



Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Centro de Ciências e Tecnologia

Faculdade de Engenharia

Fernanda Christine Beux

**Pegada hídrica de aglomerados subnormais:
o caso do Bairro Rocinha / Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2014

Fernanda Christine Beux

**Pegada hídrica de aglomerados subnormais: o caso do
Bairro Rocinha / Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.



Orientador: Prof.^o Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Luciene Pimentel da Silva

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

B569 Beux, Fernanda Christine.
Pegada hídrica de aglomerados subnormais: o caso do Bairro Rocinha / Rio de Janeiro / Fernanda Christine Beux. - 2014.
131 f.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Júnior.
Coorientadora: Luciene Pimentel da Silva
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Água consumo – Dissertações.
3. Rocinha, Bairro (RJ) – Dissertações. I. Ohnuma Júnior,
Alfredo Akira. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III.
Título.

CDU 628.17

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Fernanda Christine Beux

**Pegada hídrica de aglomerados subnormais: o caso do
Bairro Rocinha / Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em 14 de março de 2014.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Junior (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Luciene Pimentel da Silva (Coorientadora)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Afonso Augusto Magalhães de Araújo
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Rio de Janeiro

2014

DEDICATÓRIA

Aos meus grandes amores:

Manuela, Bernardo e Egon.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, que sempre me incentivou ao longo do caminho.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Alfredo Akira Onhuma Junior por toda a ajuda e pela excelente orientação, apontando os melhores caminhos, dando estímulos para o desenvolvimento deste trabalho e pela amizade demonstrada neste período.

À minha coorientadora, Prof.^a Doutora Luciene Pimentel da Silva, pelo apoio e pelas considerações que foram essenciais para a conclusão desta pesquisa.

Aos professores membros da banca, por aceitarem colaborar com o aperfeiçoamento desta pesquisa.

Ao Departamento de Engenharia Ambiental (DESMA) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da UERJ.

Aos professores do PEAMB, pelos preciosos ensinamentos.

À Eng.^a Luciana Falcão pelo apoio em meus projetos de aprimoramento profissional.

Ao arquiteto Gladstone Lami pelo auxílio sempre que solicitado.

Aos amigos da Casa de Oswaldo Cruz/ Fiocruz que sempre me incentivaram nas horas difíceis e especialmente à Direção da Casa de Oswaldo Cruz que permitiu que eu me ausentasse nos horários de aula.

À amiga Daniela Fischer pela sempre gentil e imprescindível ajuda.

À amiga Tânia Knaack e ao amigo Ernani Bellon pelas palavras de estímulo nos momentos de cansaço.

À Mônica Ferreira de Souza, moradora da Rocinha, que sempre esteve disponível para responder as questões referentes ao estilo de consumo dos moradores da comunidade.

Aos meus colegas de mestrado, pelo companheirismo e pelo inegável apoio quando necessário.

À UERJ, porque sem ela não poderia ter realizado este sonho de conquista.

A todos aqueles, que embora não citados nominalmente, contribuíram direta e indiretamente para a execução deste trabalho.

"A única forma de atingir um objetivo é avançar passo a passo com perseverança. No transcorrer desse percurso pode acontecer de não surgir nenhum resultado perceptível. Contudo, quando o esforço acumulado atinge um certo nível, uma nova e promissora perspectiva de vida se abrirá repentinamente diante de seus olhos. Isso é comparável ao ato de escalar uma escarpada montanha: todo o maravilhoso panorama se torna visível ao atingir o topo após muito esforço. A questão é perseverar nos esforços até que os objetivos se tornem reais".

Daisaku Ikeda

RESUMO

BEUX, Fernanda Christine. *Pegada hídrica de aglomerados subnormais: o caso do Bairro Rocinha / Rio de Janeiro*. 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A água é essencial à manutenção da vida. No entanto, com as situações de estresse hídrico - disponibilidade hídrica inferior a 1.700 m³ per capita ao ano (FALKENMARK, 1989) - vivenciadas em diversos pontos do planeta, somadas ao acelerado crescimento da população mundial, os problemas relacionados ao uso da água tendem a aumentar. Neste contexto, a pegada hídrica (PH), que é um indicador de sustentabilidade ambiental, se torna uma importante ferramenta de gestão de recursos hídricos pois indica o consumo de água doce com base em seus usos. O presente trabalho objetiva mensurar a pegada hídrica em função das componentes industrial, doméstica e alimentar da população do bairro Rocinha, um aglomerado subnormal localizado no município do Rio de Janeiro. A pesquisa se deteve a um Estudo de Caso de 20 sub-bairros da comunidade. Sua abordagem foi quantitativa, contando com uma amostra de 203 domicílios, erro amostral de 7% e grau de confiança de 93%. Para tal, foi utilizada como ferramenta de cálculo o modelo *Water Footprint Network* do ano de 2005. Os resultados indicaram que, em média, a PH dos indivíduos que compõem a amostra é de 1715 m³/ano *per capita* assim divididos: PH de consumo doméstico de água de 175 m³/ano *per capita* (479 l/hab.dia); PH de produtos agrícolas igual a 1470 m³/ano *per capita*, e PH de produtos industrializados de 70 m³/ano per capita. Os resultados obtidos sugerem que os indivíduos da amostra com uma maior despesa mensal tendem a ter pegadas hídricas industrial e total também maiores.

Palavras-chave: Pegada hídrica; Consumo de água; Aglomerado subnormal.

ABSTRACT

BEUX, Fernanda Christine. *Water footprint of subnormal agglomerate: Rocinha Neighborhood case / Rio de Janeiro*. 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Water is essential for sustaining life. However, the situations of hydric stress - less than 1.700 m³ per capita water availability per year (FALKENMARK, 1989) - experienced in many parts of the world, coupled with the rapid growth of the global population, the problems related to water use tend to increase. In this context, the water footprint (WF), which is an indicator of environmental sustainability becomes an important tool for water resource management indicates the consumption of fresh water based on their uses. This study aimed to measure the water footprint as a function of industrial components, domestic and feed of the population of the Rocinha's neighborhood, a cluster subnormal located in the municipality of Rio de Janeiro. The research was focused on a case study of 20 sub-districts of the community. Its approach was quantitative, with a sample of 203 households, sampling error of 7% and confidence level of 93%. For this purpose, was used as the tool for calculating the Water Footprint Network model year 2005. The results indicated that, on average, the WF of the individuals in the sample is 1715 m³/ year per capita divided as follows: WF of domestic water consumption of 175 m³/ year per capita (479 l/ inhab.day), WF agricultural products equal to 1470 m³/ year per capita, and WF industrial products 70 m³/ year per capita. The results suggest that individuals in the sample with a higher monthly expenditure tend to have industrial water footprints and overall greater.

Keywords: Water footprint; Water consumption; Subnormal agglomerate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Extrações de água por setor e por região (2005)	26
Figura 2	– Vazões de consumo para os diferentes usos no Brasil	27
Figura 3	– Consumo médio <i>per capita</i> (indicador IN022) dos prestadores de serviços participantes do SNIS, em 2009 e 2010, segundo região geográfica e a média do país de 159,0 l/hab.dia, no ano de 2010 (indicada pela linha tracejada)	29
Figura 4	– Consumo <i>per capita</i> de água em função da renda <i>per capita</i> nos diversos estados brasileiros (dados do ano de 1999)	30
Figura 5	– Três níveis de tomadas de decisão	32
Figura 6	– Balanço de água virtual por país	34
Figura 7	– A pegada hídrica total por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano <i>per capita</i>)	36
Figura 8	– Pegada Hídrica Global por setor de consumo	38
Figura 9	– Contribuição de diferentes culturas para a pegada hídrica total da produção agrícola. Período: 1996-2005.	38
Figura 10	– A pegada hídrica direta e indireta em cada estágio da cadeia de suprimento de um produto de origem animal	40
Figura 11	– A relação entre a pegada hídrica do consumo nacional e a pegada hídrica dentro de um país, em um exemplo simplificado de dois países que mantêm relações.....	41
Figura 12	– Fontes de água conforme categorias de uso	42
Figura 13	– A pegada hídrica azul por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano <i>per capita</i>)	43
Figura 14	– A pegada hídrica verde por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano <i>per capita</i>)	44
Figura 15	– A pegada hídrica cinza por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano <i>per capita</i>)	44
Figura 16	– Pegadas hídricas médias de alguns produtos agrícolas (litros)	45
Figura 17	– Pegadas hídricas médias de algumas carnes (litros de água/ Kg de carne)	47
Figura 18	– Pegadas hídricas médias de alguns produtos (litros)	48
Figura 19	- Esquematização do sistema de produção do produto ‘p’ em ‘k’ passos de processo	48

Figura 20 - Esquematização do último passo do processo no sistema de produção do produto 'p'	50
Figura 21 – Fluxograma metodológico	55
Figura 22 - Localização do bairro Rocinha no Rio de Janeiro	56
Figura 23 – Perspectiva geográfica com vias principais da Rocinha	57
Figura 24 - Vista aérea da Rocinha	58
Figura 25 – Sub-bairros da Rocinha.....	59
Figura 26 - Distribuição dos 79 setores censitários da Rocinha	61
Figura 27 – Entrevistadora (ao fundo) aplicando questionário na pracinha localizada na Estrada Lagoa-Barra	66
Figura 28 – Pesquisadora supervisionando a aplicação do primeiro questionário da entrevistadora	66
Figura 29 – Aplicação dos questionários	66
Figura 30 – Crítica dos dados	67
Figura 31 – Correção dos questionários	67
Figura 32 – Sub-bairros contemplados na pesquisa (número de questionários aplicados está entre parênteses)	71
Figura 33 – Escolaridade dos entrevistados	72
Figura 34 – Histograma da pegada hídrica do setor de alimentos	80
Figura 35 – Histograma da pegada hídrica do setor de alimentos (com exclusão de outliers)	80
Figura 36 – Histograma da pegada hídrica do uso doméstico de água	82
Figura 37 – Histograma da pegada hídrica doméstica (após exclusão de outliers)	82
Figura 38 – Histograma da pegada hídrica do setor industrial	84
Figura 39 – Histograma da pegada hídrica industrial (após exclusão de outliers)	84
Figura 40 – Histograma da pegada hídrica total	86
Figura 41 – Histograma da pegada hídrica total (após exclusão de outliers)	86
Figura 42 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica industrial e a pegada hídrica doméstica	87
Figura 43 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica doméstica e a pegada hídrica de alimentos	88
Figura 44 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica industrial e a pegada hídrica de alimentos	88

Figura 45 – Gráfico relacionando despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica do setor de alimentos	90
Figura 46– Diagrama de dispersão entre despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica do setor de alimentos	90
Figura 47 – Gráfico relacionando despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica doméstica	91
Figura 48– Diagrama de dispersão entre despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica doméstica	91
Figura 49 – Gráfico relacionando despesa mensal <i>per capita</i> e pegada hídrica industrial	92
Figura 50– Diagrama de dispersão entre despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica industrial	93
Figura 51 – Gráfico relacionando despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica total	94
Figura 52– Diagrama de dispersão entre despesa mensal <i>per capita</i> e valores de pegada hídrica total	94
Figura 53 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica do setor de alimentos	95
Figura 54 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica doméstica	96
Figura 55 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica industrial	97
Figura 56 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica total	98
Figura 57 – Comparação entre a pegada hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo	99
Figura 58 – Comparação entre a proporção dos componentes das pegadas hídricas da pesquisa, do Brasil e do mundo	101
Figura 59 – Consumo de água em função da despesa <i>per capita</i>	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Necessidade de água por algumas indústrias no mundo	25
Tabela 2	- Estimativa de consumo diário de água	26
Tabela 3	- Valores do consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2009 e 2010, segundo estado, região geográfica e Brasil	28
Tabela 4	- Média global de água virtual de alguns produtos selecionados, por unidade de produto	31
Tabela 5	- Os 15 países com os maiores índices de exportação e importação de água virtual bruta	33
Tabela 6	- População Total e Pegada Hídrica de 20 países e mundial (período de 1996-2005)	37
Tabela 7	- Pegada Hídrica no Brasil e no mundo por setor de consumo (período de 1996-2005)	37
Tabela 8	- Pegada Hídrica Interna e Externa de alguns países	41
Tabela 9	- Consumo alimentar domiciliar <i>per capita</i> anual (em Kg) – município do Rio de Janeiro	52
Tabela 10	- Domicílios particulares ocupados e população residente em domicílios particulares ocupados, total e em aglomerados subnormais, e número de aglomerados subnormais, segundo o Estado e o município do Rio de Janeiro – 2010	53
Tabela 11	- Domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais, população residente em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais, por sexo, e média de moradores em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação, os municípios e os aglomerados subnormais – 2010	60
Tabela 12	- Tamanho das famílias	69
Tabela 13	- Número de entrevistas por sub-bairro de moradia	70
Tabela 14	- Número de indivíduos por faixa etária	72
Tabela 15	- Consumo semanal médio de carnes	73
Tabela 16	- Os vinte produtos com maior consumo médio semanal identificados na pesquisa	74
Tabela 17	- Os quinze produtos mais consumidos entre as famílias da amostra	74

Tabela 18	- Análise descritiva do consumo de seis alimentos de consumo habitual na amostra	75
Tabela 19	- Duração média de cada banho (min./per capita)	76
Tabela 20	- Número de banhos por dia e duração média de cada banho (min./per capita)	76
Tabela 21	- Consumo de água na higiene pessoal (vezes/ dia)	76
Tabela 22	- Cargas de roupas lavadas por semana (per capita)	77
Tabela 23	- Número de vezes que lava louça por dia e tempo médio com a torneira aberta (per capita)	77
Tabela 24	- Questionários com resposta afirmativa quanto ao pagamento de conta de água	78
Tabela 25	- Análise descritiva da pegada hídrica do setor de alimentos	79
Tabela 26	- Análise descritiva da pegada hídrica do setor de alimentos (após exclusão de outliers)	79
Tabela 27	- Análise descritiva da pegada hídrica do uso doméstico de água	81
Tabela 28	- Análise descritiva da pegada hídrica doméstica (após exclusão de outliers)	81
Tabela 29	- Análise descritiva da pegada hídrica do setor industrial	83
Tabela 30	- Análise descritiva da pegada hídrica industrial (após exclusão de outliers)	83
Tabela 31	- Análise descritiva da pegada hídrica total	85
Tabela 32	- Análise descritiva da pegada hídrica total (após exclusão de outliers)	85
Tabela 33	- Diferença entre as pegadas hídricas calculadas antes e após a exclusão dos outliers	87
Tabela 34	- Tabulação cruzada entre despesa mensal per capita e valores de pegada hídrica do setor de alimentos	89
Tabela 35	- Tabulação cruzada entre despesa mensal per capita e valores de pegada hídrica doméstica	91
Tabela 36	- Tabulação cruzada entre despesa mensal per capita e pegada hídrica industrial	92
Tabela 37	- Tabulação cruzada entre despesa mensal per capita e valores de pegada hídrica total	93
Tabela 38	- Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica do setor de alimentos	95

Tabela 39 - Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e pegada hídrica doméstica	96
Tabela 40 - Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica industrial	97
Tabela 41 - Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica total	98
Tabela 42 - Resultados obtidos para pegada hídrica do indivíduo	99
Tabela 43 - Pegada Hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
CEDAE	Companhia Estadual de Água e Esgoto
CIESPI	Centro Internacional de Estudo e Pesquisa sobre a Infância
COEP	Comissão de Ética em Pesquisa
DAES	Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas
FAO	Food and Agriculture Organization
GWI	Global Water Intelligence
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IPP	Instituto Pereira Passos
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas
ONU	Organização das Nações Unidas
PH	Pegada Hídrica
ReCESA	Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental
SIWI	Stockholm International Water Institute
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
WF	Water Footprint
WWF	World Wide Fund For Nature
WWDR4	Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 4

LISTA DE SÍMBOLOS

DHC_{verde} , m^3/ha = componente verde da Demanda Hídrica da Cultura

DHC_{azul} , m^3/ha = componente azul da Demanda Hídrica da Cultura

$Prtv$, ton/ha = produtividade da cultura

TAQ , kg/ha = taxa de aplicação por hectare dos agroquímicos no campo

α = fração de lixiviação / escoamento

c_{max} , kg/m^3 = concentração máxima aceitável

c_{nat} , kg/m^3 = concentração natural do poluente

$Prtv$, ton/ha = produtividade da cultura

$PH_{proc}[s]$ = pegada hídrica do passo “s” do processo (volume/tempo)

$P[p]$ = quantidade produzida do produto “p” (massa/tempo)

$PH_{cons,dir}$ = consumo e poluição relacionados ao uso da água em casa ou no jardim

$PH_{cons,indir}$ = consumo e à poluição da água que podem estar associados à produção dos bens e serviços utilizados pelo consumidor

$\sum$ = somatório

n_0 = primeira aproximação para o tamanho da amostra.

E_0 = erro amostral (será adotado 7%)

N = tamanho (número de elementos da população)

n = tamanho (número de elementos) da amostra

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	19
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
1.1	O Cenário Hídrico Atual	22
1.1.1	<u>Os Usos da Água</u>	23
1.1.1.1	A Água na Agricultura	23
1.1.1.2	A Água na Indústria	24
1.1.1.3	O Consumo Doméstico de Água	25
1.1.2	<u>O consumo de Água no Brasil</u>	27
1.1.3	<u>O consumo de Água em função da renda</u>	28
1.2	Água Virtual	30
1.2.1	<u>Fluxos Internacionais de Água Virtual</u>	33
1.3	Pegada Hídrica	34
1.3.1	<u>Conceito</u>	34
1.3.1.1	A Pegada Hídrica do planeta	36
1.3.2	<u>A importância de se quantificar a pegada hídrica</u>	39
1.3.3	<u>Classificações da pegada hídrica</u>	39
1.3.3.1	Pegada hídrica direta e indireta	39
1.3.3.2	Pegada hídrica interna e externa	40
1.3.4	<u>Os diferentes tipos de pegadas hídricas</u>	40
1.3.4.1	Pegada hídrica azul.....	41
1.3.4.2	Pegada hídrica verde	43
1.3.4.3	Pegada hídrica cinza	44
1.3.5	<u>Metodologia para cálculo de pegada hídrica</u>	45
1.3.5.1	Objetivos do cálculo da pegada hídrica	45
1.3.5.2	Cálculo da pegada hídrica de uma cultura agrícola ou florestal	45
1.3.5.3	Pegada hídrica de um produto	47
1.3.5.4	Pegada Hídrica de um consumidor	49

1.3.5.5	A pegada hídrica dentro de uma área delimitada geograficamente	50
1.4	O Consumo de Alimentos no Brasil e na Cidade do Rio de Janeiro	51
1.5	Aglomerados Subnormais	51
1.5.1	<u>Distribuição dos aglomerados subnormais no Brasil</u>	53
2	METODOLOGIA	54
2.1	Referencial Teórico	54
2.2	Seleção da Área de Estudo	56
2.3	Caracterização da Área de Estudo	56
2.4	Instrumento de Pesquisa	62
2.5	Caracterização da Amostra	64
2.6	Considerações Éticas	65
2.7	Coleta de Dados	65
2.8	Tratamento dos Dados	67
3	RESULTADOS E ANÁLISES	69
3.1	Apresentação dos Resultados Brutos	69
3.1.1	<u>Quanto ao número de habitantes por residência</u>	69
3.1.2	<u>Quanto ao sub-bairro de moradia</u>	70
3.1.3	<u>Quanto ao nível de escolaridade</u>	71
3.1.4	<u>Quanto à faixa etária</u>	71
3.1.5	<u>Quanto aos alimentos consumidos</u>	72
3.1.6	<u>Quanto ao consumo doméstico de água</u>	75
3.1.7	<u>Quanto ao pagamento de conta de água</u>	76
3.1.8	<u>Quanto aos rendimentos mensais desembolsados</u>	77
3.2	Pegadas Hídricas – resultados brutos e consistidos	78
3.2.1	<u>Setor de Alimentos</u>	78
3.2.2	<u>Setor de Uso Doméstico de Água</u>	81
3.2.3	<u>Setor Industrial</u>	83
3.2.4	<u>Pegada Hídrica Total</u>	86
3.3	Comparação entre as pegadas hídricas – valores brutos e consistidos	87

3.4	Correlação entre as pegadas hídricas	87
3.5	Relações entre a despesa mensal e as pegadas hídricas	88
3.5.1	<u>Despesa mensal <i>per capita</i> X PH de alimentos</u>	89
3.5.2	<u>Despesa mensal <i>per capita</i> X PH doméstica (hipótese 3)</u>	90
3.5.3	<u>Despesa mensal <i>per capita</i> X PH industrial</u>	92
3.5.4	<u>Despesa mensal <i>per capita</i> X PH total</u>	93
3.6	Relações entre a escolaridade do entrevistado e as pegadas hídricas	94
3.6.1	<u>Escolaridade X PH de alimentos</u>	95
3.6.2	<u>Escolaridade X PH de consumo doméstico (hipótese 4)</u>	95
3.6.3	<u>Escolaridade X PH industrial</u>	97
3.6.4	<u>Escolaridade X PH total</u>	98
3.7	Relação entre a PH doméstica obtida e a vazão da nova elevatória	99
3.8	Relação entre a pegada hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo	99
3.9	Pegada hídrica doméstica estimada em função da renda	101
3.9.1	<u>Pela equação de Von Sperling</u>	101
3.9.2	<u>Pela equação obtida na pesquisa</u>	102
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICE 1 – Questionário aplicado na Rocinha para estimativa de PH por pessoa	112
	APÊNDICE 2 – Modelo do questionário adaptado do WFN tabulado em planilha eletrônica	118
	ANEXO 1 – Calculadora de Pegada Hídrica da página da <i>Water Footprint</i> na internet (www.waterfootprint.org)	127
	ANEXO 2 – Folha de rosto para pesquisa envolvendo seres humanos	128
	ANEXO 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido	129
	ANEXO 4 – Parecer da Comissão de Ética e Pesquisa da UERJ, com aprovação do projeto	130

INTRODUÇÃO

Muito poucas atividades ocorrem no mundo que não dependem da água, de uma forma ou de outra. Seja para o simples consumo humano, para a higiene, agricultura, produção de energia, fabricação de bens ou manutenção dos ecossistemas a fim de manter o planeta em equilíbrio - os seres humanos estão intrinsecamente ligados à água (SABMiller e WWF, 2009).

A população mundial ultrapassou os 6,9 bilhões de habitantes em julho de 2011 segundo o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (DAES, 2010), e sua previsão é de que em 2050 este número alcance os 9,3 bilhões de pessoas. Como resultado disso, teremos um avanço sem precedentes na demanda por alimentos, e não haverá lugar no mundo onde possa ser garantido aos consumidores de água que eles terão acesso ininterrupto ao abastecimento de que necessitam ou desejam, ou ainda para os setores-chave do desenvolvimento onde a água trás benefícios, tais como energia, agricultura e saúde (WWDR4, 2009).

Até mesmo o Brasil, um país rico em termos de disponibilidade hídrica, apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2007), as bacias localizadas em regiões de baixa disponibilidade hídrica (por exemplo, semi-árido) e grande consumo (próximas aos grandes centros urbanos) passam por situações de escassez e de estresse hídrico, o que torna imprescindível que intensas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos sejam desenvolvidas.

Desta forma, é importante que se desenvolvam conceitos e ferramentas adequadas para se lidar com os recursos hídricos disponíveis de uma forma economicamente eficiente. Em busca de uma forma de representar o impacto do consumo humano sobre os recursos

mundiais de água doce, Hoekstra e Hung (2002) introduziram o conceito de Pegada Hídrica, que é um indicador multidimensional de consumo de água que analisa seu uso tanto do ponto de vista do consumidor quanto do produtor.

De acordo com o Censo de 2010, 22% da população do município do Rio de Janeiro vive em aglomerados subnormais - termo técnico utilizado pelo IBGE que possui certo grau de generalização de forma a englobar a diversidade de assentamentos irregulares existentes no Brasil. Foi a grande representatividade de comunidades de baixa renda na população brasileira e a escassez de estudos de pegada hídrica no país nesta faixa de rendimento que definiu a seleção da área adotada como estudo de caso deste trabalho. No caso específico da comunidade do bairro Rocinha, cidade do Rio de Janeiro, mensurar sua Pegada Hídrica demonstra quantitativamente a estimativa do consumo de água de uma amostra da população de um aglomerado subnormal.

Neste sentido, foram elaboradas 4 hipóteses de trabalho a serem verificadas nesta pesquisa. As hipóteses formuladas possuem como função direcionar o raciocínio da pesquisa na execução do estudo, sem a pretensão de testar ou validar resultados.

- **Hipótese 1:** A pegada hídrica do setor de alimentos da amostra da população da Rocinha é similar à pegada hídrica média brasileira deste mesmo setor.
- **Hipótese 2:** A pegada hídrica do setor industrial da amostra da população da Rocinha é inferior à pegada hídrica média brasileira deste mesmo setor.
- **Hipótese 3:** Quanto maior a despesa financeira mensal *per capita*, maior será a pegada hídrica doméstica do indivíduo.
- **Hipótese 4:** Quanto menor a escolaridade, maior será a pegada hídrica relacionada ao consumo doméstico de água.

OBJETIVO GERAL

- Determinar e analisar a pegada hídrica de uma amostra da população do bairro Rocinha, com base em modelo originariamente disponível para quantificação do consumo de água.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a associação entre pegada hídrica do indivíduo com sua despesa mensal;
- Identificar a associação entre pegada hídrica do indivíduo com sua escolaridade.

Esta pesquisa está estruturada em quatro seções, além desta Introdução. A primeira seção apresenta a fundamentação teórica, que aborda o cenário hídrico atual tanto do Brasil quanto do mundo, os conceitos relacionados ao tema Pegada Hídrica, além da caracterização de um aglomerado subnormal. A seguir, é descrita a metodologia adotada para o atingimento dos objetivos propostos, e a apresentação e análise dos resultados encontrados após a aplicação dos questionários. As conclusões do estudo e as recomendações para trabalhos futuros constam da quarta seção. Por último as referências, os anexos e os apêndices.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 O Cenário Hídrico Atual

Entre os recursos naturais que o ser humano tem a disposição, a água figura como um dos mais relevantes, sendo vital para a sua sobrevivência (MOTA, 2008). A água potável é necessária para a higiene, para consumo e para produção de alimentos. A água também pode ser utilizada para produzir energia e dar suporte às atividades econômicas, como indústria e transporte. A água no ambiente natural assegura a prestação de diversos serviços ambientais que atendem às necessidades humanas básicas e apoiam às atividades econômicas e culturais.

A água é a alma do nosso planeta e das sociedades humanas que se desenvolvem sobre ele, porém, ela é rotineiramente tida como certa, com as deliberações em todos os níveis e em todos os setores feitas sem consideração plena dos possíveis impactos nos seus usuários e também sobre os recursos hídricos (WWDR4, 2009).

Richard Connor, na introdução da quarta edição do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWDR4, 2009), alerta que não há lugar no mundo onde possa ser garantido aos consumidores de água que eles terão acesso ininterrupto ao abastecimento de que necessitam, ou desejam, ou ainda para os setores-chave do desenvolvimento onde a água trás benefícios, tais como energia, agricultura e saúde. Também aponta, no relatório A Gestão da Água Sob Incerteza e Risco, um avanço "sem precedentes" na demanda por alimentos, a medida que a população aumenta e que os progressivos processos de urbanização e as mudanças climáticas são os dirigentes do crescente estresse hídrico global.

Além disso, a avaliação da demanda de água dos países em geral é usualmente obtida a partir da simples soma das retiradas de água para os diferentes setores da economia. Informação importante, porém, esses números não nos dizem muito sobre a água realmente necessária pelo povo desse país em relação ao seu padrão de consumo. A verdade é que muitos bens consumidos pelos habitantes de um país são produzidos em outros países. Logo, a demanda de água real de uma população pode ser muito maior do que as retiradas de água nacionais apontam. O inverso também é verdadeiro: a demanda nacional de água pode ser substancial, mas uma vultosa parcela dos produtos estão sendo exportados para consumo em outro lugar (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

Neste contexto, a compreensão dos vários aspectos e funções da água é fundamental para governar de forma eficaz. É necessário admitir que a água não é apenas um assunto local, regional ou nacional que pode ser administrado isoladamente, em qualquer um desses níveis. Pelo contrário, interdependências globais se formam através da água, e as decisões relacionadas à utilização da água geralmente não podem ser isoladas de tendências, incertezas, e de regentes mundiais (WWDR4, 2009).

1.1.1 Os Usos da Água

A água pode ter múltiplos usos, o que em alguns casos, pode gerar conflitos entre diversos segmentos da sociedade (ReCESA, 2008). Dentre os diversos usos, Tundisi e Tundisi (2010) citam como principais a agricultura e produção de alimentos, a energia e o transporte.

1.1.1.1 A Água na Agricultura

A água é primordial para a agricultura. É por isso que, atualmente, um bilhão de pessoas sentem fome por causa de falta de água para cultivar seus alimentos. Porém, os habitantes de regiões de climas temperados não percebem até que ponto a água é necessária para a agricultura, pois nestes locais, chuvas moderadas caem durante todo o ano. No planeta como um todo, o consumo de água utilizado pela produção agrícola chega a 70% do total (RATTNER, 1997 *apud* SILVA AUGUSTO *et al.*, 2012).

As chuvas nem sempre são suficientes para suprir a umidade demandada pelas culturas agrícolas. A irrigação é a alternativa para os produtores, pois representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos (IDEC, 2005). Mundialmente, a produtividade das lavouras irrigadas é 2,7 vezes maior do que a da produção que conta somente com a água das chuvas e, por isso, a irrigação continuará exercendo uma função significativa na produção de alimentos (WWRD4, 2012), embora seja uma atividade que consome mais de dois terços da água doce utilizada no planeta (IDEC, 2005).

Estima-se que no ano de 2020 os índices de consumo de água para a agricultura sejam maiores na América do Sul, África e Austrália, em relação ao restante do planeta. É possível que ocorra um incremento maior da produção agrícola no hemisfério Sul, especialmente pela possibilidade de uso do solo de forma mais intensa que, sob irrigação, pode produzir até três cultivos por ano (PAZ *et al.* 2000).

O elevado consumo de água e as restrições de sua disponibilidade faz da agricultura irrigada uma questão preocupante. Além disso, há que se considerar a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado, uma vez que, avaliações de projetos de irrigação em todo o mundo indicam que mais da metade da água derivada para irrigação se perde antes de alcançar a zona radicular dos cultivos (PAZ *et al.* 2000).

1.1.1.2 A Água na Indústria

A água é bastante utilizada na indústria e pode ter diversas aplicações, sendo elas (FRACACIO e PIRANHA, 2009):

- como matéria prima, onde a água é incorporada ao produto final (em indústrias de bebidas, cosméticos, entre outras);
- como fluido auxiliar, na preparação de soluções e reagentes químicos ou em operações de lavagem;
- geração de energia;
- fluido de aquecimento e resfriamento, e transporte;
- assimilação de contaminantes,
- entre outros.

Além da considerável demanda por água, diversos setores industriais geram grandes volumes de efluentes, sendo necessário tratamento antes do seu descarte final (FRACACIO e PIRANHA, 2009).

Em geral, cerca de 20% da água doce explorada no planeta é usada pela indústria, ainda que isso varie entre as regiões e os países. Apesar desta utilização ser relativamente pequena, ela requer um suprimento acessível, confiável e ambientalmente sustentável (WWRD4, 2012).

O volume de água necessário para o suprimento das distintas atividades industriais, é determinada por inúmeros fatores como: o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade de água, método de produção, idade das instalações, prática operacional, cultura local, inovação tecnológica, investimentos em pesquisa, etc (HESPANHOL *et al.*, 2007).

Por isso, em indústrias com características similares, porém situadas em regiões distintas, ou que tenham "idades" diferentes, há grande possibilidade da quantidade de água

consumida em cada uma delas ser bastante distinta. Como exemplo, estão apresentados na tabela 1 alguns indicadores internacionais gerais, por segmento industrial, do ano de 1990. Com certeza, estes indicadores já estão desatualizados, pois ao passo em que as legislações ambientais se tornam cada vez mais restritivas e novas tecnologias de conservação e uso racional da água surgem, as indústrias tendem a reduzir continuamente o consumo de água em suas instalações (HESPANHOL *et al.*, 2007).

Tabela 1 –Necessidade de água por algumas indústrias no mundo

Indústria e produto	Unidade de produção (ton, exceto quando especificada)	Necessidade de água por unidade de produção (litros)
Pães ou massas		600 a 4.200
Frutas e vegetais enlatados		2.000 a 80.000
Matadouro	Tonelada de carcaca	4.000 a 10.000
Manteiga		20.000
Queijo		2.000 a 27.500
Leite	1.000 litros	2.000 a 7.000
Bauxita	Tonelada de minério	300
Termelétrica	kWh	20
Beneficiamento de couro	Toneladas de pele	50.000 a 125.000

Fonte: Mierzwa e Hespanhol, 2005 *apud* Martins, 2012

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) explica que o percentual das demandas hídricas do setor industrial de um país é geralmente proporcional ao nível médio da renda, representando apenas cerca de 5% das extrações de água em países de baixa renda, em comparação com mais de 40% em alguns países de alta renda, conforme demonstrado na figura 1.

1.1.1.3 O Consumo Doméstico de Água

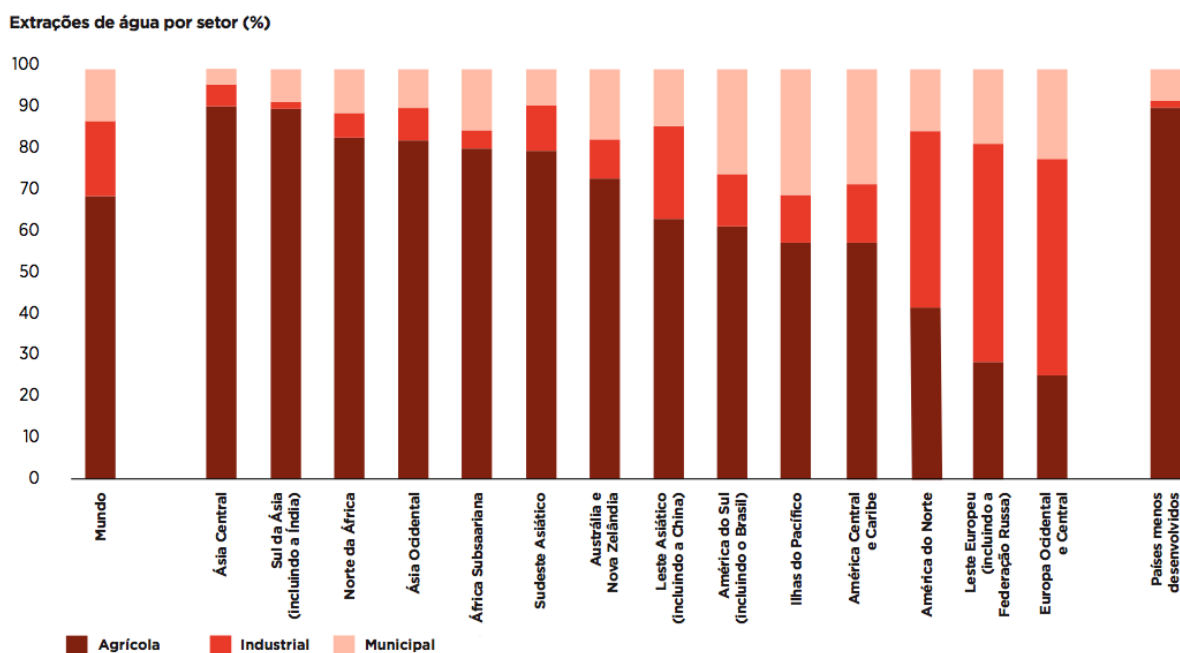
A água para uso doméstico pode ser utilizada para diversos fins, entre eles: descarga de bacias sanitárias, higiene pessoal, bebida, preparo de alimentos, lavagem de roupas, limpeza geral, rega de jardins, lavagem de carros, etc. (AZEVEDO NETO, 1998).

O consumo de água em uma residência depende de inúmeros fatores, que podem ser agrupados em seis classes (TSUTIYA, 2006) :

- características físicas;
- renda familiar;

- características da habitação;
- características do abastecimento de água;
- forma de gerenciamento do sistema de abastecimento,
- características culturais da comunidade

Figura 1 – Extrações de água por setor e por região (2005)



Fonte: FAO. AQUASTAT online database (2011b) *apud* WWDR4 (2012)

A tabela 2 apresenta a estimativa de consumo diário de água para diferentes tipologias de prédios residenciais.

Tabela 2 - Estimativa de consumo diário de água

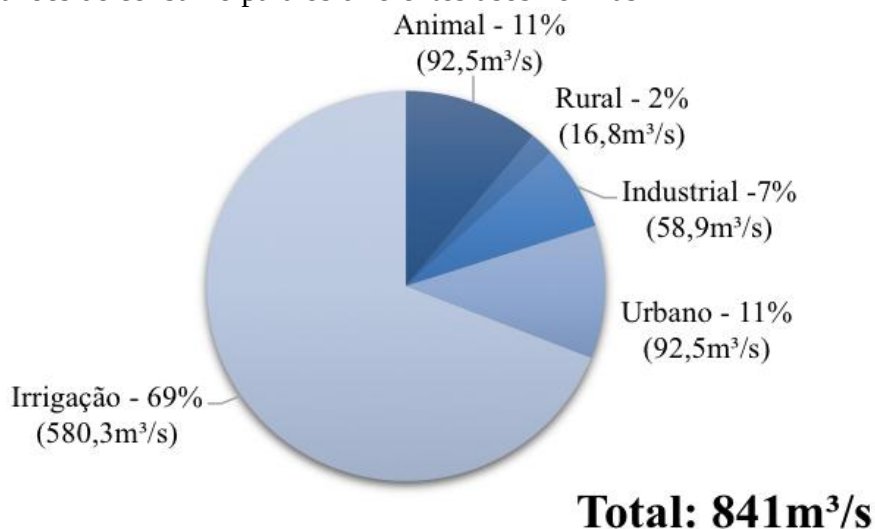
Tipo de Prédio	Unidade	Consumo (L/dia)
Serviço doméstico		
Apartamentos	<i>per capita</i>	200
Apartamento de luxo	por dormitório	300 a 400
	por quarto de empregada	200
Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
Residência de médio valor	<i>per capita</i>	150
Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
Alojamento provisório	<i>per capita</i>	80
Apartamento de zelador	por apartamento	600 a 1000

Fonte: Macintyre (1996)

1.1.2 O consumo de Água no Brasil

No Brasil, o maior usuário de água é a irrigação para produção de alimentos. Cerca de 69% das vazões efetivamente consumidas são destinadas a essa finalidade. Conforme mostra a figura 2, o abastecimento urbano representa 11%, o consumo animal 11%, o industrial 7% e o abastecimento rural 2% (ANA, 2007).

Figura 2 – Vazões de consumo para os diferentes usos no Brasil



Fonte: ANA (2007)

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o maior banco de dados do setor saneamento brasileiro, apresentou em seu trabalho *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2010* os valores médios per capita para a amostra total em 2009 e 2010, segundo estado, região geográfica e Brasil (tabela 3), e declarou:

Chama a atenção o crescimento do consumo médio *per capita* de água no Rio de Janeiro. O estado já apresentava em 2009 a média mais alta do país, com 189,1 l/hab.dia, valor 11,0% acima da média da região Sudeste e 27,3% acima da média do país. Em 2010 esse valor alcançou 236,3 l/hab.dia, valor 22,2% acima da média do Espírito Santo (segunda maior do país), 27,1% acima da média da região Sudeste e 48,6% acima da média do país. Cabe destacar que o valor do estado é fortemente influenciado pelo consumo médio *per capita* da CEDAE/RJ, igual a 259,8 l/hab.dia (29,2% maior que em 2009). Para se ter uma ideia da dimensão desses números, desconsiderando-se o consumo médio da CEDAE, a média do estado do Rio de Janeiro cai de 236,3 para 148,9 l/hab.dia (SNIS, 2012).

O mesmo consumo médio *per capita* (IN022) em 2009 e 2010, segundo região geográfica, está apresentado graficamente na figura 3. Percebe-se que a região Sudeste apresenta o maior consumo médio *per capita*, igual a 185,9 l/hab.dia. Por outro lado, a média brasileira no ano de 2010, que foi de 159,0 l/hab.dia, está indicada pela linha tracejada.

Tabela 3 – Valores do consumo médio *per capita* de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS, nos anos de 2009 e 2010, segundo estado, região geográfica e Brasil

Estados/ Regiões	IN₀₂₂ (l/hab.dia) Ano 2009	IN₀₂₂ (l/hab.dia) Ano 2010	Variação 2009 / 2010
Acre	187,0	148,3	-20,70%
Amazonas	127,1	144,7	13,80%
Amapá	171,9	146,8	-14,60%
Pará	147,1	141,9	-3,50%
Rondônia	123,7	141,5	14,40%
Roraima	145,4	159,1	9,40%
Tocantins	132,3	139,1	5,20%
Norte	139,5	143,5	2,90%
Alagoas	86,8	91,6	5,50%
Bahia	120,0	120,3	0,20%
Ceará	130,3	139,4	7,00%
Maranhão	147,2	128,8	-12,50%
Paraíba	103,2	111,3	7,90%
Pernambuco	90,9	96,6	6,30%
Piauí	114,2	115,9	1,50%
Rio Grande do Norte	113,9	124,7	9,50%
Sergipe	117,3	118,7	1,20%
Nordeste	114,4	117,3	2,50%
Espírito Santo	182,6	193,3	5,90%
Minas Gerais	137,4	147,0	7,00%
Rio de Janeiro	189,1	236,3	25,00%
São Paulo	177,8	184,7	3,90%
Sudeste	170,4	185,9	9,10%
Paraná	128,7	136,5	6,10%
Rio Grande do Sul	148,4	155,4	4,70%
Santa Catarina	138,1	145,0	5,00%
Sul	138,1	145,4	5,30%
Distrito Federal	172,0	183,3	6,60%
Goiás	127,4	137,9	8,20%
Mato Grosso do Sul	122,5	139,0	13,50%
Mato Grosso	168,2	175,1	4,10%
Centro-Oeste	143,7	154,9	7,80%
Brasil	148,5	159,0	7,10%

IN₀₂₂ - Consumo médio *per capita* de água (l/hab.dia)

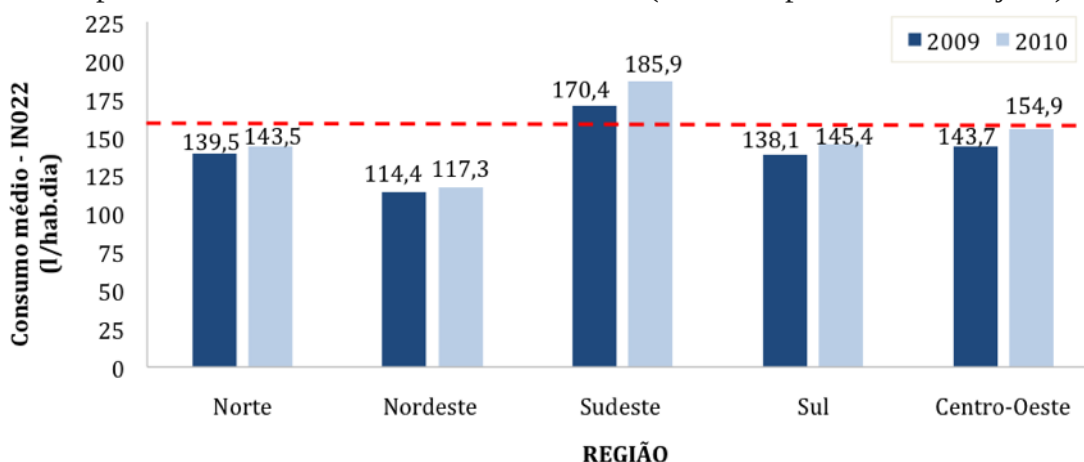
Fonte: SNIS (2012)

1.1.3 O consumo de Água em função da renda

Dentre as variáveis que afetam o consumo doméstico de água, uma das mais importantes é o preço. Comumente, aumentos da tarifa da água acarretam diminuição no

consumo, até um limite correspondente ao essencial, e reduções no preço promovem um aumento no consumo (ReCESA, 2008). Além disso, segundo Azevedo Neto (1998), nos locais onde o consumo predial é mensurado por hidrômetros, verifica-se que este é sensivelmente menor em relação àquelas cidades onde tal medição não é realizada, como acontece em alguns bairros do Rio de Janeiro.

Figura 3 – Consumo médio *per capita* (indicador IN022) dos prestadores de serviços participantes do SNIS, em 2009 e 2010, segundo região geográfica e a média do país de 159,0 l/hab.dia, no ano de 2010 (indicada pela linha tracejada)



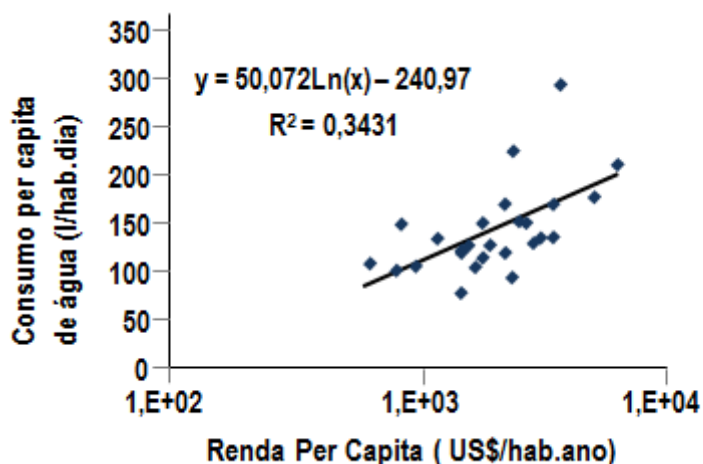
Fonte: SNIS (2012)

Von Sperling *et al.* (2002) desenvolveram um trabalho com o objetivo de investigar valores típicos do consumo *per capita* de água e seus principais fatores de influência. Foram analisados dados dos 26 estados brasileiros e de 45 municípios de Minas Gerais. Dentre as principais conclusões obtidas neste estudo:

- os valores do consumo *per capita* de água nos estados brasileiros apresentam uma grande variação, com um valor médio de 157 l/hab.dia e uma faixa de variação de 93 a 298 l/hab.dia;
- o consumo *per capita* de água nos estados está associado à renda *per capita* da população nos diversos estados;

A figura 4 demonstra graficamente a relação consumo *per capita* de água em função da renda *per capita* nos diversos estados brasileiros, segundo dados de 1999 obtidos na época do estudo desenvolvido por Von Sperling *et al.* (2002).

Figura 4 – Consumo *per capita* de água em função da renda *per capita* nos diversos estados brasileiros (dados do ano de 1999)



Fonte: Von Sperling *et al.* (2002)

1.2 Água Virtual

A teoria da Água Virtual foi desenvolvida por um geógrafo, o professor John Anthony Allan (GWI, 2008). Este britânico recebeu em 2008 o prêmio de maior prestígio mundial para realizações de destaque em atividades relacionadas com a água, o Stockholm Water Prize (SIWI, 2007). Foi no início dos anos 90 que ele apresentou o conceito desta ferramenta utilizada para descrever os fluxos de água "virtual" exportados a partir de uma região como resultado da exportação de *commodities* que utilizam água de forma intensiva (MA *et al.* 2006).

A água virtual é a água "incorporada" a um produto, não se referindo aqui ao sentido real, mas ao sentido virtual, e foi inicialmente chamada por Tony Allan de "água embutida". Porém, seu conceito não foi bem compreendido, o que fez com que Allan passasse a utilizar o termo "água virtual" a partir do ano de 2003. Desde então o novo nome teve grande repercussão e foi amplamente aceito pelos gestores de recursos hídricos (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008 e ALLAN, 2003).

Hoekstra e Chapagain (2008) elucidam que o adjetivo "virtual" refere-se ao fato de que a maior parte da água utilizada na produção de determinado produto, não está realmente dentro do produto. Comumente, o conteúdo de água "real" efetivamente presente nos produtos, é negligenciável em comparação com o conteúdo de água virtual (RESENDE NETO, 2011).

Em outras palavras, o conceito de “água virtual” pode ser definido como a quantidade de água consumida na produção de *commodities* agrícolas, na produção de bens industrializados, e na prestação de serviços (RODRIGUES, CÔRTEZ e MORETTI, 2012). A tabela 4 apresenta o teor de água virtual de alguns produtos selecionados.

Tabela 4 - Média global de água virtual de alguns produtos selecionados, por unidade de produto

Produto	Teor de água virtual (litros)
1 copo de cerveja (250 ml)	75
1 copo de leite (200 ml)	200
1 xícara de café (125 ml)	140
1 xícara de chá (250 ml)	35
1 fatia de pão (30 g)	40
1 fatia de pão (30 g) com queijo (10 g)	90
1 batata (100 g)	25
1 maçã (100 g)	70
1 camiseta de algodão (250 g)	2000
1 folha de papel A4 (80 g/m ²)	10
1 taça de vinho (125 ml)	120
1 copo de suco de maçã (200 ml)	190
1 copo de suco de laranja (200 ml)	170
1 saco de batatas fritas (200 g)	185
1 ovo (40 g)	135
1 hamburger (150 g)	2400
1 tomate (70 g)	13
1 laranja (100 g)	50
1 par de sapatos (couro bovino)	8000
1 microchip (2 g)	32

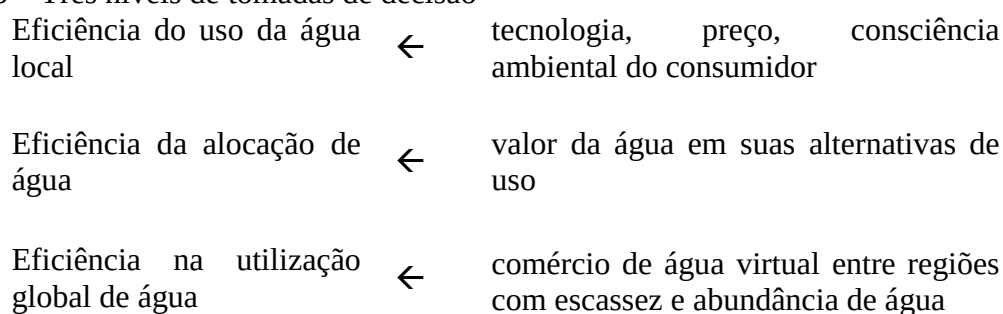
Fonte: Hoekstra e Chapagain (2007)

A água potável é um bem escasso, e por isso ela deve ser considerada um bem econômico. Desta forma, é importante que se desenvolvam conceitos e ferramentas adequadas para se lidar com os recursos hídricos disponíveis de uma forma economicamente eficiente. Segundo Hoekstra e Hung (2002), no gerenciamento do bem “água”, há três níveis diferentes de decisões (figura 5):

- O primeiro nível é o do usuário, onde o preço e a tecnologia desempenham um papel fundamental. Neste nível a eficiência de utilização da água localmente também pode ser aumentada mediante a criação de uma consciência ambiental do consumidor.

- Em segundo lugar, num nível superior, a escolha a ser feita é sobre como alocar os recursos hídricos disponíveis para os diferentes setores da economia (incluindo a saúde pública e o meio ambiente). Sendo a água um bem público, a alocação da água considerando-se suas alternativas de uso é sobretudo uma questão governamental.
- O terceiro nível é o da eficiência global do uso da água, pois algumas regiões do planeta sofrem com a escassez de água e outras a tem em abundância. A demanda por água também varia, existindo regiões com baixo e outras com alto consumo.

Figura 5 – Três níveis de tomadas de decisão



Fonte: Adaptado de Hoekstra e Hung (2002)

Hoekstra e Hung (2002) relatam que, atualmente, a relação geral entre a demanda de água e sua disponibilidade é negativa. Por isso, recentemente, pesquisadores tem-se focado em estudar a forma de atender a demanda com base na água disponível, com o intuito de alocar com maior eficiência este recurso. É claro que, em uma economia fechada, uma nação terá que atingir suas metas de desenvolvimento com recursos próprios. Entretanto, em uma economia aberta, uma nação pode importar os produtos que são produzidos a partir de recursos que estão disponíveis apenas em outros países, e exportar os que são produzidos com os recursos abundantes no país. Um exemplo disto é quando um determinado país, com escassez hídrica, pode importar produtos que requerem uma grande quantidade de água em sua produção (produtos de uso intensivo de água) e exportar produtos ou serviços que necessitem de menos água (uso extensivo). Isso é chamado de "comércio de água virtual".

Se a questão é uma definição quantitativa mais precisa, duas principais abordagens foram propostas e aplicadas até agora (HOEKSTRA, 2003). Numa abordagem, o teor de água virtual é definido como o volume de água que foi realmente utilizado para produzir determinado produto. Isto dependerá das condições de produção, incluindo o local, o tempo de produção e a eficiência do uso da água. Por exemplo, produzir um quilo de grãos em um país árido, pode exigir duas ou três vezes mais água do que produzir a mesma quantidade em

um país úmido. A segunda abordagem, assume a perspectiva do consumidor, e define o conteúdo de água virtual de um produto como a quantidade de água que teria sido necessária para a produção do produto no local onde ele é demandado. Esta definição é pertinente quando se questiona: o quanto de água pode-se economizar ao importar um determinado produto, ao invés de produzi-lo?

1.2.1 Fluxos Internacionais de Água Virtual

Os fluxos globais de água virtual, no período de 1997 a 2001 relativos ao comércio internacional de produtos agrícolas, pecuários e industriais somaram uma média de 1625 Gm³/ano.

Os 15 países com os mais altos índices de exportação e importação de água virtual bruta, entre os anos de 1997 e 2001 estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Os 15 países com os maiores índices de exportação e importação de água virtual bruta

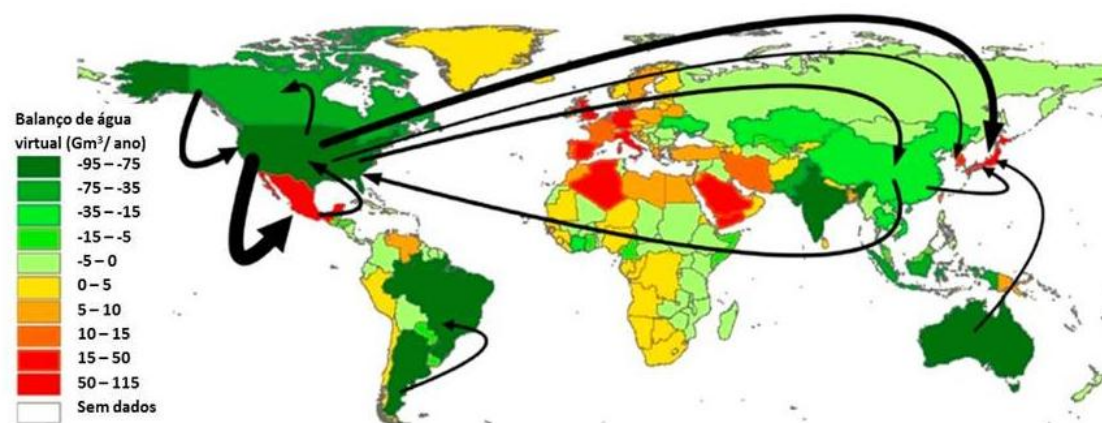
Maiores Exportadores			Maiores Importadores	
Países	Exportação Bruta (Gm ³ /ano)	Classificação	Países	Importação Bruta (Gm ³ /ano)
EUA	229,3	1	EUA	175,8
Canadá	95,3	2	Alemanha	105,6
França	78,5	3	Japão	98,2
Austrália	73,0	4	Itália	89,0
China	73,0	5	França	72,2
Alemanha	70,5	6	Holanda	68,8
Brasil	67,8	7	Reino Unido	64,2
Holanda	57,6	8	China	63,1
Argentina	50,6	9	México	50,1
Rússia	47,7	10	Bélgica-Luxemburgo	47,1
Tailândia	42,9	11	Rússia	46,1
Índia	42,6	12	Espanha	45,0
Bélgica-Luxemburgo	42,2	13	Korea Rep,	39,2
Itália	38,2	14	Canadá	35,4
Costa do Marfim	35,1	15	Indonésia	30,0

Fonte: Hoekstra e Hung (2002)

A figura 6 apresenta o balanço de água virtual por país, bem como e a direção dos fluxos de água virtual bruta relacionadas ao comércio de produtos agrícolas e industriais ao longo do período de 1996 a 2005. Apenas os maiores fluxos brutos ($> 15 \text{ Gm}^3/\text{ano}$) são mostrados. Os países em verde tem um saldo negativo, o que significa que eles tem uma maior exportação de água virtual. Os países com cores entre amarelo e vermelho tem uma maior importação água virtual. Os maiores exportadores líquidos de virtuais água são encontrados no Norte e América do Sul (Estados Unidos, Canadá, Brasil e Argentina), Sul da Ásia (Índia, Paquistão, Indonésia, Tailândia), e Austrália. Os maiores importadores de água são o Norte de África e o Oriente Médio, México, Europa, Japão e Coreia do Sul.

As regiões em verde exportam água virtual, e em vermelho importam. As setas indicam os maiores fluxos líquidos de água virtual entre as regiões ($> 100 \text{ Gm}^3$).

Figura 6 – Balanço de água virtual por país



Fonte: Adaptado de Hoekstra e Mekonnen (2012)

1.3 Pegada Hídrica

1.3.1 Conceito

Em busca de um indicador que pudesse representar o impacto do consumo humano sobre os recursos mundiais de água doce, Hoekstra e Hung (2002) introduziram o conceito de pegada hídrica, também conhecida como pegada d'água, em inglês Water Footprint (WF). Seu fundamento é similar ao conceito da pegada ecológica que teve origem na década de 90 (HOEKSTRA, 2007). Enquanto a pegada ecológica mede a área bioproductiva necessária para o sustento de determinada população, a pegada hídrica representa o volume de água

demandado. Ambos indicadores expressam o consumo humano em relação aos recursos naturais.

A pegada hídrica de um indivíduo, comunidade ou empresa é definida como o volume total de água que é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo ou comunidade. Ela pode ser calculada para qualquer grupo de consumidores, como por exemplo uma família, empresa ou nação (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008). No site www.waterfootprint.org está disponível uma calculadora capaz de quantificar a pegada hídrica de um indivíduo.

A pegada hídrica é tipicamente expressa em termos do volume do consumo de água por ano, e pode ser calculada multiplicando-se todos os bens e serviços consumidos pelo seu teor de água virtual respectivo (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008). Além disso, salienta-se que, dependendo da definição aplicada, surgirão diferentes dimensões, tais como (SCHUBERT, 2011):

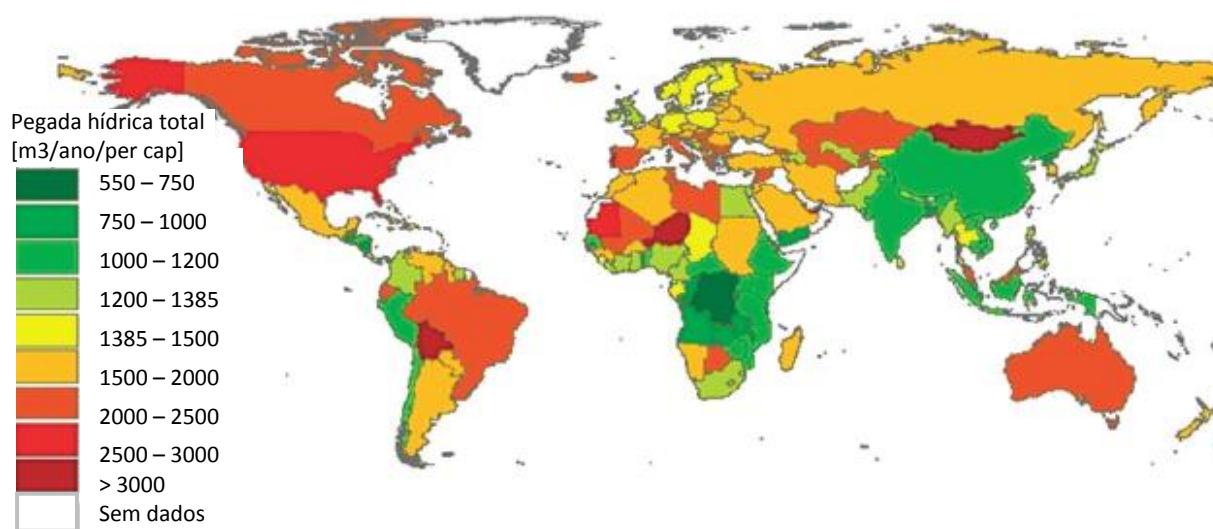
- m^3 de água / (pessoa • ano),
- m^3 de água / (empresa • ano),
- m^3 de água / (região • ano), ou
- m^3 de água / (nação • ano).

Usualmente, o consumo de água de um país é medido como a demanda total de água doce para os diversos setores da economia. Em contraste, a pegada hídrica apresenta o uso de água não só dentro do país considerado, mas também fora das fronteiras do país. Representa a real demanda de um país sobre os recursos hídricos globais. Refere-se a todas as formas de uso da água que colaboram para a produção de bens e serviços consumidos pelos habitantes de uma dada nação. Hoekstra e Chapagain (2008) citam como exemplo o arroz produzido na Tailândia e exportado para a Holanda. A pegada hídrica da comunidade holandesa também se refere a utilização da água para a produção de arroz na Tailândia. Por outro lado, a pegada hídrica de um país não inclui a água que é usada dentro do território nacional para a produção de *commodities* para exportação, que são consumidos em outro lugar.

1.3.1.1 A Pegada Hídrica do planeta

A pegada hídrica global representa uma média de $1.385 \text{ m}^3/\text{per capita}/\text{ano}$ (Hoekstra e Chapagain, 2007). Em alguns países ela apresenta uma magnitude muito maior que outros. Hoekstra e Mekonnen (2012) mapearam os consumos durante os anos de 1996 a 2005 e a figura 7 permite uma visualização dos valores encontrados. Os países mostrados em verde tem uma pegada hídrica menor que a média mundial, e os coloridos em amarelo ou vermelho tem uma pegada superior à global. Na tabela 6 estão apresentadas as Pegadas Hídricas de 20 países e do mundo bem como suas respectivas populações, determinadas entre os anos de 1996 a 2005.

Figura 7 – A pegada hídrica total por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano *per capita*)



Fonte: Adaptado de Hoekstra e Mekonnen (2012)

Pode-se dividir o consumo de água em três principais setores: o setor agrícola, o industrial e o setor de abastecimento de água doméstico (HOEKSTRA e MEKONNEN, 2012). A produção agrícola é o setor que mais utiliza água no mundo. São $7.800 \times 10^9 \text{ m}^3$ de água a cada ano. Por outro lado, os consumos industriais e domésticos consomem $400 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $324 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$, respectivamente (Hoekstra *et al.*, 2011a). A tabela 7 apresenta as pegadas hídricas dos três setores tanto no âmbito nacional como mundial. Com ela percebe-se a similaridade entre as magnitudes das percentagens, porém, chama a atenção o fato de que no Brasil a produção agrícola consome ainda mais recursos hídricos que a média mundial.

Tabela 6 - População Total e Pegada Hídrica de 20 países e mundial (período de 1996-2005)

País	População (milhares)	Pegada Hídrica Total (m ³ /ano <i>per capita</i>)
Mongólia	2.409	3.775
Bolívia	8.409	3.468
Estados Unidos	288.958	2.842
Portugal	10.278	2.505
Canadá	30.889	2.333
Austrália	19.320	2.315
Itália	57.521	2.303
Uruguai	3.307	2.133
Brasil	175.308	2.027
México	99.810	1.978
Cuba	11.091	1.687
Turquia	66.849	1.642
Japão	126.741	1.379
Egito	70.958	1.341
Reino Unido	59.334	1.258
Etiópia	66.512	1.167
Índia	1.051.290	1.089
China	1.277.208	1.071
Haiti	8.719	1.030
República Dem. do Congo	52.053	552
Global	6.154.564	1.385

Fonte: Mekonnen & Hoekstra (2011)

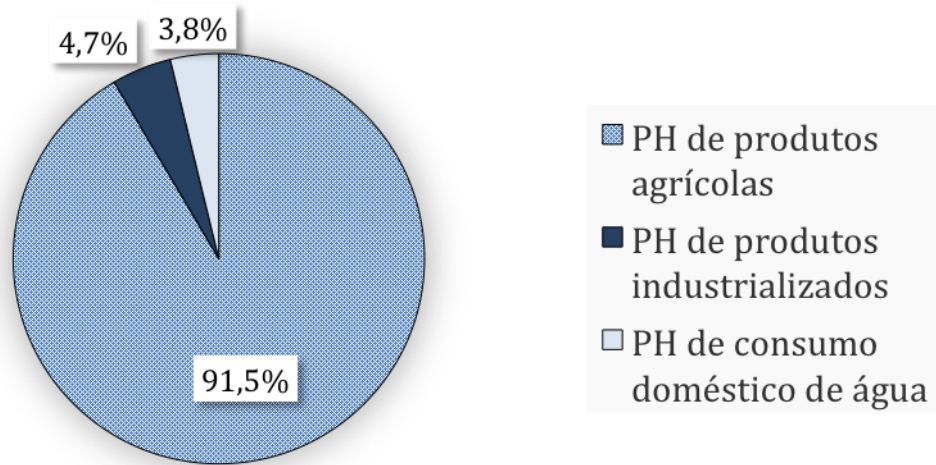
Tabela 7 – Pegada Hídrica no Brasil e no mundo por setor de consumo (período de 1996-2005)

	Brasil		Mundo	
	(m ³ /ano <i>per capita</i>)	%	(m ³ /ano <i>per capita</i>)	%
PH de produtos agrícolas	1926,2	95,02	1267,48	91,5
PH de produtos industrializados	45,45	2,24	65,04	4,7
PH de consumo doméstico de água	55,49	2,74	52,65	3,8
Total	2027,14	100	1385,16	100

Fonte: Hoekstra *et al.* (2011a)

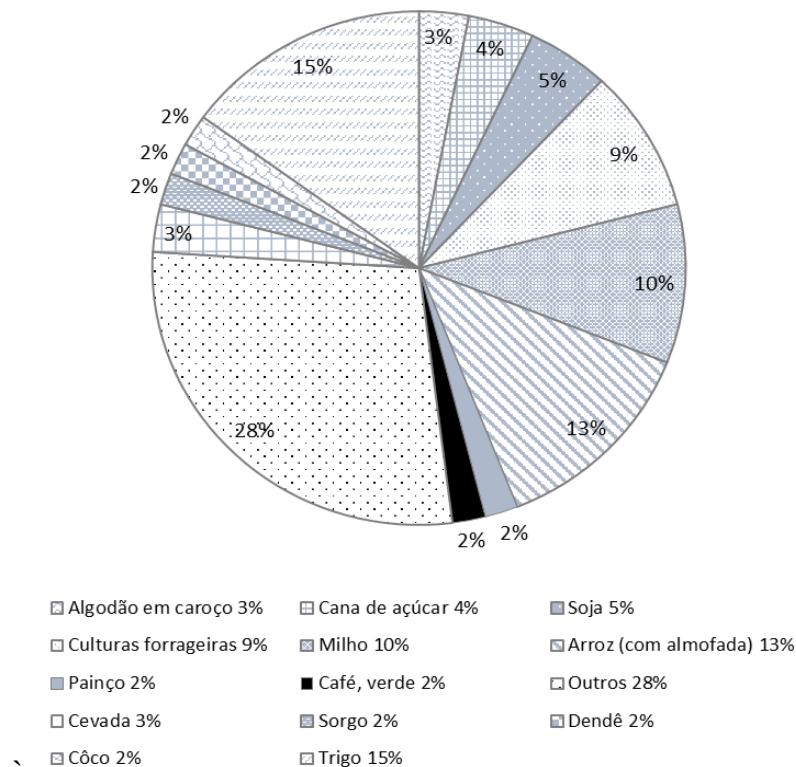
O setor agrícola utiliza um grande volume de água (91,5%) e pode ser visualizada a partir da figura 8 que apresenta a porcentagem da Pegada Hídrica Global por cada um dos setores de consumo. Esta informação é complementada pela figura 9 que ilustra a contribuição de diferentes culturas para a pegada hídrica total da produção agrícola global.

Figura 8 – Pegada Hídrica Global por setor de consumo



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011a)

Figura 9 – Contribuição de diferentes culturas para a pegada hídrica total da produção agrícola. Período: 1996-2005.



Fonte: Mekonnen e Hoekstra (2011)

1.3.2 A importância de se quantificar a pegada hídrica

Informações sobre pegadas hídricas de comunidades e empresas nos ajudam a compreender como podemos utilizar a água doce de uma forma mais sustentável e equitativa (HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

Há muitos lugares no mundo onde ocorrem sérios problemas relacionados à água: rios secam, níveis dos lençóis freáticos diminuem, espécies são ameaçadas de extinção devido às águas contaminadas. A pegada hídrica ajuda a mostrar a ligação que existe entre o nosso consumo diário de bens e os problemas de esgotamento de água e poluição que existem em outros locais, nas regiões onde os produtos são produzidos. Quase todo produto tem uma pegada hídrica menor ou maior, que é de interesse dos consumidores que consomem esses produtos e empresas que produzem, processam, trocam ou vendem esses produtos em alguma fase de sua cadeia de suprimentos (HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

Para melhor compreender o conceito deste indicador de sustentabilidade, a pegada hídrica foi separada em diferentes classificações e tipos, como exposto nos itens a seguir.

1.3.3 Classificações da pegada hídrica

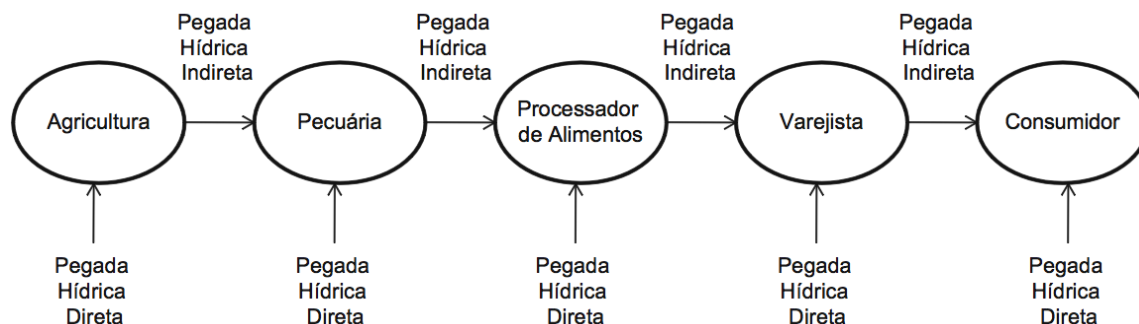
1.3.3.1 Pegada hídrica direta e indireta

A pegada hídrica direta de um consumidor ou produtor (ou um grupo de consumidores ou produtores) refere-se ao consumo de água e à poluição que está associada ao uso de água pelo consumidor ou produtor, como a água consumida em casa, por exemplo. Distingue-se da pegada hídrica indireta, que se refere ao consumo de água e da poluição que podem ser associados à produção de bens e serviços consumidos pelo consumidor ou aos insumos utilizados pelo produtor (por exemplo, os produtos comprados no supermercado ou em qualquer outro lugar) (HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

Embora, quando se avalie consumo de água, o foco tradicionalmente recai sobre a pegada hídrica direta, Hoekstra *et al.* (2011a) salienta que a pegada hídrica indireta é geralmente muito maior.

A figura 10 apresenta a pegada hídrica direta e indireta em cada estágio da cadeia de suprimento de um produto de origem animal, desde o momento do plantio até a chegada do produto pronto até o consumidor.

Figura 10 – A pegada hídrica direta e indireta em cada estágio da cadeia de suprimento de um produto de origem animal



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011b)

1.3.3.2 Pegada hídrica interna e externa

A fim de promover um melhor entendimento a respeito da origem da água empregada em determinado país ou região, a pegada hídrica foi caracterizada como interna ou externa. A pegada hídrica interna é definida como o volume de água utilizado para consumo doméstico e também na produção de bens e serviços que serão consumidos pelos habitantes de um determinado país, ou seja, é a apropriação dos recursos hídricos nacionais para suprir seu mercado interno. A pegada hídrica externa refere-se a água virtual direcionada para este mesmo país, por meio da importação de bens ou serviços (SCHUBERT, 2011 e HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

A figura 11 exemplifica a relação entre a pegada hídrica relacionada ao consumo de uma Nação A e a pegada hídrica em relação ao comércio entre duas nações.

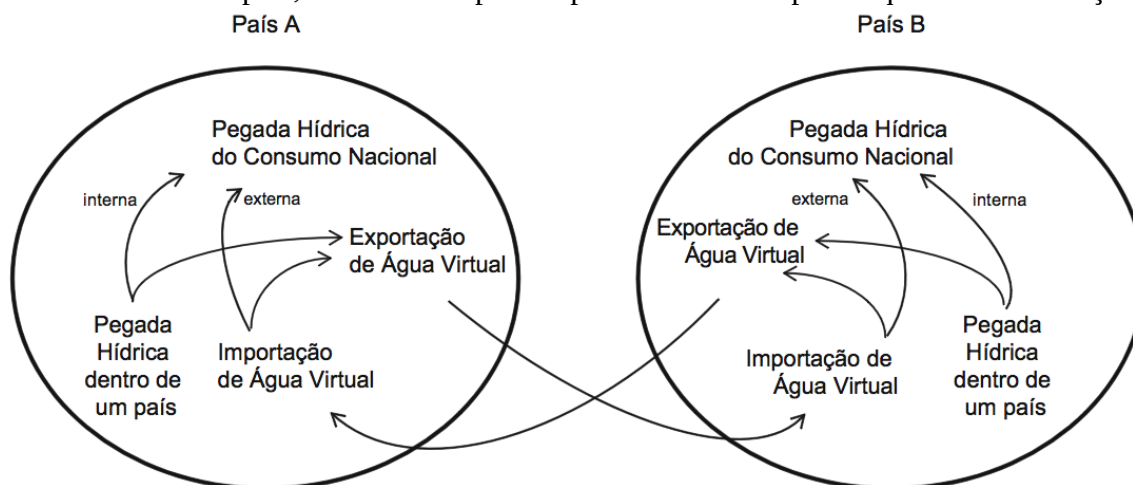
Cerca de 9% dos 2027 m³/ano *per capita* da Pegada Hídrica total do Brasil está fora das fronteiras do país. A tabela 8 mostra esta relação, bem como as pegadas internas e externas de outros sete países.

1.3.4 Os diferentes tipos de pegadas hídricas

As pegadas hídricas de diferentes produtos dependem de suas origens. As mesmas são divididas em três categorias de acordo com as fontes da água: verde (uso da água da chuva),

azul (uso das águas de superfície e subterrânea) e cinza (água poluída) (HOEKSTRA *et al.*, 2011a). A figura 12 ilustra essas três fontes de água que serão melhor descritas nos itens a seguir.

Figura 11 – A relação entre a pegada hídrica do consumo nacional e a pegada hídrica dentro de um país, em um exemplo simplificado de dois países que mantêm relações



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011b)

Tabela 8 – Pegada Hídrica Interna e Externa de alguns países

País	Pegada Hídrica Interna (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Pegada Hídrica Externa (m ³ /ano <i>per capita</i>)	TOTAL (m ³ /ano <i>per capita</i>)
Brasil	1840 (91%)	187 (9%)	2027
China	964 (90%)	107 (10%)	1071
Espanha	1404 (57%)	1057 (43%)	2461
EUA	2267 (80%)	576 (20%)	2843
Índia	1061 (97%)	28 (3%)	1089
Itália	906 (39%)	1398 (61%)	2304
Japão	319 (23%)	1060 (77%)	1379
Mongólia	1444 (38%)	2331 (62%)	3775
Média Mundial	1085 (78%)	300 (22%)	1385

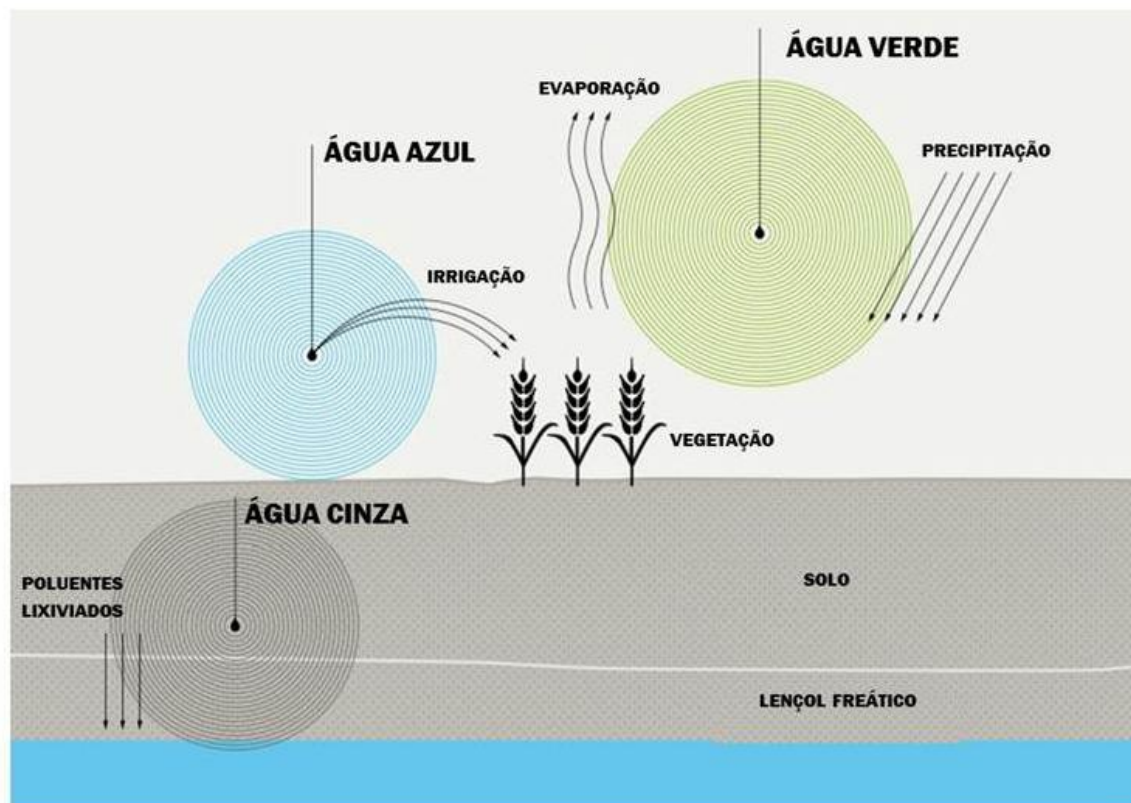
Fonte: Adaptado de Hoekstra *et al.* (2011a)

1.3.4.1 Pegada hídrica azul

A pegada hídrica azul é um indicador de consumo de água azul, isto é, águas superficiais e subterrâneas (HOEKSTRA *et al.*, 2011a). Ela está prontamente disponível para os seres humanos, podendo ser captada e transportada (SCHUBERT, 2011). Como exemplo cita-se a água de lagos de água doce, rios e aquíferos. Sua disponibilidade normalmente varia

dentro do ano e também de ano para ano, de acordo com a escassez ou abundância de água azul nos locais e períodos em análise (HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

Figura 12 – Fontes de água conforme categorias de uso



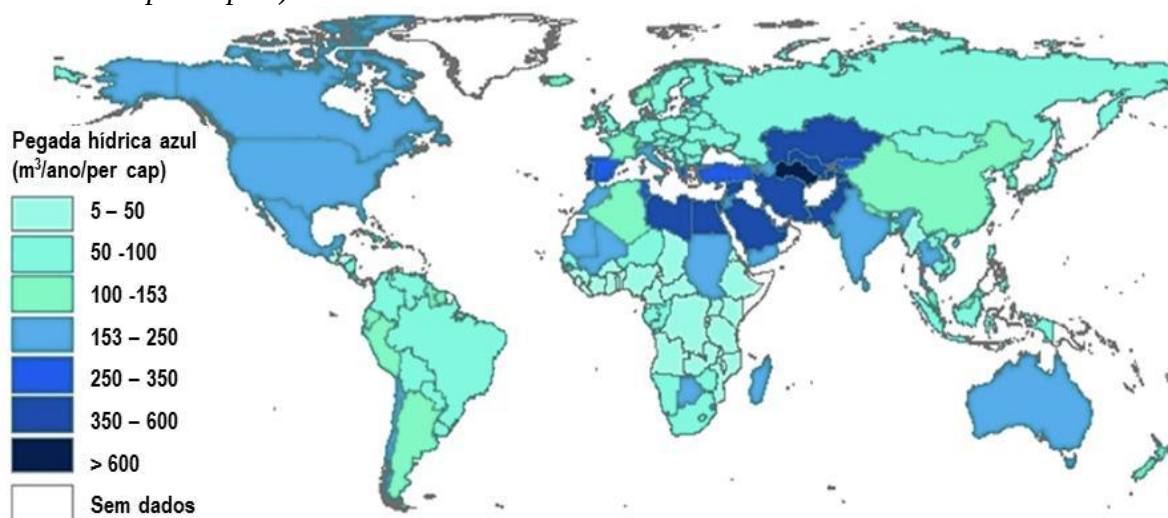
Fonte: Adaptado de SABMiller e WWF (2009)

Os casos em que a água azul é consumida são (HOEKSTRA *et al.*, 2011a):

- 1) A água evapora;
- 2) A água é incorporada ao produto;
- 3) Água não retorna para a bacia onde ocorreu a sua captação, por exemplo, é devolvido à outra bacia ou ao mar;
- 4) Água não regressa no mesmo período, por exemplo, é captada durante uma época de estiagem e retorna num período chuvoso.

Segundo Hoekstra *et al.* (2011a), a pegada hídrica azul é igual ao volume de águas superficiais e subterrâneas consumidas na produção de um bem ou serviço. Neste caso, o consumo refere-se ao volume de água doce utilizado e, em seguida, evaporado ou incorporadas a determinado produto. Inclui também a água captada que não retornou para a mesma bacia onde foi captada. A figura 13 ilustra a pegada hídrica azul entre os países.

Figura 13 – A pegada hídrica azul por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano *per capita*)



Fonte: Adaptado de Hoekstra e Mekonnen (2012)

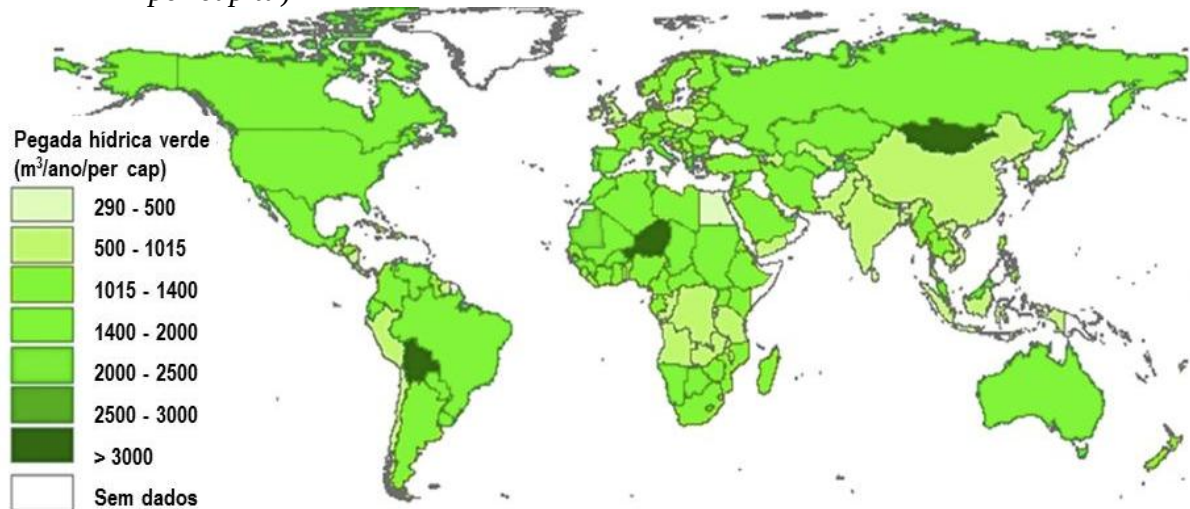
1.3.4.2 Pegada hídrica verde

A água denominada verde é a água proveniente da chuva que fica temporariamente armazenada na zona capilar do solo ou na vegetação, ou seja, a água precipitada que não sofreu escoamento superficial nem infiltração (SCHUBERT, 2011 e HOEKSTRA *et al.*, 2011a).

De acordo com Hoekstra *et al.* (2011a), embora nem toda a água verde possa ser utilizada por plantações - pois sempre ocorrerá a evaporação do solo e porque sua disponibilidade varia a cada ano e de ano para ano - a água verde pode ser importante para o cultivo de culturas agrícolas.

Desta forma, define-se pegada hídrica verde como o volume de água da chuva consumida durante um determinado processo de produção. Isto é bastante significativo para produtos agrícolas onde a pegada hídrica verde compreende o volume evapotranspirado de água da chuva total (de campos e plantações), somado à água incorporada no produto colhido ou madeira (HOEKSTRA *et al.*, 2011a). A figura 14 mostra a pegada hídrica verde por país entre os anos de 1996 a 2005.

Figura 14 – A pegada hídrica verde por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano *per capita*)

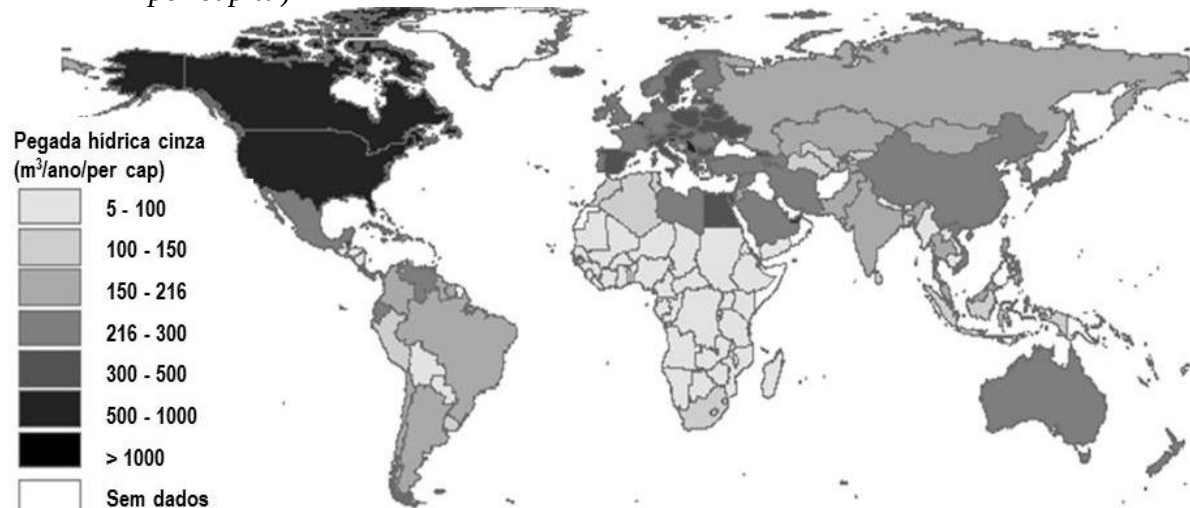


Fonte: Adaptado de Hoekstra e Mekonnen (2012)

1.3.4.3 Pegada hídrica cinza

Hoekstra e Chapagain (2008) expandiram o conceito de pegada hídrica, incluindo uma terceira forma de água, a água cinza. Foi proposto quantificar esta pegada hídrica cinza por uma estimativa do volume de água necessário para diluir uma certa carga de poluentes tal que satisfaça os padrões de qualidade de água definidos por legislação ambiental. Desta forma, em se tratando da pegada hídrica cinza de um produto, sua magnitude é um indicador de poluição de água doce, que pode ser associado à produção de um produto ao longo de sua cadeia produtiva (HOEKSTRA *et al.*, 2011a). A pegada hídrica cinza, por país, entre os anos de 1996 a 2005 está representada na figura 15.

Figura 15 – A pegada hídrica cinza por país no período de 1996–2005 (metro cúbico por ano *per capita*)



Fonte: Adaptado de Hoekstra e Mekonnen (2012)

1.3.5 Metodologia para cálculo de pegada hídrica

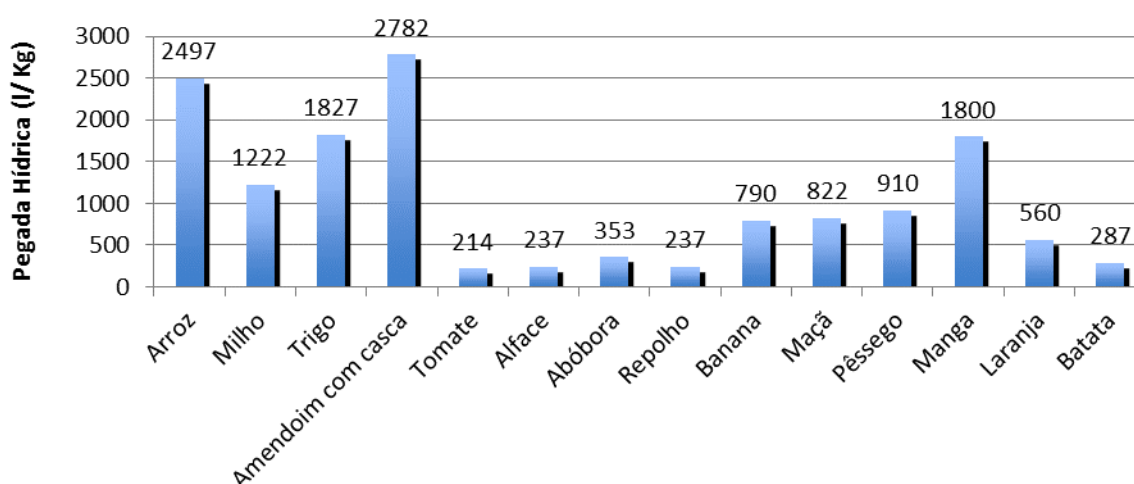
1.3.5.1 Objetivos do cálculo da pegada hídrica

As pessoas necessitam de um certo volume de água para usos domésticos, agrícolas e industriais. Este volume consumido não pode exceder a taxa de reposição anual, pois, embora a água seja um recurso renovável, isso não é indicativo de que sua disponibilidade seja ilimitada. Desta forma, a questão preponderante no que se refere ao consumo de água é quantificar, não só o volume água doce disponível durante um determinado período, como também, qual é a apropriação real dessa quantidade por parte do homem durante este período. A resposta desta segunda metade desta questão é dada pelo cálculo da pegada hídrica, uma vez que se trata de indicador de sustentabilidade ambiental que expressa basicamente a apropriação humana da água doce, em termos volumétricos (HOEKSTRA *et al.*, 2011b).

1.3.5.2 Cálculo da pegada hídrica de uma cultura agrícola ou florestal

Produtos que utilizam matérias primas provenientes de culturas agrícolas ou florestais, por conseguinte, são importantes consumidores de água e geralmente apresentam uma pegada hídrica significativa (HOEKSTRA *et al.*, 2011b). A figura 16 apresenta as pegadas hídricas médias de alguns produtos agrícolas.

Figura 16 – Pegadas hídricas médias de alguns produtos agrícolas (litros/ Kg)



Fonte: Water Footprint (2013)

A pegada hídrica total de um processo de crescimento de uma plantação ou floresta (PH_{proc}) resume-se à soma das componentes verde ($PH_{proc,verde}$, m^3/ton), azul ($PH_{proc,azul}$, m^3/ton) e cinza ($PH_{proc,cinza}$, m^3/ton), como apresentado a seguir, e estão expressas por unidade de produto, ou seja, o volume de água por massa (HOEKSTRA *et al.*, 2011b):

$$PH_{proc} = PH_{proc,verde} + PH_{proc,azul} + PH_{proc,cinza} \quad [\text{volume/massa}] \quad (1)$$

sendo que:

$$PH_{proc,verde} = \frac{DHC_{verde}}{Pr_{tv}} \quad [\text{volume/massa}] \quad (2)$$

$$PH_{proc,azul} = \frac{DHC_{azul}}{Pr_{tv}} \quad [\text{volume/massa}] \quad (3)$$

onde:

DHC_{verde} , m^3/ha = componente verde da Demanda Hídrica da Cultura

DHC_{azul} , m^3/ha = componente azul da Demanda Hídrica da Cultura

Pr_{tv} , ton/ha = produtividade da cultura

A componente cinza da pegada hídrica de qualquer cultura ($PH_{proc,cinza}$, m^3/ton) considera os poluentes utilizados na mesma, ou seja, fertilizantes, pesticidas e inseticidas. Ela é calculada pela seguinte equação:

$$PH_{proc,cinza} = \frac{(\alpha.TAQ)/(c_{max} - c_{nat})}{Pr_{tv}} \quad [\text{volume/massa}] \quad (4)$$

onde:

(TAQ, kg/ha) = taxa de aplicação por hectare dos agroquímicos no campo

(α) = fração de lixiviação / escoamento

(c_{max} , kg/m^3) = concentração máxima aceitável

(c_{nat} , kg/m^3) = concentração natural do poluente

(Pr_{tv} , ton/ha) = produtividade da cultura

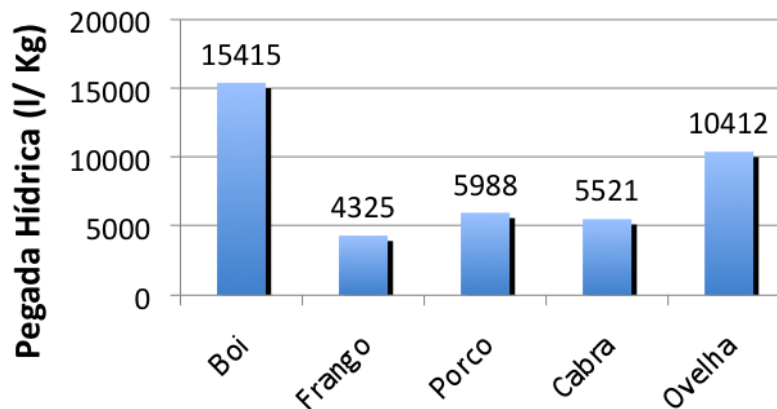
1.3.5.3 Pegada hídrica de um produto

Hoekstra, Chapagain, Aldaya e Mekonnen (2011b), definem pegada hídrica de um produto como o volume total de água doce utilizado, direta ou indiretamente, em seu processo produtivo. Sua mensuração é baseada no consumo e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva. A pegada hídrica de um produto é subdividida nas componentes verde, azul e cinza, e seu cálculo é análogo para todos os tipos de produtos, sejam eles derivados dos setores agrícola, industrial ou de serviços.

A pegada hídrica de um produto pode ser calculada através da abordagem da soma das cadeias, cuja aplicação se restringe a casos específicos, ou de forma mais genérica, pelo método sequencial cumulativo.

No caso específico das carnes, o processo produtivo das mesmas engloba toda água utilizada desde a criação do animal até seu cozimento, por isso a obtenção de pegadas hídricas relativamente grandes, como pode ser observado na figura 17.

Figura 17 – Pegadas hídricas médias de algumas carnes (litros de água/ Kg de carne)



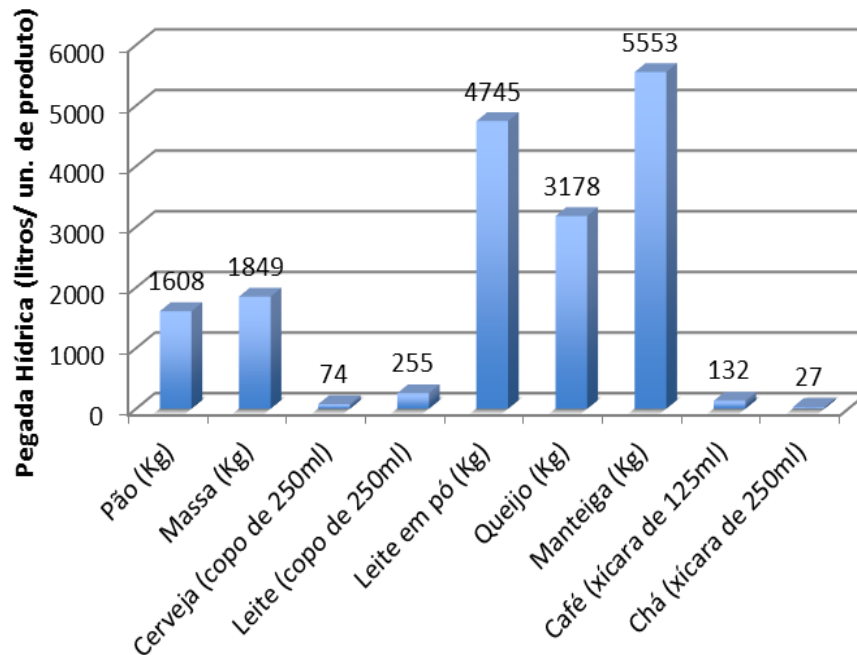
Fonte: Water Footprint (2013)

A figura 18 apresenta as pegadas hídricas médias de alguns produtos, dentre os quais se sobressaem derivados do leite (manteiga, queijo e leite em pó).

A abordagem da soma das cadeias é simples, mas limitada a sistemas produtivos com obtenção de um único produto final. Neste caso específico, as pegadas hídricas que podem ser associadas às diferentes etapas do processo no sistema produtivo poderão ser integralmente atribuídas ao produto resultante (HOEKSTRA *et al.*, 2011b). A figura 19 apresenta, de forma

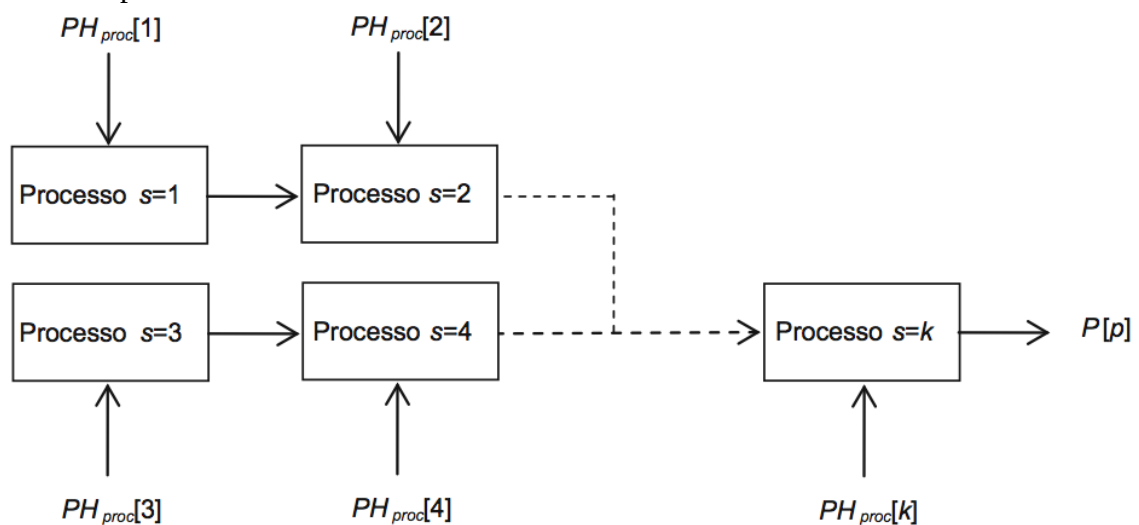
esquemática, um exemplo desta forma de processo produtivo. Alguns passos ocorrem em série, outros em paralelo. A pegada hídrica do produto final 'p' é calculada como a soma das pegadas hídricas dos processos que compõem o sistema de produção. Este esquema simplificado pressupõe que 'p' é o único produto final proveniente do sistema de produção

Figura 18 – Pegadas hídricas médias de alguns produtos (litros de água/ unidade de produto)



Fonte: Water Footprint (2013)

Figura 19 - Esquemática do sistema de produção do produto 'p' em 'k' passos de processo.



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011b)

Neste sistema de produção, a pegada hídrica do produto “p” (volume/massa) é obtida pela soma das pegadas hídricas relevantes do processo divididas pela quantidade produzida do produto “p”:

$$PH_{proc}[q] = \frac{\sum_{s=1}^k PH_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/massa}] \quad (5)$$

onde:

$PH_{proc}[s]$ = pegada hídrica do passo “s” do processo (volume/tempo)

$P[p]$ = quantidade produzida do produto “p” (massa/tempo)

Na prática, sistemas de produção com um único produto final, tal qual o exemplificado na figura 18, é fato bastante raro. Portanto, uma forma mais genérica de cálculo que possa distribuir a água utilizada em todo o sistema de produção para os diversos produtos finais resultantes se faz necessária.

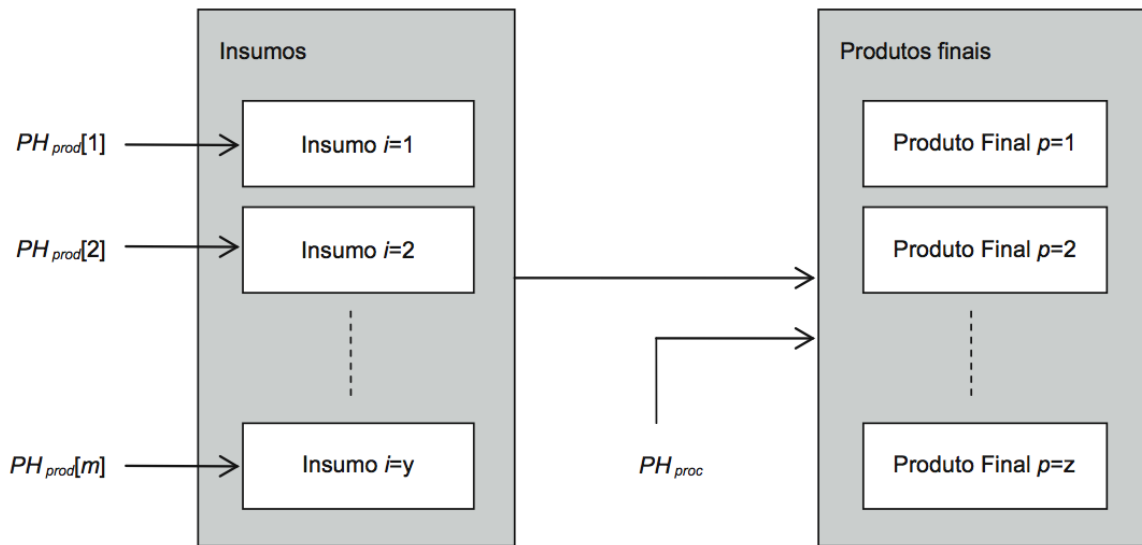
O *método sequencial cumulativo* distribui a água utilizada em todo sistema de produção pelos diversos produtos de saída, sem que ocorra a dupla contagem (HOEKSTRA *et al.*, 2011b). Ou seja, a pegada hídrica de um produto é mensurada com base nas pegadas hídricas dos insumos que foram necessários na última etapa do processo para produzir aquele produto e na pegada hídrica do processo daquele passo do processamento.

O esquema demonstrado na figura 20 considera um exemplo genérico, onde busca-se calcular a pegada hídrica de um produto “p” que está sendo elaborado a partir de “y” insumos, e que deste processamento resultem “z” produtos finais.

1.3.5.4 Pegada Hídrica de um consumidor

A pegada hídrica de um consumidor é o volume total de água doce utilizada para a produção de bens e serviços por ele consumidos. Nesta quantidade de água é mensurada tanto a água consumida no processo produtivo, quanto o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes emitida na produção do bem. A pegada hídrica de um grupo de consumidores é o somatório das pegadas hídricas de cada consumidor.

Figura 20 - Esquematisação do último passo do processo no sistema de produção do produto 'p'



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011b)

O cálculo da pegada hídrica de um consumidor (PH_{cons}) é obtida pela soma das pegadas hídricas direta e indiretas do indivíduo, conforme demonstrado pela equação 6:

$$PH_{cons} = PH_{cons,dir} + PH_{cons,indir} \quad [\text{volume/tempo}] \quad (6)$$

onde:

$PH_{cons,dir}$ = consumo e poluição relacionados ao uso da água em casa ou no jardim

$PH_{cons,indir}$ = consumo e à poluição da água que podem estar associados à produção dos bens e serviços utilizados pelo consumidor

1.3.5.5 A pegada hídrica dentro de uma área delimitada geograficamente

A pegada hídrica de uma área geográfica é o consumo total de água doce e poluição hídrica que ocorre dentro de limites espaciais estabelecidos. É crucial ter-se claramente estes limites da área, que pode ser uma área de drenagem, uma bacia hidrográfica, um estado, um país ou qualquer outra unidade espacial administrativa ou hidrológica (HOEKSTRA *et al.*, 2011b).

A pegada hídrica de uma área ($PH_{\text{área}}$) é obtida pela soma das pegadas hídricas de processo de todos os processos que utilizam água dentro do limite geográfico definido:

$$PH_{\text{área}} = \sum_q PH_{\text{proc}} [q] \quad [\text{volume/tempo}] \quad (7)$$

Ou seja, é a soma de todos os processos “q” de consumo de água, poluição, importação e exportação da mesma dentro da área delimitada geograficamente.

1.4 O consumo de alimentos no Brasil e na cidade do Rio de Janeiro

Conforme já mencionado anteriormente, 95% da demanda de água do Brasil está relacionada a produção agrícola. Neste contexto, se faz importante a apresentação dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros. Em pesquisa realizada durante os anos de 2008 e 2009, os produtos que apresentaram as maiores aquisições *per capita* anual no Brasil foram o leite de vaca pasteurizado (25,641 kg), carnes bovinas (17,035 kg) e o arroz polido (14,609 kg) (IBGE, 2010b).

Em se tratando da cidade carioca, a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) desenvolvida nos anos de 1995-1996 apontou que o maior consumo alimentar *per capita* pertence ao grupo de cereais e leguminosas (49,069Kg/ano *per capita*), conforme pode ser observado na tabela 9.

1.5 Aglomerados subnormais

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utiliza a expressão aglomerado subnormal para denominar a diversidade de assentamentos irregulares existentes no Brasil, conhecidos como: favela, invasão, grota, baixada, comunidade, vila, ressaca, mocambo, palafita, entre outros.

Segundo o IBGE (2010a), para a ocupação ser considerada um aglomerado subnormal, deve ser constituída de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e dispostas, em geral, de forma desordenada e densa. Além disso, sua identificação deve seguir os seguintes critérios:

a) Ocupação da terra de forma ilegal, ou seja, construção em terrenos de propriedade alheia (pública ou particular) no momento atual ou em período recente (obtenção do título de propriedade do terreno há 10 anos ou menos); e

b) Possuir pelo menos uma das características abaixo:

- urbanização fora dos padrões vigentes - refletido por vias de circulação estreitas e de alinhamento irregular, lotes de tamanhos e formas desiguais e construções não regularizadas por órgãos públicos; ou
- precariedade de serviços públicos essenciais.

Tabela 9: Consumo alimentar domiciliar *per capita* anual (em Kg) – município do Rio de Janeiro

Grupos	Kg <i>per capita</i> / ano	Kg <i>per capita</i> / mês	Kg <i>per capita</i> / dia
Cereais e leguminosas	49,069	4,089	0,134
Laticínios	48,408	4,034	0,133
Hortaliças	39,375	3,281	0,108
Frutas	31,236	2,603	0,086
Açúcares e produtos de confeitaria	26,227	2,186	0,072
Bebidas e infusões	25,985	2,165	0,071
Carnes	22,573	1,881	0,062
Panificados	22,375	1,865	0,061
Aves e ovos	18,074	1,506	0,050
Farinhas, féculas e massas	12,949	1,079	0,035
Óleos e gorduras	9,686	0,807	0,027
Sais e condimentos	4,026	0,336	0,011
Pescados	3,432	0,286	0,009
Vísceras	1,313	0,109	0,004
Alimentos preparados, misturas ind. e outros	0,664	0,055	0,002
Cocos, castanhas e nozes	0,424	0,035	0,001

Fonte: Adaptado de Pesquisa de Orçamentos Familiares (IBGE, 2010b)

1.5.1 Distribuição dos aglomerados subnormais no Brasil

Segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2010a), 6% da população brasileira (11.425.644 pessoas) morava em aglomerados subnormais, distribuída em 3.224.529 domicílios particulares ocupados. Os domicílios se concentravam na Região Sudeste (49,8%), com destaque para o Estado de São Paulo, que congregava 23,2% dos domicílios do País. O Estado do Rio de Janeiro detinha 11,8% dos domicílios brasileiros existentes em aglomerados subnormais. A tabela 10 demonstra a situação do município do Rio de Janeiro em relação ao Estado e ao Brasil.

Tabela 10 - Domicílios particulares ocupados e população residente em domicílios particulares ocupados, total e em aglomerados subnormais, e número de aglomerados subnormais, segundo o Estado e o município do Rio de Janeiro – 2010

Grandes Regiões, Unid. da Federação e municípios	Domicílios particulares ocupados		População residente em domicílios		Número de aglomerados subnormais
	Total	Em aglomerados subnormais	Total	Em aglomerados subnormais	
Brasil	57.427.999	3.224.529 (5,6%)	190.072.903	11.425.644 (6,0%)	6.329
Estado do Rio de Janeiro	5.248.092	617.466 (11,8%)	15.936.268	2.023.744 (12,7%)	1.332
Município do Rio de Janeiro	2.146.322	426.965 (19,9%)	6.288.588	1.393.314 (22,2%)	763

Fonte: Adaptado de IBGE (2010a)

2. METODOLOGIA

O presente trabalho se deteve a um Estudo de Caso de 20 sub-bairros da Rocinha. A pesquisa teve uma abordagem quantitativa pois objetivou mensurar a Pegada Hídrica de uma amostra de 203 domicílios da Rocinha. Seu desenvolvimento se deu a partir da aplicação de um questionário estruturado para um representante de cada família, com abordagem direta no formato de entrevistas.

A investigação também é definida como descritiva, pois pretende relatar características de uso de água - de forma direta e indireta - da amostra, a fim de retratar as associações entre pegadas hídricas, consumo de alimentos, demanda de água em cada moradia, valor monetário gasto mensalmente e escolaridade.

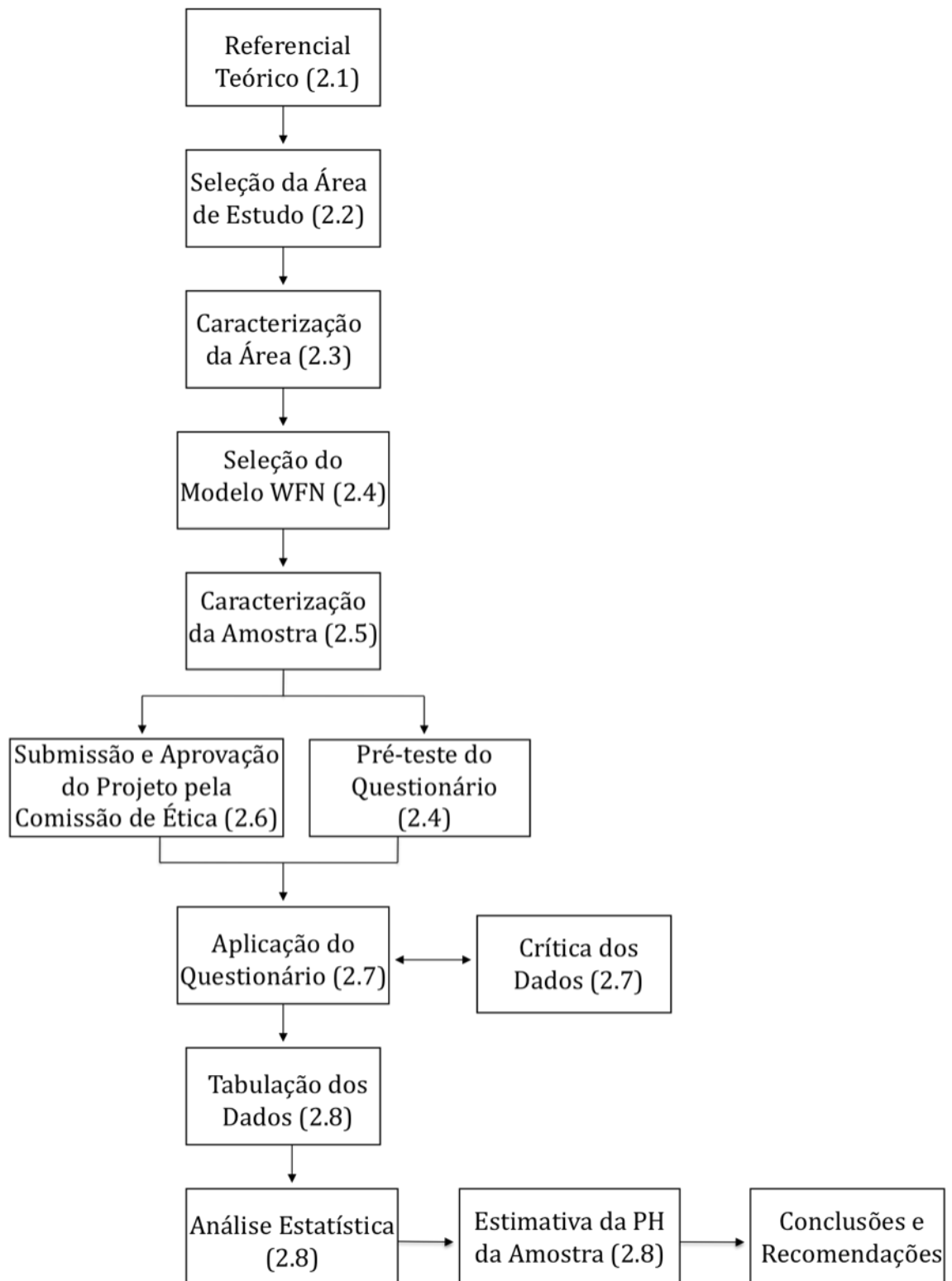
Este capítulo, estruturado em oito seções, apresenta o delineamento metodológico seguido a fim de se conhecer as interações existentes entre as pegadas hídricas dos três setores (de alimentos, doméstico e industrial), o consumo de alimentos, a demanda de água em cada moradia, o valor monetário gasto mensalmente e a escolaridade dos entrevistados. Destaca, portanto, a seleção e caracterização da área de estudo, o instrumento de pesquisa utilizado, a definição do universo e da amostra, considerações éticas, processos para coleta e o tratamento dos dados da pesquisa.

No desenvolvimento deste estudo, as informações foram obtidas e analisadas considerando-se as etapas metodológicas que se articulam no fluxograma geral mostrado, em caráter ilustrativo, na figura 21. Ele resume os itens a seguir apresentados.

2.1 Referencial Teórico

Sendo o referencial teórico a base para sustentar qualquer pesquisa científica, inicialmente fez-se necessário aprofundar o conhecimento a respeito do cenário hídrico atual e do conceito pegada hídrica, além de conhecer o que já havia sido desenvolvido por outros pesquisadores. Com este propósito, para a revisão de literatura deste trabalho primeiramente foram planejados os tópicos que seriam abordados e após como esses assuntos seriam desenvolvidos.

Figura 21 – Fluxograma metodológico



2.2 Seleção da Área de Estudo

Selecionou-se um aglomerado subnormal para o estudo de caso deste trabalho tendo em vista a grande representatividade de domicílios brasileiros localizados nestas áreas, além da escassez de estudos relativos à pegada hídrica com populações de baixa renda.

Dentre os inúmeros aglomerados subnormais existentes na cidade do Rio de Janeiro, a Rocinha foi escolhida para a presente pesquisa por ser uma comunidade de grande visibilidade, ter fluxo intenso de pessoas a qualquer hora do dia, possibilitar a aplicação do questionário sem a necessidade de percorrer as ruas da comunidade, dispensar a autorização de líderes comunitários ou associações de moradores, já ter sido pacificada, além de ser de fácil acesso.

2.3 Caracterização da Área de Estudo

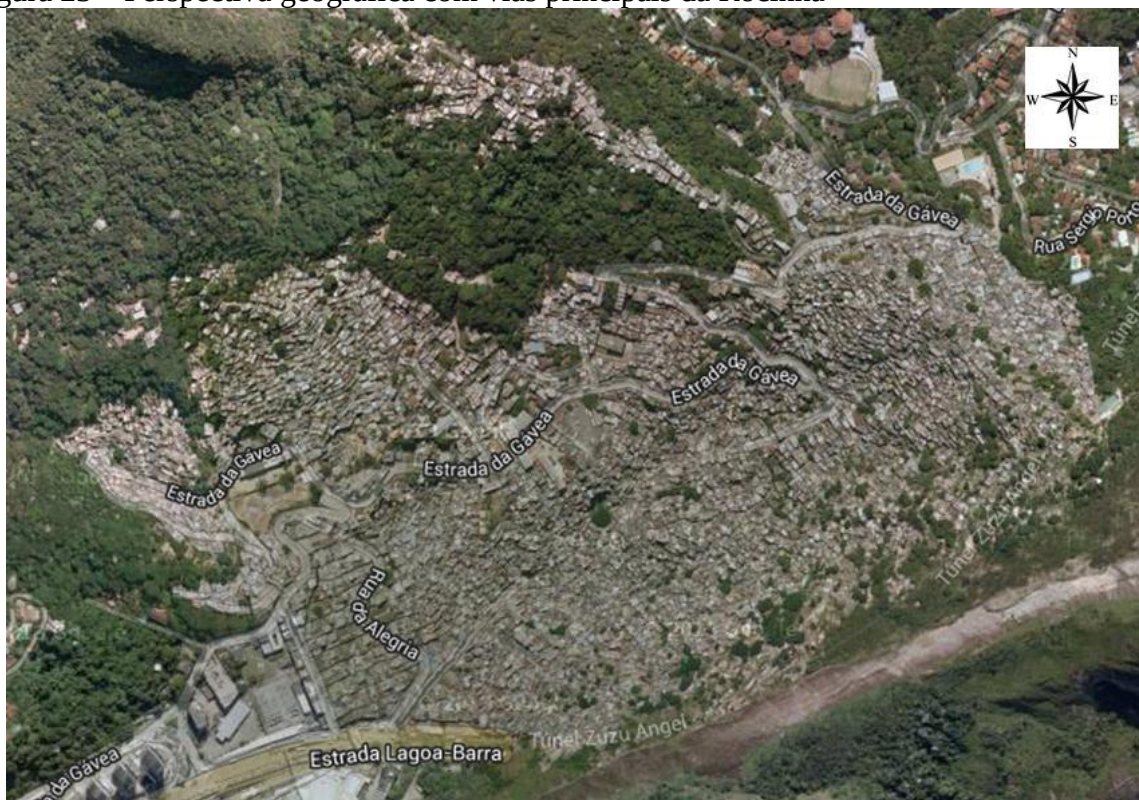
O estudo foi desenvolvido no aglomerado subnormal da Rocinha, favela que tem *status* de bairro desde 1993 (ALENCAR *et al.*, 2012), e que apresenta uma grande heterogeneidade sócio-econômica, demográfica e cultural, se destaca por ser a maior do Brasil (CAVALLIERI e VIAL, 2012) e uma das maiores da América Latina (ALENCAR *et al.*, 2012). A Rocinha pertence à Área de Planejamento AP-2.1, XXVII região administrativa do município do Rio de Janeiro (figura 22) e está localizada na Zona Sul da cidade entre os bairros da Gávea e São Conrado (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2012) (Figura 23).

Figura 22 - Localização do bairro Rocinha no Rio de Janeiro



Fonte: CIESPI (2013)

Figura 23 – Perspectiva geográfica com vias principais da Rocinha



Fonte: Site Google Maps (2014)

A Rocinha tem seu espaço edificado de forma bastante complexa, o que pode ser percebido pela observação da figura 24 que apresenta uma imagem aérea da comunidade.

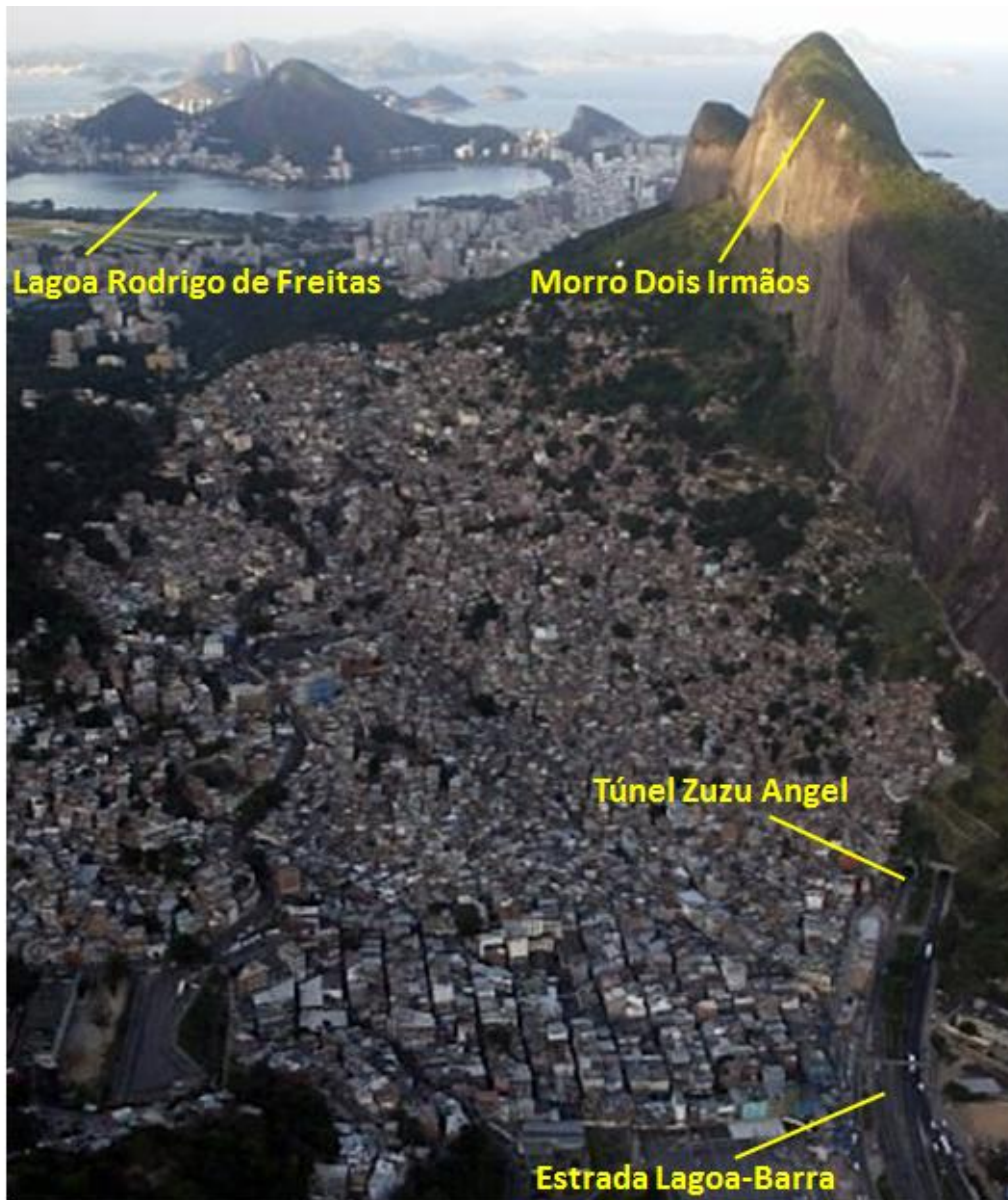
“No início dos anos 70, a Rocinha era uma favela de madeira, precária e basicamente residencial, com pouco comércio. Atualmente há na favela uma diversidade comercial gigantesca. É um local que surpreende quanto à sua diversidade cultural e financeira” (SOARES, OLIVEIRA e SAMPAIO, 2009).

A Rocinha foi pacificada em novembro de 2011. Neste momento ocorreu a “retomada” do território pelo poder público com a chegada da polícia militar juntamente com o exército e o Batalhão de Operações Especiais (BOPE). Porém, a implantação de Unidade de Polícia Pacificadora (UPP)¹, sede da polícia militar na Rocinha, foi inaugurada apenas em setembro de 2012 (DUARTE, 2013).

¹ De acordo com o site da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (<http://www.policiamilitar.rj.gov.br>): “A Unidade de Polícia Pacificadora é um novo modelo de Segurança Pública e de policiamento que promove a aproximação entre a população e a polícia, aliada ao fortalecimento de políticas sociais nas comunidades.”

De acordo com o site da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro: A Unidade de Polícia Pacificadora é um novo modelo de Segurança Pública e de policiamento que promove a aproximação entre a população e a polícia, aliada ao fortalecimento de políticas sociais nas comunidades.

Figura 24- Vista aérea da Rocinha

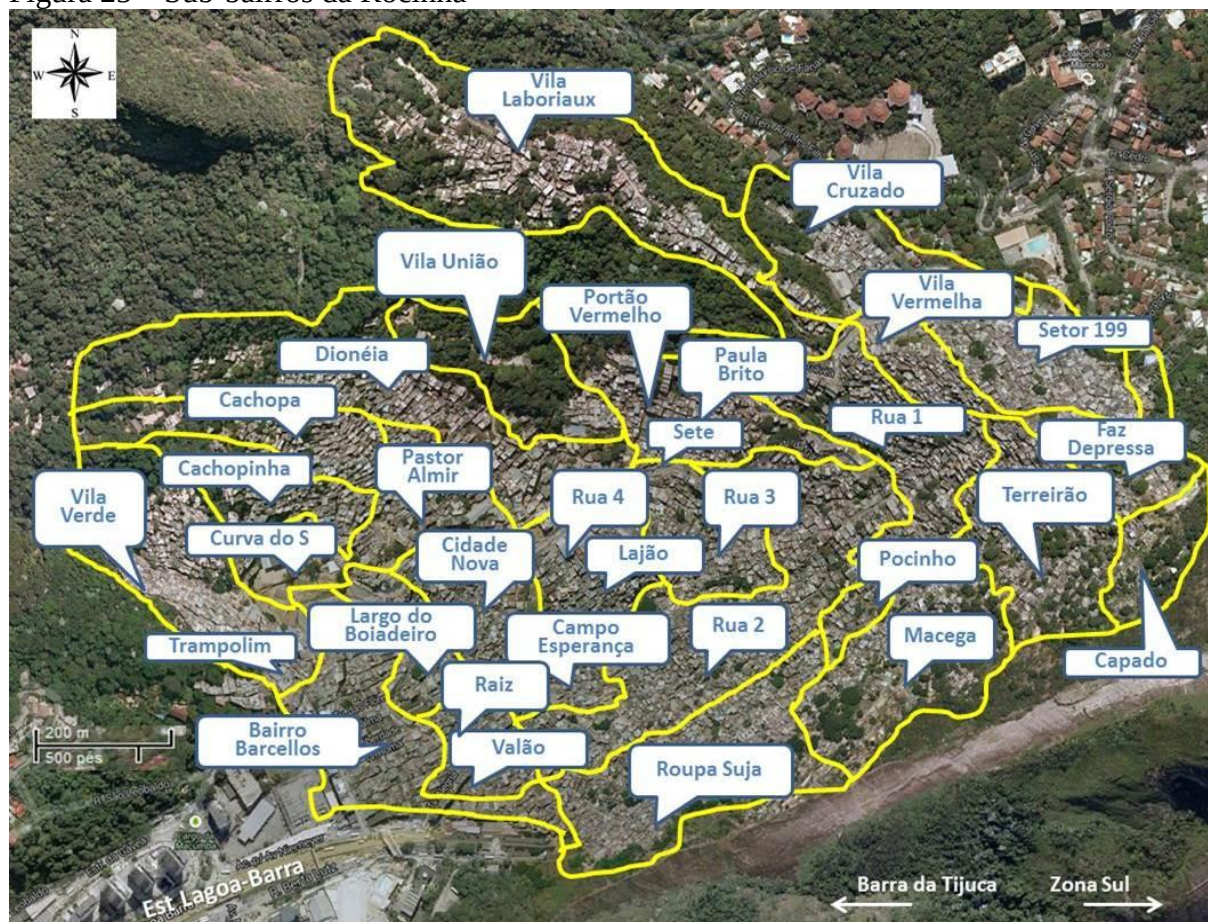


Fonte: Adaptado de Ferreira (2012)

De acordo com dados do ano de 2003 divulgados no Portal da Prefeitura do Rio de Janeiro, o bairro Rocinha ocupa uma área territorial de 143,72 ha e é composta de 14 sub-bairros (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2003). Paralelo a isso, o Censo Domiciliar e Empresarial do Complexo da Rocinha (Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010) informa 23 comunidades e por meio da pesquisa realizada foram detectados 34 diferentes nomes de

sub-bairros. Esta constante contradição é um diagnóstico muito claro da dinâmica de ocupação da Rocinha. Neste trabalho serão adotados os 32 sub-bairros (SILVA, 2010 e FARIAS, 2009) apresentados na figura 25, os quais estão a seguir listados.

Figura 25 – Sub-bairros da Rocinha



Fonte: Adaptado de Silva (2010) e Farias (2009)

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. Barcellos | 17. Quadra da Rua 2 |
| 2. Cachopa | 18. Raiz |
| 3. Cachopinha | 19. Roupas Suja |
| 4. Capado | 20. Rua 1 |
| 5. Cidade Nova | 21. Rua 2 |
| 6. Curva do S | 22. Rua 3 |
| 7. Dionéia | 23. Rua 4 |
| 8. Faz Depressa | 24. Sete |
| 9. Laboriaux | 25. Setor 199 |
| 10. Lajão | 26. Terreirão |
| 11. Largo do Boiadeiro | 27. U.P.M.M.R. |
| 12. Macega | 28. Valão |
| 13. Pastor Almir | 29. Vila Cruzado |
| 14. Paula Brito | 30. Vila União |
| 15. Pocinho | 31. Vila Verde |
| 16. Portão Vermelho | 32. Vila Vermelha |

A Rocinha é subdividida em setores que apresentam grande diversidade sócio-espacial. De modo geral, os setores próximos às vias de circulação de veículos têm edificações com melhor padrão construtivo, enquanto a precariedade marca as áreas de acessibilidade difícil. Pode-se destacar a presença de bancos, reconhecidas lojas da cidade, uma agência dos Correios e uma agência lotérica. Além dos comércios do Largo do Boiadeiro e Bairro Barcelos (partes baixas do bairro), existe ainda o Mercado Popular da Rocinha, na entrada da favela. De um lado do local há um ponto de ônibus e peruas de lotação; do outro, uma subestação de energia e um templo (SOARES, OLIVEIRA e SAMPAIO, 2009).

O contingente populacional do bairro apresenta números controversos. Os dados do Censo Domiciliar e Empresarial do Complexo da Rocinha (Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010), apontam para números bastante expressivos: 34.576 imóveis domiciliares existentes. A população efetivamente recenseada pela pesquisa, cujos dados foram coletados entre julho de 2008 e maio de 2009, foi de 73.410 indivíduos, e a população total estimada chegou a 98.319 indivíduos. Já o Censo Demográfico do IBGE de 2010 computou na Rocinha um total 23.352 domicílios e uma população de 69.161 habitantes (tabela 11) distribuídas em 79 setores censitários (figura 26). Nesta pesquisa foi adotado o Censo Demográfico IBGE (2010a).

Tabela 11 - Domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais²

Grandes Regiões, Unidades da Federação, municípios e aglomerados subnormais	Domicílios particulares ocupados em aglom. subn.	População residente em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais			Média de moradores em domicílios particulares ocupados em aglom. subn.
		Total	Homens	Mulheres	
Estado do Rio de Janeiro	617.466	2.023.744	988.433 (48,8%)	1.035.311 (51,2%)	3,3
Município do Rio de Janeiro	426.965	1.393.314	679.532 (48,8%)	713.782 (51,2%)	3,3
Rocinha	23.352	69.161	34.125 (49,3%)	35.036 (50,7%)	3

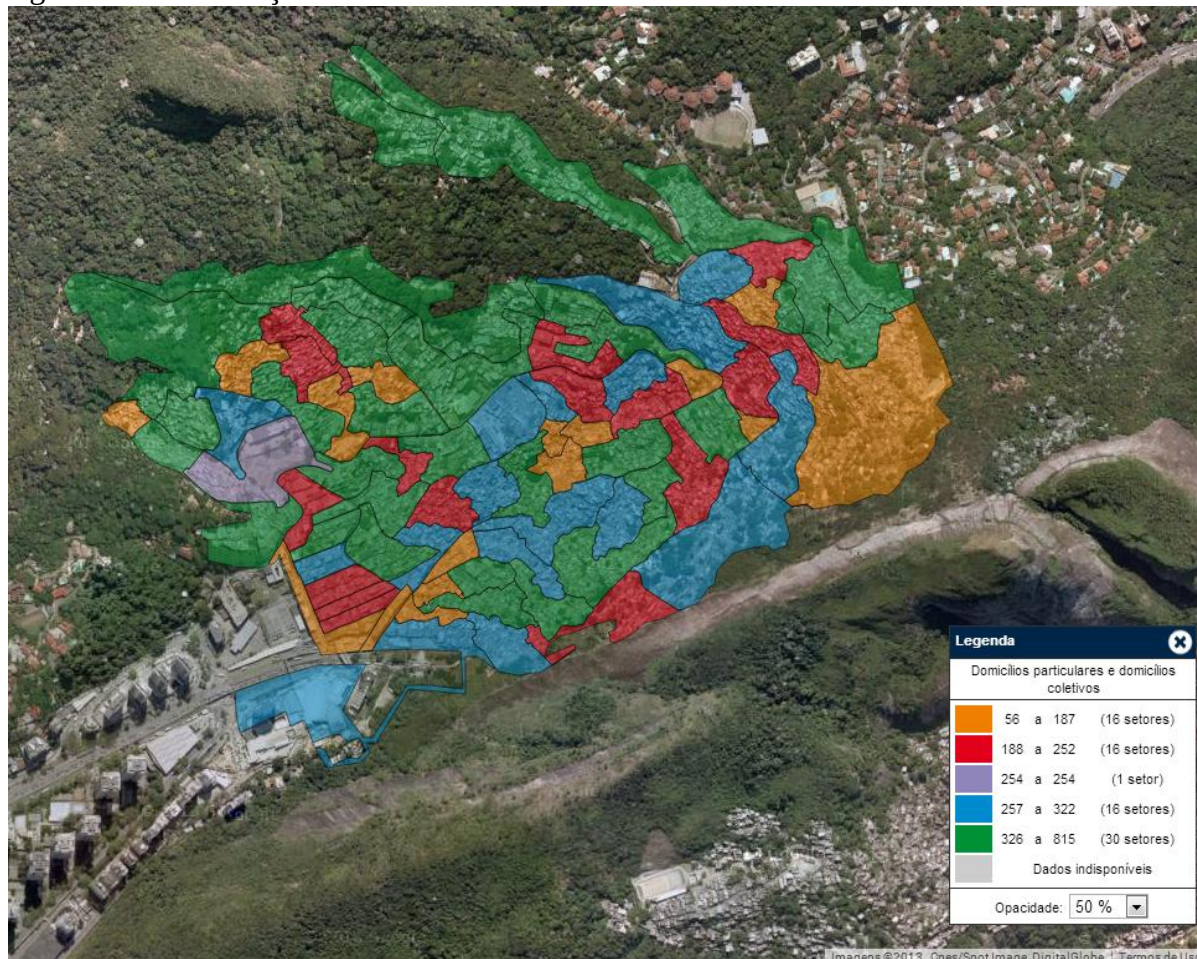
Fonte: IBGE (2010a)

Quanto ao abastecimento de água, a Cedae (Companhia Estadual de Água e Esgoto) tem dois sistemas de fornecimento. Um é composto por cinco reservatórios distribuídos em

² população residente em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais, por sexo, e média de moradores em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação, os municípios e os aglomerados subnormais – 2010

diversas cotas (desde a cota 130,00 até 290,00 metros) e sete estações elevatórias (a mais alta situada na cota 260,00). O sistema é gerenciado diariamente, sendo efetuadas manobras de forma que metade da população seja abastecida durante 24 horas, e a outra metade por outras 24 horas.

Figura 26 - Distribuição dos 79 setores censitários da Rocinha



Fonte: IBGE (2010c)

O segundo abastecimento se dá diretamente de uma rede distribuidora principal que fornece água para o bairro de São Conrado. A única parcela da Rocinha que não sofre com a intermitência do abastecimento é a região de cotas mais baixas (Valão, Boiadeiro, Raiz e Barcellos) que é abastecida por esta tubulação. O engenheiro Luiz Cláudio Lima da Silva, da Cedae³, responsável pela gestão do abastecimento de toda a comunidade explica que este modo de distribuição que contempla duas regiões em dias alternados seria desnecessária caso

³ Informação prestada em 24/06/2013 na sede da CEDAE da Avenida Rodrigo Otávio nº 166, bairro Gávea, Rio de Janeiro/RJ.

todos os usuários mantivessem boias em suas caixas d'água e utilizassem a água de forma consciente, pois o maior problema enfrentado é o desperdício.

De acordo com a Cedae, cerca de 90% dos estabelecimentos da Rocinha tem problemas de abastecimento, por isso, a Companhia planeja ações na comunidade, que está pacificada desde 2012, a fim de regularizar o seu fornecimento de água. Atualmente, somente 1.686 usuários pagam conta, mas a expectativa é que esse número chegue a 25 mil após o término da regularização (LEITE, 2011 e THUSWOHL, 2011). Entretanto, independentemente do consumo, será cobrada dos moradores da Rocinha somente a tarifa social, quer dizer, um valor fixo (LEITE, 2011).

Em setembro de 2013 a Cedae colocou em operação a nova elevatória da Rocinha. É a maior já instalada em uma comunidade do Rio de Janeiro. Em conjunto com a elevatória já existente, o equipamento garantirá o fornecimento de 135 l/s de água a todos os moradores, inclusive dos pontos mais altos da Rocinha (CEDAE, 2013). Considerando-se a população divulgada pelo IBGE (2010A), isto significa uma oferta de 501,1 l/hab. dia, ou ainda, 182,9 m³/ hab. ano.

2.4 Instrumento de Pesquisa

Para quantificação da pegada hídrica de um indivíduo é necessária a utilização de uma ferramenta de cálculo. Esta ferramenta é uma calculadora eletrônica desenvolvida por Hoekstra e Chapagain, apresentada em forma de questionário dividido por tipo de consumo como, alimentos, consumo doméstico e industrial. Seus cálculos baseiam-se nas necessidades de água por unidade de produto pertinente ao seu país de residência. Ela pode ser acessada livremente através do site www.waterfootprint.org, e o recorte de sua visualização *on line* está apresentada no Anexo 1.

Entretanto, a fim de facilitar a tabulação dos dados, como também o tratamento dos mesmos, esta pesquisa utilizou uma planilha *Excel* (GIACOMIN, 2012) cuja elaboração se desenvolveu por meio de observações e tentativas, baseadas estritamente no modelo da *Water Footprint Network*. Para cada tipo de consumo há um coeficiente atribuído que se multiplicado pela quantidade consumida resulta em um valor de pegada hídrica. A planilha

Excel está pautada nestes coeficientes, que foram averiguados anteriormente à tabulação de qualquer dado coletado.

O questionário original sofreu algumas adaptações. Incluíram-se perguntas a respeito do número de pessoas da família que habitavam a mesma moradia, idade das mesmas e sub-bairro onde moravam dentro da comunidade. Também foi questionado o grau de escolaridade e gênero da pessoa responsável, e se a tarifa de água era cobrada na moradia. É também importante mencionar que os entrevistados deveriam responder a respeito dos hábitos de consumo de toda a família, e não somente dele mesmo. De forma que a pegada hídrica obtida inicialmente era referente ao consumo familiar. Posteriormente, a fim de se obter o valor por pessoa de cada domicílio, a pegada hídrica foi dividida pelo número de pessoas de cada domicílio.

Nas questões relativas ao consumo de alimentos, percebeu-se a necessidade de fornecer aos voluntários mais de uma forma de responder a uma mesma questão, como por exemplo, caso o entrevistado não soubesse responder quantos quilogramas de batatas sua família consumia por semana, bastava responder quantas unidades costumavam ser utilizadas. Para isso, os itens alimentícios da planilha foram adquiridos e pesados, e assim, sempre que as respostas de consumo fossem fornecidas por unidade do produto, posteriormente, em planilha *Excel*, o valor do peso em quilogramas seria automaticamente encontrado.

O pré-teste do questionário foi efetuado a partir de duas entrevistas efetuadas pela pesquisadora. Neste momento, percebeu-se dificuldade por parte dos indivíduos em responder algumas questões relativas as quantidades de alimentos consumidos. A fim de facilitar as respostas aprimorou-se o questionário e as entrevistas foram repetidas sem que qualquer dúvida tenha surgido. A partir deste momento o mesmo foi considerado pronto para ser aplicado com os demais voluntários.

O questionário desenvolvido por esta pesquisa e aplicado na comunidade da Rocinha para estimativa da pegada hídrica abordou 67 questões e está apresentado no Apêndice 1. A fim de melhor exemplificar a tabulação dos dados, o Apêndice 2 apresenta um recorte do modelo do questionário adaptado do WFN tabulado em planilha eletrônica, a mesma utilizada para o cálculo das pegadas hídricas, com a apresentação de valores de entrada e seus respectivos resultados.

2.5 Caracterização da amostra

A pesquisa tomou como universo amostral todos os 23.352 domicílios da comunidade apontados pelo Censo de 2010 (IBGE, 2010a). Foi entrevistado apenas um morador de cada domicílio pertencente à amostra e deu-se preferência pelo responsável das compras da família.

A amostra foi escolhida pelo Método de Amostragem Aleatória Simples, isto é, cada pessoa na população tem a mesma probabilidade de ser incluída.

O tamanho da amostra de unidades domiciliares foi estabelecido visando a obtenção de um erro máximo absoluto de 7%, com grau de confiança de 93%.

Para determinar o tamanho necessário de questionários aplicados, calculou-se o tamanho da amostra para populações finitas, utilizando as seguintes fórmulas (BARBETTA, 1999):

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad (8)$$

n_0 é uma primeira aproximação para o tamanho da amostra.
 E_0 é o erro amostral (adotado 7%)

Logo:

$$n_0 = \frac{1}{0,07^2} = 204,08$$

Para se obter o tamanho da amostra, temos:

$$n = \frac{N \times n_0}{N + n_0} \quad (9)$$

N é o tamanho (número de elementos da população)
 n é o tamanho (número de elementos) da amostra

Logo,

$$n = \frac{23352 \times 204,08}{23352 + 204,08} = \frac{4765714,29}{23556,08}$$

$$n = 202,31$$

Isto é, **203 questionários** devem ser aplicados a fim de que o erro amostral seja de 7% no máximo.

2.6 Considerações éticas

Este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UERJ via Plataforma Brasil. Todos os indivíduos selecionados foram informados sobre os propósitos da pesquisa. Inicialmente, foi solicitado que cada entrevistado assinasse o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 3), porém, devido à insistente recusa dos voluntários optou-se por dispensar a assinatura. A maioria dos entrevistados não se negou em fornecer nome, endereço e telefone para contato.

O Anexo 2 apresenta a folha de rosto para pesquisa envolvendo seres humanos que foi encaminhada ao COEP, e o Parecer da Comissão de Ética e Pesquisa da UERJ, com a aprovação do projeto, está no Anexo 4.

2.7 Coleta de dados

O questionário foi aplicado por três entrevistadores nos dias 28 e 30 de setembro, e 1º de outubro de 2013. As entrevistas se desenvolveram nas ruas da comunidade, principalmente nos arredores da pracinha localizada na Estrada Lagoa-Barra, entre o pórtico e o túnel Zuzu Angel (figura 27).

Os entrevistadores foram identificados por crachá com informações do nome e RG do entrevistador, bem como o endereço do responsável pela coleta de dados.

Inicialmente, a mestranda apresentou aos entrevistadores o questionário que deveria ser aplicado, dirimiu as dúvidas que surgiram e por conseguinte acompanhou a aplicação do primeiro questionário de cada uma das entrevistadoras (figura 28). Após, aplicaram sozinhos, mas bastante próximos da mestranda, que era solicitada sempre que algum questionamento surgia. Com o passar do tempo as dificuldades foram rareando até que cada uma das coletoras de dados passaram a ter autonomia e segurança para a aplicação dos mesmos (figura 29).

A abordagem inicial feita aos transeuntes era a respeito do seu local de moradia, e obtendo-se resposta positiva sobre habitarem a comunidade, o questionário era aplicado.

Além das três entrevistadoras, a equipe de coleta contava com um supervisor que tinha além da função de coordenar o trabalho, de efetuar a crítica dos dados a fim de detectar erros, isto é, assegurar que fossem preenchidos com letra legível e que apresentassem coerência nas

informações prestadas (Figura 30). Caso fossem percebidas respostas inconsistentes, era solicitado ao entrevistador que telefonasse ao voluntário a fim de dirimir quaisquer dúvidas que pudessem invalidar o questionário (Figura 31).

Figura 27 – Entrevistadora (ao fundo) aplicando questionário na pracinha localizada na Estrada Lagoa-Barra



Figura 28 – Pesquisadora supervisionando a aplicação do primeiro questionário



Figura 29 – Aplicação dos questionários



Figura 30 – Crítica dos dados



Figura 31 – Correção dos questionários⁴



2.8 Tratamento dos dados

Após a aplicação dos questionários na comunidade, os dados foram todos tabulados na planilha *Excel* mencionada no item referente ao *Instrumento de Pesquisa*. Alguns resultados foram simplesmente agrupados e apresentados a fim de se visualizar algumas características da amostra como número de habitantes por residência, sub-bairro de moradia, nível de escolaridade; faixa etária, etc. Já os aspectos contribuintes para o cálculo das pegadas hídricas - alimentos consumidos, consumo doméstico de água e rendimentos mensais desembolsados - bem como os próprios resultados obtidos das pegadas hídricas foram submetidos a uma análise estatística descritiva.

⁴ Entrevistadora telefona a voluntário para sanar dúvida quanto a resposta incoerente

Esta análise descritiva dos dados foi desenvolvida sob o enfoque das medidas estatísticas de posição e dispersão para consubstanciar os objetivos de determinar e analisar a pegada hídrica de uma amostra da população do bairro Rocinha. Ela consistiu na observação, organização e classificação dos dados coletados; no cálculo de medidas estatísticas (médias, moda, mediana, valor mínimo e máximo, desvio padrão, etc) que permitem descrever resumidamente as principais características do comportamento de cada variável e por fim, na representação dos resultados por meio de tabelas e gráficos estatísticos.

Após, foi realizada a análise dos *outliers* das pegadas hídricas do setor de alimentos, consumo doméstico e industrial. Os *outliers* foram detectados com a utilização do método univariado que examina a distribuição de observações para cada variável da análise e seleciona como atípico os valores acima do terceiro quartil da distribuição (Q_3) por uma quantidade maior do que $1,5 \times \text{IIQ}$ (Intervalo Interquartil), ou os valores abaixo de Q_1 (primeiro quartil) por uma quantidade maior do que $1,5 \times \text{IIQ}$. Os questionários com valores discrepantes foram removidos das análises, e como soma destas pegadas obteve-se o resultado da pegada hídrica total ajustada. Foi novamente realizada a média e desvio padrão para cada categoria de pegada hídrica.

O mesmo procedimento de exclusão de *outliers* foi aplicado nos resultados referentes ao aspecto de despesa mensal e escolaridade. E então, de posse dos valores ajustados e com o objetivo de se estabelecer possíveis relações entre as variáveis, procedeu-se a associação entre os valores das pegadas hídricas e valores de despesa mensal, e escolaridade.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

Os 203 questionários aplicados abrangeram uma população de 671 pessoas (0,97% da população total da comunidade) e os resultados desta amostra estão apresentados a seguir.

3.1 Apresentação dos resultados brutos

Inicialmente serão apresentados os dados brutos, ou seja, os resultados obtidos a partir da simples coleta de dados. Posteriormente os mesmos serão analisados e os valores que se distanciem muito da grande maioria dos outros valores amostrais (*outliers*) serão desconsiderados.

3.1.1 Quanto ao número de habitantes por residência

Foram identificados domicílios com números diversificados de moradores, sendo que o maior núcleo familiar apurado nesta pesquisa contou com 11 moradores. Entretanto, o tamanho predominante das famílias é de 2 a 3 habitantes por residência, conforme tabela 12.

Tabela 12 – Tamanho das famílias

Nº de pessoas que moram na residência	Nº de famílias	
	N	%
1	26	12,81
2	49	24,14
3	51	25,12
4	31	15,27
5	24	11,82
6	12	5,91
7	7	3,45
8	1	0,49
10	1	0,49
11	1	0,49
Total	203	100

O resultado total da amostra apontou para uma média de 3,3 pessoas por domicílio. Esta média encontrada é superior à divulgada pelo Censo 2010 para a comunidade em questão, que é de 3,0 pessoas/domicílio, porém, ela é idêntica à obtida por este mesmo

recenseamento para o município e também para o Estado do Rio de Janeiro, o que vem a corroborar os resultados da amostra.

3.1.2 Quanto ao sub-bairro de moradia

A pergunta relativa ao sub-bairro de moradia permitiu constatar que a aplicação do questionário abrangeu 20 dos 32 sub-bairros da comunidade, sendo que o Roupas Sujas foi o que mais participou, seguido pelo Rua 2 e Valão, com 51, 37 e 27 entrevistados respectivamente (tabela 13 e figura 32).

Tabela 13 – Número de entrevistas por sub-bairro de moradia

Sub-bairro	Nº de famílias entrevistadas	%
Barcellos	7	3,4
Cachopa	4	2,0
Cidade Nova	4	2,0
Dionéia	2	1,0
Laboriaux	1	0,5
Lajão	1	0,5
Largo do Boiadeiro	9	4,4
Macega	1	0,5
Paula Brito	2	1,0
Pocinho	1	0,5
Raiz	15	7,4
Roupas Sujas	51	25,1
Rua 1	5	2,5
Rua 2	37	18,2
Rua 3	3	1,5
Rua 4	13	6,4
Terreirão	8	3,9
Valão	27	13,3
Vila União	1	0,5
Vila Verde	11	5,4
Total de questionários	203	100

Figura 32 – Sub-bairros contemplados na pesquisa (número de questionários aplicados está entre parênteses)



3.1.3 Quanto ao nível de escolaridade

Em relação à escolaridade, a maior parte dos 203 entrevistados (46,31%) tem o ensino fundamental incompleto. Nenhum deles afirmou ter curso técnico ou pós-graduação. Estes resultados podem ser visualizados na figura 33.

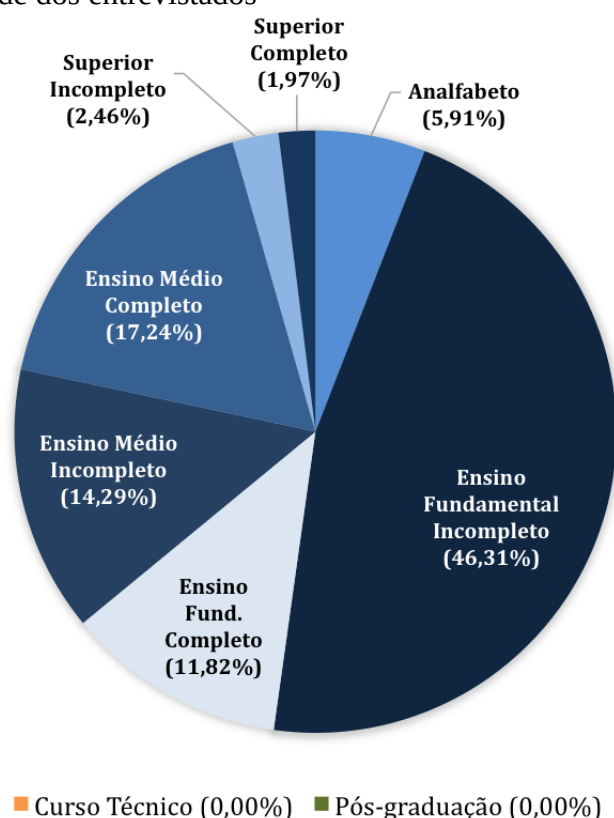
3.1.4 Quanto à faixa etária

No que diz respeito à faixa etária, a tabela 14 explicita os resultados. Obteve-se a maior parcela da amostra concentrada na faixa adulta, ou seja, entre 25 e 64 anos. Por outro lado, a menor população quantificada na pesquisa foi a de idosos, representando menos de 3 % da amostra.

Tabela 14 – Número de indivíduos por faixa etária

Faixa Etária	Nº de indivíduos	%
Criança - 0 a 14 anos	165	24,6
Adolescente - 15 a 17 anos	50	7,5
Jovem - 18 a 24 anos	97	14,5
Adulto - 25 a 64 anos	341	50,8
Idoso - 65 anos em diante	18	2,7
Total de indivíduos	671	100

Figura 33 – Escolaridade dos entrevistados



3.1.5 Quanto aos alimentos consumidos

A maior parcela do questionário aplicado diz respeito à demanda alimentar da amostra. Considerando-se que o consumo de carnes tem vultosa participação no cálculo da pegada hídrica de um indivíduo, faz-se importante apresentar as seguintes considerações quanto aos resultados apurados:

- não foram identificadas famílias vegetarianas na amostra;
- o consumo médio de carnes – leia-se carne de boi, frango, porco, cabra e ovelha - é de 1,44 Kg/semana *per capita*, isto é, 206 gr/dia, ou ainda 74,96 Kg/ano;
- a média simples do consumo de carne bovina e de frango é de 0,44 e 0,91Kg/semana *per capita* respectivamente;
- somente 2 famílias afirmaram consumir carne de cabra;
- somente 2 famílias afirmaram consumir carne de ovelha;
- 16 famílias afirmaram não consumir carne bovina,
- 8 famílias afirmaram não consumir carne de frango.

A amostra deste estudo apresentou um consumo médio de carne bovina 34,68% superior à média brasileira de 17,035 Kg/ano per capita apontada na pesquisa do IBGE (2010b). Isto tanto pode mostrar uma tendência ao aumento do consumo deste tipo de carne no Brasil (tendo em vista a diferença de 4 anos entre aquela e esta pesquisa), como pode ser um indicativo de que a amostra coletada na Rocinha realmente está acima da média do brasileiro.

A fim de complementar a apresentação a respeito do consumo de carnes da amostra, está exposta na tabela 15, a média de consumo semanal *per capita*. É importante mencionar que nesta média aritmética foram excluídos os questionários que afirmaram não consumir aquela espécie de carne.

Tabela 15 – Consumo semanal médio de carnes

	Boi kg/semana	Frango kg/semana	Porco kg/semana	Cabra kg/semana	Ovelha kg/semana
Média (entre os que consomem)	0,48	0,95	0,2	0,13	0,18

Dentre todos os alimentos com consumo questionado pela pesquisa, a massa obteve resposta afirmativa em 98,5% da amostra. A média de consumo identificada foi de aproximadamente 0,64 Kg/semana per capita. Dentre os cereais, o arroz apresentou maior consumo, com média de 730 gramas/semana per capita. O consumo deste e de outros 20 alimentos estão apresentando na tabela 16 em ordem de quantidade semanal consumida. A tabela 17 expõem os 15 alimentos cujo consumo abrangeu o maior número de famílias.

Em relação ao consumo anual do leite de vaca e do arroz polido, comparando-se o levantamento nacional do IBGE (2010b) com o desta pesquisa, foi identificado na amostra um consumo 125% maior de leite, e 155% maior do arroz.

Tabela 16 – Os vinte produtos com maior consumo médio semanal identificados na pesquisa

ALIMENTO	CONSUMO MÉDIO SEMANAL (entre os que consomem)		Questionários com resposta afirmativa para o consumo (%)
Café	13,69	xícaras	74,9
Chá	3,40	xícaras	38,4
Leite	1,41	Kg	78,3
Frango	0,95	Kg	96,1
Banana	0,95	Kg	93,6
Pão	0,83	Kg	92,6
Laranja	0,81	Kg	84,7
Batata	0,79	Kg	90,1
Manga	0,73	Kg	74,4
Arroz	0,73	Kg	97,5
Massa	0,64	Kg	98,5
Boi	0,48	Kg	92,1
Maçã	0,44	Kg	82,8
Cebola	0,41	Kg	95,6
Batata doce	0,41	Kg	44,8
Cenoura	0,39	Kg	79,3
Feijão	0,38	Kg	94,6
Repolho	0,37	Kg	51,2
Goiaba	0,35	Kg	40,4
Tomate	0,34	Kg	91,1

Tabela 17 – Os quinze produtos mais consumidos entre as famílias da amostra

ALIMENTO	CONSUMO MÉDIO SEMANAL (entre os que consomem)		Questionários com resposta afirmativa para o consumo (%)
Massa	0,64	Kg	98,5
Arroz	0,73	Kg	97,5
Frango	0,95	Kg	96,1
Cebola	0,41	Kg	95,6
Feijão	0,38	Kg	94,6
Banana	0,95	Kg	93,6
Pão	0,83	Kg	92,6
Boi	0,48	Kg	92,1
Tomate	0,34	Kg	91,1
Batata	0,79	Kg	90,1
Laranja	0,81	Kg	84,7
Maçã	0,44	Kg	82,8
Cenoura	0,39	Kg	79,3
Leite	1,41	Kg	78,3
Alface	0,12	Kg	77,8

A fim de complementar as informações da amostra quanto ao consumo de alimentos está apresentada na tabela 18 a análise descritiva da quantidade consumida de seis alimentos com consumo identificado como frequente dentre as famílias da amostra.

Tabela 18 – Análise descritiva do consumo de seis alimentos de consumo habitual na amostra

Estatística Descritiva	Quantidade consumida por semana					
	Arroz (Kg)	Feijão (Kg)	Pão (Kg)	Carne bovina (Kg)	Frango (Kg)	Café (xícara)
N	203	203	203	203	203	203
Média	0,71	0,36	0,77	0,44	0,92	10,25
Mediana	0,58	0,28	0,65	0,25	0,70	7,00
Moda*	0,58	0,23	0,00	0,23	0,47	0,00
Desvio padrão	0,54	0,31	0,59	0,50	0,80	13,46
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	4,67	2,94	3,41	4,00	4,10	84,00

* Há várias modas. O menor valor é mostrado.

3.1.6 Quanto ao consumo doméstico de água

Para a pegada hídrica doméstica, o modelo aplicado continha perguntas a respeito de hábitos como quantidade diária e duração dos banhos, lavagem de louças, roupas e higiene pessoal. É importante mencionar que os resultados a seguir se referem às médias por pessoa da família, isto é, os totais de cada domicílios foram divididos pelo número de pessoas que habitam na residência e os 203 resultados foram tabulados a fim de se efetuar a análise descritiva da amostra.

Conforme exposto na tabela 19, 51,7% da amostra afirmam tomar de 1 a 2 banhos por dia, e 36% tem duração de 5 a 10 minutos. Em apenas 9 questionários (4,4%) identificou-se hábitos de tomar diariamente mais de 4 banhos.

Segundo a norma da NBR 5626/1998, que trata sobre instalações prediais de água fria, a vazão média de um chuveiro é de 0,2 l/s. A duração média encontrada na pesquisa para cada banho foi de 14 minutos (tabela 20), ou seja, 168 litros por banho. Considerando-se que cada pessoa toma em torno de 2,48 banhos por dia, isto resulta num consumo de 416,64 l/hab.dia.

Quanto aos demais consumos, a maioria dos entrevistados (66,5%) revelou um hábito de escovar os dentes, se barbear ou lavar as mãos de 1 a 5 vezes por dia (tabela 21), sendo hábito deixar a torneira fechada durante estas atividades em 150 das residências entrevistadas (73,89%). A lavagem de roupas tem uma frequência média de 1,15 vezes por semana (tabela

22), e os resultados apontam que a torneira é deixada aberta por aproximadamente 9 minutos a cada lavagem de louças (tabela 23).

Tabela 19 – Duração média de cada banho (min./per capita)

Quantidade de banhos por dia	Duração de cada banho								Total	
	Abaixo de 5 min.		De 5 a 10 min.		De 10 a 15 min.		Mais de 15 min.			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
De 1 ou 2	27	13,3	37	18,2	10	4,9	31	15,3	105	51,7
De 3 ou 4	16	7,9	34	16,7	15	7,4	24	11,8	89	43,8
Mais de 4	4	2,0	2	1,0	0	0	3	1,5	9	4,4
Total	47	23,2	73	36	25	12,3	58	28,6	203	100

Tabela 20 – Número de banhos por dia e duração média de cada banho (min./per capita)

Estatísticas descritivas	Banhos por dia	Duração média de cada banho por min.
N	203	203
Média	2,48	14,0
Mediana	2,33	10,0
Moda	2,00	10,0
Desvio Padrão	0,99	10,0
Variância	0,97	100,1
Mínimo	0,50	2,0
Máximo	7,00	60,0

Tabela 21 – Consumo de água na higiene pessoal (vezes/ dia)

Consumo de água na Higiene pessoal Escovar os dentes, barbear ou lavar as mãos		
Quantidade de vezes por dia	Frequência	
	N	%
De 1 a 5	135	66,5
De 5 a 10	49	24,1
De 10 a 15	16	7,9
Mais de 15	3	1,5
Total	203	100,0

3.1.7 Quanto ao pagamento de conta de água

Conforme apresentado na tabela 24, dentre os 203 entrevistados, somente 14 pessoas afirmaram pagar conta de água (menos de 7 % da amostra). Porém, estes dados serão desconsiderados por não apresentarem credibilidade, pois segundo a CEDAE, somente as regiões de Barcellos, Largo do Boiadeiro e Valão recebem conta de água, entretanto, vários voluntários não residentes nestas áreas dizem ter sua própria conta.

Tabela 22 – Cargas de roupas lavadas por semana (*per capita*)

Estatísticas	Quantidade de carga de roupas lavadas por semana
N	203
Média	1,15
Mediana	1,00
Moda	1,00
Desvio Padrão	0,91
Variância	0,84
Mínimo	-
Máximo	7,00

Tabela 23 – Número de vezes que lava louça por dia e tempo médio com a torneira aberta (*per capita*)

Estatísticas Descritivas	Quantidade de vezes que lava louça por dia	Tempo médio que deixa correr água durante a lavagem das louças (min.)
N	203	203
Média	0,96	8,97
Mediana	1,00	8,00
Moda	1,00	10,00
Desvio Padrão	0,57	6,35
Variância	0,33	40,38
Mínimo	-	1,00
Máximo	4,00	30,00

Paralelo à isso, dos 7 entrevistados do bairro Barcellos, nenhum afirma ter conta; dos 9 do Largo dos Boiadeiros somente 2 pagam conta, e ainda, de um total de 27 entrevistas com moradores do Valão, apenas 5 forneceram resposta afirmativa quanto a pagamento de conta. Os valores informados também são bastante discrepantes, variando de R\$ 6,00 a R\$ 50,00.

3.1.8 Quanto aos rendimentos mensais desembolsados

A pergunta referente a parcela dos rendimentos mensais que era efetivamente consumida pela família não foi respondida por 5 indivíduos entrevistados (questionários de número 135, 137, 149, 151 e 161). Considerando-se que o cálculo da pegada hídrica do setor industrial utiliza exclusivamente a quantia gasta informada, esta lacuna invalidaria os 5 questionários aplicados. Desta forma, optou-se por adotar nestes 5 casos o valor médio *per capita* obtidos através dos demais 198 questionários. O valor obtido foi de R\$405,57 *per capita*.

Tabela 24 – Questionários com resposta afirmativa quanto ao pagamento de conta de água

Sub-bairro	Total dos que se declaram pagantes - por sub-bairro	Valor informado da conta (R\$/ mês)	Total de entrevistados no sub-bairro
Cachopa	1	10	4
Lajão	1	39,4	1
Largo do Boiadeiro	2	9,6 19	9
Raiz	1	22	15
Roupa Suja	3	6 22 50	51
Rua 4	1	50	13
Valão	5	15 17 30 40 49	27
TOTAL	14		

Os valores dos rendimentos mensais efetivamente gastos variaram de R\$28,75 a R\$2.000,00 *per capita*.

O valor monetário médio mensal efetivamente desembolsado por cada indivíduo que compõem a amostra é menor que um salário mínimo. Este valor não surpreende, uma vez que a área pesquisada se trata de um aglomerado subnormal, cuja característica principal é a baixa renda da população.

3.2 Pegadas Hídricas – resultados brutos e consistidos

Após aplicação da análise descritiva, obtiveram-se os resultados para o tipo de pegada por m³/ano *per capita*. Por conseguinte, efetuou-se a exclusão dos questionários que apresentaram observações atípicas e obtiveram-se os valores das pegadas hídricas ajustadas.

A exclusão dos *outliers* resultou em uma sub-amostra com 171 questionários para o cálculo da PH de alimentos, PH doméstica e PH industrial. Ou seja, foram suprimidos 32 questionários (15,8% do total). A PH total ajustada foi obtida pela soma das pegadas hídricas dos três setores. Estes resultados estão a seguir apresentados.

3.2.1 Setor de Alimentos

A tabela 25 apresenta a análise descritiva da amostra de 203 domicílios. Os resultados apontam 1681,6 m³/ano *per capita* como valor médio da pegada hídrica de alimentos, com

desvio padrão de 947,5. O coeficiente de variação (CV) é de 56%, o que indica uma alta dispersão em torno da média, ou seja, trata-se de uma distribuição heterogênea.

Nos resultados exibidos também observa-se outras medidas de dispersão, como a assimetria e a curtose. Os valores calculados da assimetria para a pegada hídrica do setor de alimentos foi 1,48. Sendo positivo o resultado encontrado, pode-se afirmar que trata-se de uma assimetria à direita (moda < média).

Neste mesmo setor, o valor de Curtose obtido (2,86) foi maior que 0,263 (valor de referência), o que resulta em uma curva platicúrtica. Reafirmando assim a dispersão dos dados. Isto pode ser visto no histograma exposto na figura 34.

Posteriormente, efetuou-se a exclusão dos valores discrepantes e a amostra foi ajustada. O novo valor de PH do setor de alimentos teve uma redução de 12,6%, conforme apresentado na tabela 26.

O novo coeficiente de variação (CV) da PH de alimentos é de 44,8%. Embora este coeficiente tenha diminuído com a exclusão dos *outliers*, permanece com valor superior a 30%, de forma que este resultado ainda aponta para uma alta dispersão da amostra.

O valor igual a zero encontrado para a curtose (K) retrata uma elevação da curva em comparação com uma distribuição normal, isto é, representa uma menor variabilidade do valor da PH de alimentos em torno das medidas de posição.

Tabela 25 – Análise descritiva da pegada hídrica do setor de alimentos

Pegada Hídrica de Alimentos (m³/ano per capita)	Estatísticas descritivas							
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	203	5273,1	362,7	5635,8	1681,6	947,5	1,484	2,855

Tabela 26 – Análise descritiva da pegada hídrica do setor de alimentos (após exclusão de *outliers*)

Pegada Hídrica de Alimentos (m³/ano per capita)	Estatísticas descritivas									
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	171	3063	363	3426	1470	1404	1775	659	1,00	0,00

A figura 35 apresenta o histograma da pegada hídrica do setor de alimentos ajustada após a exclusão dos *outliers*.

Figura 34 – Histograma da pegada hídrica do setor de alimentos

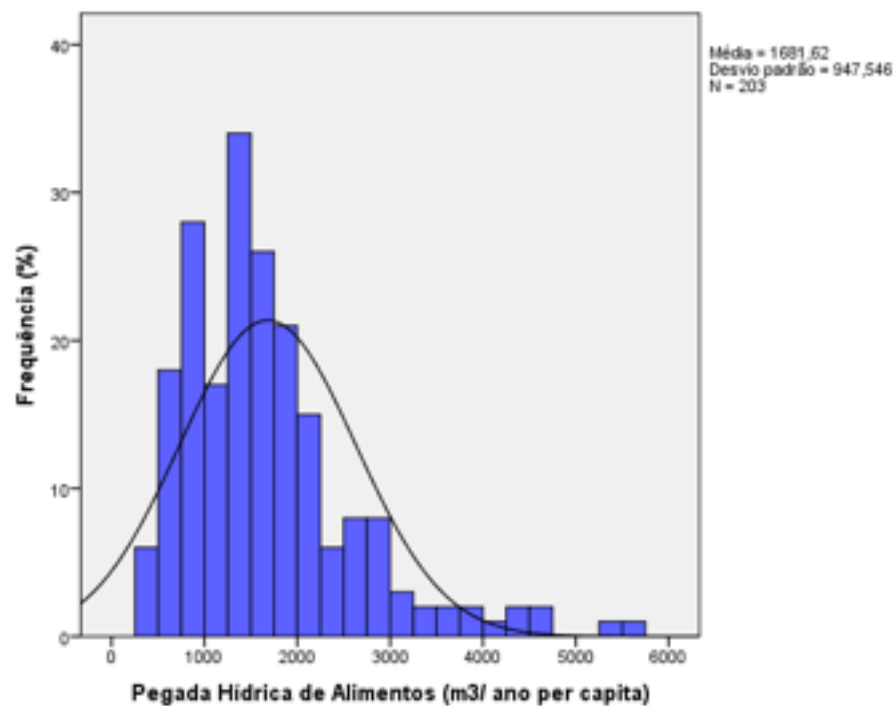
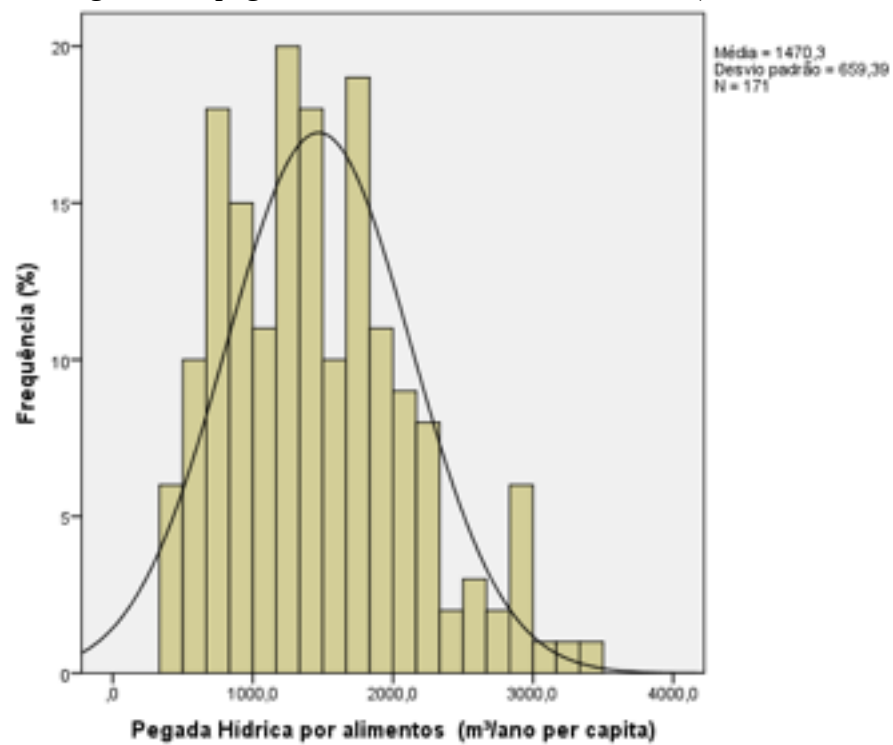


Figura 35 – Histograma da pegada hídrica do setor de alimentos (com exclusão de outliers)



3.2.2 Setor de Uso Doméstico de Água

A tabela 27, mostra os resultados da análise do consumo doméstico de água. A média obtida foi de 196,7 m³/ano *per capita*, com desvio padrão de 140,5. O coeficiente de variação é igual a 71%, indicando uma alta dispersão em torno da média.

O valor calculado para a assimetria foi positivo (1,88), de forma que trata-se de uma assimetria à direita. A curtose resultou em um valor maior que 0,263, o que indica uma curva platicúrtica. A dispersão dos dados está reafirmada, conforme pode ser observado no histograma da figura 36.

Após a exclusão dos *outliers* o valor da pegada hídrica doméstica sofreu diminuição de 11% (tabela 28). O coeficiente de variação ficou com um valor bastante alto, 60,0%, de forma que o novo CV ainda aponta para uma alta dispersão da amostra. E o valor encontrado para a curtose ($K = 2$) indica uma curva mais achatada que a curva normal.

A figura 37 apresenta os histograma da PH doméstica ajustada após a exclusão dos *outliers*.

Tabela 27 – Análise descritiva da pegada hídrica do uso doméstico de água

Pegada Hídrica Doméstica (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas							
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	203	848,9	18,7	867,6	196,7	140,5	1,882	5,04

Tabela 28 – Análise descritiva da pegada hídrica doméstica (após exclusão de *outliers*)

Pegada Hídrica Doméstica (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas									
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	171	614	19	633	175	156	179	105	1,00	2,00

Figura 36 – Histograma da pegada hídrica do uso doméstico de água

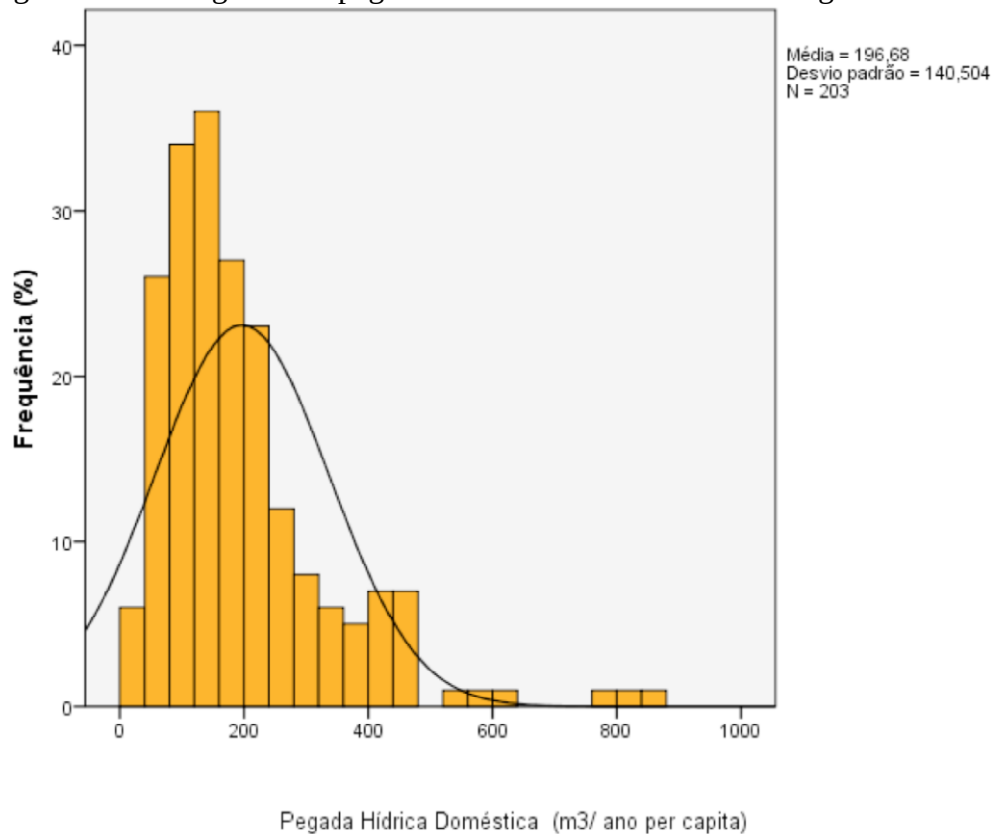
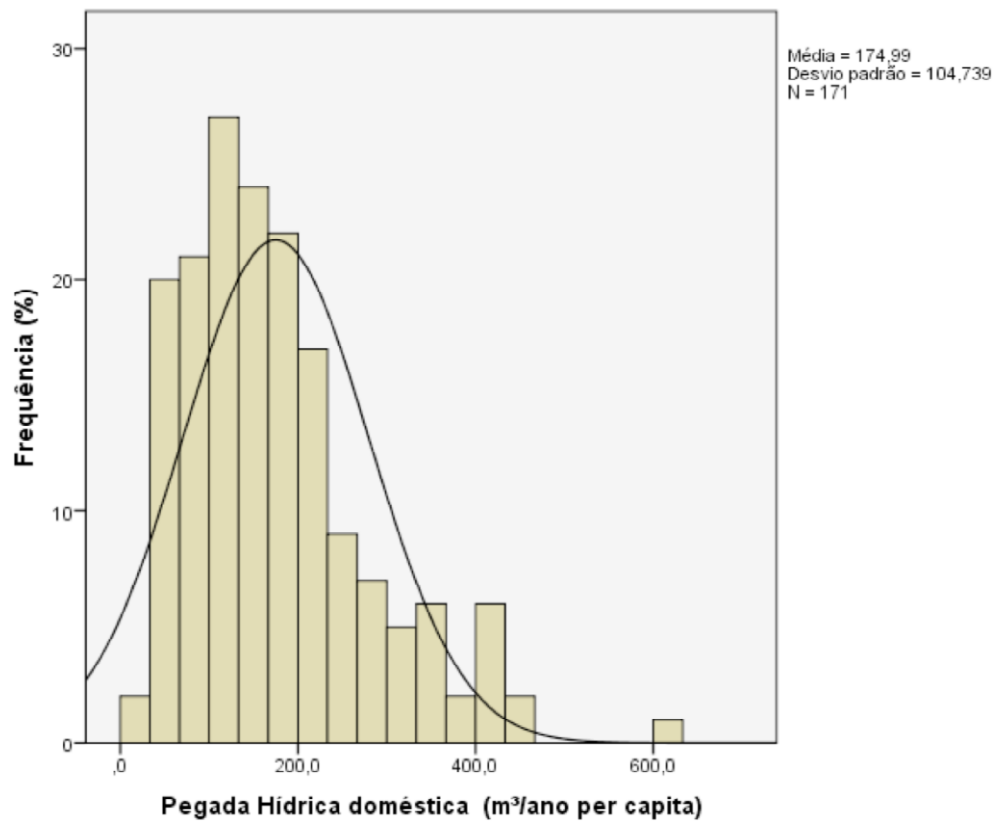


Figura 37 – Histograma da pegada hídrica doméstica (após exclusão de *outliers*)



3.2.3 Setor Industrial

A análise dos dados da pegada hídrica do setor industrial, refletida através da tabela 29, exibe uma média de 87,6 m³/ano *per capita*, com desvio padrão igual a 68,2. O coeficiente de variação encontrado foi de 78%. Este resultado expressa uma alta dispersão em torno da média.

A assimetria calculada resultou em 2,50, de forma que trata-se de uma assimetria à direita. A curtose de 8,31 indica uma curva platicúrtica, reafirmando assim a dispersão dos dados. Isto pode ser verificado pela observação do histograma exposto na figura 38.

Os *outliers* foram excluídos e a amostra foi ajustada, resultando numa diminuição de 20,1% em relação ao PH industrial inicial. A tabela 30 apresenta os novos valores calculados. Embora o CV tenha diminuído com a exclusão dos *outliers* (CV = 52,9%), o valor continua superior a 30%, mantendo uma alta dispersão da amostra. E o novo valor da curtose implica em uma curva mais achatada que a curva normal.

A figura 39 apresenta o histograma da pegada hídrica ajustada após a exclusão dos *outliers*.

Tabela 29 – Análise descritiva da pegada hídrica do setor industrial

Pegada Hídrica Industrial (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas							
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	203	460,5	6,5	467	87,6	68,2	2,501	8,307

Tabela 30 – Análise descritiva da pegada hídrica industrial (após exclusão de *outliers*)

Pegada Hídrica Industrial (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas									
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	171	174	6	180	70	67	67	37	1,00	1,00

Figura 38 – Histograma da pegada hídrica do setor industrial

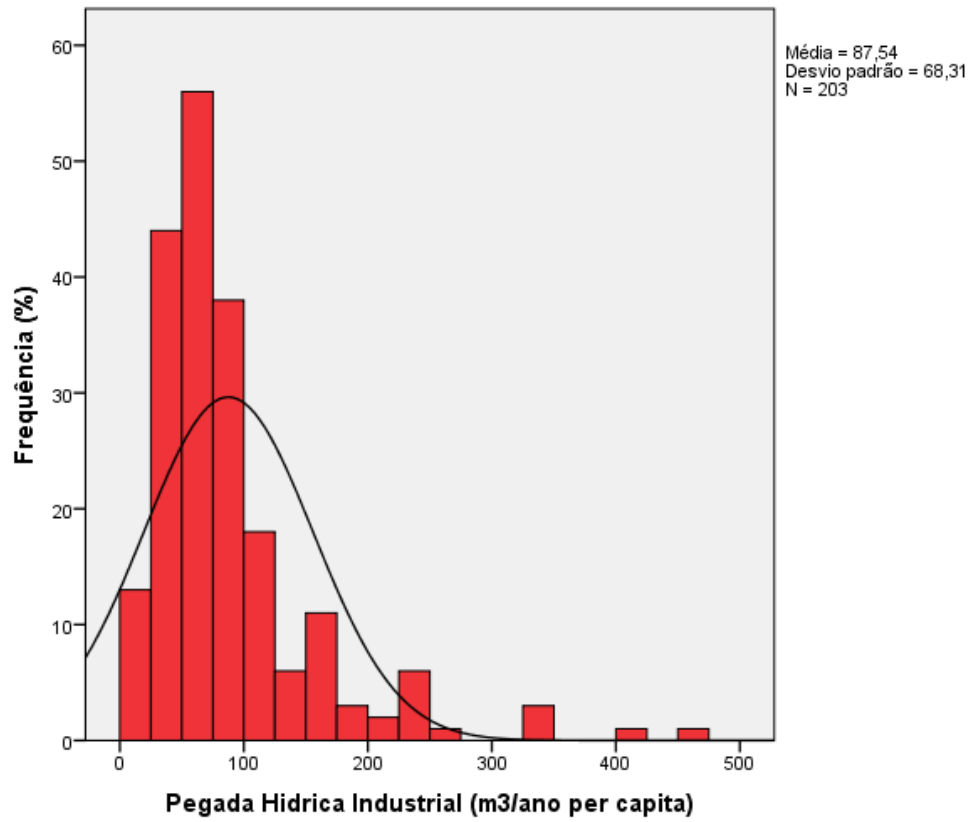
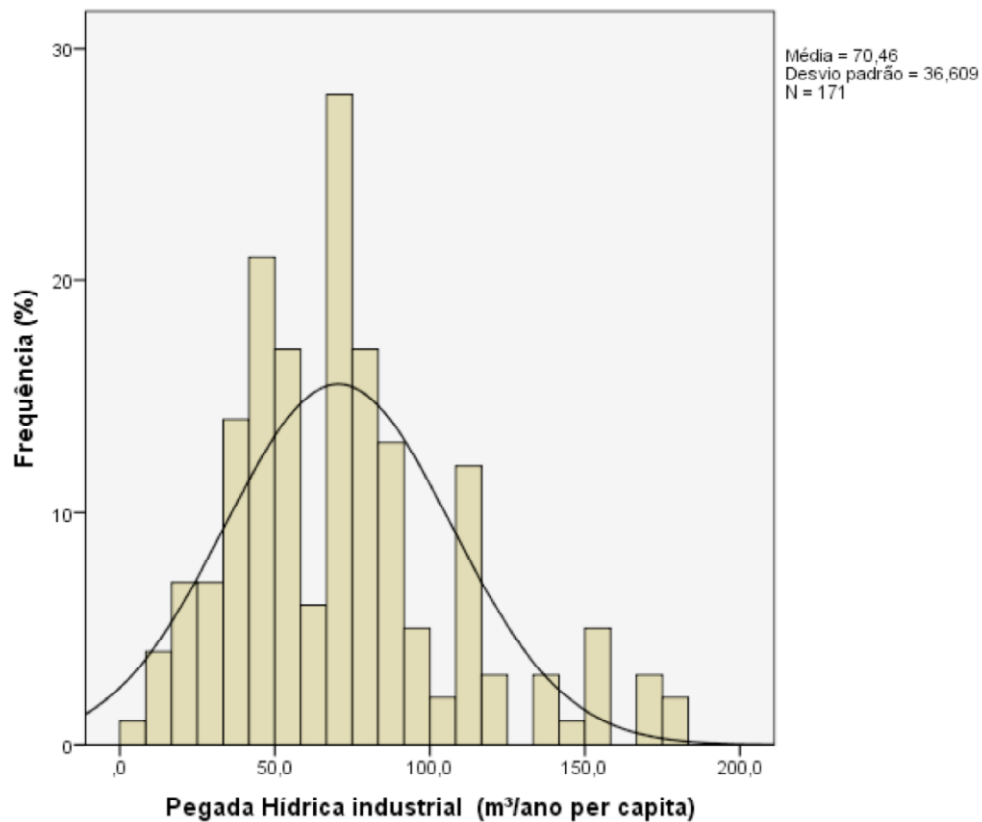


Figura 39 – Histograma da pegada hídrica industrial (após exclusão de outliers)



3.2.4 Pegada Hídrica Total

Os resultados da análise descritiva da amostra de 203 domicílios para a pegada hídrica total, em m³/ano *per capita* estão apresentados na tabela 31. A média encontrada foi de 1965,8, com desvio padrão de 1007,4. O coeficiente de variação (CV) é de 50%, significando uma alta dispersão em torno da média.

A assimetria encontrada foi de 1,39, logo, trata-se de uma assimetria à direita. A curtose (2,33) obtida foi maior que o valor de referência, de forma que a curva é do tipo platicúrtica. Estes resultados reafirmam a dispersão dos dados, o pode ser visto no histograma apresentado na figura 40.

A tabela 32 apresenta o resultado da pegada hídrica total da amostra ajustada após a exclusão dos valores discrepantes. A PH total resultante diminuiu em 12,7% após a remoção dos *outliers*.

O novo valor calculado para o CV é de 40,4%. Embora este coeficiente tenha diminuído com a exclusão dos *outliers*, permanece com valor superior a 30%, de forma que o novo resultado ainda aponta para uma alta dispersão da amostra.

O valor da curtose igual a zero retrata uma elevação da curva em comparação com uma distribuição normal, isto é, representa uma menor variabilidade dos valores de PH em torno das medidas de posição.

A figura 41 apresenta o histograma da pegada hídrica total ajustada após a exclusão dos *outliers*.

Tabela 31 – Análise descritiva da pegada hídrica total

PEGADA HÍDRICA (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas							
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	203	5596,7	414,7	6011,5	1965,8	1007,4	1,386	2,327

Tabela 32 – Análise descritiva da pegada hídrica total (após exclusão de *outliers*)

Pegada Hídrica Total (m ³ /ano <i>per capita</i>)	Estatísticas descritivas									
	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
	171	3377	415	3792	1716	1630	-	694	1,00	0,00

Figura 40 – Histograma da pegada hídrica total

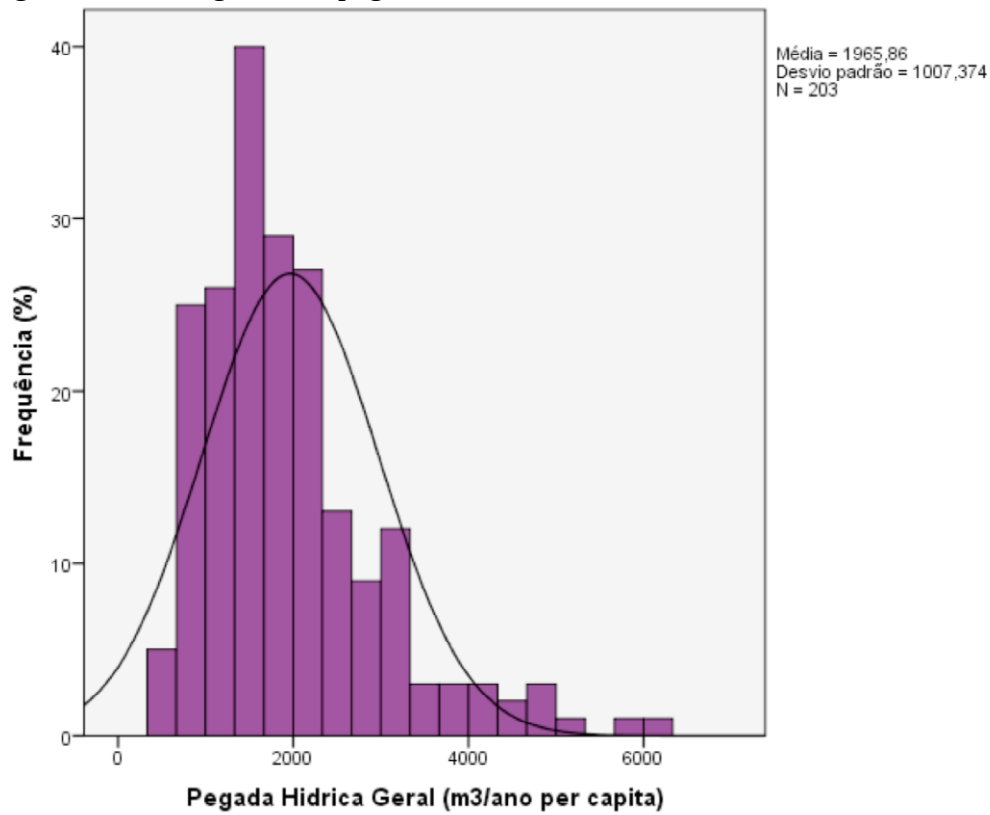
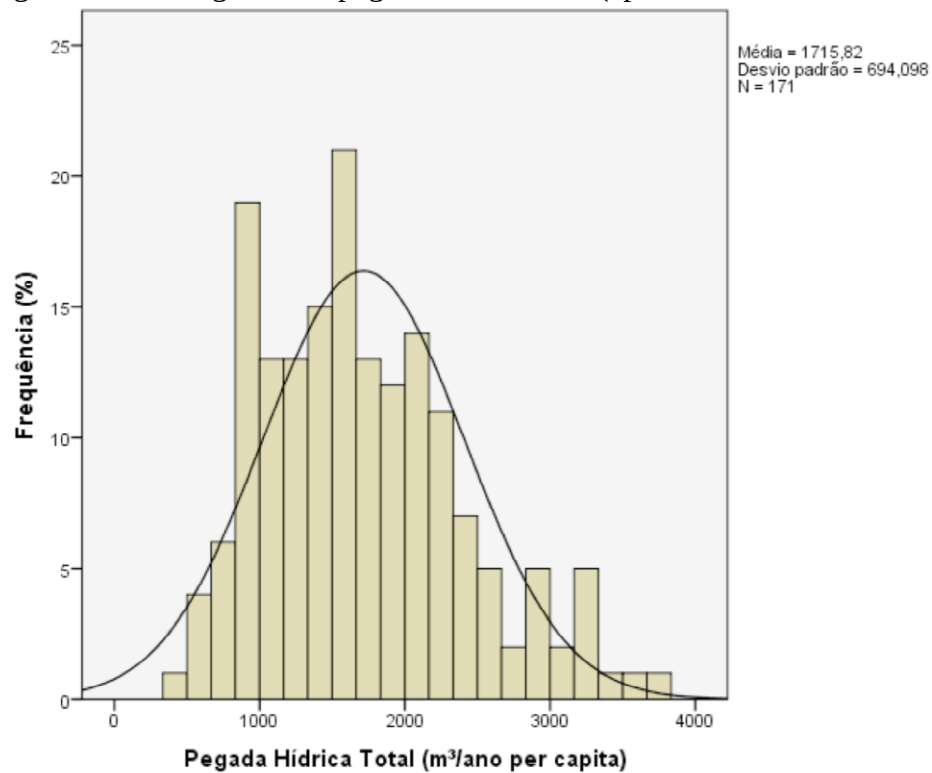


Figura 41 – Histograma da pegada hídrica total (após exclusão de outliers)



3.3 Comparação entre as pegadas hídricas – valores brutos e consistidos

Os resultados encontrados para as pegadas hídricas com os valores exorbitantes e após a exclusão destes *outliers* estão apresentados na tabela 33. Percebe-se uma diminuição variando de 11% para a pegada hídrica doméstica, e de 20,1% para a pegada hídrica industrial.

Tabela 33 – Diferença entre as pegadas hídricas calculadas antes e após a exclusão dos *outliers*

	Pegada Hídrica (m ³ /ano <i>per capita</i>)			
	Alimentos	Doméstica	Industrial	Total
antes da exclusão dos <i>outliers</i>	1681,6	196,7	87,6	1965,8
após exclusão dos <i>outliers</i>	1470,0	175,0	70,0	1716,0
diferença	12,6%	11,0%	20,1%	12,7%

3.4 Correlação entre as pegadas hídricas

A fim de buscar uma correlação linear entre os valores das pegadas hídricas da amostra desenvolveu-se um diagrama de dispersão para cada uma das três combinações possíveis. A seguir estão apresentados os gráficos obtidos, no entanto, não foi encontrada correlação entre os valores das pegadas hídricas (figuras 42, 43 e 44).

Figura 42 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica industrial e a pegada hídrica doméstica

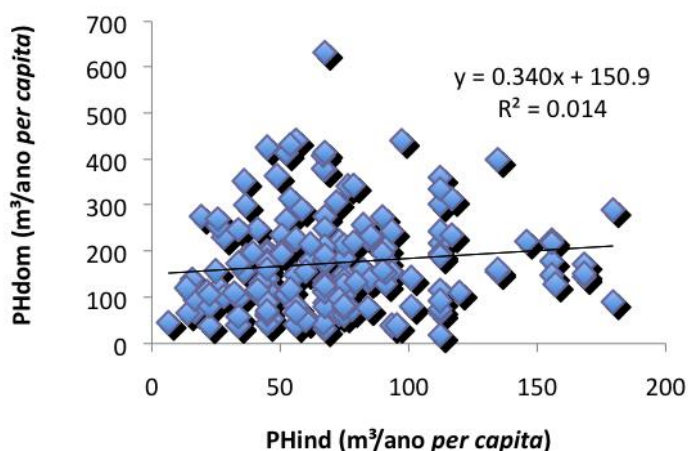


Figura 43 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica doméstica e a pegada hídrica de alimentos

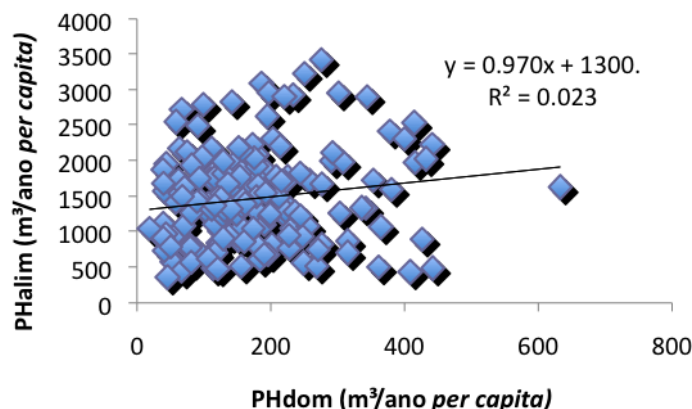
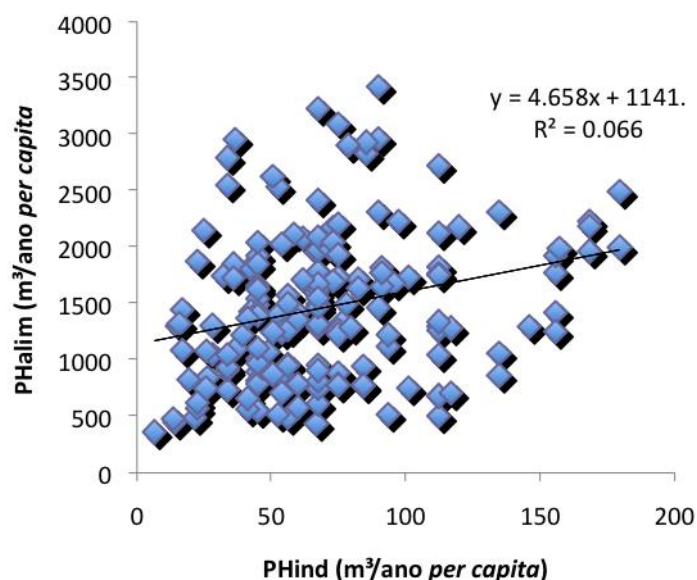


Figura 44 – Diagrama de dispersão entre a pegada hídrica industrial e a pegada hídrica de alimentos



3.5 Relações entre despesa mensal e pegadas hídricas

A parte dos rendimentos mensais de cada família, excluindo-se deste montante o que é poupado, interfere diretamente no cálculo da pegada hídrica industrial. Porém, a relação entre as pegadas hídricas dos três setores e a despesa mensal *per capita* há que ser explorada a fim de se encontrar uma possível relação entre elas. Desta forma, as planilhas a seguir descrevem o comportamento entre o valor das despesas mensais de cada pessoa – em salários mínimos – e a pegadas hídricas obtidas. Para tal, foi utilizado o valor do salário mínimo de R\$678,00 fixado pelo Ministério do Trabalho e Emprego para o ano de 2013.

3.5.1 Despesa mensal *per capita* X PH de alimentos

Conforme pode ser visualizado na tabela 34, dentre os 171 questionários considerados nesta análise, 157 deles (91,8%) tem uma despesa *per capita* mensal inferior a um salário mínimo, e menos de 8% (13 questionários) desembolsa um valor compreendido entre 1 a 2 salários mínimos a cada mês. Além disso, 89 questionários, ou seja, a maioria dos indivíduos (52%) tem uma pegada hídrica do setor de alimentos compreendida entre 1000 a 2000 m³/ano *per capita*.

Foi construído um gráfico (figura 45) a fim de melhor visualizar a relação entre a pegada hídrica do setor de alimentos e a despesa mensal *per capita*. Cada uma das quatro barras representa a totalidade dos questionários com valores de pegadas hídricas num intervalo específico, e a mesma barra é segmentada em até três intervalos de despesa mensal. Na análise do gráfico, percebe-se que a medida em que a pegada hídrica do setor de alimentos aumenta, o percentual de questionários com despesa mensal *per capita* inferior a um salário mínimo tende a diminuir, e que os percentuais com despesas maiores do que um salário mínimo tendem a aumentar. Assim, o gráfico indica que os indivíduos da amostra com gastos maiores tendem a ter uma PH alimentos também superior. O diagrama de dispersão (figura 46) valida de forma aproximada que existe uma tendência ao crescimento da PH de alimentos à medida em que a despesa mensal do indivíduo aumenta.

Tabela 34 – Tabulação cruzada entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica do setor de alimentos

Pegada Hídrica de Alimentos (m³/ano <i>per capita</i>)	Despesa mensal <i>per capita</i> (em salários mínimos)						Total	
	Abaixo de 1SM		Entre 1SM a 2SM		Acima de 2SM			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Abaixo de 1000	48	98,0	1	2,0	0	0,0	49	100,0
De 1000 a 2000	82	92,1	7	7,9	0	0,0	89	100,0
De 2000 a 3000	24	80,0	5	16,7	1	3,3	30	100,0
Acima de 3000	3	100,0	0	0,0	0	0,0	3	100,0
Total	157	-	13	-	1	-	171	-

Figura 45– Gráfico relacionando despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica do setor de alimentos

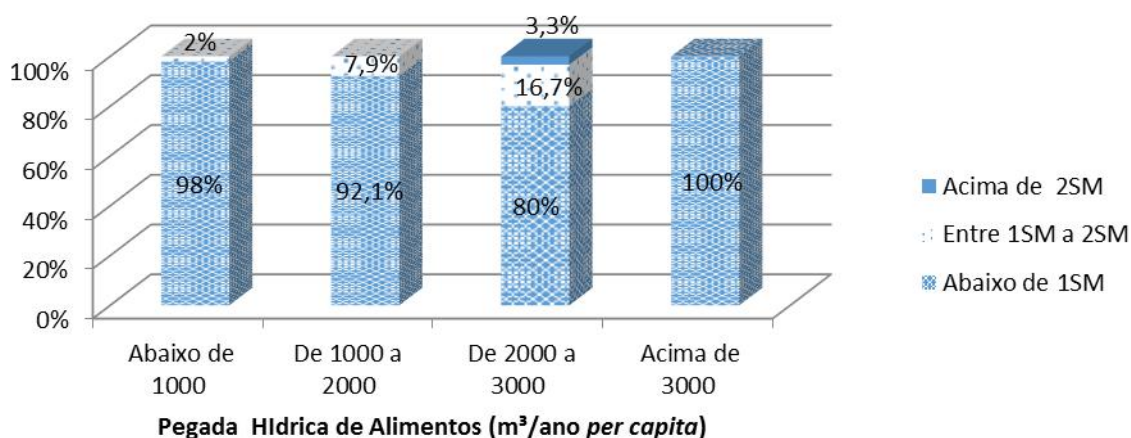
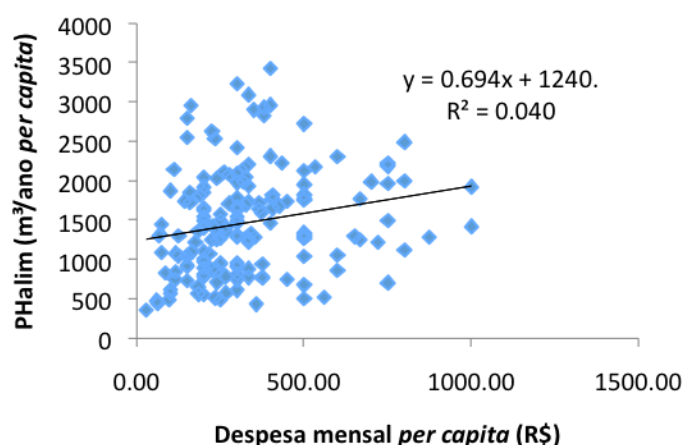


Figura 46– Diagrama de dispersão entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica do setor de alimentos



3.5.2 Despesa mensal *per capita* X PH doméstica (hipótese 3):

A tabela 35 apresenta uma tabulação cruzada entre as despesas mensais *per capita* e os valores de pegada hídrica relacionada ao consumo doméstico de água. A maioria dos questionários (43,9%) apontou uma pegada hídrica doméstica entre 100 e 200 m³/ano *per capita*. O consumo doméstico de água da amostra não parece ter relação com o montante da despesa mensal de cada indivíduo (na figura 47 estas proporções podem ser melhor avaliadas). Contudo, o diagrama de dispersão entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica doméstica (figura 48), reflete uma tendência no aumento da PH doméstica à proporção em que a despesa mensal do indivíduo cresce.

Tabela 35 – Tabulação cruzada entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica doméstica

Pegada Hídrica Doméstica (m³/ano <i>per capita</i>)	Despesa mensal <i>per capita</i> (em salários mínimos)						Total	
	Abaixo de 1SM		Entre 1SM a 2SM		Acima de 2SM			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Abaixo de 100	43	97,7	1	2,3	0	0,0	44	100,0
De 100 a 200	66	88,0	9	12,0	0	0,0	75	100,0
De 200 a 300	30	96,8	1	3,2	0	0,0	31	100,0
Mais de 300	18	85,7	2	9,5	1	4,8	21	100,0
Total	157	-	13	14,3	1	0,0	171	-

Figura 47– Gráfico relacionando despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica doméstica

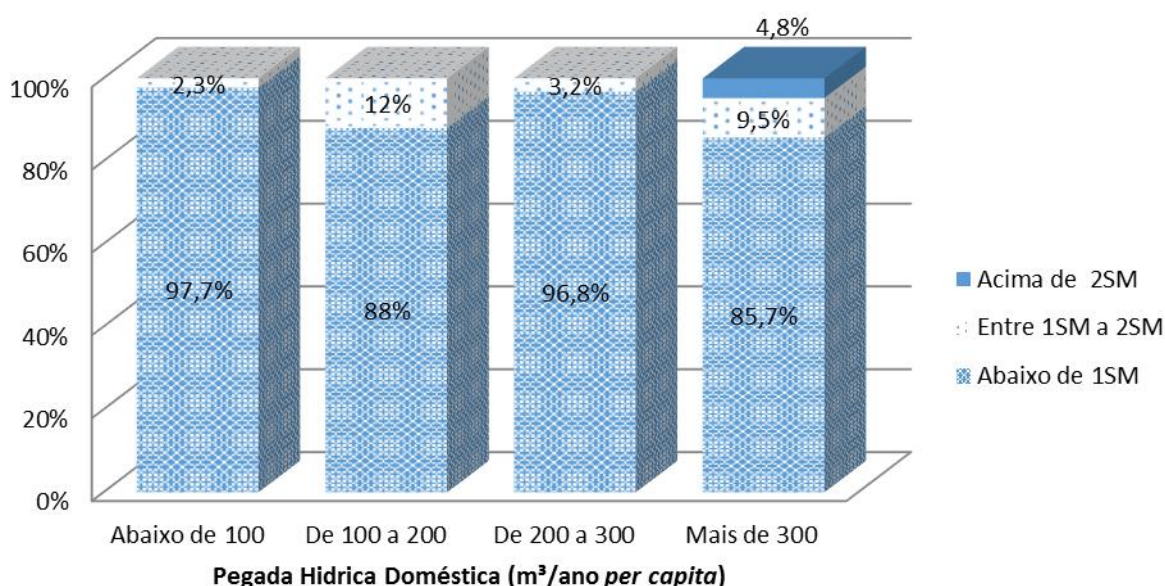
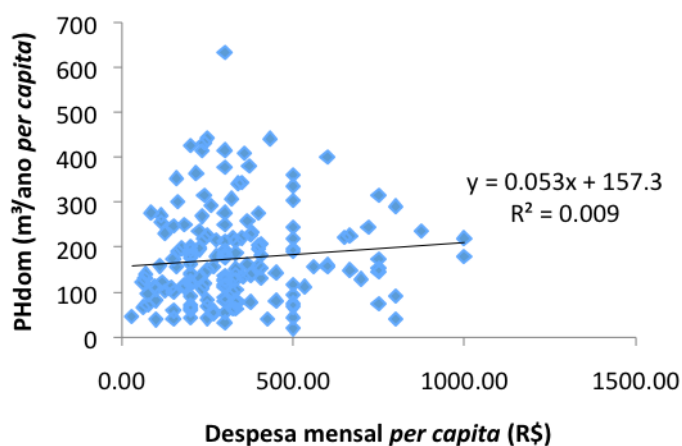


Figura 48– Diagrama de dispersão entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica doméstica



3.5.3 Despesa mensal *per capita* X PH industrial

Analisando-se a tabela 36 que apresenta a relação entre as despesas mensais *per capita* e os valores de pegada hídrica industrial encontrados, percebe-se que estes valores estão concentrados na faixa entre 50 a 100 m³/ano per capita, ou seja, 48,5% dos questionários. Apenas um questionário apontou um PH industrial menor que 10.

Observando-se a figura 49 que expõem a PH industrial em 4 níveis de consumo de água e cruza seus dados com 3 intervalos de gastos mensais (em salários mínimos), percebe-se um indicativo de que os indivíduos da amostra com uma maior despesa mensal tendem a ter uma maior pegada hídrica industrial. O diagrama de dispersão (figura 50) confirma esta relação e sugere um relacionamento linear entre as duas variáveis.

Tabela 36 – Tabulação cruzada entre despesa mensal *per capita* e pegada hídrica industrial

Pegada Hídrica Industrial (m³/ano <i>per capita</i>)	Despesa mensal <i>per capita</i> (em salários mínimos)						Total	
	Abaixo de 1SM		Entre 1SM a 2SM		Acima de 2SM			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Abaixo de 10	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
De 10 a 50	52	92,9	4	7,1	0	0,0	56	100,0
De 50 a 100	76	91,6	6	7,2	1	1,2	83	100,0
Acima de 100	28	90,3	3	9,7	0	0,0	31	100,0
Total	157	-	13	-	1	-	171	-

Figura 49– Gráfico relacionando despesa mensal *per capita* e pegada hídrica industrial

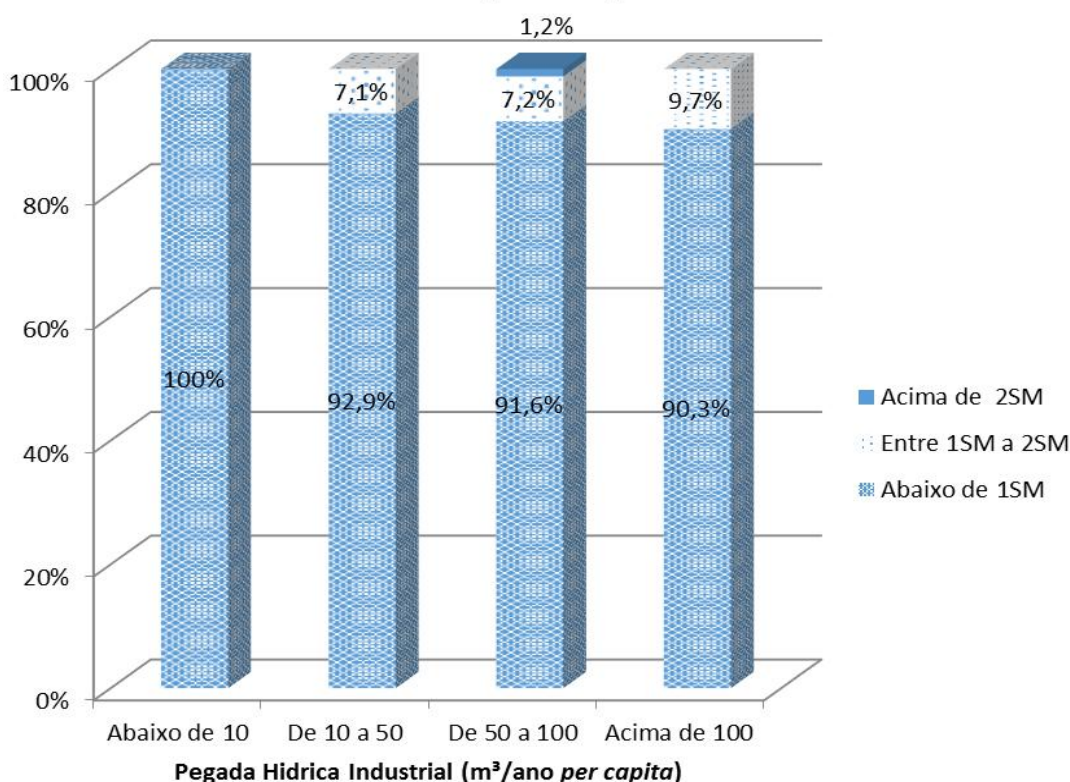
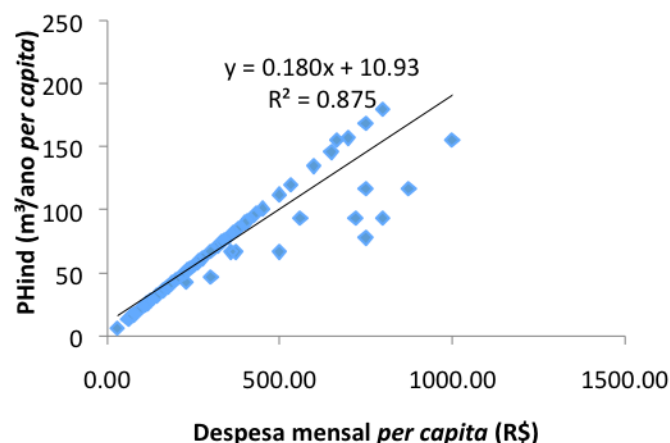


Figura 50– Diagrama de dispersão entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica industrial



3.5.4 Despesa mensal *per capita* X PH total

Observando-se a tabela 37 que apresenta a relação entre as despesas mensais *per capita* e os valores de pegada hídrica total percebe-se que 50,9% da amostra (87 questionários) apresentou uma PH total com valores entre 1000 a 2000 m³/ano *per capita*. O cruzamento destes dados com o valor da despesa mensal despendida apresentou um indicativo de que os indivíduos da amostra com uma maior despesa financeira tendem a ter uma pegada hídrica total superior. Isto pode ser verificado com a observação da figura 51. O diagrama de dispersão (figura 52) valida de forma aproximada que há uma tendência ao crescimento da pegada hídrica total à medida em que a despesa mensal do indivíduo aumenta.

Tabela 37 – Tabulação cruzada entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica total

Pegada Hídrica Total (m³/ano <i>per capita</i>)	Despesa mensal <i>per capita</i> (em salários mínimos)						Total	
	Abaixo de 1SM		Entre 1SM a 2SM		Acima de 2SM			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Abaixo de 1000	29	96,7	1	3,3	0	0,0	30	100,0
De 1000 a 2000	82	94,3	5	5,7	0	0,0	87	100,0
De 2000 a 3000	38	86,4	5	11,4	1	2,3	44	100,0
Mais de 3000	8	80,0	2	20,0	0	0,0	10	100,0
Total	157	-	13	-	1	-	171	-

Figura 51 – Gráfico relacionando despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica total

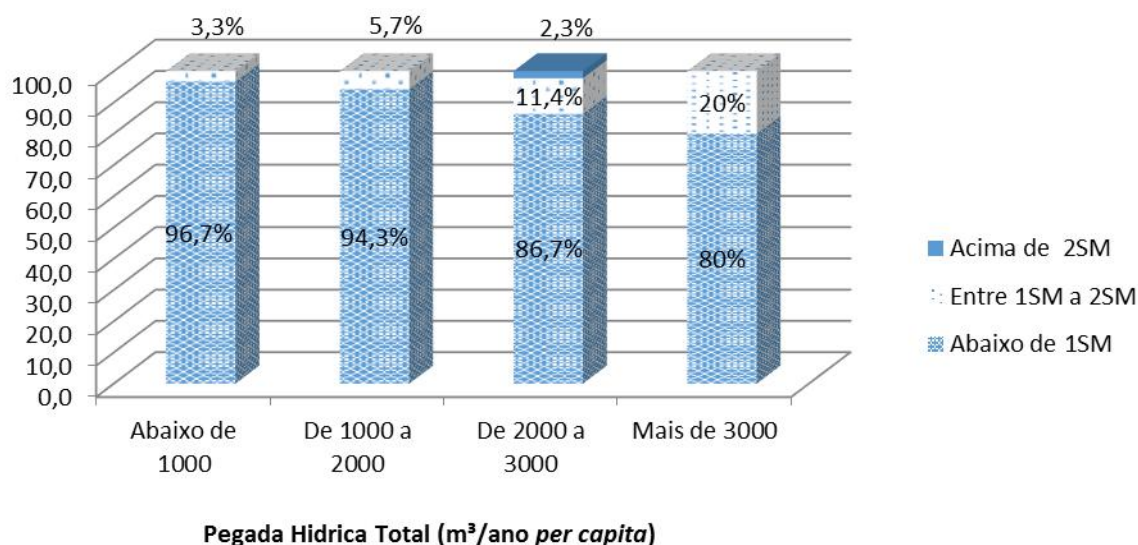
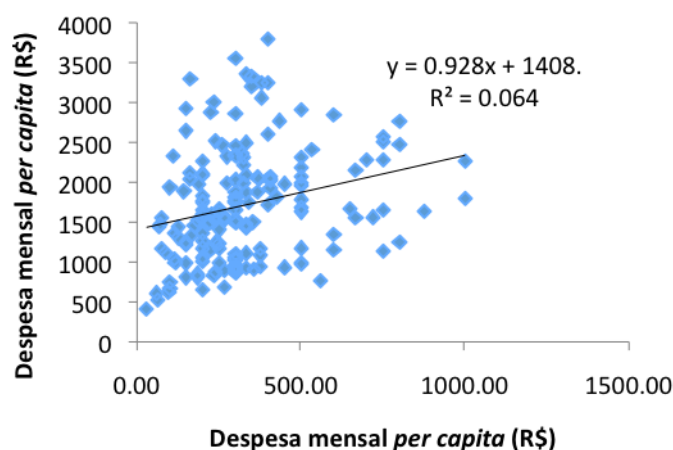


Figura 52– Diagrama de dispersão entre despesa mensal *per capita* e valores de pegada hídrica total



3.6 Relações entre a escolaridade do entrevistado e as pegadas hídricas

Na procura de uma relação entre a escolaridade do entrevistado e o valor médio do consumo de água de sua família, foram desenvolvidas quatro tabelas apresentando a tabulação cruzada entre grau de escolaridade e cada tipo de pegada hídrica. Esta foi dividida em quatro níveis, de acordo com intervalos de consumo, e para aquela foram utilizados os quatro níveis de escolaridade identificados nos indivíduos da pesquisa (analfabeto, ensino fundamental, ensino médio e ensino superior).

3.6.1 Escolaridade X PH de alimentos

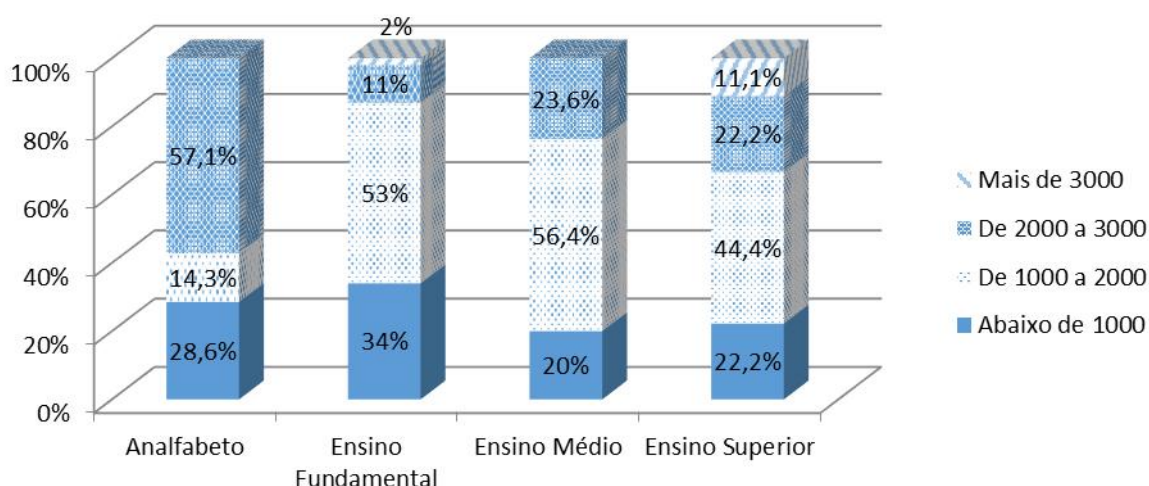
Analisando-se a tabela 38 identifica-se que a maior parcela da amostra (52%) tem sua pegada hídrica do setor de alimentos concentrada entre os valores de 1000 a 2000 m³/ano *per capita*, e que 58,5% dos indivíduos que responderam à pesquisa tem o ensino fundamental como escolaridade.

Observando-se a figura 53 não foi possível estabelecer qualquer relação entre a PH de alimentos e nível educacional.

Tabela 38 – Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica do setor de alimentos

Escolaridade	Pegada Hídrica de Alimentos (m ³ /ano <i>per capita</i>)									
	Abaixo de 1000		De 1000 a 2000		De 2000 a 3000		Mais de 3000		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Analfabeto	2	28,6	1	14,3	4	57,1	0	0,0	7	100,0
Ensino Fundamental	34	34,0	53	53,0	11	11,0	2	2,0	100	100,0
Ensino Médio	11	20,0	31	56,4	13	23,6	0	0,0	55	100,0
Ensino Superior	2	22,2	4	44,4	2	22,2	1	11,1	9	100,0
Total	49	-	89	-	30	-	3,0		171	-

Figura 53 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica do setor de alimentos



3.6.2 Escolaridade X PH de consumo doméstico (hipótese 4):

A tabulação cruzada entre o nível educacional dos entrevistados e seu consumo doméstico de água, a seguir apresentada na tabela 39, demonstra que 75 indivíduos, a maior

porcentagem da amostra (43,9%), consomem entre 100 a 200 m³/ano de água. Este consumo pode ser observado em todas as escolaridades enumeradas, porém, a maior incidência observada tem o ensino fundamental como grau de escolaridade.

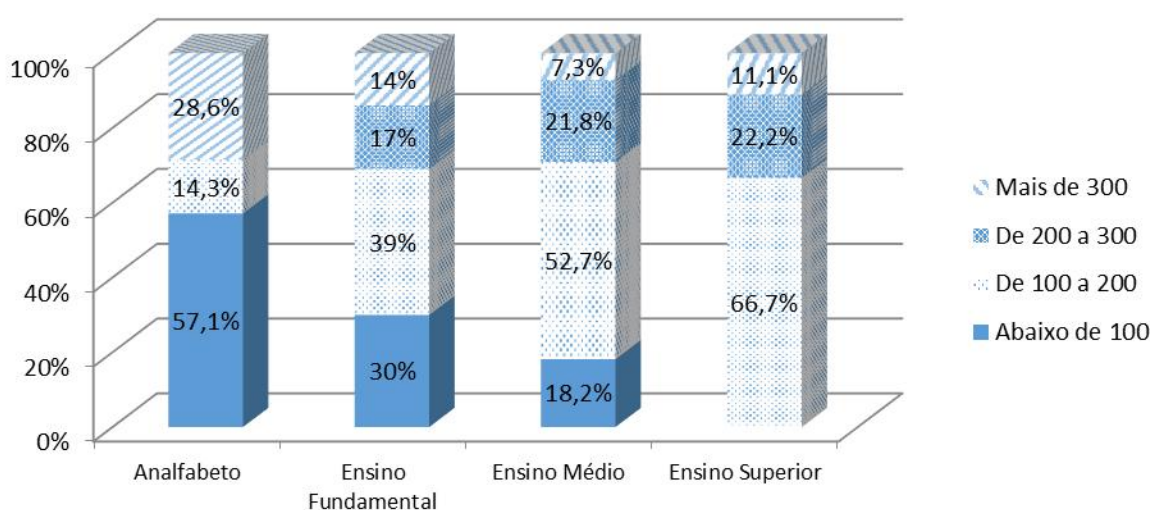
Observando-se a figura 54, percebe-se um indicativo de que a medida em que o grau de escolaridade dos indivíduos da amostra aumenta, o número de pessoas com consumo doméstico anual inferior a 100 m³ tende a diminuir. Por outro lado, a medida em que o grau de escolaridade aumenta, tanto a parcela de entrevistados com consumo entre 100 a 200 m³, quanto a entre 200 a 300 m³ tende a aumentar.

Não foi possível estabelecer relações entre os indivíduos da amostra com PH doméstica superior a 300 m³ e sua escolaridade.

Tabela 39 – Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e pegada hídrica doméstica

Escolaridade	Pegada Hídrica Doméstica (m ³ /ano per capita)									
	Abaixo de 100		De 100 a 200		De 200 a 300		Mais de 300		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Analfabeto	4	57,1	1	14,3	0	0,0	2	28,6	7	100,0
Ensino Fundamental	30	30,0	39	39,0	17	17,0	14	14,0	100	100,0
Ensino Médio	10	18,2	29	52,7	12	21,8	4	7,3	55	100,0
Ensino Superior	0	0,0	6	66,7	2	22,2	1	11,1	9	100,0
Total	44	-	75	-	31	-	21,0	-	171	-

Figura 54 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica doméstica



3.6.3 Escolaridade X PH industrial

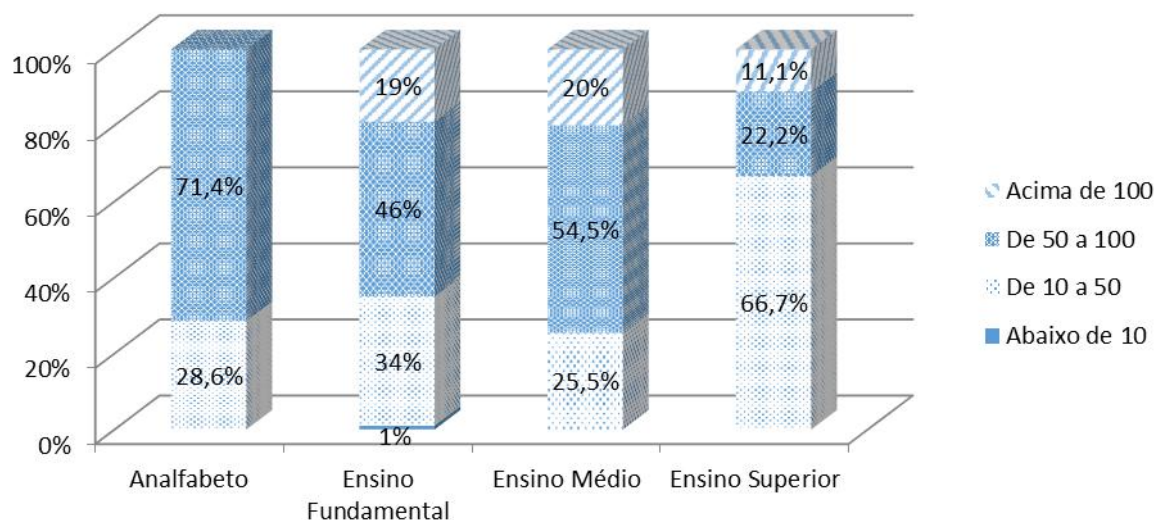
Observando-se a tabela 40 que apresenta a relação entre o grau de escolaridade dos indivíduos que responderam ao questionário e os valores de pegada hídrica industrial encontrados, percebe-se que 83 questionários apresentam valores concentrados na faixa entre 50 a 100 m³/ano *per capita*, ou seja, 48,5% dos questionários.

Não foi percebida relação entre a pegada hídrica industrial e o nível educacional do entrevistado. Isto pode ser observado através da figura 55 que expõem a PH industrial em 4 intervalos e cruza seus dados com 4 níveis educacionais.

Tabela 40 – Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica industrial

Escolaridade	Pegada Hídrica Industrial (m ³ /ano <i>per capita</i>)									
	Abaixo de 10		De 10 a 50		De 50 a 100		Acima de 100		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Analfabeto	0	0,0	2	28,6	5	71,4	0	0,0	7	100,0
Ensino Fundamental	1	1,0	34	34,0	46	46,0	19	19,0	100	100,0
Ensino Médio	0	0,0	14	25,5	30	54,5	11	20,0	55	100,0
Ensino Superior	0	0,0	6	66,7	2	22,2	1	11,1	9	100,0
Total	1	-	56	-	83	-	31,0	-	171	

Figura 55– Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica industrial



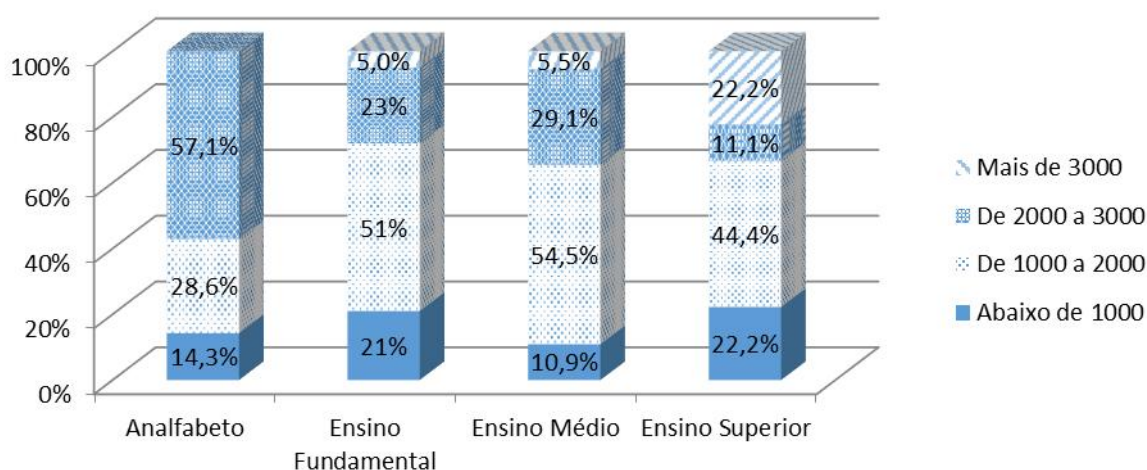
3.6.4 Escolaridade X PH total

Observando-se a tabela 41 que apresenta a relação entre o grau de escolaridade do entrevistado e os valores de pegada hídrica total percebe-se 87 questionários, a maioria da amostra (50,9%), teve uma PH total com valores entre 1000 a 2000 m³/ano *per capita*. Porém, o cruzamento destes dados com o nível educacional não apresentou relação conclusiva (figura 56).

Tabela 41 – Tabulação cruzada entre nível de escolaridade e valores de pegada hídrica total

Escolaridade	Pegada Hídrica Total (m ³ /ano <i>per capita</i>)									
	Abaixo de 1000		De 1000 a 2000		De 2000 a 3000		Mais de 3000		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Analfabeto	1	14,3	2	28,6	4	57,1	0	0,0	7	100,0
Ensino Fundamental	21	21,0	51	51,0	23	23,0	5	5,0	100	100,0
Ensino Médio	6	10,9	30	54,5	16	29,1	3	5,5	55	100,0
Ensino Superior	2	22,2	4	44,4	1	11,1	2	22,2	9	100,0
Total	30	-	87	-	44	-	10,0	-	171	-

Figura 56 – Gráfico relacionando nível de escolaridade e pegada hídrica total



3.7 Relação entre a PH doméstica obtida e a vazão da nova elevatória

Conforme mencionado anteriormente, a nova elevatória de água potável instalada pela Cedae na Rocinha fornece 135 l/s de água a todos os moradores, isto significa uma oferta de 501,1 l/hab. dia, isto é, uma pegada hídrica doméstica de 182,9 m³/ano *per capita*. Este valor vem a corroborar com o resultado de PH doméstica de 175 m³/ano *per capita* (479,5 l/hab.dia) obtido neste trabalho, tendo em vista que a vazão ofertada é 4,5% superior a demanda atual da comunidade sugerida pela pesquisa.

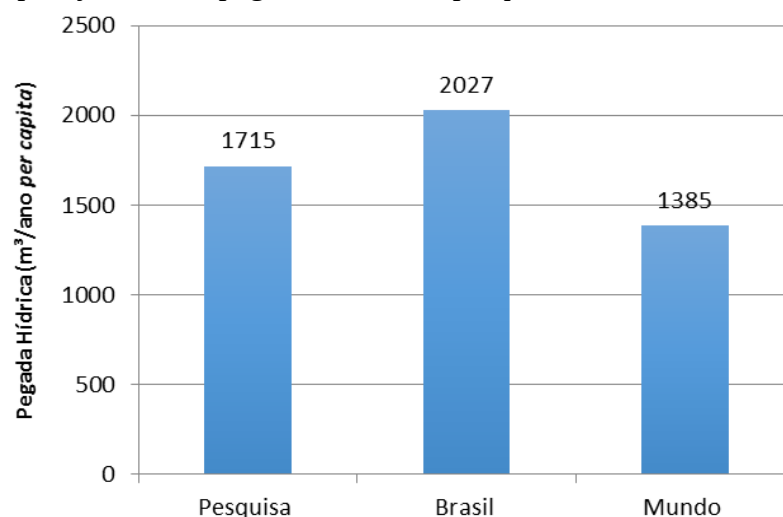
3.8 Relação entre a pegada hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo

Com a amostra da população da Rocinha pesquisada, o resultado consolidado resultou em uma pegada hídrica do indivíduo é de 1715m³/ano e este valor é composto pela PH de alimentos, PH doméstica e PH industrial, conforme demonstrado na tabela 42. O resultado da PH total ficou abaixo da média brasileira e acima da média mundial, conforme apresentado na figura 57.

Tabela 42 – Resultados obtidos para pegada hídrica do indivíduo

Componentes	Pegada Hídrica do Indivíduo (m ³ /ano <i>per capita</i>)
Alimentos	1470
Doméstico	175
Industrial	70
Pegada hídrica Total	1715

Figura 57 – Comparação entre a pegada hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011a)

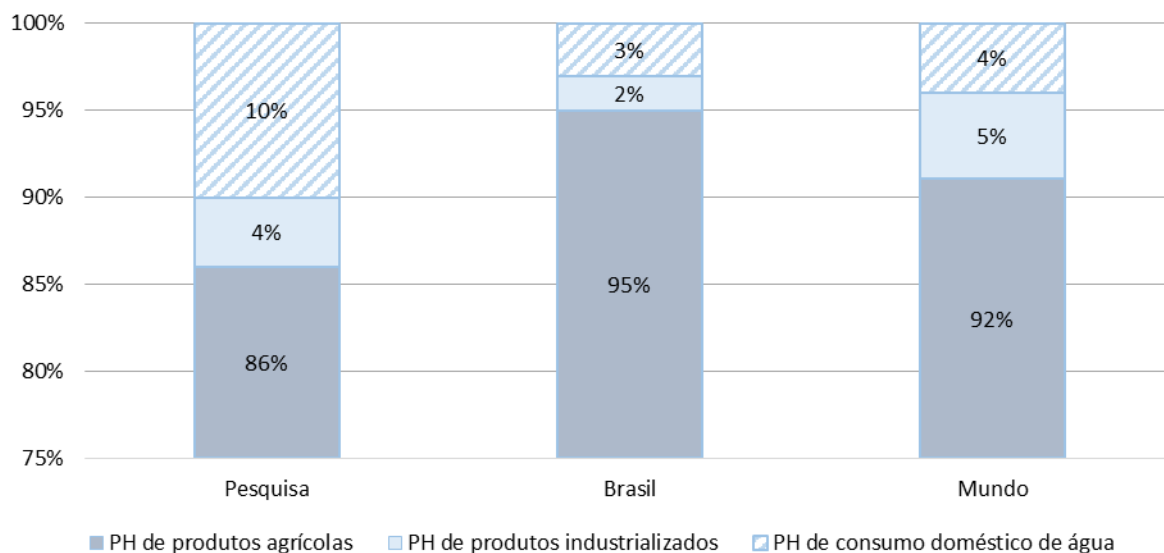
Estes valores podem ser melhor analisados com a observação da tabela 43 que também mostra a comparação das pegadas hídricas da pesquisa, do Brasil e do mundo, porém, apresentando a proporção de cada um dos três componentes. Os resultados do estudo apontam que a pegada hídrica relacionada ao consumo de alimentos é menor que a média brasileira, e superior à média mundial. Por outro lado, os resultados da pesquisa referentes à pegada hídrica relacionada ao consumo doméstico e industrial, demonstram que estes são maiores que a média do Brasil e do mundo, com destaque para a PH doméstica resultante da pesquisa que sugere um consumo de água de 175 m³/ano *per capita*, mais que o triplo do consumo citado na literatura tanto para o Brasil (55 m³/ano *per capita*), quanto para o mundo (53 m³/ano *per capita*). A figura 58 apresenta estas proporções.

Refletindo-se sobre os resultados da amostra da Rocinha (tabela 42), chama a atenção que, embora o presente trabalho tenha explorado um aglomerado subnormal, cuja principal característica seja a baixa renda de sua população, o valor obtido para a PH industrial (70 m³/ano *per capita*) – componente que considera exclusivamente o valor monetário despendido mensalmente por cada indivíduo – seja 55% superior à média brasileira (45 m³/ano *per capita*).

Tabela 43 – Pegada Hídrica da pesquisa, do Brasil e do mundo

	Pesquisa (método WFN)		Brasil (Hoekstra et al., 2011a)		Mundo (Hoekstra et al., 2011a)	
	(m ³ /ano <i>per capita</i>)	%	(m ³ /ano <i>per capita</i>)	%	(m ³ /ano <i>per capita</i>)	%
PH de alimentos	1470	86	1926	95	1267	92
PH de produtos industrializados	70	4	45	2	65	5
PH de consumo doméstico de água	175	10	55	3	53	4
Total	1715	100	2027	100	1385	100

Figura 58 – Comparação entre a proporção dos componentes das pegadas hídricas da pesquisa, do Brasil e do mundo



3.9 Pegada hídrica doméstica estimada em função da renda

Com a finalidade de estimar qual seria o consumo médio de água da população da Rocinha caso houvesse cobrança pelo uso da água de forma proporcional ao volume consumido procedeu-se o cálculo, a seguir descrito, utilizando-se a equação de Von Sperling.

Neste viés, desenvolveu-se uma equação utilizando-se os dados do presente trabalho com o objetivo de compará-la a pesquisa de Von Sperling (2002).

3.9.1 Pela equação de Von Sperling

Com base na equação desenvolvida por Von Sperling *et al.* (2002) (figura 4) que define a relação do consumo *per capita* em função da renda, e de posse do valor médio de despesa mensal de cada indivíduo⁵, estimado pela pesquisa – após a exclusão dos *outliers* - em R\$330,73, isto é, U\$ 1.771,77/ano⁶, podemos inferir que o consumo médio de água da comunidade seria de 133,56 l/hab.dia caso houvesse cobrança proporcional ao seu uso. Isto

⁵ Para esta estimativa será adotado como valor da renda o mesmo valor da despesa mensal média, ou seja, será considerado que nenhum valor é poupado a cada mês.

⁶ O valor do dólar no mês de setembro/2013 foi de R\$ 2,24.

significa uma Pegada Hídrica de 48,75 m³/hab.ano relacionada ao consumo doméstico do Complexo da Rocinha.

Sendo:

$$y = 50,072 \ln(x) - 240,97$$

onde: x = renda anual *per capita* (US\$)

$$y = 50,072 \ln(1771,77) - 240,97, \text{ logo } y = 133,56 \text{ l/hab.dia}$$

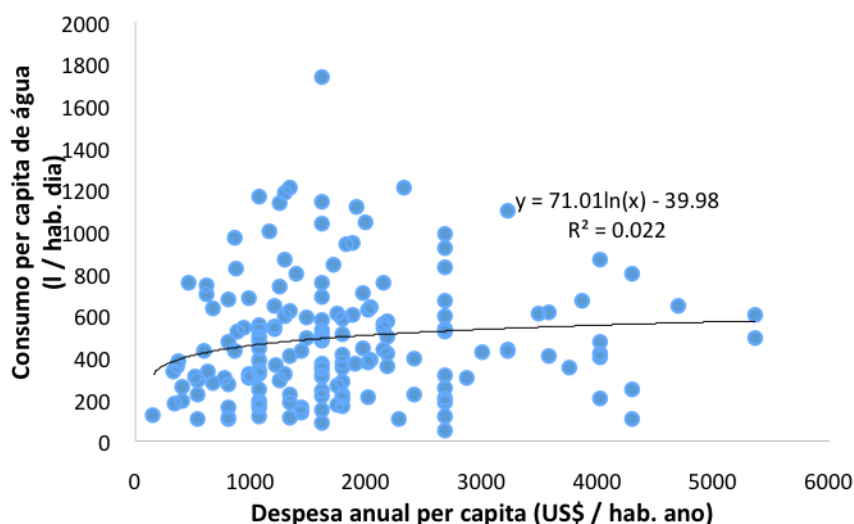
A fim de comparação do consumo estimado para a Rocinha - caso houvesse cobrança pelo uso da água proporcional pelo volume utilizado - com dados disponíveis na literatura percebe-se que os 133,56 l/hab.dia, embora superiores aos 120 l/hab.dia definidos por Creder (2006) para residências de baixa renda, se enquadram no intervalo entre 120 a 150 l/hab.dia sugeridos por Macintyre (1996).

3.9.2 Pela equação obtida na pesquisa

De posse dos dados de despesa média mensal de cada indivíduo e sua pegada hídrica doméstica buscou-se estabelecer uma relação entre elas. Para elaborar esta correlação foi elaborado um gráfico de dispersão (figura 59) com a seguinte equação obtida:

$$y = 71,01 \ln(x) - 39,98 \quad (10)$$

Figura 59 – Consumo de água em função da despesa *per capita*



Com base na equação obtida que define a relação do consumo *per capita* em função da despesa mensal, e de posse do valor médio de despesa mensal de cada indivíduo, estimado pela pesquisa em R\$330,73, isto é, US\$ 1.771,77/ano⁷, podemos inferir que o consumo médio de água da comunidade seria de 491,16 l/hab.dia caso houvesse cobrança proporcional ao seu uso. Isto significa uma Pegada Hídrica de 179,27 m³/hab.ano relacionada ao consumo doméstico do Complexo da Rocinha.

Sendo:

$$y = 71,01\ln(x) - 39,98$$

onde: x = despesa anual *per capita* (US\$)

$$y = 71,01\ln(1771,77) - 39,98, \text{ logo } y = 491,16 \text{ l/hab.dia}$$

Há que se comparar o valor de pegada hídrica doméstica efetivamente computados nesta pesquisa (179,27 m³/hab.ano), com o resultado inferido a partir de equação de outro estudo, onde os consumidores da água são tarifados de acordo com sua demanda (48,75 m³/hab.ano). Os resultados apontam para um consumo 367% superior ao estimado, de forma que, percebe-se claramente a correlação entre a cobrança pelo uso da água e seu consumo.

⁷ O valor do dólar no mês de setembro/2013 foi de R\$ 2,24.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve como eixo central a quantificação, a partir do método elaborado pela *Water Footprint Network*, da pegada hídrica de uma amostra aleatória da população do bairro Rocinha. Para tal, foram aplicados 203 questionários, com erro amostral de 7%.

Os resultados obtidos só vêm a confirmar a heterogeneidade da área pesquisada. As primeiras conclusões obtidas estão a seguir:

- ✓ O tamanho médio das famílias é de 3,3 pessoas, dado idêntico ao apontado pelo Censo 2010 para o município do Rio de Janeiro.
- ✓ Embora a escolha entre os voluntários tenha sido aleatória, a maioria das entrevistas se concentrou em 3 sub-bairros. Conclui-se que o fato do principal ponto de coleta dos dados ter-se posicionado próximo a estas áreas tenha contribuído para que a pesquisa não tenha abrangido a comunidade de forma homogênea.

Para maior confiabilidade dos resultados foram excluídos 32 questionários que apresentavam valores discrepantes (*outliers*) e concluiu-se que:

- ✓ A pegada hídrica relacionada ao consumo doméstico de água da amostra apresentou um valor extremamente elevado de 175 m³/ano *per capita*, ou seja, 479,5 l/hab.dia. Ao comparar este consumo com a estimativa de no máximo 150 l/hab.dia encontrado na literatura para populações de baixa renda, identificamos uma demanda três vezes superior a esta. Este resultado sugere um comportamento de desperdício em relação ao consumo de água.
- ✓ Os resultados obtidos sugerem que os indivíduos da amostra com uma maior despesa mensal tendem a ter maiores pegadas hídricas industrial e total.

Os resultados necessitam de aprimoramento para confirmação das quatro hipóteses orientadoras da pesquisa, que tiveram o papel de direcionar o raciocínio da pesquisadora, destacando-se que:

- a) A primeira hipótese orientadora que buscava identificar se a PH do setor de alimentos calculada para a amostra (1471 m³/ano *per capita*) era similar à pegada hídrica

brasileira encontrada na literatura (1926 m³/ano *per capita*) não foi confirmada, pois a mesma se revelou 23,6% menor que a média nacional.

- b) A segunda hipótese de pesquisa pretendia confirmar que a pegada hídrica do setor industrial da amostra coletada (71 m³/ano *per capita*) era inferior à brasileira (45 m³/ano *per capita*) não foi confirmada, pois a mesma se revelou 58% superior à pegada hídrica média do Brasil deste mesmo setor (45 m³/ano *per capita*).
- c) A terceira hipótese orientadora que visava identificar se quanto maior a despesa financeira mensal *per capita* da amostra, maior seria a pegada hídrica doméstica do indivíduo também não foi confirmada. A análise da amostra indicou que o consumo de água não parece ter relação com o montante da despesa mensal de cada indivíduo.
- d) A quarta hipótese orientadora não foi confirmada, pois através do cruzamento dos dados de nível educacional dos entrevistados e seu consumo doméstico de água, não foi possível estabelecer relações, ou seja, a escolaridade do entrevistado não parece interferir nos hábitos de consumo de água do indivíduo.

A alta PH doméstica identificada na amostra, identifica a necessidade de investimentos em ações educativas a fim de se diminuir o desperdício de água pelas famílias que consomem a água de forma inconsciente. Simples ações como fechar a torneira enquanto escovam os dentes, banhos menos demorados e instalação de boia em cada caixa d'água faz diferença no volume de água consumido. Aliado à isso, a cobrança de tarifa de água proporcional ao volume consumido é mais uma forma de se reduzir o consumo deste bem cada vez mais escasso.

Em relação ao PH de alimentos, escolher alimentos cujo volume de água utilizado em seu cultivo e produção seja menor deveria ser rotineiro entre as famílias. Um exemplo mundialmente divulgado é a Segunda Sem Carne, ou *Meat Free Monday*, como é conhecida nos Estados Unidos e Reino Unido. A campanha se propõe a conscientizar as pessoas consumidoras de carne dos impactos gerados ao meio ambiente por meio de sua produção. A partir disso convidam a integrar o grupo que abdica do consumo de carne durante todas as segundas-feiras.

Na agricultura, o aprimoramento de técnicas de irrigação, substituindo-se as que ainda utilizam meios incentivadores da evaporação, como por canais ou por aspersão, pela técnica

do “gotejamento”, por exemplo. Além disso, a irrigação deveria priorizar os horários de menor evaporação.

O estudo realizado apresentou algumas limitações. A primeira diz respeito a questões de disponibilidade de recursos que possibilitassem a aplicação de um número maior de questionários.

A segurança para os membros da equipe pesquisadora e a acessibilidade precária que caracteriza a área também restringiu a investigação. Por estes motivos os questionários não foram aplicados porta-a-porta, e foi pontuado como principal ponto de coleta a pracinha localizada na Estrada Lagoa-Barra, entre o pórtico e o túnel Zuzu Angel.

Assim, a pesquisa não se deteve a setores censitários, com um número pré-estabelecido de questionários a serem aplicados em cada setor, e por isso, elementos da população residentes em quaisquer sub-bairros tiveram a mesma possibilidade de serem incluídos na amostra. Estas limitações não tornaram possível uma análise estatística indutiva, isto é, a amostra não pôde ser representativa de todos os domicílios da Rocinha.

Entretanto, a pesquisa atendeu a pretensão do estudo ao tornar possível a análise das magnitudes de consumo de água nos setores de alimentação, uso doméstico e industrial e sua comparação com resultados de outros estudos realizados.

A pesquisa identificou inúmeros *outliers*. Estes valores extremos só vem a confirmar que em se tratando da Rocinha existem áreas social e economicamente heterogêneas, o que acaba por prejudicar a qualidade da informação gerada. Nesse sentido, para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se conciliar a amostragem espacial com os setores censitários e em número suficiente para então se aplicar a estatística indutiva, permitindo-se assim tecer afirmações sobre o universo pesquisado. Além disso, para melhor diagnosticar a pegada hídrica da comunidade, recomenda-se a amostragem de outras localidades do bairro, pois a maioria dos questionários abrangeu domicílios próximos ao ponto de coleta.

O desenvolvimento de pesquisa similar em comunidade de baixa renda, porém, com consumo de água com tarifa proporcional ao uso seria importante a fim de se estabelecer uma correlação entre o valor da tarifa praticada e o consumo de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E.; BRITO, P.; MOURA, E.; OLIVEIRA, G.; SOUZA, K. *Rocinha – Informações*. UPP Social. Prefeitura do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://uppsocial.org/territorios/rocinha-2/?secao=inicio> . Acesso em: 07/09/2013.

ALLAN, T. *Virtual water: the water, food and trade nexus, useful concept or misleading metaphor?* IWRA, Water International, Volume 28, Number 1, Março 2003, .p.p. 5-11.

ANA - Agência Nacional de Águas. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília,DF, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos 2). Disponível em: http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100601100341_cadernos_de_recursos_hidricos_2.pdf . Acesso em: 02/02/2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água (resultados por estado)*. Brasília, 2010. v. 2, 87 p. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/atlas/Atlas_ANA_Vol_02_Regiao_Sudeste.pdf . Acesso em: 16/02/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR-5626: *Instalação Predial de Água Fria*. Rio de Janeiro,1998.

AZEVEDO NETTO, J. M. de. *Manual de hidráulica/* José Martiniano de Azevedo Netto; coordenação Roberto de Araújo; co-autores Miguel Fernandes y Fernandez, Acácio Eiji Ito. 8ª edição- São Paulo: Editora Blucher, 1998.

BARBETTA, P. A. *Estatística Aplicada às Ciências Sociais*. 3ª ed. Florianópolis: UFSC, 1999.

CAVALLIERI, F.; VIAL, A. - *Favelas na cidade do Rio de Janeiro: o quadro populacional com base no Censo 2010*. IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/3190_FavelasnacidadedoRiodeJaneiro_Censo_2010.PDF . Acesso em: 04/09/2013.

CEDAE - Companhia Estadual de Água e Esgoto. *Cedae inicia interligação da Nova Elevatória da Rocinha*. 2013. Disponível em: <http://www.cedae.com.br> . Acesso em: 04/09/2013.

CIESPI – Centro Internacional de Estudo e Pesquisa sobre a Infância. *Rocinha*. 2013. Disponível em: http://www.ciespi.org.br/primeira_infancia/cartografia/cartografias/rocinha/historico-rocinha/rocinha-identificacao-e-localizacao Acesso em: 01/11/2013.

DAES. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas. *World Population Prospects: The 2010 Revision*. 2010. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/pdf/WPP2010_Highlights.pdf>. Acesso em: 18/11/2012.

DUARTE, G. F. *Novas mobilidades, velhas imobilidades: uma análise geográfica a partir do exemplo da favela da Rocinha*, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Geografiasocioeconomica/Geografiacultural/02.pdf> Acesso em: 20/01/2014.

FALKENMARK. *The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed*. Ambio 18, n^o. 2, 1989.

FARIAS, J. S. *A forma da informalidade: uma análise da morfologia urbana da Rocinha*. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2009.

FERREIRA, W. *Rocinha é a Favela da Moda*. Site Zéducando e pensando e seguindo a canção... 2012. Disponível em: <http://joserosafilho.wordpress.com/?s=rocinha> Acesso em: 15/06/2013.

FRACACIO, N.; PIRANHA, J. *Uso da água em atividades industriais*. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009, São José do Rio Preto. Boletim de Resumos do Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2009.

GIACOMIN, G. S. *Estimativa de Pegada Hídrica de um Grupo de Indivíduos em Função do Consumo Específico de Água*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Aracruz, Aracruz, ES. 2012.

GOOGLE MAPS. 2014. Disponível em: <https://maps.google.com.br>. Acesso em: 18/01/2014.

Governo do Estado do Rio de Janeiro. *Relatório Final do Censo Domiciliar do Complexo da Rocinha Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro; 2010.

GWJ (Global Water Intelligence). *A New Virtual Reality*. Vol. 9, issue 9. 2008. Disponível em: <http://www.globalwaterintel.com/archive/9/9/analysis/a-new-virtual-reality.html> . Acesso em: 18/11/2012.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. D. B.; SILVA, M. C. C. *Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria*. Rio de Janeiro: Federação das Indústrias do Rio de Janeiro - FIRJAN/SEBRAE, 2007.

HOEKSTRA, A. Y. *Virtual water: An introduction*. In: Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series, Number 12, IHE, Delft, The Netherlands, February 2003. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf> . Acesso em 18/11/2012.

HOEKSTRA, A.Y. *Human appropriation of natural capital: Comparing ecological footprint and water footprint analysis*, Value of Water Research Report Series No.23, UNESCO-IHE. 2007.

HOEKSTRA, A.Y. and CHAPAGAIN, A.K. *Water footprints of nations*. Value of Water Research Report Series No.16, UNESCO-IHE. 2004.

HOEKSTRA, A.Y. and CHAPAGAIN, A.K. *Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern*, Water Resources Management. 21(1): 35-48. 2007.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. 1^a ed. Oxford: Blackwell Publishing, 232p., 2008. Disponível em: <https://himmelstuermer.e-bookshelf.de/products/reading-epub/product-id/600707/> . Acesso em 20/01/2013.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. e MEKONNEN, M.M. *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, London, UK. 2011a.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. e MEKONNEN, M.M. *Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global*, Earthscan, London, UK. 2011b. Traduzido por Solução Supernova. São Paulo.

HOEKSTRA, A. Y. e HUNG, P. Q. *Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade* Value of Water Research Report Series No. 11, IHE, Delft, the Netherlands. 2002.

HOEKSTRA, A.Y. AND MEKONNEN, M.M. *The water footprint of humanity*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9): 3232–3237. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010 - Aglomerados Subnormais Primeiros Resultados*. 2010a. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/agsn_2010.pdf . Acesso em: 11/02/2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Orcamentos Familiares 2008 e 2009: Aquisição Alimentar Domiciliar per capita Brasil e Grandes Regiões*. Rio de Janeiro: IBGE; 2010b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo 2010*. 2010c. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/agsn/> . Acesso em: 11/02/2013.

IDEC. *Consumo sustentável: manual de educação*. Brasília: Consumers International/MMA/IDEC, 2005. 160p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/consumo_sustentavel.pdf. Acesso em: 07/05/2013.

LEITE, R. *Rocinha descobre o preço da regularização*. In O Globo, Rio de Janeiro, 26 de novembro de 2011.

MA, J., HOEKSTRA, A. Y., WANG, H., CHAPAGAIN, A. K. and WANG, D. *Virtual versus real water transfers within China*. Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Science, Vol. 361, pp. 835–842. 2006. Disponível em: http://www.waterfootprint.org/Reports/Ma_et_al_2006.pdf . Acesso em: 18/11/2012.

MACINTYRE, A. J. *Instalações hidráulicas*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996. 739p.

MARTINS, M. V. L. *Reúso de Água na Indústria – Parte II*. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG. Belo Horizonte, FIEMG, 2012.

MEKONNEN, M.M. AND HOEKSTRA, A.Y. *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1577-1600. 2011.

MEKONNEN, M.M. e HOEKSTRA, A.Y. *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE, Volume 2. 2011.

Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/sal_min/salario-minimo-1.htm . Acesso em: 01/10/2013.

MOTA, S. *Gestão Ambiental de recursos hídricos*. 3ª Ed. atualizada – Rio de Janeiro: ABES 2008.

ONU. *Fatos sobre água e Saneamento - Rio + 20 o futuro que queremos*. Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. 2012. Disponível em <http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf> . Acesso em: 03/02/2013.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. *Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. *Bairros Cariocas*. 2003. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br> Acesso em: 13 de maio de 2013.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Instituto Pereira Passos. Gerência de Cartografia. Divisões Administrativas Setoriais. 2012.

ReCESA – Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental. *Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento - nível 2*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador, BA, 2008.

RIO. *Portal da Prefeitura do Rio de Janeiro*. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/index_bairro.htm . Acessado em: 11/02/2013.

RODRIGUES, R.; CÔRTEZ, P.L.; MORETTI, S.L.A. *Governança Hidrológica, Água Virtual e Pegada Hidrológica Conceitos para uma Sustentabilidade Global*. In: VI ENAPEGS, Anais do Evento. São Paulo - SP. 2012. Disponível em: <http://anaisenapegs.com.br/2012/dmdocuments/360.pdf> . Acesso em: 26/11/2012.

RESENDE NETO, A. *Sustentabilidade, água virtual e pegada hídrica: um estudo exploratório no setor bioenergético*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

SABMiller and WWF-UK. *Water footprinting: Identifying & addressing water risks in the value chain*, SABMiller, Woking, UK / WWF-UK, Goldalming, UK. 2009.

SCHUBERT, H. *The Virtual Water and the Water Footprint Concepts*. In: Demonstrações do grupo de projeto acatech - Material nº 14. Munique. 2011. Disponível em: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Materialien/acatech_Materialband_Nr14_WEB_Korrektur_201204.pdf . Acesso em: 20/01/2012.

SILVA AUGUSTO, L.G.; GURGEL, I.G.D.; NETO, H.F.C.; MELO, C.H.; COSTA, A.M. *O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano*. Revista Ciência & Saúde Coletiva. Rio de Janeiro. Volume 17. nº 6. Jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a15.pdf>. Acesso em: 16/12/2013.

SILVA, P. S. *Planejamento e Projeto Urbano em Favelas: teoria e prática no desenvolvimento local da favela da Rocinha*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. 2010. Disponível em:

http://www.ciespi.org.br/primeira_infancia/images/docs/Cartografias/Rocinha%20em%20Numeros/Planejamento%20e%20projeto%20urbano%20em%20favelas.pdf . Acesso em: 30/06/2013.

SIWI - Stockholm International Water Institute. *Virtual Water Innovator Receives Stockholm Water Prize* – 2007. Disponível em: <http://www.siwi.org/sa/node.asp?node=344> . Acesso em: 18/11/2012.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos* – 2010. – Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012.

SOARES, P.; OLIVEIRA, F. B.; SAMPAIO, M. *Rocinha, uma Breve História no Tempo. Análise dos Processos de Formação e Transformação do Bairro*. In: XIII ENAnpur, Anais do Evento. Florianópolis - SC. 2009. Disponível em: <http://www.anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/3276/3209> . Acesso em: 19/06/2013.

THUSWOHL, M. *Oferta de serviços provoca uma segunda ocupação da Rocinha*. Rede Brasil Atual, Rio de Janeiro, 16 de novembro de 2011.

TSUTIYA, M. T., *Abastecimento de Água*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da universidade de São Paulo. 3ª Edição. São Paulo, 2006.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Ciência, tecnologia, inovação e recursos hídricos: oportunidades para o futuro*. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (org.). *Água do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

VON SPERLING, M.; SANTOS, A.S.P.; MELO, M.C.; LIBÂNIO, M. *Investigação de fatores de influência no consumo per capita de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais*. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, I-004, Vitória-ES, 2002.

WATER FOOTPRINT. *Product Gallery*. 2013. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/productgallery>. Acesso em: 18/12/2013.

WWDR4 – *Managing Water Report Under Uncertainty and Risk*. The united nations world water development report – 2009. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002171/217175e.pdf> Acesso em: 17/11/2012.

WWDR4 - *O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 4– 2012. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215492por.pdf> . Acesso em: 08/05/2013.

APÊNDICE 1 – Questionário aplicado na Rocinha para estimativa de PH por pessoa

Sub-bairro:		
Sexo do entrevistado:	Masculino ou Feminino	
Escolaridade:	Analfabeto	
	Ensino Fundamental Incompleto	
	Ensino Fundamental Completo	
	Ensino Médio Incompleto	
	Ensino Médio Completo	
	Curso Técnico	
	Superior Incompleto	
	Superior Completo	
	Pós-graduação	
Quantas pessoas moram na sua casa? Considerar quem faz parte da família e se alimenta dos alimentos comprados pelo chefe da família.	nº TOTAL de pessoas	
<u>Criança - 0 a 14 anos</u>	nº de pessoas	
<u>Adolescente - 15 a 17 anos</u>	nº de pessoas	
<u>Jovem - 18 a 24 anos</u>	nº de pessoas	
<u>Adulto - 25 a 64 anos</u>	nº de pessoas	
<u>Idoso - 65 anos em diante</u>	nº de pessoas	
Paga conta de água? Sim ou Não . Se SIM , qual o valor cobrado?	R\$	

Consumo de Alimentos	Unidades	
Qual é seu consumo de produtos derivados de cereais (trigo, arroz, milho, etc) por semana?	kg/semana	
Arroz	c. sopa/dia (cozido)	
	xíc./dia	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Milho	kg/semana	
	Kg/Mês	
	espiga/semana	
	espiga/mês	
Pipoca * 1 saco cru=500gr	saco cru/mês	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
* 1 saquinho de pipoqueiro=25gr	sc. pipoqueiro/semana	
*1 saco microondas=100gr	saco micr./semana	
Feijão	concha média/dia (cozido)	
	xíc./dia	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Trigo	Kg/Mês	
Pão (1Kg trigo=>790g farinha/ 1Kg farinha=>1,15Kg pão/ LOGO: 1Kg pão necessita de 1,10 Kg trigo)	pão francês/dia	

* 1 pão francês=50gr	pão francês/semana	
* 1 fatia pão de forma=25gr	fatia pão forma/dia	
* 1 pacote pão de forma=500gr	pacote pão forma/semana	
Massa (1Kg trigo=>790g farinha/ 1Kg farinha=>1,15Kg massa/ LOGO: 1Kg massa necessita de 1,10 Kg trigo)	instantânea/dia	
* 1 pacote de macarrão instantâneo tipo "miojo"=80gr	instantânea/semana	
	instantânea/mês	
* 1 pacote de espaguete=500gr	pacote espaguete/semana	
* 1 porção de espaguete=80gr	prato/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Cerveja (São necessários 40 gramas de cevada para cada litro de cerveja) * 1	lata/dia	
	lata/semana	
* 1 Long Neck=355ml	Long Neck/dia	
	Long Neck/semana	
* 1 Garrafa=600ml	garrafa/dia	
	garrafa/semana	
Aveia	Kg/Mês	
1 caixa=250 g	caixa/mês	
Soja	Kg/Mês	
Amendoim com casca	Kg/Mês	
Qual é seu consumo de produtos de carne por semana?	kg/semana	
Boi	bife/dia	
1 bife=100gr	bife/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Frango	filé/dia	
1 filé=100 g	filé/semana	
1 coxa=180 g	coxa/semana	
1 sobrecoxa=220 g	sobrecoxa/semana	
1 drumete=75 g	drumete/semana	
1 frango=1,3 Kg	frango inteiro/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Porco	Kg/Mês	
Cabra	Kg/Mês	
Ovelha	Kg/Mês	

Qual é seu consumo de produtos lácteos por semana?	kg/semana	
Leite 1 copo=250ml (copo de requeijão)	copo 250ml/dia	
	copo 250ml/semana	
1 copo=200ml	copo 200ml/dia	
	copo 200ml/semana	
1 xícara=200ml	xíc./dia	
	xíc./semana	
	L/ dia	
	L/ semana	
	L/mês	
Leite em pó 1 lata=400 g	lata/semana	
	lata/mês	
1 copo=32,5 g	copo/dia	
	copo/semana	
1 xícara=26 g	xíc./dia	
	xíc./semana	
Queijo	kg/semana	
	Kg/Mês	
muzzarela	fatia/dia	
minas	fatia/dia	
parmesão 1 pacote=50 g	pacote/mês	
Manteiga 1 tablete=200gr	tablete/semana	
	tablete/mês	
1colher de sopa rasa=10gr	c. sopa/dia	
Requeijão 1 copo=250 g	copo/semana	
	copo/mês	
1colher de sopa=25 g	c. sopa/dia	
iogurte (vem com 8 unid.)	1 tipo "danoninho"=45 g	potinho/semana
	1 copo pequeno=100 g	copo peq./semana
	1 copo grande=170 gr	copo grande/semana
Quantos ovos você consome por semana?	unidades/semana	
Como você prefere sua comida com relação ao teor de gordura? Alto , Médio ou Baixo ?		
Como é o seu consumo de açúcar e doces? Alto , Médio ou Baixo ?		
Qual é seu consumo de legumes por semana?		kg/semana

Tomate 1 tomate médio=129 g 1 rodela=25 g	tomate/dia	
	tomate/semana	
	rodela/dia	
	kg/semana	
Alface 1 folha=10 g 1 pé de alface=150 g	folha/dia	
	folha/semana	
	pé/semana	
Cebola 1 cebola média=125 g	cebola/dia	
	cebola/semana	
	kg/semana	
Abóbora 1 fatia=180 g 1 abóbora=2,5 Kg	abóbora/mês	
	fatia/semana	
	fatia/mês	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Pepino 1 pepino=330 g	pepino/dia	
	pepino/semana	
	pepino/mês	
	kg/semana	
Repolho 1 folha=32 g 1 repolho=800 g	folha/dia	
	Kg/semana	
	repolho/dia	
	repolho/semana	
	repolho/mês	
Qual é seu consumo de frutas por semana?	kg/semana	
Banana 1 banana=154 g	banana/dia	
	banana/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Maçã 1 maçã=100 g	maçã/dia	
	maçã/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Pêssego ou Nectarina 1 pêssego=100 g	pêssego/dia	
	pêssego/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Manga 1 manga=450 g	manga/dia	
	kg/semana	

	Kg/Mês	
	manga/semana	
Goiaba 1 goiaba=170 g	goiaba/dia	
	goiaba/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Laranja 1 laranja=212 g	laranja/dia	
	laranja/semana	
	kg/semana	
	Kg/Mês	
Qual é seu consumo de raízes ricas em amido (batata doce, mandioca, etc) por semana?	kg/semana	
Batata 1 batata=170 g	batata/dia	
	batata/semana	
	kg/semana	
Batata doce 1 batata doce=400 g	batata/dia	
	batata/semana	
	kg/semana	
Mandioca 1 mandioca=290 g	mandioca/dia	
	mandioca/semana	
	kg/semana	
	kg/mês	
Cenoura 1 cenoura=150 g	cenoura/dia	
	cenoura/semana	
	kg/semana	
Beterraba 1 beterraba=270 g	beterraba/dia	
	beterraba/semana	
	kg/semana	
Quantas xícaras de café você toma por dia? 1 xíc. café=125ml	xícaras/semana	
	xícaras/dia	
litros de café	litro/dia	
	litro/semana	
Quantas xícaras de chá você toma por dia? 1 xíc. chá=250 ml	xícaras/semana	
	xícaras/dia	
litros de chá	litro/dia	
	litro/semana	
Uso Doméstico de água		
Dentro de casa	Unidades	
Quanto banhos você toma por dia?	nº/dia	
Qual é a duração média de cada banho?	min/dia	

O seu chuveiro têm fluxo Normal ou Baixo quanto a vazão de água?		
Quantos banhos de banheira você toma por semana?	nº/dia	
Quantas vezes por dia você escova os dentes,barbear ou lavar as mãos? Sim ou Não	nº/dia	
Você deixa a torneira aberta enquanto escovar os dentes e/ou fazer a barba? Sim ou Não		
Quantas cargas de roupa que você faz em uma semana normal?	nº/semana	
Você tem um vaso sanitário de dupla descarga? (Uma descarga para dejetos líquidos e outra para sólidos) Sim ou Não		
Se você lavar as louças (pratos) com as mãos, quantas vezes são lavados por dia? (Em casa)	nº/dia	
Em média, quanto tempo você deixa a água correr durante a lavagem dos louças?	min/lavagem	
Se você tem uma máquina de lavar louça, quantas vezes é usada a cada semana?	nº/semana	
Fora de casa	Unidades	
Quantas vezes por semana você lava um carro?	nº/semana	
Quantas vezes por semana você molha seu jardim de casa?	nº/semana	
Quanto tempo você gasta para molhar seu jardim de casa?	min	
Quanto tempo por semana você gasta utilizando equipamentos para lavagem de calçadas, varanda e etc.?	min/semana	
Se você tem uma piscina, qual é a sua capacidade?	metro cúbico	
Quantas vezes por ano você esvazia a piscina?	nº/ano	
Consumo de bens industriais	Unidade	
Qual é a sua renda bruta mensal? (Considere apenas a parte dos rendimentos que é consumido pela sua família, não o que é poupado).	R\$/mês	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ANEXO 1 – Calculadora de Pegada Hídrica da página da *Water Footprint* na internet (www.waterfootprint.org)

Water Footprint

Water Footprint NETWORK

Your Water Footprint » Extended Calculator

Your individual water footprint is equal to the water required to produce the goods and services consumed by you. Please take your time and feel free to use the extended water footprint calculator to assess your own unique water footprint. The calculations are based on the water requirements per unit of product as in your country of residence.

Note: put decimals behind a point, not a comma (e.g. write 1.5 and not 1,5).

Select a Country

Food consumption

Cereal products (wheat, rice, maize, etc.) kg per week

Meat products kg per week

Dairy products kg per week

Eggs number per week

How do you prefer to take your food? High fat

How is your sugar and sweets consumption? High

Vegetables kg per week

Fruits kg per week

Starchy roots (potatoes, cassava) kg per week

How many cups of coffee do you take per day? cup per day

How many cups of tea do you take per day? cup per day

Domestic water use

Indoors

How many showers do you take each day? number per day

What is the average length of each shower? minute per shower

Do your showers have standard or low-flow showerheads? ☐ Standard shower head ☐ Low flow shower head

How many baths do you have each week? number per week

How many times per day do you brush your teeth, shave or wash your hand? number per day

Do you leave the tap running when brushing your teeth and shaving? ☐ Yes ☐ No

How many loads of laundry do you do in an average week? times per week

Do you have a dual flush toilet? ☐ Yes ☐ No ☐ No flushing. Use eco-toilet.

If you wash your dishes by hand how many times are dishes washed each day? number per day

How long does the water run during each wash? minute per wash

If you have a dish washer, how many times is it used each week? number per week

Outdoors

How many times per week do you wash a car? number per week

How many times do you water your garden each week? number per week

How long do you water your garden each time? minute per watering

How long per week do you spend rinsing equipment, driveways, or sidewalks each week? minute per week

If you have a swimming pool what is its capacity? cubic meter

How many times per year do you empty your swimming pool? number per year

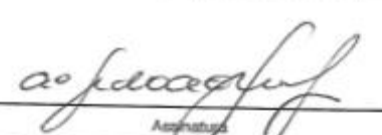
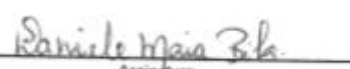
Industrial goods consumption

What is your gross yearly income? (Only that part of income which is consumed by you). US\$ per year

ANEXO 2 – Folha de rosto para pesquisa envolvendo seres humanos

 MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: Pegada Hídrica e Impactos Pelo Uso da Água		2. Número de Sujeitos de Pesquisa: 203	
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 3. Engenharias			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: Alfredo Akira Ohnuma Jr			
6. CPF: 253.062.108-05		7. Endereço (Rua, n.º): CAMPOS SALES 88 TIJUCA Aptº 105 RIO DE JANEIRO RIO DE JANEIRO 20270213	
8. Nacionalidade: BRASILEIRA		9. Telefone: (21) 9591-7373	10. Outro Telefone:
		11. Email: akira@uerj.br	
12. Cargo:			
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo. Data: <u>16</u> / <u>07</u> / <u>2013</u>  Assinatura			
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
13. Nome: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ		14. CNPJ:	15. Unidade/Orgão: Programa Pós-Graduação Engenharia Ambiental e Meio Ambiente
16. Telefone: (21) 2334-0000		17. Outro Telefone:	
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução. Responsável: <u>Daniela Maia Bila</u> CPF: <u>071055357-92</u> Cargo/Função: <u>Prof. Adjunta/Coordenadora do PEAMB</u> Data: <u>16</u> / <u>07</u> / <u>2013</u> <u>Daniela Maia Bila</u> Coordenadora - PEAMB Matrícula UERJ 34.896-5  Assinatura			
PATROCINADOR PRINCIPAL			
Não se aplica.			

ANEXO 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu, _____, abaixo assinado, na condição de morador da Rocinha, comunidade da cidade do Rio de Janeiro, situada no Bairro de São Conrado, ciente dos objetivos da pesquisa intitulada Pegada Hídrica de Aglomerados Subnormais: O Caso da Rocinha/ Rio de Janeiro, conduzida pelo pesquisador Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior, da UERJ, concordo em fornecer informações através de uma entrevista estruturada para a orientanda Fernanda Christine Beux, sobre os hábitos de consumo de alimentos, de água e de bens industrializados.

Para a realização da presente pesquisa, os pesquisadores envolvidos preocupam-se em não causar nenhum tipo de desconforto aos participantes, além de não oferecer nenhum tipo de risco à integridade física dos mesmos.

Os resultados do estudo pretendem trazer um melhor conhecimento quanto a Pegada Hídrica de habitantes de aglomerados subnormais na cidade do Rio de Janeiro.

Qualquer informação que desejar ou esclarecimento, poderá ser solicitado, dirigindo-se a mim.

Recebi esclarecimentos sobre os procedimentos metodológicos a serem empregados pelo pesquisador e estou ciente de que tenho liberdade em recusar ou retirar o consentimento sem qualquer penalização.

Concordo com a divulgação dos resultados, para fins exclusivamente de investigação acadêmica, provenientes da pesquisa, sendo resguardado o direito de sigilo à minha identidade pessoal e de minha família.

Os contatos para esclarecimentos são:

Fernanda Christine Beux

Tel.: (21) 8121-8071

fernandabeux@gmail.com

Endereço: Rua São Francisco Xavier, nº 524 – Maracanã – Rio de Janeiro RJ.

Peço que assine abaixo permitindo que eu utilize as informações que o (a) senhor (a) me transmitir.

Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Tel.: (21) 9591-7373

ik.lahac@gmail.com

Agradeço sua participação nesta pesquisa.

Local, data

Assinatura do pesquisado

assinatura do pesquisador

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ: Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, 3º andar, - Maracanã - Rio de Janeiro, RJ, e-mail: etica@uerj.br - Telefone: (021) 2334-2180(021) 2334-2180.

ANEXO 4 – Parecer da Comissão de Ética e Pesquisa da UERJ, com aprovação do projeto

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO - UERJ

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Pegada Hídrica e Impactos Pelo Uso da Água

Pesquisador: Alfredo Akira Ohnuma Jr

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 16364513.6.0000.5282

Instituição Proponente: Programa Pós-Graduação Engenharia Ambiental e Meio Ambiente

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 405.953

Data da Relatoria: 19/09/2013

Apresentação do Projeto:

A pegada Hídrica é indicador de sustentabilidade ambiental que aponta os usos diretos e indiretos de água de um indivíduo, comunidade ou nação. Se trata de uma ferramenta de gestão de recursos hídricos que indica o volume total de água utilizado para produzir os bens e serviços consumidos.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar a Pegada Hídrica, em função das componentes industrial, doméstica e alimentícia da população da favela da Rocinha, um aglomerado subnormal localizado no município do Rio de Janeiro

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisa não identifica risco e os benefícios será o conhecimento do consumo de água em m3 per capita.ano dos moradores da Rocinha, propiciando, em relação a pegada Hídrica de uma população, quais os setores onde ocorrem maior consumo de água a fim de que se proponham ações que tenham como objetivo principal o uso racional de água.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo de caso, cuja abordagem é qualitativa e visa mensurar a Pegada Hídrica da população da Rocinha. As entrevistas se desenvolverão nas ruas da comunidade. O questionário será aplicado por pesquisadores da empresa Êxito, que serão treinados pela mestranda em

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018

Bairro: Maracanã

CEP: 20.559-900

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2334-2180

Fax: (21)2334-2180

E-mail: etica@uerj.br

UNIVERSIDADE DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO - UERJ



Continuação do Parecer: 405.953

conjunto com o coordenador da empresa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE atende às exigências.

Recomendações:

Não Há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Ante o exposto, a COEP deliberou pela aprovação do projeto, visto que não há implicações éticas.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Faz-se necessário apresentar Relatório Anual - previsto para setembro de 2014, para cumprir o disposto no item VII. 13.d da RES. 196/96/CNS. Além disso, a COEP deverá ser informada de fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo, devendo o pesquisador apresentar justificativa, caso o projeto venha a ser interrompido e/ou os resultados não sejam publicados.

RIO DE JANEIRO, 26 de Setembro de 2013

Assinador por:
Patricia Fernandes Campos de Moraes
(Coordenador)

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018

Bairro: Maracanã

CEP: 20.559-900

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2334-2180

Fax: (21)2334-2180

E-mail: etica@uerj.br