	64.7	7.9	17.5	1.9	100.0
Novembro	4.8	100.0	6.8	29.7	5.3	12.7	3.7	5.7	0.4	7.8
Dezembro	5	100.0	4.7	10.6	3.6	45.7	1.6	2.6	0.3	3.3
FC Agri	4.1	100.0	3.8	19.8	4.1	19.7	2.2	16.6	0.9	51.3
FC Não-Agri	4.3	100.0	4.3	16.7	4.9	13.4	4.9	12.6	1.8	34.6
FC Pad	4.2	100.0	4.2	17.5	4.6	17.6	2.7	15.5	1.1	47.4

Mês	60290	Rio Mucuri/ Itaúnas/ Riacho Doce/Bacias do Leste: Rio Itaúnas/Bacias do Leste: Peruípe	59376	Alto Rio Jequitinhonha/Rio Araçuaí/Rio Pardo/Pardo BA/ Jequitinhonha/Médio e Baixo Jequitinhonha	60108	Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu	59926	BL Rio Jucuruçu/ BL Rio Buranhaém/Peruípe Itanhém e Jucuruçu
Janeiro	0.3	5.7	0.6	10.6	0.7	4.7	0.7	4.4
Fevereiro	0.7	7.9	1	11.1	1	6.3	1	5.7
Março	0.6	6.4	1.2	13.0	0.9	5.4	0.9	4.9
Abril	1	8.5	1.8	11.1	1	4.8	1	4.5
Maiο	2.3	34.3	4.6	15.6	1.4	7.8	1.4	6.9
Junho	2.8	83.7	5.7	16.3	1.6	9.5	1.6	8.3
Julho	3.4	23.1	6.8	16.5	1.9	9.3	1.9	8.2
Agosto	4.2	100.0	9.5	22.0	2.9	14.7	2.9	12.1
Setembro	4.1	35.4	10.7	19.7	2.8	13.9	2.8	11.2
Outubro	1.9	9.9	9.2	13.2	1.7	7.6	1.7	6.7
Novembro	0.4	5.3	1.8	12.5	0.5	4.4	0.5	4.1
Dezembro	0.3	5.4	0.7	10.6	0.4	3.3	0.4	3.2
FC Agri	0.9	40.7	1.5	14.2	1.4	8.5	1.4	8.4
FC Não-Agri	1.8	65.9	4.5	7.6	1.4	7.7	1.4	7.4
FC Pad	1.1	59.8	2.4	10.5	1.4	7.9	1.4	7.7

Mês	57777	Sergipe	58076	Real BA/ Real SE/ Piauí SE	57928	Vaza Barris BA/ Vaza Barris SE/ Caueiras Abais	58075	Itapicuru	57778	Japaratuba e Sapucaia
Janeiro	1.6	100.0	3.6	68.2	4.7	35.0	2.9	10.7	3.4	100.0
Fevereiro	1.9	100.0	3	62.0	5.6	35.4	2.3	9.3	3.9	100.0
Março	3	100.0	3.6	50.6	6.4	34.2	3.8	10.6	4.8	100.0
Abril	1.7	72.6	2.6	31.5	6.5	36.1	4.6	11.5	3.1	9.0
Mai	0.3	7.0	0.8	26.5	2.5	36.0	3	9.9	0.8	3.2
Junho	0.3	6.5	0.8	25.5	2.2	35.0	2.6	10.3	0.6	2.4
Julho	0.2	4.6	0.8	28.3	1.8	36.0	3	13.4	0.5	2.2
Agosto	0.4	20.8	1.2	48.0	2.8	37.5	4	20.4	0.7	3.6
Setembro	0.6	100.0	2	55.6	4.3	38.2	6.5	29.4	1.4	15.5
Outubro	0.8	100.0	2.7	59.9	5.1	42.4	7.4	34.9	1.8	65.8
Novembro	1.2	100.0	3.1	59.2	4.8	54.9	6.8	29.7	3.1	100.0
Dezembro	1.5	100.0	4.4	62.2	5	39.3	4.7	10.6	4.2	100.0
FC Agri	1.5	96.6	2.5	67.2	4.1	59.9	3.8	19.8	3.1	77.5
FC Não-Agri	1.1	67.6	2.4	44.8	4.3	32.5	4.3	16.7	2.3	49.0
FC Pad	1.2	70.8	2.4	51.1	4.2	38.9	4.2	17.5	2.5	61.3

Mês	54727	Acaraú	55364	Metropolitana	55365	Alto Jaguaribe/Médio Jaguaribe/Baixo Jaguaribe/Salgado/ Banabuiú	55557	Apodi- Mossoró	55747	15-4
Janeiro	9.3	11.5	11.9	100.0	30.2	17.5	29.1	100.0	20.4	61.5
Fevereiro	6.6	6.6	4.3	100.0	17.7	9.0	8.6	4.8	7.4	29.9
Março	3.1	1.2	1.3	100.0	9.6	5.4	4.4	4.1	3.6	22.7
Abril	1.2	0.3	0.6	100.0	5.6	4.2	1.8	1.7	1.9	22.2
Mai	0.9	0.4	0.6	100.0	3.3	7.6	1.2	1.8	1.5	24.6
Junho	1.4	4.3	1.2	100.0	5.3	100.0	2.7	7.6	2.2	33.5
Julho	2.4	100.0	2.2	100.0	8.2	100.0	4.9	87.9	2.8	44.6
Agosto	3.1	100.0	4.8	100.0	10.7	100.0	9.3	100.0	5.9	100.0
Setembro	4	100.0	7.2	100.0	16	100.0	20.1	100.0	7.9	100.0
Outubro	5.2	100.0	9.9	100.0	24	100.0	36.0	100.0	21.5	100.0
Novembro	7.3	100.0	13.7	100.0	29.9	100.0	59.8	100.0	40.1	100.0
Dezembro	8.6	100.0	15.9	100.0	30.5	100.0	66.1	100.0	47.5	100.0
FC Agri	3.3	83.0	5.9	100.0	10.7	90.7	12.6	85.8	6.8	81.5
FC Não-Agri	4.4	52.0	6.1	100.0	15.9	62.4	20.3	59.0	13.6	61.6
FC Pad	3.8	69.9	6.0	100.0	11.8	83.6	13.9	77.2	8.7	74.0

Mês	55746	Piranhas-Açu/ Piranhas/Jacu/ 15-3	55944	Ceará- Mirim/ Potengi/16- 3/16-4/16- 5/Pirangi	56137	Trairi RN/ 16-6/ 16-7/ Catu/ Curimatau RN/ 16-8/ Guaju RN/ Curimatau PB	56515	Paraíba PB/ Litoral Sul/GL6	55749	16-1/16-2
Janeiro	16.1	26.0	31.3	100.0	4.5	100.0	14.3	100.0	12.4	100.0
Fevereiro	12.4	12.4	14.4	100.0	2.4	100.0	6.9	29.4	7.1	100.0
Março	8	3.5	11.2	100.0	0.9	5.6	5.4	4.0	4.7	100.0
Abril	5.6	2.0	4.2	10.5	0.7	3.9	2.9	1.8	2.7	100.0
Mai	3.3	2.9	4.8	42.7	1.3	7.7	2.5	3.8	1.7	100.0
Junho	4.6	15.0	3.8	100.0	0.8	8.3	1.6	7.8	1.3	100.0
Julho	6.5	42.1	2.5	100.0	0.9	6.7	1.7	4.8	1.3	100.0
Agosto	8	100.0	2.9	100.0	1.7	100.0	3	16.7	3	100.0
Setembro	10.9	100.0	5.2	100.0	3.5	100.0	5.1	100.0	6.9	100.0
Outubro	15.9	100.0	11	100.0	6.7	100.0	11.9	100.0	9.5	100.0
Novembro	20.9	100.0	24.3	100.0	9.2	100.0	18.7	100.0	12.9	100.0
Dezembro	17.5	30.7	34.9	100.0	10.2	100.0	17.7	100.0	15.4	100.0
FC Agri	8.3	50.6	11.1	96.2	3.1	89.0	8.9	84.7	6.8	100.0
FC Não-Agri	10.8	40.0	12.5	87.8	3.6	13.5	7.6	51.8	6.6	100.0
FC Pad	8.8	42.7	12.1	88.1	3.3	54.9	8.3	53.2	6.7	100.0

Mês	55748	Boqueirão/Punau / Maxaranguape	5670 4	Goiana/ GL1	5710 1	Una/ GL4/ GL5/ Jacuipe- Uma-Mundau- PE	5729 0	Camaragibe/ Pratagi/ Mundau AL	57622	GI 1/ Coruripe/ São Miguel
Janeiro	17.2	100.0	4.2	100.0	2.9	100.0	2.7	100.0	1.5	100.0
Fevereiro	5.8	100.0	2.6	100.0	1.8	13.5	2.3	100.0	1.1	100.0
Março	5.5	100.0	1.5	100.0	1.0	4.9	1.1	18.5	1.2	100.0
Abril	1.5	100.0	0.7	100.0	0.6	3.2	0.4	1.4	1.4	100.0
Mai	1.5	100.0	0.4	100.0	0.3	2.8	0.2	0.6	4.3	14.1
Junho	2.4	100.0	0.3	100.0	0.2	2.1	0.1	0.4	7.2	5.6
Julho	2.7	100.0	0.3	100.0	0.2	1.9	0.1	0.3	5.3	4.5
Agosto	4.4	100.0	0.5	100.0	0.3	2.4	0.2	0.5	5.3	100.0
Setembro	13.7	100.0	1	100.0	0.7	3.7	0.4	1.2	5.0	100.0
Outubro	17.5	100.0	2.1	100.0	1.7	100.0	1	100.0	4.5	100.0
Novembro	26.3	100.0	2.7	100.0	2.7	100.0	1.3	100.0	3.7	100.0
Dezembro	32.5	100.0	2.6	100.0	2.6	100.0	1.7	100.0	2.6	100.0
FC Agri	5.9	100.0	1.5	100.0	1.1	73.0	1.1	76.3	3.0	96.3
FC Não-Agri	10.9	100.0	1.6	100.0	1.2	72.5	1.0	60.9	3.6	77.6
FC Pad	6.7	100.0	1.6	100.0	1.2	72.9	1.0	70.8	3.1	92.9

Mês	56323	Guaju PB/ Litoral Norte PB	56896	Capibaribe/ GL2/ Ipojuca/ Sirinhaém/ GL3	57462	Paraíba AL/CELMM	57291	Litoral Norte AL	54726/ 54725	Coreaú/ Difusas do Litoral (Anor)
Janeiro	2.2	100.0	6.1	100.0	3.3	100.0	9.6	100.0	5.2	100.0
Fevereiro	2.4	100.0	2.6	100.0	2.7	100.0	6.3	100.0	2.3	23.8
Março	1.6	100.0	1.4	28.1	2.3	100.0	2.4	100.0	1	5.7
Abril	0.9	100.0	1.1	4.1	1.3	100.0	1.2	100.0	0.4	3.2
Mai	0.8	100.0	0.8	2.1	0.4	100.0	0.6	100.0	0.45	12.3
Junho	0.4	100.0	0.5	1.2	0.2	100.0	0.4	32.4	1.2	100.0
Julho	0.5	100.0	0.5	1.2	0.2	100.0	0.4	45.5	2.15	100.0
Agosto	0.9	100.0	0.9	2.2	0.3	100.0	0.8	100.0	2.8	100.0
Setembro	1.6	100.0	1.9	8.5	0.5	100.0	2	100.0	3.95	100.0
Outubro	2.4	100.0	3.7	100.0	1.1	100.0	4.2	100.0	5.25	100.0
Novembro	3.3	100.0	6.8	100.0	1.7	100.0	4.7	100.0	7.1	100.0
Dezembro	3.9	100.0	5.7	100.0	2.1	100.0	6.4	100.0	8.15	100.0
FC Agri	1.6	100.0	1.9	65.7	1.6	92.1	2.8	99.2	3.3	95.9
FC Não-Agri	1.7	100.0	2.7	38.3	1.3	83.8	3.3	89.8	3.4	73.0
FC Pad	1.6	100.0	2.5	51.4	1.5	91.5	3.0	97.1	3.4	90.1

Mês	57622	RH São Francisco	54724	RH Parnaíba
Janeiro	1.5	17.7	10.6	39.3
Fevereiro	1.1	14.4	8.6	14.6
Março	1.2	13.9	3.4	12.9
Abril	1.4	22.6	2	14.1
Mai	4.3	50.1	2	32.2
Junho	7.2	45.7	4.7	46.9
Julho	5.3	51.4	6.6	47.9
Agosto	5.3	55.3	9.1	49.1
Setembro	5	54.8	11.3	50.1
Outubro	4.5	42.2	11.1	51.4
Novembro	3.7	22.2	11.2	53.5
Dezembro	2.6	14.0	11	48.9
FC Agri	3	36.4	7.4	50.4
FC Não-Agri	3.6	43.2	7.6	34.6
FC Pad	3.1	39.4	7.5	42.5