



**Centro Universitário de Brasília  
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD**

**JULIANA DIETER MANCINI**

**VALORAÇÃO DO ATRIBUTO MELHORIA DE SAÚDE PÚBLICA  
ASSOCIADA À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BRASÍLIA  
NORTE**

Brasília  
2015

**JULIANA DIETER MANCINI**

**VALORAÇÃO DO ATRIBUTO MELHORIA DE SAÚDE PÚBLICA  
ASSOCIADA À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BRASÍLIA  
NORTE**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável

Orientador: Prof. Dr. João Batista Drummond  
Câmara

Brasília  
2015

**JULIANA DIETER MANCINI**

**VALORAÇÃO DO ATRIBUTO MELHORIA DE SAÚDE PÚBLICA  
ASSOCIADA À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO BRASÍLIA  
NORTE**

Trabalho apresentado ao Centro  
Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD)  
como pré-requisito para a obtenção de  
Certificado de Conclusão de Curso de  
Pós-graduação *Lato Sensu* Análise  
Ambiental e Desenvolvimento Sustentável

Orientador: Prof. Dr. João Batista  
Drummond Câmara

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Nome completo

---

Prof. Dr. Nome completo



**A todos que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.**

## RESUMO

A ausência de tratamento de esgoto implica na redução da qualidade de recursos hídricos e no aumento de riscos à saúde pública. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo geral valorar o benefício da saúde pública atribuído pelo funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Brasília Norte na Asa Norte, Vila Planalto, Vila Varjão, Taquarí, Vila Estrutural e Lago Norte, e como objetivos específicos, estimar o valor dos gastos com internações na rede pública para o tratamento de doenças de veiculação hídrica e avaliar as perdas que essas doenças provocam na economia devido às ausências no trabalho e às mortes prematuras de indivíduos que gerariam renda para a sociedade. Foram utilizadas duas metodologias de valoração: o método dos custos evitados e o método das perdas com produção sacrificada. O primeiro método considerou os gastos com internações nos hospitais públicos utilizados pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte e a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de Demanda Bioquímica de Oxigênio pela ETE. O segundo método considerou o fator anterior, a quantidade de dias de internação da população economicamente ativa, o valor de um dia de trabalho, o valor da vida e a quantidade de mortes por doenças de veiculação hídrica. O método dos custos evitados apontou que cerca de 32 mil reais poderiam ser economizados com gastos de internação caso a infraestrutura da ETE Brasília Norte alcançasse todos os domicílios nas regiões por ela atendida. Já o método das perdas com produção sacrificada, estimou que as perdas com produção sacrificada resultam em gastos de aproximadamente 125 mil reais, enquanto a morte prematura de indivíduos que poderiam gerar renda à sociedade pode ultrapassar o valor de 3 bilhões de reais. No entanto, o último método é muito difícil de ser estimado pois o valor da vida humana é diferente em cada literatura encontrada e varia conforme as características da população. Porém, mesmo havendo subjetividade nos valores encontrados, sabe-se que o funcionamento da ETE Brasília Norte associado à distribuição de água potável é responsável pela redução da ocorrência de cerca de 92% de doenças de veiculação hídrica nas regiões mencionadas. E, caso o tratamento de esgoto alcançasse a totalidade dos domicílios nessas regiões, haveria uma grande redução de custos na economia.

**Palavras-chave:** ETE Brasília Norte. Saúde pública. Custos evitados. Perda com produção sacrificada.

## ABSTRACT

The lack of sewage treatment implies on reduced quality of water resources and increase of risks to public health. This way, this study aimed to value the benefit of public health attributed the operations of the wastewater treatment plant (WTP) of North Brasilia in Asa Norte, Vila Planalto, Vila Varjão, Taquarí, Vila Estrutural and Lago Norte, and, how specific objectives, to estimate the value of spending on admissions in public for the treatment of waterborne diseases and evaluate the losses that these diseases cause in the economy due to the work absences and premature deaths of individuals who bring income for the society. Two valuation methodologies were used: the method of avoided costs and the method of sacrificed production losses. The first one considered the costs of hospitalization in public hospitals used by the regions served by WTP of North Brasilia and the reduction of the incidence of waterborne diseases associated with a reduction of Biochemical Oxygen Demand by WTP. The second one considered the previous factor, the number of days of hospitalization of the workforce population, the value of a day's work, the value of life and the number of deaths from waterborne diseases. The method of avoided costs found that about 32 thousand reais could be saved in hospital costs if the infrastructure of WTP of North Brasilia reached all houses in the regions where it works. The method of sacrificed production losses estimated that the sacrificed production losses resulted in approximately 125 thousand reais spent, while the premature death of individuals that could bring income to society can exceed the value of 3 billion reais. However, the latter method is very difficult to be estimated because the value of human life is different in each literature found and varies according to the population characteristics. But even there being subjectivity in the values found, it is known that the operation of WTP of North Brasilia associated with the distribution of drinking water is responsible for reducing the occurrence of about 92% of waterborne diseases in the mentioned regions. And if the sewage treatment reached all the house in these regions, there would be a large cost savings in the economy.

**Key words:** WTP of North Brasilia. Public health. Avoided costs. Sacrificed production losses.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>07</b>
<b>1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL</b>	<b>09</b>
<b>2 O LAGO PARANOÁ</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago Paranoá</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Condições de saneamento no Lago Paranoá</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Aspectos demográficos da população atendida pela ETE Brasília Norte</b>	<b>20</b>
2.3.1 <i>Brasília/Plano Piloto – RA I</i>	20
2.3.2 <i>Lago Norte – RA XVIII</i>	21
2.3.3 <i>Vila Estrutural – RA XXV</i>	22
2.3.4 <i>Varjão</i>	23
<b>2.4 Rede médico-hospitalar utilizada pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte</b>	<b>23</b>
<b>3 IMPACTOS AMBIENTAIS EM RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Índice de qualidade da água</b>	<b>28</b>
<b>4 VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL</b>	<b>31</b>
<b>5 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA VALORAÇÃO DA MELHORIA DE SAÚDE PÚBLICA ASSOCIADA À ETE BRASÍLIA NORTE</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Método dos custos evitados</b>	<b>38</b>
<b>5.2 Método das perdas com produção sacrificada</b>	<b>39</b>
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE – Cálculos realizados no método dos custos evitados e no método das perdas com produção sacrificada</b>	<b>50</b>

## INTRODUÇÃO

O despejo de esgoto doméstico *in natura* ocorreu por 35 anos no Lago Paranoá até atingir um momento crítico de eutrofização no fim da década de 70, que restringiu totalmente o seu uso pela população do Distrito Federal. A solução para esse problema foi a implantação das estações de tratamento de esgoto – ETE Brasília Sul e ETE Brasília Norte, que entraram em operação em 1993, e 1994, respectivamente.

A implantação das duas ETEs melhorou a qualidade da água do Lago Paranoá significativamente, porém, o Lago ainda é considerado um ecossistema frágil devido à existência de loteamentos urbanos irregulares em sua bacia e ao assoreamento provocado pelo carreamento de sedimentos provenientes de regiões vizinhas. Ao mesmo tempo, a população residente nos domicílios que possuem esgotamento sanitário é pouco afetada por doenças de veiculação hídrica ao ser comparada à população de regiões que não possuem esse tipo de infraestrutura.

Desta forma, por meio de métodos de valoração econômica ambiental, o presente estudo se propõe a confirmar a importância dos serviços de esgotamento sanitário da ETE Brasília Norte para manter os padrões de qualidade ambiental e, igualmente, de saúde pública, proporcionando a melhoria da qualidade de vida da população.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo geral valorar o benefício da saúde pública atribuído pelo funcionamento da ETE Brasília Norte e como objetivos específicos estimar o valor dos gastos com internações na rede pública para o tratamento de doenças de veiculação hídrica e avaliar as perdas que essas doenças provocam na economia devido às ausências no trabalho e morte de indivíduos vistos como custo de oportunidade para gerar renda.

Para alcançar esses objetivos foram utilizadas duas metodologias de valoração: o método dos custos evitados e o método das perdas com produção sacrificada. O primeiro método considerou os gastos com internações nos hospitais públicos utilizados pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte e a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) pela ETE. O segundo método considerou o fator

anterior, a quantidade de dias de internação da população economicamente ativa, o valor de um dia de trabalho, o valor da vida e a quantidade de mortes por doenças de veiculação hídrica.

O presente trabalho foi então estruturado em 6 capítulos. O primeiro capítulo apresenta as condições do saneamento básico no Brasil, evidenciando-se os custos com internações hospitalares e produção sacrificada devido à falta de saneamento nos estados brasileiros. O segundo capítulo apresenta a caracterização geográfica e histórica do Lago Paranoá, suas condições atuais de saneamento e os aspectos demográficos da população que usufrui dos serviços da ETE Brasília Norte.

No terceiro capítulo, fala-se dos impactos ambientais em recursos hídricos e o índice de qualidade da água, ambos abordando aspectos do Lago Paranoá. No quarto capítulo são apresentadas algumas metodologias de valoração econômica ambiental, enquanto no quinto capítulo são apresentadas as metodologias selecionadas para alcançar os objetivos do estudo. Por fim, no sexto capítulo são apresentados os resultados atingidos de acordo com as metodologias utilizadas.

## 1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Os serviços de saneamento básico são essenciais à qualidade de vida e do meio ambiente, uma vez que a infraestrutura sanitária deficiente pode ser uma importante causa de morbidade e mortalidade, além de comprometer os recursos hídricos disponíveis devido ao seu uso inadequado.

O processo de urbanização brasileiro ocorreu de forma acelerada nas últimas décadas e com grandes diferenças entre classes sociais. Isso acarretou a construção de moradias irregulares sem condições ideais de saneamento básico, principalmente em regiões mais carentes como o Norte e o Nordeste.

O investimento em saneamento básico no Brasil só teve início a partir da década de 1950, quando notou-se que a implementação de redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário reduziriam as taxas de mortalidade da população (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002 apud LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). Posteriormente, foi criado um plano decenal para cumprir as metas acordadas na Carta de Punta Del Este, de 1961, a qual foi elaborada pelos países da América. Esta carta definiu como diretriz o atendimento de 70 % da população urbana com serviços de água e esgoto e 50 % da população rural (TUROLLA, 2002).

Em 2007, foi promulgada a Lei Nacional de Saneamento Básico, nº 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece que os serviços públicos de saneamento básico devem ser prestados com base em alguns princípios fundamentais, como a universalização do acesso aos serviços, a eficiência e sustentabilidade econômica, a utilização de tecnologias apropriadas, dentre outros. Nesta lei, especifica-se cada um dos serviços de saneamento, os quais são o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. A execução destes serviços é, por sua vez, integrada às outras políticas públicas que se relacionam mais diretamente com a sua área de intervenção.

Embora a Lei Nacional de Saneamento tenha sido promulgada em 2007, as condições de saneamento no Brasil ainda não satisfazem toda a população, principalmente no que se refere à instalação de sistemas de coleta e de tratamento

de esgoto (IBGE, 2011). Segundo o Ministério das Cidades (2012), apenas 38,7% do esgoto gerado no Brasil é tratado, enquanto 69,4% do esgoto que é coletado é tratado. A região Norte se destaca com um baixo índice de esgoto tratado – 14,4% do esgoto gerado e 85,1% do esgoto coletado -, enquanto a região centro-oeste possui o maior índice de esgoto tratado do Brasil – 44,2% do esgoto gerado e 90% do esgoto coletado.

A ausência de tratamento de esgoto sanitário implica no lançamento de efluentes nas águas subterrâneas e superficiais, resultando em diversas doenças de veiculação hídrica, como a cólera, a esquistossomose e a diarreia. O tratamento dessas doenças gera custos aproximadamente quatro vezes maiores que o valor gasto com melhorias de saneamento. No período de 2001 a 2009, por exemplo, a média anual de casos de notificação compulsória devido às doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado foi de 466.351 casos, o que equivale a uma despesa de R\$30.428.324,92 em consultas médicas nesse período. Foi registrada ainda uma média anual de 758.750 internações hospitalares devido a deficiências do saneamento básico, o que gerou uma despesa total de R\$ 2.111.567.634,61 no período mencionado (TEIXEIRA et al., 2014).

Em 2013, foram notificadas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais em todo o país. Se nenhum brasileiro tivesse acesso à coleta de esgoto, seriam esperados cerca de 400 mil casos de internações por infecções gastrointestinais em um ano, em todo o país. Já com 100% da população com acesso à coleta de esgoto, esse número cairia para algo em torno de 266 mil. Nesse ano, a média do custo de uma internação por infecção gastrointestinal no Sistema Único de Saúde (SUS) foi de R\$ 355 por paciente na média nacional, o que gerou despesas de R\$ 121 milhões no ano. Quanto à mortalidade, em 2013, dos 340,2 mil pacientes internados por essas infecções, 2.135 morreram no hospital por causa das infecções. Estima-se que se houvesse acesso universal ao saneamento, haveria uma redução de 15,5% na mortalidade por essa causa (CEBDS; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2014).

Foi estimado para 2012 um total de 849,5 mil dias de trabalho perdidos por afastamento causado por diarreia ou vômito. Levando em conta que a jornada média dos trabalhadores brasileiros em 2012 foi de 39,5 horas na semana (ou 5,64 horas/dia), a cada afastamento perdeu-se 16,7 horas de trabalho. Considerando o

valor médio da hora de trabalho no país de R\$ 9,07, chega-se a um custo de R\$ 151,13 reais por afastamento que, multiplicado pelo número de empregados afastados por diarreia e vômito, leva a um valor anual de R\$ 1,112 bilhões em horas pagas mas não-trabalhadas efetivamente. Esse é um custo das empresas e do governo que não resulta em produção efetiva para a sociedade, ou seja, é uma ineficiência da economia brasileira (CEBDS; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2014).

No Distrito Federal, segundo o mesmo conselho e instituto, o número de internações por doenças gastrointestinais infecciosas e internações que poderiam ser evitadas em 2013 com a universalização do saneamento seria igual a 38, gerando uma economia anual de cerca de 12 mil reais, valor muito baixo se comparado a outros estados brasileiros (Tabela 1).

Unidades da Federação	Ocorridas em 2013	Internações que poderiam ser evitadas	Economia anual em R\$ mil
Norte	57.172	17.745	7.431,04
Rondônia	3.907	1.314	467,35
Acre	2.802	785	253,28
Amazonas	4.879	1.379	451,70
Roraima	652	171	60,28
Pará	40.703	12.942	5.797,88
Amapá	883	296	102,01
Tocantins	3.346	858	298,54
Nordeste	181.466	41.971	14.303,76
Maranhão	47.761	11.380	3.895,15
Piauí	18.935	5.448	1.862,41
Ceará	20.739	4.860	1.623,08
Rio Grande do Norte	10.342	2.603	909,38
Paraíba	12.517	2.518	835,20
Pernambuco	15.465	3.991	1.339,75
Alagoas	8.515	1.970	775,59
Sergipe	1.526	385	150,48
Bahia	45.666	8.816	2.912,72
Sudeste	46.774	3.960	1.478,68
Minas Gerais	17.505	1.141	389,53
Espírito Santo	4.764	978	399,67
Rio de Janeiro	5.531	805	300,19
São Paulo	18.974	1.035	389,28
Sul	32.337	6.401	2.478,07
Paraná	15.623	2.262	899,91
Santa Catarina	6.256	1.724	617,23
Rio Grande do Sul	10.458	2.416	960,93
Centre-Oeste	22.493	4.569	1.633,34
Mato Grosso do Sul	3.551	845	326,57
Mato Grosso	5.273	1.369	492,65
Goiás	11.912	2.317	801,89
Distrito Federal	1.757	38	12,22
<b>Brasil</b>	<b>340.242</b>	<b>74.646</b>	<b>27.324,88</b>

(\*) CID-10: cólera, shigelose, amebiose, diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível, outras doenças infecciosas intestinais, peste.

Tabela 1 - Número de internações por doenças infecciosas\* e internações que poderiam ser evitadas com a universalização do saneamento (Fonte: CEBDS; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2014)

Para gerar bons índices de saneamento no Distrito Federal, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb realiza a coleta e tratamento de esgoto sanitário e opera, atualmente, 5.169 km de redes e 17 Estações de Tratamento de Esgotos, o que resulta em um índice de coleta de esgotos sanitários de 93% e de 100% de tratamento dos esgotos (CAESB, 2015c).

Quanto ao abastecimento de água, a Caesb dispõe de 5 sistemas produtores, 10 Estações de Tratamento de Água, 56 Unidades de Tratamento Simplificado ou de Cloração de Poços, 6.469 km de redes de distribuição/adutora, 434.060 ligações e 719.621 economias ativas, resultando em um índice de atendimento à população com sistema de abastecimento de água de 99% (CAESB, 2015c).

## 2 O LAGO PARANOÁ

Durante os estudos desenvolvidos pela Missão Cruls em 1893 para a escolha do local onde Brasília seria fundada, o botânico Auguste Glaziou foi quem primeiro sugeriu a criação de um lago para compor a paisagem da nova capital brasileira. Entretanto, somente em 1955 os estudos realizados pela Comissão de Localização da Nova Capital do Brasil propuseram a construção de um lago por meio da implantação de uma barragem no rio Paranoá, a qual ocorreu em 1959 e represou águas do Riacho Fundo, do Ribeirão do Gama, do Córrego Cabeça de Veado, do Ribeirão Torto, do Córrego Bananal e outros pequenos tributários (FONSECA, 2001).

O Lago atingiu a cota prevista de 1.000 m acima do mar após duas temporadas de chuvas, ocupando uma área de 288,69 km<sup>2</sup> que funciona como bacia de captação dos principais cursos d'água que drenam a cidade de Brasília (FONSECA, 2001).

O Lago Paranoá localiza-se na região central do Distrito Federal entre as latitudes 15°35' e 15°59' Sul e longitudes 47°47' e 48°05' Oeste, numa área de aproximadamente 1.034 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 18% do Distrito Federal. Está inserido na Bacia do Lago Paranoá, a qual pertence à Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, que por sua vez se encontra na Região Hidrográfica do Rio Paraná (FONSECA, 2001).

Segundo o mesmo autor, as unidades hidrográficas que compõem a Bacia do Lago Paranoá são: Santa Maria/Torto, Bananal, Riacho Fundo, Ribeirão do Gama e Lago Paranoá. A Bacia do Lago Paranoá envolve a região administrativa de Brasília – RA I, a Região Administrativa do Lago Sul – RA XVI, a Região Administrativa do Lago Norte – RA XVIII, a Região Administrativa do Cruzeiro – RA XI, a Região Administrativa do Núcleo Bandeirante – RA VIII, a Região Administrativa da Candangolândia – XIX, a Região Administrativa do Riacho Fundo – RA XVII, a Região Administrativa do Guará – RA X, parte da Região Administrativa de Taguatinga – RA III e a área urbana da Região Administrativa do Paranoá – RA VII .

É importante ressaltar que o Distrito Federal possui total controle sobre os mananciais que abastecem o Lago Paranoá, uma vez que a Bacia do Lago Paranoá encontra-se em sua totalidade no território do DF (FONSECA, 2001).

O Lago Paranoá foi formado com objetivos de paisagismo, recreação e geração de energia elétrica. Com área superficial de 38 km<sup>2</sup>, volume de 498x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, profundidade média de 12,42 m, profundidade máxima de 38m e uma largura máxima de 5 km, apresenta em sua bacia de drenagem intensa atividade humana, como desmatamentos, e aporte de efluentes de duas estações de tratamento de esgotos – ETE Brasília Sul e ETE Brasília Norte (FONSECA, 2001).

Conforme Fonseca (2001), o lançamento de efluentes clandestinos e das ETEs no lago aumentam a quantidade de fósforo e nitrogênio na área de drenagem, contribuindo para a diminuição da capacidade de suporte. Além disso, a população da Bacia do Lago Paranoá, que deveria alcançar no máximo 500 mil habitantes, já atingia 615 mil habitantes em 2001, estando próxima ao limite de tolerância.

## **2.1 Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago Paranoá**

Quase dois terços da área da Bacia do Lago Paranoá é atualmente compreendida por unidades de conservação e áreas protegidas. Assim, com uma área de aproximadamente 16.000 ha, a APA do Lago Paranoá abrange Regiões Administrativas de grande adensamento populacional: Brasília, Paranoá, Lago Sul e Lago Norte (FONSECA, 2001).

Criada pelo Decreto Distrital nº 12.055 de 14 de dezembro de 1989, visa garantir a sustentabilidade do usufruto dos recursos hídricos que abastecem o Lago, preservar os ninhos de aves aquáticas, a vegetação remanescente do cerrado e as matas ciliares e a costa íngreme na parte Norte (FONSECA, 2001).

Na APA estão inseridas três Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIEs): ARIE do Bosque, ARIE do Paranoá Sul e ARIE do Setor Habitacional Dom Bosco. Em geral, as ARIEs são consideradas áreas pequenas e possuem vegetação e fauna que merecem proteção diferenciada, ou então, são áreas onde o equilíbrio ecológico é frágil. No caso da ARIE do Bosque, existem exemplares notáveis de

biota; na ARIE do Paranoá Sul há risco de erosão e assoreamento, uma vez que está localizada em encostas com significativa declividade no Lago Paranoá; e a última, apresenta fauna abundante e flora diferenciada por sua beleza cênica (FERRER; DEL NEGRO, 2012).

A APA do Lago Paranoá contém, ainda, a Reserva Ecológica do Lago Paranoá e 8 Parques de Uso Múltiplo. Quanto aos Parques de Uso Múltiplo, sua existência tem como objetivo preservar coberturas vegetais de beleza cênica, promover a recuperação de áreas degradadas e estimular o lazer em contato direto com a natureza, sendo de fácil acesso à população. No contexto dos Parques Ecológicos, a proteção é ligeiramente maior, com a pretensão de recuperar áreas degradadas e havendo, inclusive, estímulo a pesquisas de suas biotas (FERRER; DEL NEGRO, 2012).

A Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá ainda é protegida pelo Parque Nacional de Brasília, a APA das Bacias do Gama e Cabeça de Veado, a ARIE da Granja do Ipê, o Parque Ecológico do Guará e a Reserva Biológica do Guará, os quais formam um corredor ecológico em torno dela (FONSECA, 2001).

## **2.2 Condições de saneamento no Lago Paranoá**

O Relatório Belcher, de 1955, conhecido como o primeiro Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Brasil, não considerou que algum dia o Lago Paranoá se tornaria corpo receptor de esgotos. Porém, durante os primeiros meses da construção de Brasília, as alternativas de localização das estações de tratamento de esgotos começaram a ser estudadas. Inicialmente, as recomendações eram que as estações fossem implantadas a jusante da cachoeira do Paranoá, com emissários pelo fundo do lago, emissários sobre colunas, a cerca de 2 metros abaixo da superfície do lago, ou com dois emissários, um ao redor do braço Norte e outro do braço Sul, com uma estação a jusante da barragem (FONSECA, 2001).

Entretanto, as recomendações iniciais foram contrariadas e optou-se pela construção de duas estações independentes, a montante e na beira do lago, uma na Asa Norte e outra na Asa Sul, com lançamento dos efluentes no lago. Ambas foram

construídas com tratamento secundário, o que logo favoreceria a proliferação de micro-organismos (FONSECA, 2001).

Assim como foi previsto, um processo crítico de eutrofização ocorreu no Lago Paranoá no fim da década de 70. Tal processo ocorreu em função do crescimento excessivo (*bloom*) da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*, resultando na grande mortandade de peixes até meados da década de 80. A solução para tal problema foi a inauguração das novas estações de tratamento pela Caesb – ETE Brasília Sul e ETE Brasília Norte, que entraram em operação em 1993, e 1994, respectivamente, com tratamento a nível terciário (ANGELINI; BINI; STARLING, 2008).

Segundo dados da CAESB (2014), a ETE Brasília Sul possui vazão de projeto de 1.500 l/s e vazão média atual de 1.193 l/s, atendendo a Asa Sul de Brasília, Lago Sul, Núcleo Bandeirante, Candangolândia, Cruzeiro/Octogonal, Guará, S.I.A., Sudoeste e Águas Claras. A ETE Brasília Norte possui uma vazão de projeto de 911 l/s e vazão média atual de 479 l/s, atendendo a Asa Norte de Brasília, Vila Planalto, Vila Varjão, Taquarí, Vila Estrutural e Lago Norte. Ambas lançam os efluentes no Lago Paranoá e possuem remoção biológica de nutrientes e polimento final (lodos ativados a nível terciário).

No sistema de tratamento da ETE Brasília Norte (Figura 1), o esgoto é recebido por gravidade e por bombeamento e passa por um tratamento preliminar, onde são retirados materiais grosseiros e areia. Posteriormente, os decantadores primários separam o esgoto em fase líquida e fase sólida (SETTI, 2005).

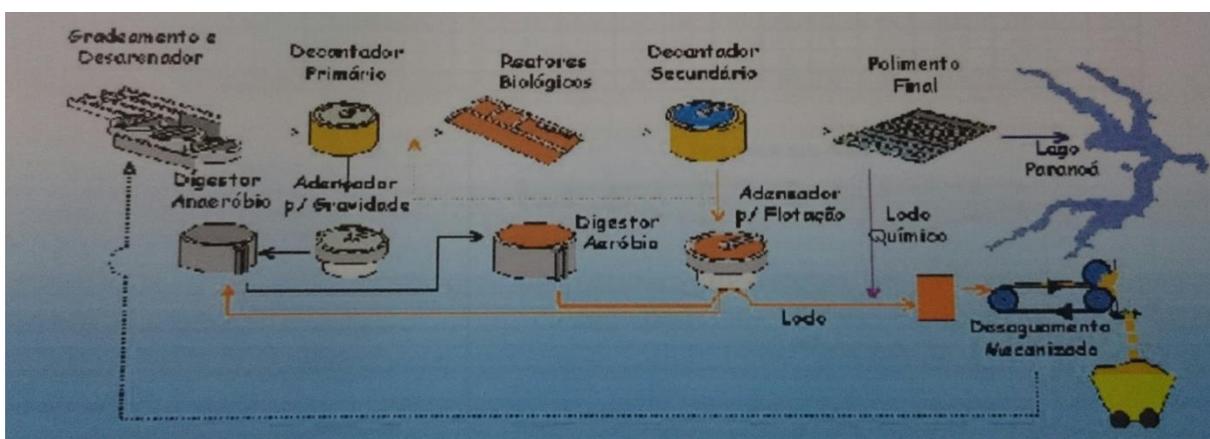


Figura 1 - Sistema de tratamento da ETE Brasília Norte (Fonte: SETTI, 2005)

A fase sólida é bombeada para os adensadores de lodo por gravidade e depois para os digestores anaeróbios, onde bactérias específicas digerem a fração orgânica do lodo. A fase líquida, que ainda possui certa quantidade de matéria orgânica, passa por tratamento biológico, onde micro-organismos aeróbios, anaeróbios e facultativos assimilam a matéria orgânica e os nutrientes por meio do processo de nitrificação e desnitrificação (remoção de nitrogênio) e “luxury uptake” (remoção de fósforo). Os micro-organismos são separados do líquido já tratado por meio dos decantadores secundários e retornam ao reator para dar continuidade ao processo. Caso contrário, uma fração é descartada para serem adensados por flotação, encaminhados aos digestores aeróbios e desidratados com o lodo anaeróbio (SETTI, 2005).

O líquido que constitui o efluente dos decantadores secundários segue para o polimento final, onde os sólidos e fósforo restantes são removidos por meio da floculação, com adição de produtos químicos (sulfato de alumínio) e separação por flotação. Os sólidos separados e recolhidos por raspadores de superfície são bombeados para os digestores anaeróbios juntamente aos outros lodos produzidos no processo, e o efluente líquido final é lançado no lago Paranoá (SETTI, 2005).

A implantação das duas ETEs gerou diversas melhorias, como a diminuição da mortalidade de peixes devido à eutrofização e o aumento da transparência da água, que possibilitou a retomada de atividades de lazer no Lago (ANGELINI; BINI; STARLING, 2008). Entretanto, outros métodos tiveram que ser adotados pela Caesb para melhorar as condições de balneabilidade e sustentabilidade do Lago. Para evitar a ocorrência de problemas operacionais nas ETEs, por exemplo, a Caesb promove o treinamento contínuo das equipes gerenciais e operacionais, mantém um estoque de peças de reposição, possui um sistema de monitoramento por telemetria e uma equipe mecânica e elétrica de plantão 24 horas por dia (FONSECA, 2001).

Além dos riscos ambientais, as ETEs também geram problemas devido à tecnologia insuficiente na época de sua implantação. O odor provocado pelos gases gerados na composição da matéria orgânica incomoda a população vizinha às ETEs e provoca a desvalorização imobiliária da região atingida pelo mau cheiro. Isso seria evitado caso os tanques das ETEs fossem fechados e se fossem implantados novos métodos de manejo e disposição final do lodo gerado (FONSECA, 2001).

Por meio de seu laboratório de análise de água, a Caesb monitora a qualidade da água de todos os mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para o atual abastecimento público e para os passíveis de aproveitamento futuro, como é o caso do Lago Paranoá. Com base nos critérios estabelecidos pela Resolução 357/2005 CONAMA (adotada para a água bruta superficial), a Resolução 396/2008 CONAMA (adotada para a água bruta subterrânea) e Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (adotada para a água tratada) temporariamente são elaborados relatórios mensais do sistema distribuidor e do sistema produtor da Caesb e do boletim informativo do Lago Paranoá, mapas de balneabilidade do Lago Paranoá e emitidos relatórios de ensaio para avaliação da qualidade da água, conforme uso e legislação específica (CAESB, 2015a).

Em umas das primeiras avaliações da qualidade da água do Lago Paranoá, realizada em outubro de 1975, apenas o braço do Ribeirão do Torto possuía condições adequadas de balneabilidade (FONSECA, 2001). No entanto, o mapa de balneabilidade elaborado em junho de 2015 (Figura 2) mostrou que a balneabilidade em quase todos os locais monitorados no Lago classifica-se como “excelente”, o que, de acordo com os critérios de avaliação da Caesb, significa conformidade no quesito de coliformes, turbidez e transparência da água. Somente a Área de Lazer Norte e o Calçadão da Asa Norte (pontos 18 e 31, respectivamente) estavam com índices de balneabilidade considerados “impróprios”. (CAESB, 2015b).

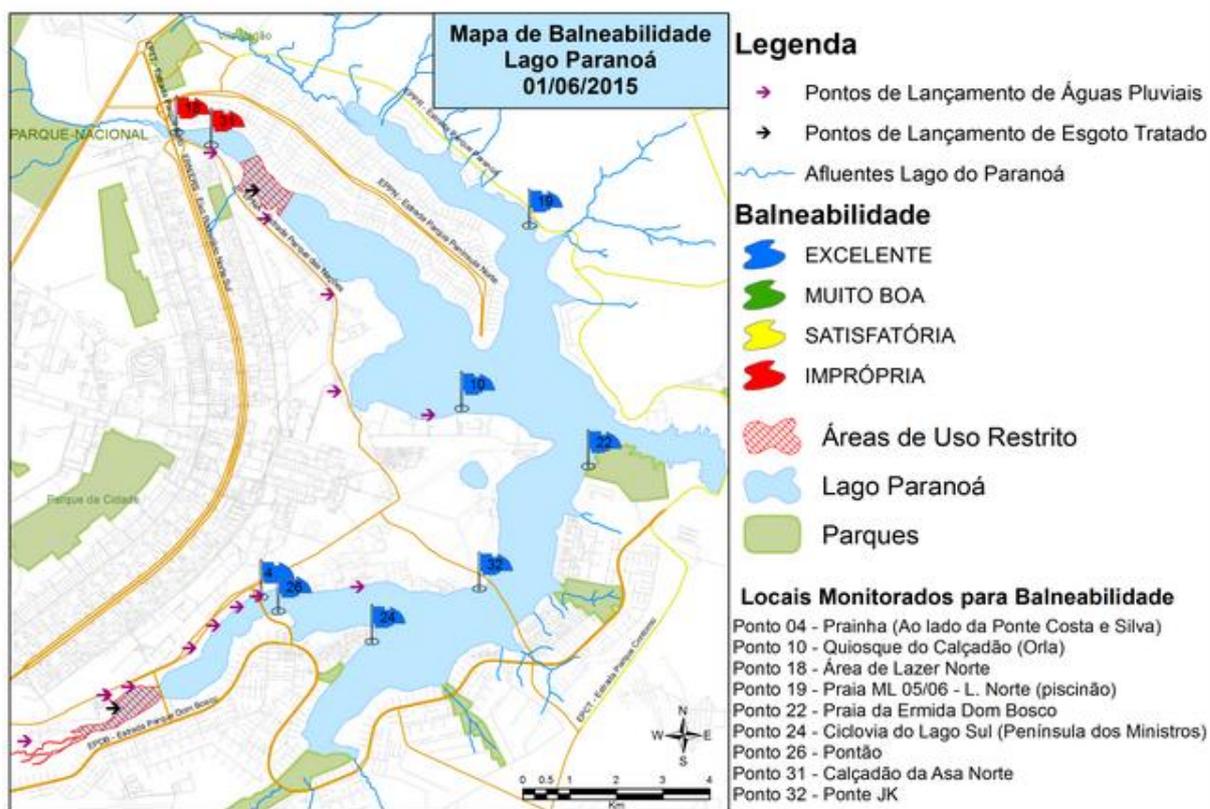


Figura 2 - Mapa de Balneabilidade do Lago Paranoá em 01/06/2015. (Fonte: CAESB, 2015b)

As melhorias devido à instalação das ETEs foram, portanto, muito significativas. No ano de 2000, o Lago recebia 100 Kg de fósforo diariamente, estando muito próximo da ocorrência de um processo de eutrofização, uma vez que o Lago possui a capacidade de receber no máximo 112 Kg deste nutriente por dia (CORRÊA; MELO FILHO; BERNARDES, 2000).

Estudos recentes têm classificado o estado de trofia do Lago de oligotrófico a mesotrófico. Porém, uma simulação feita para avaliar a qualidade da água do Lago em 2040 mostrou que a maioria das variáveis utilizadas para classificar a qualidade da água se manterão constantes, enquanto a quantidade de fósforo no Lago terá um aumento de 10%, podendo alterar novamente o seu estado trófico para eutrófico, sendo necessário, portanto, que novas medidas sejam aplicadas para evitar este possível problema (LIPORONI, 2012).

### **2.3 Aspectos demográficos da população atendida pela ETE Brasília Norte**

A ETE Brasília Norte atende a Asa Norte de Brasília, Vila Planalto, Vila Varjão, Taquarí, Vila Estrutural e Lago Norte, regiões se diferem em muitos aspectos.

Sendo assim, a seguir serão destacadas as principais características encontradas na Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - PDAD – 2013/2014 da Companhia de Planejamento do Distrito Federal - CODEPLAN (CODEPLAN, 2014) no que se refere à naturalidade e escolaridade dos habitantes, infraestrutura domiciliar e utilização de serviços de saúde. No entanto, a CODEPLAN não divulgou pesquisas de cada região separadamente, o que propõe considerar a Asa Norte e a Vila Planalto como Brasília/Plano Piloto e o Setor Habitacional Taquarí como Lago Norte, já que essas regiões estão inseridas nas RAs consideradas.

#### *2.3.1 Brasília/Plano Piloto – RA I*

De acordo com a CODEPLAN (2014), a população de Brasília/ Plano Piloto em 2014 aproximava-se a 221.223 habitantes, dos quais 35,14% são naturais do DF e 64,87% têm origem de outras Unidades da Federação, sendo que a maior parte da população imigrante pertence à região sudeste - 45,5%.

Conforme dados da mesma Companhia, no que se refere ao grau de instrução da população, destaca-se o percentual daqueles que não estudam, 76,81%. Os que estudam, 13,44%, frequentam escola particular e 9,75%, a escola pública. A CODEPLAN (2014) destaca ainda que a maior parte da população tem ensino superior completo (53,34%), sendo que 6,19% possuem especialização, 3,35%, mestrado e 1,20%, doutorado. Os que possuem nível médio completo e nível superior incompleto representam 13,54% e 10,74%, respectivamente. A região apresenta apenas 0,36% habitantes analfabetos.

Quanto aos serviços de saneamento, 99,96% dos domicílios possuem abastecimento de água da rede geral, 99,27% possuem esgotamento da rede geral,

99,83% possuem serviço de limpeza urbana e 94,80% dos domicílios têm coleta de águas pluviais (CODEPLAN, 2014).

Ainda segundo a Companhia citada anteriormente, observa-se que 84,44% da população de Brasília/Plano Piloto utiliza planos de saúde. Em relação à utilização de hospital público/Unidade de Pronto Atendimento - UPA, 74,68% da população declarou não fazer uso desse serviço e dos que o utilizam, 93,75% o fazem na mesma RA, 5,17% utilizam os serviços na RA XI Cruzeiro, e pouco restante em outras RAs.

### 2.3.2 Lago Norte – RA XVIII

Em 2014, o Lago Norte abrigava uma população de aproximadamente 35 mil habitantes. Do total de habitantes, 39,77% é nascido no Distrito Federal, enquanto 60,23% são constituídos por imigrantes, os quais 42,57% são naturais do Sudeste (CODEPLAN, 2014).

Segundo a CODEPLAN (2014), a população total do Lago Norte, 79,47% não estuda. Porém, 57,96% têm ensino superior completo. Desses, 9,97% possuem especialização, 2,97%, mestrado e 2,16%, doutorado. Aqueles que não concluíram o ensino em nível fundamental somam 11,37% e os moradores que têm o ensino médio completo representam 10,21%. Entre os habitantes que estudam, 11,20% frequentam a escola particular e 9,33%, a escola pública. Quanto ao nível de escolaridade, apenas 0,35% da população é analfabeta.

Na RA Lago Norte, conforme dados da CODEPLAN (2014), o abastecimento de água pela rede geral atende a 94,36% dos domicílios. Em relação ao esgotamento sanitário, 79,46% drenam seus esgotos na rede geral, um pouco mais de 15% utilizam fossa séptica e cerca de 6% utilizam fossa rudimentar. Na região, 81,46% contam com serviços de limpeza urbana e 77,64% dos domicílios possuem rede de água pluvial.

Quanto aos serviços de saúde, observa-se que 65,25% da população utiliza planos de saúde empresariais e 12,77% possuem plano individual para assistência à saúde. Cerca de 22% não possui plano de saúde e 18,83% da

população declarou utilizar os serviços de hospitais públicos/Unidades de Pronto Atendimento – UPAs. Do total desse contingente, 57,60% o fazem em Brasília/Plano Piloto e 39,31% o fazem no Paranoá. As demais RAs procuradas pelos moradores do Lago Norte são pouco representativas (CODEPLAN, 2014).

### 2.3.3 Vila Estrutural – RA XXV

De acordo com a CODEPLAN (2014), a Vila Estrutural possuía em 2014, população estimada em 35.801 habitantes. Conforme levantamento da Codeplan, 49,61% da população é nascida no Distrito Federal, enquanto 50,39% são constituídos por imigrantes. Do total de imigrantes, a maioria (69,17%) é natural do Nordeste.

A respeito do nível de escolaridade, 2,59% declarou ser analfabeta. A população concentra-se na categoria dos que têm o nível fundamental incompleto (47,29%) e ensino médio completo (12,44%). Porém, há um elevado percentual daqueles que não estudam, 62,95%, e entre os que estudam (37,05%), 34,85% frequentam a escola pública e somente 2,20% a escola privada. Daqueles que concluíram o curso superior (0,51%), nenhum concluiu grau de ensino mais elevado (CODEPLAN, 2014).

Conforme a companhia citada anteriormente, o abastecimento de água pela rede geral abrange 90,89% dos domicílios, enquanto o esgotamento sanitário alcança 89,33%, sendo que 7,56% dos domicílios utilizam fossa rudimentar. Quanto aos serviços de coleta de lixo, 93,78% dos domicílios são abrangidos, e apenas 26,89% contam com rede de águas pluviais.

Quanto à aquisição de Plano de Saúde, 94,33 % da população da RA XXV não conta com esse serviço, enquanto 97,8 % da população utiliza o hospital público/Unidade de Pronto Atendimento - UPA. Do total desse contingente, 76,17% o fazem no Guará, 18,94% em Brasília/Plano Piloto, 2,8% em Taguatinga, e o restante em outras RAs (CODEPLAN, 2014).

#### 2.3.4 Varjão

O Varjão possui um total estimado de 9.254 habitantes, dos quais 48,75% são nascidos no Distrito Federal e 51,25% são imigrantes. Do total de imigrantes, destaca-se a quantidade de moradores naturais do Nordeste - 68,40% (CODEPLAN, 2014).

A CODEPLAN (2014) afirma ainda que na população total do Varjão há um elevado percentual daqueles que não estudam (61,57%). E entre os que estudam (38,43%), 35,17% frequentam a escola pública. Quanto ao nível de escolaridade, 2,85% declararam ser analfabetos, que somados aos que somente sabem ler e escrever e alfabetização de adultos totalizam 5,76%. A maioria da população concentra-se na categoria dos que têm o nível fundamental incompleto (51,01%), seguido pelos que têm o ensino médio completo (12,40%). Somente 1,48% concluíram o curso superior, incluindo especialização.

No que se refere à infraestrutura domiciliar do Varjão, o abastecimento de água pela rede geral abrange 99,78% dos domicílios e o serviço de esgotamento sanitário pela rede geral abrange 98,46%. Todos os domicílios contam com serviços de coleta de lixo e 96,68% possuem rede de água pluvial (CODEPLAN, 2014).

Considerando-se a aquisição de Planos de saúde, dados da CODEPLAN (2014) mostram que 95,79% da população do Varjão não conta com esse serviço. Isso se reflete na utilização de hospital público/Unidade de Pronto Atendimento - UPA, uma vez que 96,8% da população declarou fazer uso desse serviço. A população que utiliza esse serviço o faz principalmente em Brasília/Plano Piloto (68,46%) e no Paranoá (30,33%).

### **2.3 Rede médico-hospitalar utilizada pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte**

No entorno do Lago Paranoá existe uma quantidade considerável de hospitais da rede pública e privada e centros de saúde vinculados à rede pública. Porém, na RA de Brasília, serão considerados apenas os hospitais da Asa Norte,

uma vez que a ETE utilizada nesse estudo é a ETE Brasília Norte. Além disso, como serão avaliados apenas os gastos com internações, os centros de saúde não serão objetos de estudo.

Na Asa Norte, o hospital público mais próximo ao Lago é o Hospital Universitário de Brasília - HUB, localizado na quadra SGAN 605. No entanto, com a finalidade de obter um maior número de dados, também será considerado o Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, localizado no Setor Médico Hospitalar Norte.

Devido a utilização de serviços hospitalares de outras RAs pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte, também serão considerados o Hospital Regional do Paranoá – HRPa, que é utilizado pela população do Lago Norte e do Varjão, o Hospital Regional do Guará – HRGu, que tem utilização expressiva da população da Vila Estrutural e o Hospital das Forças Armadas – HFA, que está localizado na RA XI - Cruzeiro e também é utilizado pela população de Brasília.

Os hospitais particulares não serão considerados, uma vez que os hospitais contidos na fonte de pesquisa não registraram internações pela doença de veiculação hídrica considerada no estudo.

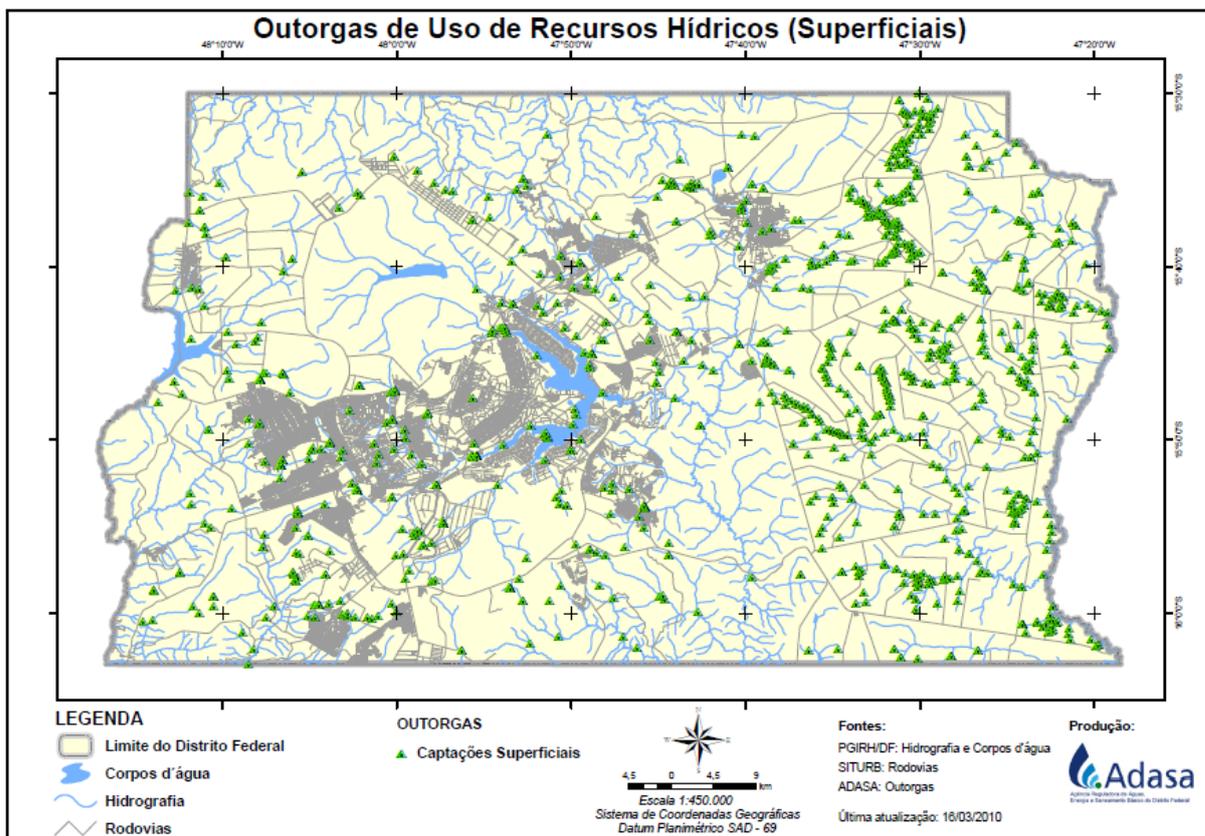
### 3 IMPACTOS AMBIENTAIS EM RECURSOS HÍDRICOS

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é definida pela Lei 9433/97, a qual estabelece que a água é um recurso natural limitado, de domínio público, dotado de valor econômico, e que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas. De acordo com a legislação vigente, a gestão dos recursos hídricos necessita de recursos humanos e financeiros para que seja implementada uma política adequada para o uso de recursos hídricos no país (BRASIL, 1997).

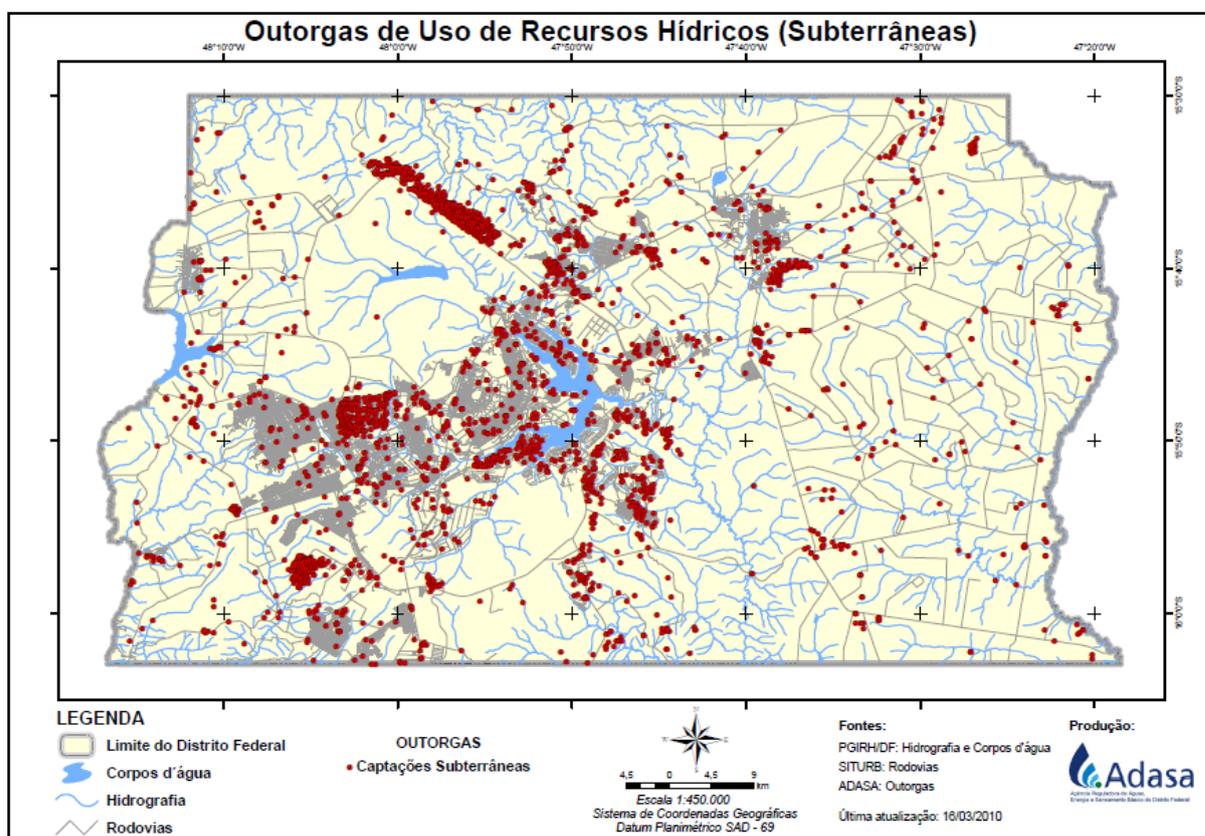
A cidade de Brasília, apesar de ser uma cidade planejada, enfrenta problemas socioambientais devido ao crescimento populacional e falta de políticas públicas adequadas para o uso e ocupação do solo no entorno e para a preservação dos recursos hídricos. Segundo a CAESB (2014), as principais fontes de poluição e contaminação dos mananciais decorrem da ocupação urbana, loteamentos, desmatamentos, erosão, criação de animais, agricultura, extração de minerais e deposição de lixo.

Uma forma de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água é a concessão de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, a qual pode se efetivar por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal (BRASIL, 1997).

Devido à ocupação urbana cada vez maior em Brasília, a Agência Nacional de Águas (ANA) já concedeu à Caesb outorga para a captação da água do Lago Paranoá para consumo humano, o que tornará as exigências de preservação muito maiores (ANA, 2015). Além disso, conforme o Mapa 1 e o Mapa 2, diversas outorgas de uso de recursos hídricos para captações superficiais e subterrâneas no Lago Paranoá já foram concedidas pela ADASA.



Mapa 1- Outorgas de Uso de Recursos Hídricos (Superficiais) atualizadas em 16/03/2010  
 Fonte: ADASA (2015)



Mapa 2- Outorgas de Uso de Recursos Hídricos (Subterrâneas) atualizadas em 16/03/2010. (Fonte: ADASA, 2015)

De acordo com apresentação em audiência pública para captação da água do Lago Paranoá para consumo humano, o volume de água que será captado no Sistema Paranoá (captação e elevatória de água bruta, adutora de água bruta, sistema de água tratada, estação de tratamento de água - ETA) não irá interferir no volume atual de água do Lago (CAESB, 2015e). Porém, mesmo havendo previsão de uso da água do Lago para consumo humano, muitas atividades antrópicas ainda prejudicam a qualidade da água do Lago Paranoá, como é o caso da construção do setor habitacional Noroeste.

O setor Noroeste atinge as sub-bacias do ribeirão Bananal e do Lago Paranoá e vem assoreando o braço norte do Lago por meio do carreamento de sedimentos para o espelho d'água, mesmo havendo documentos com diversas exigências para a sua construção, como é o caso do Manual Verde do Noroeste.

De acordo com a Terracap (2009), o Manual Verde do Noroeste exige que seja de cumprimento obrigatório:

“elaborar Programa de Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e do Ribeirão Bananal, inspecionar o sistema de drenagem pluvial, com o intuito de detectar e prevenir a ocorrência de assoreamento e poluição do Lago Paranoá e do Ribeirão Bananal”.

Além disso, existem diretrizes para implantação do Setor Habitacional Noroeste, como “garantir durante a construção do Noroeste um rigoroso controle de erosão e sedimentação, para reduzir os impactos da poluição das atividades da construção”. Neste caso, seria necessário elaborar e implementar um Plano de Erosão e Sedimentação, baseado na norma 2003 EPA Construction General Permit (CGP) ou norma local semelhante, prevalecendo a mais restritiva.

A ineficiência do controle de erosão no bairro Noroeste comprova-se pelo estudo de Roig (2013), que com o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas para o monitoramento de aporte de sedimentos no Lago Paranoá fez a interpretação de imagens para o período de estiagem e para o período chuvoso no reservatório do Lago. No primeiro período foi possível identificar dois tipos de sedimentação superpostos. O primeiro é caracterizado por sedimentos mistos de coloração marrom acinzentado oriundos do rio Bananal. O segundo, de coloração avermelhada, é associado à rede de drenagem pluvial do bairro Noroeste. A descarga de material

sólido proveniente dessa rede pluvial é maior do que o fluxo do rio, aumentando assim o assoreamento do lago.

A aquisição da imagem no período das chuvas confirmou a entrada de uma grande pluma de sedimentos proveniente da rede pluvial, a qual tem a capacidade de modificar a densidade da água, dificultando a mistura dos dois afluentes (ROIG, 2013).

Como solução ao assoreamento, a Terracap apresentou proposta de desassorear o braço Bananal do Lago Paranoá em agosto de 2015, que é o período que o Lago apresenta os níveis de água mais baixos (ADASA, 2015a).

A retirada de aproximadamente 4 mil m<sup>3</sup> de sedimentos provenientes da implantação do Noroeste deverá ser realizada em 10 dias e foi exigida pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF (Adasa) em cumprimento da outorga concedida para lançamento de águas pluviais oriundas do setor (ADASA, 2015a).

Segundo Fonseca (2001), após 40 anos do represamento do Lago Paranoá, seu espelho d'água já havia perdido 2,3 km<sup>2</sup> de superfície. E em uma análise comparativa de aerofotos dos anos 1964 e 1991, a perda se mostra ainda maior: 12,7 km<sup>2</sup> de assoreamento ao longo dos tributários do lago.

Tais números mostram a urgência da adoção de medidas para controlar o processo de assoreamento no lago, como o reflorestamento das matas ciliares, a recuperação de áreas degradadas, a implantação de sistemas adequados de drenagem e o ordenamento e fiscalização do uso do solo, de forma a garantir a sustentabilidade do Lago Paranoá.

### **3.1 Índice de qualidade da água**

O enquadramento de corpos d' água já previsto na Resolução CONAMA nº 20 de 1986 é o instrumento que estabelece o nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um corpo d' água ao longo do tempo, assegurando seus usos prioritários. Ressalta-se que “o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade

que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade” (CONAMA, 1986).

Visando facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores, foram propostos os índices de qualidade da água (IQA). A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA, por exemplo, utiliza apenas nove (DBO, Nitrato total, Fósforo total, Coliformes Termotolerantes, pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura, Turbidez, Resíduos totais) de vinte e cinco parâmetros físico-químicos e biológicos para calcular o IQA dos rios do DF, o qual foi desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), EUA. Neste caso, cada parâmetro tem um peso relativo, de acordo com sua importância na indicação da qualidade da água (ADASA, 2015).

Já a Caesb, calcula o IQA em função dos parâmetros cor, turbidez, pH, cloreto, amônia, DQO, ferro total e coliformes totais, aos quais também é atribuído um peso específico de acordo com seu grau de significância (Quadro 1). O índice varia de 0 a 100 e permite uma avaliação sistemática da qualidade físico-química e bacteriológica da água e classificação das águas conforme às seguintes classes:

<b>IQA</b>	<b>Classificação</b>
91 – 100	Ótima
80 – 90	Muito boa
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Imprópria para tratamento convencional
0 – 19	Imprópria

Quadro 1 – Classificação do IQA utilizada pela CAESB. (Fonte: CAESB, 2015d, p. 2)

Em 2014, os IQAs de todos os mananciais/captações superficiais analisados pela Caesb foram classificados como “bom” a “muito bom”, sendo que o manancial do Torto, que se encontra mais próximo à ETE Brasília Norte, foi classificado como “bom”, com valor de IQA igual a 76 (Quadro 2).

Mananciais / Captações	Bacia Hidrográfica	Área da Bacia (km²)	Unidades de Conservação e outras Áreas Protegidas	Uso e Ocupação do solo / Principais atividades desenvolvidas na área de drenagem da captação	IQA	Classificação segundo o IQA em 2014
Torto	Lago Paranoá	210	Parque Nacional de Brasília, APM, APA Planalto Central e APA Cafuringa	Cerrado / Parcelamento do solo	76	Boa
Santa Maria	Lago Paranoá	101	Parque Nacional de Brasília e APM	Cerrado	78	Boa
Cachoeirinha (Córrego dos Golianos)	Rio São Bartolomeu	9,2	APA do Rio São Bartolomeu e APM	Agricultura / Reflorestamento / Loteamento Urbano	74	Boa
Taquari (I e II)	Lago Paranoá	5,4	APA do Lago Paranoá, APM e APA Planalto Central	Reflorestamento / Cerrado	80	Muito Boa
Cabeça de Veado (I, II, III, e IV)	Lago Paranoá	21,5	APA Gama-Cabeça de Veado / APM / Estação Ecológica do Jardim Botânico e APA Planalto Central	Cerrado	79	Boa
Descoberto	Lago Descoberto	438	APA do Rio Descoberto, REBIO - Descoberto, Parque Estadual do Descoberto e Flona/DF	Agricultura / Loteamento Urbano / Parcelamentos Irregulares	74	Boa
Pedras *	Lago Descoberto	28,5	APA do Rio Descoberto, APM e Flona/DF	Reflorestamento / Cerrado	75	Boa
Caletinho Baixo (I e II)	Lago Paranoá	9,1	APA Gama / Cabeça de Veado, APM, APA Planalto Central e Parque Ecológico Córrego da Onça	Cerrado	81	Muito Boa
Alagado *	Rio Alagado	12,9	APM em toda a bacia e APA do Planalto Central	Agricultura / Loteamento Urbano / Cerrado	77	Boa
Ponte de Terra (II e III) (Operação Sazonal)	Ribeirão Ponte Alta	9,4	APM e APA Planalto Central	Agricultura / Chácaras de Recreio / Loteamento Urbano / Parcelamentos Irregulares / Cerrado	74	Boa
Oito D'Água *	Ribeirão Ponte Alta	2,3	APM e APA Planalto Central	Agricultura / Chácaras de Recreio / Loteamento Urbano / Cerrado	76	Boa
Crispim	Rio Alagado	3,1	APM e APA Planalto Central	Cerrado // Área de Lazer	79	Boa
Engenho das Lajes	Rio Descoberto	51,5	APA do Planalto Central e APM	Cerrado / Loteamento Urbano	62	Boa
Capão da Onça	Lago Descoberto	8,3	APA do Rio Descoberto, APM e Flona/DF	Reflorestamento / Cerrado / Agricultura	80	Muito Boa
Barroão	Lago Descoberto	37,3	APA do Rio Descoberto, APM e Flona/DF	Reflorestamento / Cerrado / Agricultura	71	Boa
Contagem	Rio Maranhão	6,4	APA Cafuringa, Parque Nacional de Brasília, APM, APA - Planalto Central e REBIO - Contagem	Cerrado	81	Muito Boa
Paranoazinho	Rio São Bartolomeu	5,1	APA Cafuringa, Parque Nacional de Brasília, REBIO - Contagem, APM e APA Planalto Central	Cerrado	84	Muito Boa
Corquinho	Rio São Bartolomeu	8,1	APM e APA São Bartolomeu (parcial)	Cerrado / Agricultura	80	Muito Boa
Fumal	Rio São Bartolomeu	48	Estação Ecológica de Águas Emendadas, APM e APA Planalto Central	Cerrado / Agricultura	71	Boa
Brejinho	Rio São Bartolomeu	18,9	Estação Ecológica de Águas Emendadas e APM	Cerrado / Agricultura	80	Muito Boa
Pipitipau	Rio São Bartolomeu	195	APA do Rio São Bartolomeu, APM e APA Planalto Central	Cerrado / Agricultura / Loteamento Urbano / Mineração	68	Boa
Mestre D'Amas (Operação Sazonal)	Rio São Bartolomeu	52,3	Estação Ecológica de Águas Emendadas, APM e APA Planalto Central	Cerrado / Agricultura / Loteamento Urbano	55	Boa
Quinze	Rio São Bartolomeu	39	APA do Rio São Bartolomeu, APM e Parque dos Pequizeiros	Cerrado / Agricultura	74	Boa

\* Desativada Temporariamente

APA - Área de Proteção Ambiental

APM - Área de Proteção de Mananciais

REBIO - Reserva Biológica

Quadro 2 – Informações Gerais Sobre os Mananciais/Captações Superficiais. (Fonte: CAESB, 2015d, p. 3).

#### 4 VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL

A valoração econômica ambiental é utilizada para estimar os valores dos recursos ambientais em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia, e assim, auxiliar o processo de tomada de decisão para que o bem-estar social seja maximizado (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000).

De acordo com Motta (1998), um recurso ambiental é valorado estimando-se seu valor monetário em relação a bens e serviços econômicos. Assim, quando se deseja avaliar a viabilidade da implantação de um projeto, o mais recomendado é a realização de uma análise custo-benefício, onde os efeitos negativos são considerados custos e os positivos são considerados benefícios. No entanto, a estimativa dos custos e benefícios requer a capacidade de identificá-los e requer que eles sejam comparáveis entre si e no tempo. Além disso, há muitos bens e serviços públicos que não têm preços definidos no mercado, como é o caso de muitos recursos ambientais.

É importante ressaltar que a determinação dos custos e benefícios sociais interfere na teoria microeconômica do bem-estar e dela resultam os métodos de valoração monetária dos recursos ambientais. Os valores sociais dos bens e serviços refletem, portanto, não somente nos valores de mercado, mas também nas variações de bem-estar. Entretanto, existem inúmeras limitações teóricas e metodológicas que dificultam a valoração ambiental. Neste caso, a análise pode ser tão custosa e/ou imprecisa que deveria ser descartada. Caso contrário, a análise custo-benefício terá grande valor na ordenação de prioridades e no aperfeiçoamento da gestão pública (MOTTA, 1998).

Em 1920, Athur Cecil Pigou citou a existência de externalidades no sistema econômico, ou seja, empresas ou até mesmo um único indivíduo podem gerar efeitos positivos ou negativos de acordo com suas atividades produtivas (ROCHA, 2004). Estas externalidades, por sua vez, raramente são consideradas nas atividades econômicas, e quando negativas, geram um padrão excessivo de consumo e afetam a qualidade e quantidade de recursos naturais deixados às gerações futuras (MOTTA, 1998).

Segundo Motta (1998), a existência de externalidades ambientais requer que o governo intervenha com ações como a determinação dos direitos de propriedade, o uso de normas ou padrões, os instrumentos econômicos, as compensações monetárias por dano, etc. No entanto, a ausência de conhecimentos teóricos e gerenciais dificulta esta intervenção, ou seja, a introdução do critério econômico na gestão ambiental.

Nota-se, portanto, que a ausência de mercado para os recursos naturais dificulta o seu gerenciamento. Desta forma, os métodos de valoração de bens e serviços ambientais possibilitariam o uso mais eficiente dos mesmos. Porém, segundo Pearce; Turner (1990), alguns recursos ambientais possuem maior facilidade de valoração por estarem associados com o sistema de mercado, como a produção de alimentos. Outros recursos, como a recreação e turismo, não possuem preço de mercado e são difíceis de serem mensurados com base nos métodos econômicos “tradicionais”.

De acordo com Pearce; Turner (1992), os recursos ambientais são mensurados de acordo com as preferências individuais. Neste caso, o processo de mensuração é baseado no valor de uso e valor de não uso (valor intrínseco ou valor de existência) do bem ou serviço ambiental. O valor de uso refere-se ao uso real ou potencial de um recurso e o valor de não-uso se refere a um valor implícito nos recursos ambientais, independentemente de uma relação de consumo efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro. O valor de uso, por sua vez, é dividido em valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção. Segundo Maia; Romeiro; Reydon (2004, p.4), o valor de uso direto equivale à “apropriação direta de recursos ambientais, via extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto”, o valor de uso indireto associa-se aos “benefícios indiretos gerados pelas funções ecossistêmicas” e o valor de opção é a “intenção de consumo direto ou indireto do bem ambiental no futuro”.

De acordo com Maia; Romeiro; Reydon (2004), os métodos de valoração podem ser classificados em diretos e indiretos (Quadro 3). Os métodos diretos de valoração obtêm as preferências individuais por meio da disposição a pagar (DAP) em determinado bem ou serviço ambiental. Já os métodos indiretos obtêm o valor dos bens ou serviços ambientais por meio das variações dos preços de produtos de mercado provenientes de alterações ambientais.

Conforme os autores citados anteriormente, a escolha do método depende do objetivo da valoração, da eficiência do método para o caso específico e das informações disponíveis para o estudo. No entanto, embora sejam quase sempre subestimados, os métodos indiretos são considerados mais simples e mais baratos, pois avaliam o impacto de uma alteração ambiental na produção de bens e serviços de mercado. Porém, quando um recurso ambiental é valorado pelo seu valor de existência, somente o método direto será capaz de estimar o seu valor.

Métodos de Valoração		VU			VE
		VUD	VUI	VO	
Métodos Indiretos	Produtividade Marginal				
	Mercado Bens Substitutos	Custos Evitados			
		Custos de Controle			
		Custos de Reposição			
		Custos de Oportunidade			
Métodos Diretos	DAP Indireta	Custo de Viagem			
		Preços Hedônicos			
	DAP Direta	Avaliação Contingente			

(\*) VU = Valor Uso; VUD = Valor Uso Direto; VUI = Valor Uso Indireto; VO = Valor Opção; VE = Valor Existência

Quadro 3 - Tipos de valores captados pelos métodos de valoração (\*). (Fonte: Maia; Romeiro; Reydon, 2004, p.6)

Dentre os métodos indiretos, está o método de produtividade marginal, o qual relaciona a quantidade ou qualidade de um bem ambiental com a produção de outro produto que já possui valor no mercado. Neste método, o papel do bem ambiental no processo produtivo é representado por uma função dose-resposta, que exige o conhecimento dos danos e a mensuração dos impactos financeiros destes danos no processo produtivo. A construção desta função é considerada uma tarefa complexa, pois exige conhecimento profundo na identificação de impactos positivos e negativos no bem-estar da população, o que faz com que os valores tendam a ser subestimados (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004).

Outro método indireto é o mercado de bens substitutos, o qual valora um recurso ambiental com base em algum bem substituto no mercado, no sentido de que a falta do recurso ambiental irá aumentar a procura por substitutos na tentativa de manter o bem-estar social. As estimativas geralmente são subdimensionadas, pois o valor de opção e o valor de existência não podem ser estimados neste

método, uma vez que se referem a atributos insubstituíveis (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004).

Com base no mercado de bens substitutos pode-se utilizar quatro métodos: custos evitados, custos de controle, custos de reposição e custos de oportunidade. O primeiro tem boa aplicação para estudos de morbidade e mortalidade e estima o valor de um recurso ambiental por meio dos gastos que seriam gerados com atividades defensivas substitutas ou complementares. O segundo calcula os gastos necessários para evitar a variação do recurso ambiental e garantir o bem-estar da população, como por exemplo, implantar uma ETE para evitar que um rio seja poluído. O terceiro estima os gastos necessários para repor ou reparar um recurso ambiental danificado. O último estima as perdas econômicas com atividades que poderiam ser desenvolvidas em uma área que está sendo preservada, ou seja, este método não calcula diretamente o valor do recurso ambiental, mas sim o custo de oportunidade de mantê-lo preservado (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004).

Dentre os métodos diretos, estão o método de preços hedônicos, o método custo de viagem e o método de valoração contingente. De acordo com Nogueira; Medeiros; Arruda (2000), o método dos preços hedônicos estabelece uma relação entre os atributos de um produto e seu preço de mercado e é um dos métodos de valoração econômica mais antigos e mais utilizados, principalmente pelo mercado imobiliário. Já o custo de viagem, segundo Maia; Romeiro; Reydon (2004), consiste no cálculo do valor gasto por um indivíduo para se deslocar até um patrimônio natural de visitação pública, sendo necessário considerar variáveis de custo de viagem, tempo, taxa de entrada, características socioeconômicas do visitante, entre outras. E o último, utiliza entrevistas para avaliar estatisticamente os valores individuais de uso e não-uso de um bem ambiental e é utilizado para avaliação de projetos de grandes impactos ambientais.

## 5 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA VALORAÇÃO DA MELHORIA DE SAÚDE PÚBLICA ASSOCIADA À ETE BRASÍLIA NORTE

Considerando-se os problemas de saúde relacionados à falta de saneamento básico, a valoração da melhoria de saúde pública associada à ETE Brasília Norte será feita com base em pesquisas bibliográficas, na qual se destaca o estudo de Fagundes (2003) para valorar a melhoria de saúde devido à implantação de Estações de Tratamento de Esgotos na Baía de Guanabara.

A partir da equação desenvolvida por Fagundes (2002), o autor mencionado utilizou dois métodos de valoração ambiental. O primeiro método calcula os custos evitados com despesas de tratamento de doenças de veiculação hídrica e o segundo método estima a produção sacrificada, ou seja, os efeitos econômicos provocados pela ausência ou má disposição de trabalhadores afetados por doenças de veiculação hídrica. Neste caso, os métodos serão aplicados considerando-se a existência e o funcionamento da ETE Brasília Norte.

A equação desenvolvida por Fagundes (2002) considera o abastecimento de água, a coleta de esgotos e o tratamento de esgotos para calcular a redução percentual de incidência de doenças relacionadas à água. E ainda, por ser um dos parâmetros que melhor se relaciona com a destruição de organismos patogênicos, Fagundes utiliza a redução da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) ocasionada pelas ETEs como variável independente. A redução da DBO indica redução de carga orgânica, já que essa variável indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB, 2015).

Deste modo, Fagundes (2002) propôs a seguinte equação:

$$\text{IRMb}(\% \text{ DBO reduzida}) = (100 - \text{IRMbA} - \text{IRMbEc}) K (\% \text{ DBO reduzida})$$

Onde:

- IRMb(% DBO reduzida) representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de DBO provocada pelo funcionamento das ETE Brasília Norte.
- IRMbA representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica provocada pela existência do serviço de abastecimento de água.
- IRMbEc representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica provocada pela existência do serviço de coleta de esgotos.
- K é uma constante de proporcionalidade usada para ajustar os dados disponíveis aos resultados gerados pela equação.
- %DBOreduzida representa a redução percentual de DBO no corpo hídrico receptor provocada pelo funcionamento das estações de tratamento de esgotos.

Os valores de IRMbA e IRMbEc são, respectivamente, 37% e 22%, segundo dados extraídos de Almeida (1999 apud. FAGUNDES, 2003), e o valor de K, ajustado por Fagundes (2002), corresponde a 0,94, com a justificativa de que a incidência de doenças ocorre até mesmo quando há total cobertura de infraestrutura de saneamento (FAGUNDES, 2003).

Conforme Batista (2015), a eficiência de remoção de DBO na ETE Brasília Norte é igual a 96%, cujo valor pode ser aplicado da seguinte forma:

- $IRMb(\% \text{ DBO reduzida}) = (100 - IRMbA - IRMbEc) K (\% \text{ DBO reduzida})$
- $IRMb(\% \text{ DBO reduzida}) = (100 - 37 - 22) 0,94 (96\%)$
- $IRMb(\% \text{ DBO reduzida}) = 37\%$

Sendo assim, a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de DBO provocada pelo funcionamento das ETE Brasília Norte é de 37%.

É possível também estimar a redução de incidência de doenças devido à presença de serviços de coleta de esgoto e de abastecimento de água. Sendo assim, serão considerados as médias dos índices de coleta de esgotos sanitários e

de sistema de abastecimento de água de Brasília, Lago Norte, Vila Estrutural e Varjão, as quais correspondem a cerca de 92 % e a 96%, respectivamente.

De acordo com tais valores, é possível estimar a parcela da população totalmente desprovida de saneamento nessas regiões, a parcela da população apenas abastecida e a parcela da população abastecida e com coleta de esgotos (Tabela 2):

<b>Tipo</b>	<b>Cobertura (%)</b>
Parcela da população totalmente desprovida de saneamento (Grupo 1)	4 <sup>a</sup>
Parcela da população apenas abastecida (Grupo 2)	4 <sup>a</sup> à 8 <sup>b</sup>
Parcela da população abastecida e com coleta de esgotos (Grupo 3)	92 <sup>c</sup> à 96 <sup>d</sup>

Tabela 2 – Parcela da população que pertence a cada grupo de infraestrutura sanitária, onde:

a= 100 – 96 (total da população – população dotada de abastecimento de água)

b= 100 – 92 (total da população – população dotada de coleta de esgoto)

c= população dotada de coleta de esgoto

d= população dotada de abastecimento de água

Devido aos intervalos estimados no Grupo 1 e 2, serão adotados apenas os valores mínimos para que os próximos cálculos sejam simplificados.

No Grupo 1, não há redução do índice de doenças de veiculação hídrica devido à ausência de serviços de saneamento. No entanto, se houvesse coleta e tratamento pela ETE Brasília Norte nesses domicílios, a redução da incidência de doenças seria de 37%, devido à eficiência de remoção de DBO na ETE Brasília Norte ser igual a 96%.

No Grupo 2, além da redução de 37% referente ao funcionamento da ETE, há também uma redução de 37%, conforme Almeida (1999). Portanto, há uma redução total de 74%. Já no Grupo 3, a redução total é de 96%, uma vez que soma-se o valor total anterior com a redução de 22% estabelecida pelo mesmo autor.

Porém, os dados de incidência de doenças são representados pela ocorrência residual de doenças mesmo com a existência de infraestrutura. Em outras palavras, a contribuição da incidência de doenças do Grupo 1 é maior que a do Grupo 2 e este que a do Grupo 3. Ou seja, a probabilidade de uma pessoa do Grupo 1 adoecer é duas vezes maior que uma pessoa do grupo 2, já que a ocorrência residual de doenças do Grupo 1 é de 63% (100 - 37%) e do Grupo 2 é de 26% (100-74%).

Deste modo, a Tabela 3 representa a parcela correspondente a cada grupo de infraestrutura na incidência de doenças:

<b>Grupos</b>	<b>Cobertura da população (%)</b>	<b>Ocorrência residual de doenças por grupo (%)</b>	<b>Peso por grupo nas doenças residuais (%)</b>
1- População desprovida de saneamento	4	0,63	2,52
2- População somente abastecida	4	0,26	1,04
3- População abastecida e com coleta de esgotos	92	0,04	3,68
População total			7,24

Tabela 3 – Parte residual de doenças não reduzidas pela existência e funcionamento da ETE Brasília Norte.

Portanto, a infraestrutura sanitária atual já é responsável pela redução da ocorrência de 92,76% das doenças na região atendida pela ETE Brasília Norte, já que a incidência residual de doenças atual é de 7,24% devido à falta de infraestrutura de saneamento em alguns domicílios.

### **5.1 Método dos custos evitados**

O método dos custos evitados diz respeito aos gastos que poderiam ser economizados com despesas de tratamento das doenças.

Segundo dados do IBGE (2011), entre as doenças de transmissão feco-oral, as diarreias ocupam o primeiro lugar, tendo sido responsáveis pela maioria das internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e pela elevação da mortalidade infantil. Sendo assim, optou-se por utilizar apenas o grupo de doenças classificadas como diarreias de origem presumível pelo sistema de classificação internacional de doenças na sua décima versão (CID 10). Todas as informações de ocorrência de diarreias foram obtidas por meio do site do DATASUS do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde, 2015) e devido à ausência de gastos com internações por diarreias na rede privada serão considerados apenas os gastos

com internações na rede pública utilizada pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte.

O cálculo da redução dos gastos com internações dentro do Sistema Único de Saúde será feito com base na seguinte expressão:

$$\text{Red Int SUS} = \text{GHSUS} \times \text{IRMb}$$

Onde:

- Red Int SUS representa a redução dos gastos com internações associáveis ao funcionamento da ETE Brasília Norte.
- GHSUS representa os gastos com internações nos hospitais públicos utilizados pelas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte no ano de 2014 = R\$ 88.366,14.
- IRMb representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de DBO provocada pelo funcionamento das ETE Brasília Norte = 0,37.

## **5.2 Método das perdas com produção sacrificada**

Como já foi visto, o número de empregados afastados por diarreia em 2012 ultrapassou o valor de R\$ 1 bilhão em horas pagas mas não trabalhadas efetivamente. Esse é um custo que leva a uma ineficiência da economia brasileira e portanto será calculado a partir dos dados do DATASUS, de acordo com a faixa etária e os números de dias de permanência no leito hospitalar.

Desta forma, considerou-se apenas o número de internações de pacientes com mais de 14 anos e menos de 60 anos para mulheres e mais de 14 anos e menos de 65 anos para homens, pois supõe-se que essa é a faixa etária em que a população faz parte da economia ativa.

Para valorar as perdas com produção sacrificada, serão utilizadas as seguintes expressões:

- $\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = (\text{DTrabPer } 14 - 60) \times \text{Vdia Trab Med} \times \text{IRMb}$
- $\text{Prod Sac Int SUSHomens} = (\text{DTrabPer } 14 - 65) \times \text{Vdia Trab Med} \times \text{IRMb}$
- $\text{Prod Sac Int SUS} = \text{Prod Sac Int SUSmulheres} + \text{Prod Sac Int SUSHomens}$

Onde:

- Prod Sac Int SUS é a produção sacrificada devido às internações em hospitais utilizados pelas RAs atendidas pela ETE Brasília Norte que seria evitável caso o serviço de saneamento alcançasse todos os domicílios.
- DTrabPer é o número de dias de permanência no leito hospitalar para mulheres com idade entre 14 e 60 anos e homens com idade entre 14 e 65 anos, que correspondem a 2.297 dias e 2.495 dias, respectivamente.
- Vdia Trab Med é o valor médio do dia trabalhado, que de acordo com o CEBDS; Instituto Trata Brasil (2014), equivale a R\$72,56.
- IRMb representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de DBO provocada pelo funcionamento das ETE Brasília Norte = 0,37

Além de ocasionar custos com internações, as doenças de veiculação hídrica podem levar à morte. Assim, também será valorada a produção sacrificada devido à morte prematura.

Todos os métodos de valoração da vida humana são feitos com base na renda individual, o que torna essa valoração muito difícil, já que a renda se difere de região para região e de país para país.

Cohen; Machado; Tolmasquim (1997) calcularam o valor da vida humana de acordo com a “Teoria do Capital Humano”, que considera que o valor da vida humana está associado à contribuição de um indivíduo para a economia como um todo. Para isso, consideraram três atributos: idade (16, 40 e 60 anos); região A e B (a região A é aquela cujo nível de vida da população, o grau de instrução e a

expectativa de vida são superiores à da região B); e grau de instrução (básico e superior). Desta forma, os autores obtiveram dois valores extremos. O indivíduo da região A de 16 anos e com grau superior de instrução alcançou o valor de R\$ 76.639.503,00, enquanto o indivíduo da região B de 60 anos e com grau de instrução básico foi valorado em R\$ 4.856,00.

Devido à diversidade de valores da vida humana, Fagundes (2003) utilizou como limite superior o valor sugerido por Ottinger (1992) de 4.000.000 de dólares e como limite inferior, o valor de 15.000 dólares, obtido por Motta et al. (1998), por ter sido o menor valor encontrado por ele na literatura. No entanto, neste trabalho serão utilizados os valores encontrados por Cohen; Machado; Tolmasquim (1997), devido ao limite superior ser maior e o limite inferior ser menor que aqueles utilizados por Fagundes (2003).

Então, para estimar a produção sacrificada com a morte prematura proveniente de doenças de veiculação hídrica, o valor da vida superior ou inferior será multiplicado pelo número de óbitos evitáveis em hospitais públicos:

$$\text{Prod Sac Morte SUS} = \text{ValorVida} \times \text{Óbitos Evit San}$$

Onde:

- Prod Sac Morte SUS representa o valor da produção sacrificada associada à morte prematura de pessoas internadas em hospitais conveniados ao SUS. Assume-se o valor inferior ou superior com finalidade de comparação.
- ValorVida é o valor atribuído à vida humana, podendo ser considerado o valor superior (76.639.503,00) ou o valor inferior (R\$ 4.856,00).
- Óbitos Evit San é o número de óbitos que poderiam ser evitados caso todos os domicílios das regiões consideradas fossem atendidos pela ETE Brasília Norte, e pode ser obtido pela fórmula abaixo:

$$\text{Óbitos Evit San} = \text{Número Óbitos Totais} \times \text{IRMb}$$

Onde:

- Números de Óbitos Totais representa o número de óbitos decorrentes da doença de veiculação hídrica escolhida nesse estudo = 3 óbitos
- IRMb representa a redução percentual de incidência de doenças de veiculação hídrica associada à redução de DBO provocada pelo funcionamento das ETE Brasília Norte = 0,37

Para corrigir uma subestimação das perdas com produção sacrificada devido as mortes que ocorreram em fora do âmbito hospitalar, Motta et al. (1993) apud Fagundes (2003) sugerem que o número de óbitos na região estudada e o número de óbitos registrados nos hospitais da mesma região sejam comparados, aferindo-se a proporção entre os dois.

Neste caso, somente foi encontrada a quantidade de óbitos por doença diarreica aguda em menores de 5 anos de idade, sendo que 2011 foi o último ano de atualização desse dado, o qual corresponde a 570 óbitos (Ministério da Saúde, 2015a). Este número é 38 vezes maior do que a quantidade de óbitos registrada nos hospitais conveniados ao SUS do DF no mesmo ano (15 óbitos). Portanto, a expressão que estima as perdas com a produção sacrificada total corresponde a:

$$\text{Prod Sac Morte Total} = \text{ValorVida} \times \text{Óbitos Evit San} \times 38$$

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das expressões descritas anteriormente para estimar o método dos custos evitados e o método das perdas com produção sacrificada, foram obtidos os seguintes resultados (Tabela 4):

<b>Método</b>	<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Custos Evitados	Red Int SUS	Despesas evitadas com internações hospitalares no SUS caso a ETE Brasília Norte alcançasse todos os domicílios nas RAs atendidas por ela atualmente	32.695,47
Produção Sacrificada	Prod Sac Int SUS	Produção sacrificada devido às internações em hospitais utilizados pelas RAs atendidas pela ETE Brasília Norte que seria evitável caso o serviço de saneamento alcançasse todos os domicílios nas RAs atendidas por ela atualmente	125.967,06
	Prod Sac Morte SUS	Produção sacrificada associada à morte prematura de pessoas internadas em hospitais conveniados ao SUS. Assume-se o valor inferior ou superior	5.390,16 à 85.069.848,44
	Prod Sac Morte Total	Produção sacrificada associada à morte prematura de pessoas fora do âmbito hospitalar do SUS	204.825,70 à 3.232.654.240,70

Tabela 4 – Resultados obtidos para estimar os custos evitados e as perdas com produção sacrificada caso a ETE Brasília Norte alcançasse todos os domicílios nas RAs por ela atendida atualmente.

Analisando os resultados, nota-se que o valor encontrado para estimar os custos evitados é inferior aos valores das perdas com produção sacrificada, uma vez que o valor da hora trabalhada e o valor da vida de um indivíduo são muito altos, principalmente ao se considerar como valor da vida o limite superior adotado e a totalidade de mortes por diarreia no Distrito Federal, o que alcança o valor de R\$ 3.232.654.240,70.

No entanto, a Teoria do Capital Humano avalia a vida perdida como um custo de oportunidade de geração de renda para a sociedade, tornando a análise da produção sacrificada muito subjetiva. Talvez fosse necessário um estudo mais aprofundado para avaliar as características predominantes da população, como

idade, nível de instrução, condições de empregabilidade e empreendedorismo, entre outras.

Apesar disso, os valores encontrados sugerem que a melhoria na rede de coleta e no tratamento de esgotos influencia diretamente na economia, e, ainda, mostram a importância da manutenção da infraestrutura atual, pois, como foi visto, a existência e funcionamento da ETE Brasília Norte associada à distribuição de água potável já é responsável pela redução da ocorrência de cerca de 92% de doenças nas regiões atendidas pela ETE. E, comparado a outras regiões do Brasil, o Distrito Federal possui ótimos números de abrangência de infraestrutura de saneamento.

## CONCLUSÃO

Os métodos de valoração ambiental utilizados nesse estudo mostraram que a infraestrutura sanitária atual nas regiões atendidas pela ETE Brasília Norte já é responsável pela redução da ocorrência de 92,76% das doenças, enquanto somente o tratamento de esgoto a nível terciário realizado na ETE Brasília Norte é responsável pela redução de 37% da incidência de doenças de veiculação hídrica. Porém, caso o tratamento de esgoto alcançasse a totalidade dos domicílios nas regiões atendidas pela ETE, haveria uma grande redução nos custos com internação em hospitais públicos, com horas pagas e não trabalhadas e também com a morte prematura de indivíduos vistos como possíveis geradores de renda.

Nota-se, portanto, que os serviços de saneamento são essenciais à qualidade de vida e à manutenção da economia. Sendo assim, sugere-se que os investimentos nesse tipo de infraestrutura sejam priorizados e que os métodos de valoração econômica ambiental sejam cada vez mais utilizados e aprimorados para estimar o valor da preservação do meio ambiente para a sociedade.

Devido ao tempo reduzido para realização desse estudo e à dificuldade na obtenção de dados atualizados em fontes de pesquisa como bibliotecas e Internet, também sugere-se a continuidade do estudo atual para obter maior precisão nos resultados por meio de informações pertencentes às instituições responsáveis pelo tema abordado.

## REFERÊNCIAS

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Mapas**. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1361%3Amapas&catid=88%3Amapas&Itemid=303](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1361%3Amapas&catid=88%3Amapas&Itemid=303)>. Acesso em: 8 jun. 2015.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Braço Bananal do Paranoá será desassoreado**. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1424](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1424)>. Acesso em: 23 jun. 2015a.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Água de beber, a solução**. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=9445](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=9445)>. Acesso em: 8 jun. 2015.

BATISTA, L. F. **Lodos Gerados nas Estações de Tratamento de Esgotos no Distrito Federal: um Estudo de sua Aptidão para o Condicionamento, Utilização e Disposição Final**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-168/2015, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 197p.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil (1997). **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, 9 jan. 1997.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil (2007). **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978 e dá outras providências. Diário Oficial da União, 8 jan. 2007.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Esgoto – Estações de Tratamento**. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/index.php/esgoto/conheca-as-unidades/3-portal/esgoto.html>>. Acesso em: 13 set. 2014.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Água – Controle de Qualidade, Análises e Resultados**. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/agua/controle-de-qualidade7/analises-e-resultados4.html>>. Acesso em: 23 fev. 2015a.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Mapas de Balneabilidade**. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/agua/balneabilidade/mapas-de-balneabilidade1.html>>.

Acesso em: 8 jun. 2015b.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

**Produtos e Serviços - Água e Esgotos no Distrito Federal.** Disponível em: <[http://www3.caesb.df.gov.br/\\_conteudo/produtosServicos/produtosServicos.asp](http://www3.caesb.df.gov.br/_conteudo/produtosServicos/produtosServicos.asp)>.

Acesso em: 17 jun. 2015c.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório da Qualidade da Água Distribuída pela Caesb em 2014.** Disponível em:

<[http://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos\\_pdf/relatorio\\_anual\\_qualidade\\_agua.pdf](http://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos_pdf/relatorio_anual_qualidade_agua.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2015d.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Sistema Paranoá - Alternativa de Abastecimento para o Distrito Federal.** Disponível

em:<[http://www.caesb.df.gov.br/images/audienciapublica\\_paranoa/adicionais/sistema\\_paranoa\\_apresentacao.pdf](http://www.caesb.df.gov.br/images/audienciapublica_paranoa/adicionais/sistema_paranoa_apresentacao.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2015e.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável; INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios **Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro – Qualidade de vida, Produtividade, Educação e Valorização Ambiental.** 2014.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Glossário.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/70-glossario>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - PDAD – 2013/2014.** Disponível em:

<<http://www.codeplan.df.gov.br/portal-da-codeplan/261-pesquisas-socioeconomicas/294-pdad-2013.html>>. Acesso em: 03 jul. 2015.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986.** Publicado no D.O.U. de 30/07/1986. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 08 jun. 2015.

CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B.; BERNARDES, R. S. Deposição de esgoto doméstico para controle de poluição e revegetação induzida em área degradada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 252-256, 2000.

FAGUNDES, M. V. M. **Valoração da Melhoria de Saúde Pública Associada à Funcionamento das Estações de Tratamento de Esgotos – o Caso do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro UFRJ/COPPE, p. 279, 2002.

FAGUNDES, M. V. M. **Valoração do Atributo Melhoria de Saúde Pública Associada às Estações de Tratamento de Esgotos do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara.** In: Anais do V Encontro Nacional da ECOECO, Caxias do Sul, 2003.

FERRER, G. G.; DEL NEGRO, G. Unidades de Conservação Ambiental da Bacia do Lago Paranoá. **Revista dos Estudantes de Direito da UnB**, n. 10, p. 365-399, 2012.

FONSECA, F. O. **Olhares sobre o lago Paranoá**. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001.

IBGE. **Atlas de Saneamento 2011**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 2011.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331 a 348, 2012.

LIPORONI, L. M. **Estudo preliminar da qualidade da água do Lago Paranoá, Brasília-DF, utilizando um modelo de qualidade da água bidimensional**. 2012. xxi, 188 f., il. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) —Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais— metodologias e recomendações. **Texto para Discussão, Instituto de Economia/UNICAMP**, n. 116, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **DATASUS**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/niDF.def>>. Acesso em: 1 jul. 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Indicadores e Dados Básicos – Brasil - 2012**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2012/matriz.htm#mort>>. Acesso em: 1 jul. 2015a.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.164 p.: il.

MOTTA, R. S. Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. **Recursos Hídricos e da Amazônia Legal**, 1998.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. S. T. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 2, p. 81-115, 2000.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economia dos Recursos Naturais e o Meio Ambiente**. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1990.

PEARCE; D. W.; TURNER, R. K. **Sustainable development: ethics and**

**economics.** CSERGE Working Paper, 1992.

ROCHA, J. M. A Ciência econômica diante da problemática ambiental. **Redes.** Santa Cruz do Sul, vol. 9, nº 3, 2004.

ROIG, H. L.; FERREIRA, A. M. R.; MENEZES, P. H. B. J.; MAROTTA, G. S. Uso de câmeras de baixo custo acopladas a veículos aéreos leves no estudo do aporte de sedimentos no Lago Paranoá. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 16, p. 9332-9339, 2013.

SETTI, A. A. **O saneamento no Distrito Federal: aspectos culturais e socioeconômicos.** Caesb, 2005.

TEIXEIRA, J.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, M. S. Study of the impact of deficiencies of sanitation on public health in Brazil from 2001 to 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.

TERRACAP – Companhia Imobiliária de Brasília. **Manual Verde Noroeste – Plano de Gestão Ambiental de Implantação.** Brasília, 2009.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas.** Brasília: IPEA, 2002.

**APÊNDICE – Cálculos realizados no método dos custos evitados e no método das perdas com produção sacrificada**

$$\text{Red Int SUS} = \text{GHSUS} \times \text{IRMb}$$

$$\text{Red Int SUS} = \text{R\$}88.366,14 \times 0,37 = \text{R\$} 32.695,47$$

$$\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = (\text{DTrabPer } 14 - 60) \times \text{Vdia Trab Med} \times \text{IRMb}$$

$$\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = 2.297\text{dias} \times \text{R\$}72,56 \times 0,37$$

$$\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = \text{R\$}61.668,02$$

$$\text{Prod Sac Int SUShomens} = (\text{DTrabPer } 14 - 65) \times \text{Vdia Trab Med} \times \text{IRMb}$$

$$\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = 2.395\text{dias} \times \text{R\$}72,56 \times 0,37$$

$$\text{Prod Sac Int SUSmulheres} = \text{R\$}64.299,04$$

$$\text{Prod Sac Int SUS} = \text{Prod Sac Int SUSmulheres} + \text{Prod Sac Int SUShomens}$$

$$\text{Prod Sac Int SUS} = \text{R\$}125.967,06$$

$$\text{Prod Sac Morte SUS} = \text{ValorVida} \times \text{Óbitos Evit San}$$

$$\text{Prod Sac Morte SUS} = \text{ValorVida} \times (\text{Número Óbitos Totais} \times \text{IRMb})$$

$$\text{Prod Sac Morte SUS} = (\text{R\$}76.639.503,00 \text{ ou } \text{R\$} 4.856,00) \times 3 \times 0,37$$

$$\text{Prod Sac Morte SUS} = \text{R\$}85.069.848,44 \text{ ou } \text{R\$}5.390,16$$

$$\text{Prod Sac Morte Total} = \text{ValorVida} \times \text{Óbitos Evit San} \times 38$$

$$\text{Prod Sac Morte Total} = (\text{R\$}76.639.503,00 \text{ ou } \text{R\$} 4.856,00) \times (3 \times 0,37) \times 38$$

$$\text{Prod Sac Morte Total} = \text{R\$}3.232.654.240,70 \text{ ou } \text{R\$}204.825,70$$