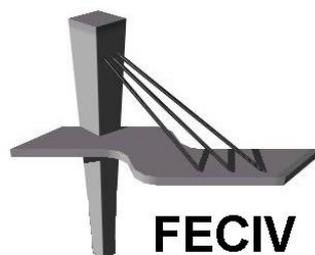


Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DOS
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTA-
MENTO SANITÁRIO DE UBERABA - MG.**

VINICIUS ARCANJO DA SILVA

UBERLÂNDIA, 06 DE JULHO DE 2016.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Vinícius Arcanjo da Silva

**AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO SISTEMA
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE
UBERABA - MG.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

Uberlândia, 06 de Julho de 2016.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586a Silva, Vinícius Arcanjo da, 1988-
2016 Avaliação de sustentabilidade ambiental do sistema de
abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba - MG /
Vinícius Arcanjo da Silva. - 2016.
129 f. : il.

Orientador: Nemésio Neves Batista Salvador.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia civil - Teses. 2. Sustentabilidade - Uberaba - Teses.
3. Esgotos - Teses. 4. Abastecimento de água - Teses. I. Salvador,
Nemésio Neves Batista. II. Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 624



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

ATA Nº: 162/2016

CANDIDATO: Vinícius Arcanjo da Silva

Nº. Matrícula: 11422ECV013

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

TÍTULO: "Avaliação de sustentabilidade ambiental dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba - MG"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Infraestrutura Urbana e de Transporte

PROJETO DE PESQUISA: Infraestrutura Urbana

DATA DA DEFESA: 06 de julho de 2016

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 14:03 / 16:30

Reuniu-se na **Sala de Reuniões Prof. Celso Franco de Gouvêa , bloco 1Y - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGEC, assim composta: Professores Doutores: **Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira – DECIV/UFSCAR; Nágela Aparecida de Melo – FECIV/UFU e Nemésio Neves Batista Salvador** orientador do candidato. Ressalta-se que todos os membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato **APROVADO**. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.

Professor Orientador: **Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira – DECIV/UFSCAR**

Membro interno: **Prof.ª Dr.ª Nágela Aparecida Melo – FECIV/UFU**

Uberlândia, 06 de JULHO de 2016.

Dedico esta pesquisa a Deus, por conduzir minha vida.
A todos que de alguma maneira incentivaram e
contribuíram para a minha formação como
profissional e ser humano.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Nemésio Neves Batista Salvador, os maiores e mais sinceros agradecimentos. Sua confiança e orientação foram de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

O mesmo vale para o apoio incondicional recebido dos professores e funcionários da Universidade Federal de Uberlândia.

Agradecimentos à minha família chegam a ser redundantes, principalmente meus pais e minha irmã Iolanda, pois é o pilar em que sustento toda minha vida.

A minha amada Simone, sempre com paciência e bom humor esteve comigo dando apoio durante a elaboração deste trabalho.

Ao Kedson Palhares, que, com toda prontidão, compartilhou sua experiência na gestão de sistemas de saneamento básico e coordenação do Plano de Saneamento Básico de Uberaba. As discussões sobre gestão de sistemas de saneamento foram fundamentais para a elaboração deste.

Ao Fernando, a Gabriela, a Vanessa, a Patrícia e toda a equipe do CODAU, que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

“O homem não é nada além daquilo que a educação faz dele.”

(Immanuel Kant)

Silva, V. A. Avaliação de sustentabilidade ambiental dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba - MG. 129 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

RESUMO

Neste trabalho é analisada a sustentabilidade sob a dimensão ambiental (ecológica) dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de Uberaba, MG. Nessa análise é feita a Avaliação de Sustentabilidade Ambiental (ASA) desses sistemas por meio de indicadores de sustentabilidade específicos, propostos para Uberaba, mas que podem servir de base para sistemas de saneamento de outras cidades similares. Para a caracterização dos sistemas foram feitas visitas às suas principais unidades e elaborado um levantamento documental. A definição do nível ou estágio de sustentabilidade através dos indicadores foi feita com base em pesquisa de literatura, em entrevistas com os técnicos e gestores dos sistemas e na caracterização e observação da realidade destes, atribuindo-se a seguinte classificação: Não Sustentável, Baixa Sustentabilidade, Média Sustentabilidade e Alta Sustentabilidade. Verifica-se que os indicadores que proporcionam menor compatibilidade com o processo de sustentabilidade para os sistemas estudados são aqueles relacionados às perdas físicas de água, ao consumo de água per capita, ao consumo de energia elétrica e ao lançamento do lodo das estações de tratamento de água sem tratamento em corpo d'água, para o SAA; e os relacionados ao atendimento com tratamento de esgoto, ao consumo de energia elétrica e à utilização do esgoto tratado, para o SES, todos com a classificação Não Sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade – Uberaba – Esgotamento Sanitário – Abastecimento de Água.

Silva, V.A. Environmental Sustainability Assessment of the System of Water Supply and Sanitary Exhaustion in Uberaba MG. 129 p. Master Thesis in Civil Engineering from the University of Uberlândia, 2016.

Abstract

This paper analyses the sustainability under the environmental (ecological) perspective of Water Supply and Sanitary Sewers Systems from Uberaba city, MG. It was accomplished in this analysis, An Environmental Sustainability Assessment of those systems, by the means of specific sustainability indicators proposed for Uberaba, but which may be used for other similar cities. To the characterization of the systems, visitations were made to the main units as well as a documental was elaborated. The definition of the level or stage of the sustainability by the indicators was made based on a literature review, on interviews with the technicians and managers of the systems and based on the characterization and observation of the system reality, being attributed to them the following classification: Non Sustainable, Low Sustainability, Medium Sustainability and High Sustainability. It was verified that the indicators that have lower compatibility to the process of sustainability to the studied systems are those related to the water physical losses, to the water per capita consumption, to the electricity consumption and to the sludge from the water treatment plants disposal untreated into a water body, for the Water Supply System. And those ones related to the attendance with sewage treatment, to the electricity consumption and to the usage of the treated sewage, for the Sanitary Sewers, all of them classified as Non Sustainable.

Key words: Sustainability – Uberaba – Sanitary Exhaustion – Water Supply.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS e SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

AS – Avaliação de Sustentabilidade

ASA – Avaliação de Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Saneamento.

ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

BS - Barometer of Sustainability

CEEA - Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³)

CET - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado

CMMAD – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

CO₂ – Dióxido de Carbônico

CODAU – Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

COSAMA - Companhia de Saneamento do Amazonas

CPC – Consumo médio per capita

CT – Coliformes Termotolerantes

CV – Cavalo Vapor

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DESO - Companhia de Saneamento de Sergipe

DL - Destinação do lodo – SES

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

DS - Dashboard of Sustainability

DSR - Driving-Force/State/Response

EDC - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes encontrados no efluente após tratamento (CT)

EE – Eco Efficiency

EEA - European Environment Agency EEA

EFM - Ecological Footprint Model

EIP - European Indices Project
ER – Eficiência de remoção de DBO
ESI - Environmental Sustainability Index
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
EWI – Bem-Estar Ambiental
FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta
GPI - Genuine Progress Indicator
Hab. - Habitantes.
HDI - Human Development Index
HWI – Bem-Estar Humano
IA - Índice de atendimento - SAA
IAP - Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICE - Índice de atendimento com Coleta de Esgoto
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IDRC - International Development Research Centre
IGQA - Índice Geral de Qualidade da Água
IPF - Índice de perdas físicas no sistema
IQA – Índice de Qualidade da Água
ISTO - Índice Substâncias Tóxicas e Organolépticas
ITE - Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado
IUCN - International Union for Conservation of Nature
IWGSD - Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators
Km² - Quilômetro Quadrado
kWh - Quilowatt-hora
l.s⁻¹ - Litro por segundo.
L/hab.dia – Litro por habitante dia.
LG - Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada
LNSB - Lei Nacional do Saneamento Básico
LT - Lodo gerado no tratamento do esgoto
m³ - Metro Cúbico

MG – Minas Gerais

MIPS - Material Input per Service

N – Nitrogênio

NRTEE - National Round Table on the Environment and Economy

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico/OECD Organisation for Economic Co-operation and Development

ONU – Organização das Nações Unidas

P – Fósforo

PE – Pegada Ecológica

PEIR - Pressão-Estado-Impacto-Resposta

PER - Pressão-Estado-Resposta

PIB – Produto Interno Bruto

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PPI - Policy Performance Indicator

PSR – Pressure – State – Response

RAFA – Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto

SAAM - Sistema Autônomo de Abastecimento de Água do Município

SAE – Sistema de Água e Esgoto

SBO - System Basic Orientors

SEEA - System of Integrating Environment and Economic

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

SPI - Sustainable Process Index

TDL - Tratamento e destinação do lodo da ETA

UC – Unidade de Conservação

UET - Utilização do Esgoto Tratado

uH - unidade Hazen

UN/CSD – United Nations Commission on Sustainable Development

UNDP – United Nations Development Programme

UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

uT – Unidade de Turbidez

UTM - Universal Transversa de Mercator.

WBCSD - World Business Council on Sustainable Development

WWF - World Wildlife Fund

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização Geográfica do Município de Uberaba no Estado de Minas Gerais	3
Figura 2: Pegada e Ecológica e Biocapacidade do Brasil.	15
Figura 3: Visão geral do Painel de Sustentabilidade.	17
Figura 4: Exemplo de gráfico gerado pelo Barômetro da Sustentabilidade.	20
Figura 5: Estrutura do Modelo PER.	22
Figura 6: Relação entre dimensões e princípios de sustentabilidade específicos para SAA e SES.	28
Figura 7: Estruturação da pesquisa.	32
Figura 8: Efetivação da ASA.	33
Figura 9: Ciclo para avaliação e acompanhamento da sustentabilidade do sistema.	34
Figura 10: Barramento para captação de água no rio Uberaba.	41
Figura 11: Conjunto moto bomba para adução da água do rio Uberaba para a ETA.	42
Figura 12: Índice de perdas na distribuição de água.	43
Figura 13: Limites e localização da APA Rio Uberaba.	46
Figura 14: Possíveis bacias alternativas para captação de água para Uberaba.	47
Figura 15: Localização das ETES em Uberaba.	50
Figura 16: Consumo de energia por m ³ de água produzida referente ao ano de 2014.	57
Figura 17: Índices de coleta e tratamento de esgotos por tipologia de prestador de serviços. .	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Métodos de avaliação de sustentabilidade com maior destaque segundo Van Bellen (2004).....	12
Quadro 2: Cinco metodologias mais indicadas pelos especialistas.	13
Quadro 5: Indicadores de sustentabilidade para SAA e SES, sendo considerados os princípios de uso responsável dos recursos naturais e de prevenção e compensação de impactos ambientais.....	29
Quadro 3: Vantagens e limitações das entrevistas para obtenção de informações.....	35
Quadro 4: Poços tubulares para abastecimento público em Uberaba, 2014.....	42
Quadro 6: Indicadores para SAA e SES	52
Quadro 7: Sustentabilidade - Índice de perdas físicas no sistema (IPF)	54
Quadro 8: Sustentabilidade - Consumo médio per capita (CPC)	56
Quadro 9: Sustentabilidade - Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (kWh/m ³) (CEEA)	59
Quadro 10: Sustentabilidade - Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG).....	61
Quadro 11: Sustentabilidade - Tratamento e destinação do lodo da ETA.....	61
Quadro 12: Sustentabilidade - Índice de atendimento com água potável – SAA (IA).....	62
Quadro 13: Sustentabilidade - Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE).	63
Quadro 14: Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE)	65
Quadro 15: Condição do consumo de energia elétrica para tratamento de esgoto em Uberaba.	66
Quadro 16: Sustentabilidade - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET).	67
Quadro 17: Sustentabilidade - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes encontrados no efluente após tratamento (CT) - EDC.....	68
Quadro 18: Teores de umidade do lodo de ETE.	69
Quadro 19: Sustentabilidade - Destinação do lodo – SES (DL).....	70

Quadro 20: Sustentabilidade – Utilização do esgoto tratado (UET)	70
Quadro 21: Sustentabilidade - Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	71
Quadro 22: Sínteses das classes dos indicadores de sustentabilidade usados na ASA dos SAA e SES de Uberaba.	73
Quadro 23: Indicadores SAA e SES de Uberaba.	76
Quadro 24: Avaliação de Sustentabilidade dos Indicadores - SAA e SES de Uberaba.	78
Quadro 25: Quadro PEIR para os SAA e SES de Uberaba (na visão do autor).	80

SUMÁRIO

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 Justificativas da Pesquisa.....	4
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo geral	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
Capítulo 2	7
Sustentabilidade Ambiental e Avaliação de Sustentabilidade.....	7
2.1 Conceitos e princípios de sustentabilidade	7
2.2 Modelos e indicadores para avaliação de Sustentabilidade.....	10
2.2.1 Pegada Ecológica.....	14
2.2.2 Painel de Sustentabilidade	16
2.2.3 Barômetro da Sustentabilidade	18
2.2.4 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).....	20
2.2.5 Modelo Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR).....	21
2.2.6 Modelo para a Avaliação de Sustentabilidade Ambiental (ASA) dos Sistemas de Abastecimento de água (SAA) e Esgotamento Sanitário (SES) de Uberaba	24
2.2.7 Indicadores gerais de sustentabilidade para sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.	25
Capítulo 3	31
Metodologia.....	31
3.1 Metodologia da pesquisa	31
3.2 Estruturação da ASA	32
3.3 Diagnóstico dos indicadores propostos para SAA e SES.....	34
Capítulo 4	36
Saneamento Básico.....	36
4.1 Situação do saneamento básico no mundo.....	36
4.2 Situação do Saneamento Básico no Brasil	37
4.3 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Uberaba	40
4.3.1 Abastecimento de água potável	40

4.3.2	Esgotamento sanitário.....	48
Capítulo 5		52
Resultados e Discussão.....		52
5.1	Definição dos indicadores para o SAA e o SES de Uberaba.....	52
5.2	Aplicação dos indicadores aos SAA e SES de Uberaba.....	53
5.2.1	Índice de perdas físicas no SAA (IPF)	53
5.2.2	Consumo médio per capita (CPC)	54
5.2.3	Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (kWh/m ³) (CEEA)	56
5.2.4	Lodo gerado por metro cúbico de água tratada (LG).....	59
5.2.5	Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)	61
5.2.6	Índice de atendimento – SAA (IA)	61
5.2.7	Existência de poluição na captação de água	62
5.2.8	Índice de atendimento com coleta de esgoto (ICE)	63
5.2.9	Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado (ITE).....	63
5.2.10	Volume de esgoto in natura lançado nos corpos hídricos.....	65
5.2.11	Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET).....	65
5.2.12	Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) – EDC	67
5.2.13	Destinação do lodo – SES (DL)	68
5.2.14	Utilização do Esgoto Tratado (UET)	70
5.2.15	Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	71
Capítulo 6		85
Considerações finais		85
6.1	Conclusões.....	85
6.2	Sugestões para trabalhos futuros	86
Referências		87
APÊNDICE A		96
Questionário aplicado aos técnicos dos SAA e SES de Uberaba		96
APÊNDICE B.....		101
Síntese dos questionários respondidos		101

Capítulo 1

Introdução

Na Constituição Federal brasileira está previsto em seu artigo 23 que é competência comum da União, Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, proteger o meio ambiente evitando a poluição e preservando as florestas, fauna e a flora (BRASIL, 1988). Neste contexto, a avaliação de sustentabilidade ambiental toma papel principal no procedimento de construção de bases para um desenvolvimento sustentável, destacando-se como instrumento de integração, sendo concreta plataforma de mobilização e diálogo.

Com o desenvolvimento urbano houve a necessidade da criação de políticas voltadas para estas áreas, que segundo Andrade (2006 p.67), devem considerar “que o ambiente urbano consiste no espaço da interação entre diversos atores e políticas”. Assim, há o desenvolvimento de dicotomias em diferentes situações, em que o desenvolvimento e aumento de capital entram em conflito com o desenvolvimento sustentável, principalmente quando esta sustentabilidade é referente a recursos naturais.

A ausência ou a precariedade de planejamento urbano faz com que as cidades gerem impactos ambientais de maior magnitude do que em cidades nas quais o planejamento é realizado de maneira adequada. São nas cidades que ocorrem os principais fenômenos socioambientais, podendo estes resultar em melhorias ou prejuízos para o meio ambiente sendo o principal instrumento utilizado para a gestão urbana, o Plano Diretor (MAGLIO, 2005). Tamanha é a importância do Plano Diretor que, na Carta Magna, está previsto que este é o instrumento básico para desenvolvimento e expansão urbana dos municípios. O saneamento básico é um dos principais itens que são tratados nos Planos Diretores, sendo que a inviabilidade de obras do setor de saneamento pode restringir o crescimento das cidades em determinadas regiões.

O saneamento básico realizado adequadamente no meio urbano é um importante instrumento para mitigações dos impactos ambientais gerados pelo abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e geração de resíduos sólidos. Quanto maior a eficiência do sistema, menor será o impacto gerado ao meio ambiente por cada habitante da cidade. No entanto, conforme informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil os investimentos e as execuções de obras não acompanham as necessidades do país. O conhecimento no setor de saneamento é amplo, porém há dificuldades em obter licenciamento ambiental para as obras, haja vista a baixa qualidade dos projetos, fato este que, associado a processos licitatórios lentos para a aquisição de equipamentos e efetivação de obras faz com os projetos não sejam entregues dentro dos prazos previstos ou simplesmente não é iniciada a sua execução (SNIS, 2015).

A discussão sobre as questões ambientais é de suma importância para a análise dos rumos que estão sendo tomados pela sociedade quanto ao consumo de recursos naturais. De acordo com Brasil (2007), o saneamento básico é definido como o conjunto de infraestruturas e instalações operacionais dos serviços de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e coleta e manejo dos resíduos gerados.

A gestão dos serviços de saneamento básico pode ser realizada pela administração pública direta ou indireta. Todavia, a sustentabilidade dos sistemas de saneamento básico deve ser discutida, sendo que a continuidade destes serviços é fundamental para a qualidade de vida do ser humano.

Neste trabalho é proposta e aplicada metodologia para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário da cidade de Uberaba, MG. A cidade de Uberaba está localizada sob as coordenadas: latitude: 19°45'23.24"S e longitude 47°56'20.52" O no Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais. Segundo IBGE (2010), a população do município de Uberaba, no ano de 2010, era de 295.988 habitantes, sendo 289.376 residentes na área urbana e 6.612 na área rural. Devido à população residente em área rural representar menos de 2,5% da população total do município e aos dados sobre esta serem escassos, é considerada neste trabalho, somente a população urbana.

A localização do município de Uberaba no Estado de Minas Gerais pode ser visualizada na Figura 1:

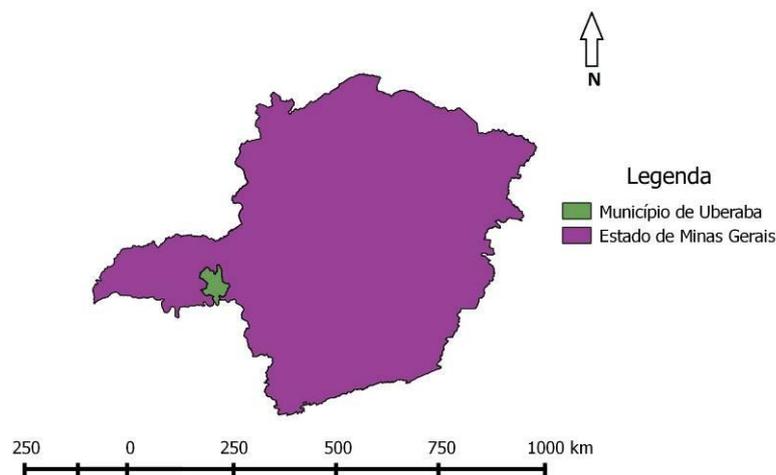


Figura 1: Localização Geográfica do Município de Uberaba no Estado de Minas Gerais
Fonte: Autor¹ (2015).

Os limites do município de Uberaba são: “ao norte com Uberlândia e Indianópolis, leste com Nova Ponte e Sacramento, oeste com Conceição das Alagoas e Veríssimo e, por fim, ao sul com Conquista, Água Comprida, Delta e Estado de São Paulo” (UBERABA, 2014). A altitude máxima encontrada no município é de 1.031 m, na Serra de Ponte Alta, a mínima é de 522 m e a média 765 m. A cidade de Uberaba tem como principal manancial para abastecimento o rio que traz o mesmo nome da cidade, estando a nascente deste situada na Serra de Ponte Alta. O sistema de tratamento de esgotos sanitários está em ampliação, sendo a principal Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) denominada de Francisco Velludo, estação esta que após o tratamento do efluente realiza o lançamento deste no rio Uberaba, a jusante da captação de água utilizada para o abastecimento de água da cidade (UBERABA, 2014).

O abastecimento de água da cidade é realizado principalmente pela captação no rio Uberaba, sendo que existe também a captação por poços tubulares. O manancial utilizado para o abastecimento da cidade tem se apresentado, durante os meses de seca, insuficiente para abasteci-

¹ Shapes utilizados e modificados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

mento da cidade, haja vista a necessidade de captação de água em outra bacia hidrográfica, sendo esta a do rio Claro (UBERABA, 2014).

1.1 Justificativas da Pesquisa

Neste trabalho é realizada a Avaliação de Sustentabilidade (AS) dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário da cidade de Uberaba, MG, o que poderá ensejar pesquisadores a utilizarem outras ferramentas para avaliação de sustentabilidade neste mesmo sistema (abastecimento de água e esgotamento sanitário da cidade de Uberaba), comparando assim a efetividade de cada uma. Esta pesquisa também poderá ser ampliada, abrangendo outras dimensões da sustentabilidade e não somente a ecológica como é tratada neste trabalho.

Não são objetos deste estudo os sistemas de coleta e destinação de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais, embora façam parte do sistema de saneamento básico da cidade, uma vez que, a análise destes demais sistemas tornaria este trabalho demasiadamente longo. Estes sistemas poderão ser objeto de avaliações posteriores, empregando metodologia semelhante à abordada nesta pesquisa.

A definição do objeto para este estudo se deu em função de uma reportagem publicada no sítio da Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE, 2015), na qual o Plano Municipal de Saneamento Básico de Uberaba (PMSB) é considerado como referência pelo Ministério das Cidades no aspecto mobilização social. Além disso, Uberaba está entre os municípios que tiveram melhor resultado no país quanto ao atendimento no prazo para entrega junto ao Ministério das Cidades, levantamento de dados dos sistemas além da mobilização social já citada.

Segue trecho da matéria:

Em Uberaba, o PMSB tornou-se referência para o Ministério das Cidades, que por ocasião da 43ª Assembléia da Assemae, destacou a ampla participação popular na fase das 27 micro-conferências. Nesta etapa, os mais de 2 mil participantes colaboraram com as milhares de propostas que se resumem na universalização dos serviços de saneamento no município (ASSEMAE, 2015).

A partir da repercussão do PMSB de Uberaba dado ao reconhecimento nacional quanto à mobilização social no seu processo de elaboração, é possível inferir que a população da cidade está empenhada em contribuir com a melhoria do sistema de saneamento. O referido PMSB abordou os quatro eixos do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e resíduos sólidos). Neste documento, consta também o diagnóstico do sistema de saneamento básico da cidade, porém não há a avaliação da sustentabilidade deste sistema ou de algum de seus eixos.

Devido ao elevado volume de informações e a complexidade dos sistemas em análise, é realizada neste trabalho a avaliação de sustentabilidade dos eixos abastecimento de água e esgotamento sanitário apenas sob a dimensão ecológica que neste trabalho é tratada como sustentabilidade ambiental. A avaliação de sustentabilidade destes dois eixos e dos demais sob as outras visões da sustentabilidade ficarão como sugestão para outros trabalhos. Além da verificação se o sistema está em direção a sustentabilidade, serão propostos quais itens devem ser monitorados prioritariamente para acompanhamento destes componentes do sistema ao longo do tempo. Esse monitoramento é de suma importância, haja vista que o PMSB tem como horizonte de planejamento de vinte anos devendo ser revisado a cada quatro anos.

Considerando a visão de Sachs (2004) de que o desenvolvimento sustentável é aquele que é viável ao longo do tempo, faz-se necessário verificar se o sistema de saneamento básico de Uberaba está caminhando em direção a sustentabilidade, ou seja, se tem viabilidade ao longo do tempo.

Neste cenário, surge a necessidade de desenvolver e aplicar metodologias para análise de determinados segmentos e, assim, validar ou descartar metodologias de avaliação de sustentabilidade. A metodologia indicada neste trabalho é algo que vem para fomentar as discussões sobre sustentabilidade ambiental, sendo neste caso, proposta a avaliação de sustentabilidade ecológica dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário da cidade de Uberaba. No saneamento básico, a literatura quanto à avaliação de sua sustentabilidade é escassa, principalmente quando é avaliada a sustentabilidade ecológica deste setor.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade sob a dimensão ecológica dos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário da cidade de Uberaba, MG, com a utilização de indicadores de sustentabilidade e do método Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR).

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário de Uberaba.
- b) Identificar as principais pressões e os impactos ambientais exercidos pelos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.
- c) Definir indicadores de sustentabilidade ambiental, o que poderá servir como parâmetro para o monitoramento dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba, MG.

Capítulo 2

Sustentabilidade Ambiental e Avaliação de Sustentabilidade

2.1 Conceitos e princípios de sustentabilidade

Segundo Sachs (2004), a sustentabilidade no desenvolvimento das civilizações humanas dependerá da disposição de se submeter às capacidades do ambiente, assim como um bom uso dos recursos disponibilizados pela natureza. É por isso que se utiliza o termo *desenvolvimento sustentável*. O desenvolvimento sustentável deve ser desdobrado para melhor elucidação de seu significado, podendo ser descrito como: desenvolvimento socialmente incluyente, ambientalmente sustentável e economicamente viável no tempo.

O Relatório Brundtland publicado em 1987 denominado de Nosso Futuro Comum foi um marco na sociedade para a aceitação do conceito de desenvolvimento sustentável. Este termo está fundamentado em dois princípios-chave que são: as necessidades essenciais dos “pobres do mundo” (CMMAD, 1991, p. 46) e também quanto à noção dos entraves impostos pela organização da sociedade que gera limitações ao meio ambiente promovendo dificuldade de atendimento das necessidades presentes e futuras. A partir destes dois princípios surgiu o conceito que disseminou na literatura especializada em que o desenvolvimento sustentável é aquele capaz de satisfazer as necessidades e aspirações humanas sem comprometer a disponibilidade de recursos para as gerações futuras (CMMAD, 1991).

Para Mikhailova (2004), uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre, onde o desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade de vida do homem em seu ambiente ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossiste-

mas terrestres. Sendo considerada a evolução dos termos relacionados à sustentabilidade, verifica-se que não existe um conceito único sobre sustentabilidade no desenvolvimento contemporâneo que albergue os vários interesses da sociedade.

Devido às divergências conceituais, diferentes autores tentaram definir o que é o desenvolvimento sustentável. Todos os conceitos levantados até o momento são passíveis de discussão e não são unânimes, apesar de ambos concluírem que é urgente a necessidade de encontrar uma solução para a crise ambiental no planeta Terra. Essas discussões direcionam para questões como: quem sai ganhando e o que se ganha no desenvolvimento sustentável, se vale a pena as perdas previstas assim como o que ganho e o que perco para viabilizar este novo modelo de desenvolvimento (MALHEIROS, 2014).

Segundo Andrade (2006), a sustentabilidade não tem sua definição concluída e talvez, nunca se encontre um conceito único e assertivo para este termo, pois a relação entre as atividades humanas com o meio ambiente sofrem alterações constantemente o que pressiona a modificações na forma de conceituar a “sustentabilidade” principalmente quando analisada pela ótica ambiental. Neste contexto, as avaliações de sustentabilidade também devem ser maleáveis quanto às mudanças de concepções do desenvolvimento sustentável, havendo sempre novas análises e discussões sobre a temática.

Rodrigues (2010), enfatiza que por meio da discussão de alguns conceitos como a multidisciplinaridade, interdisciplinaridade, transdisciplinaridade, sustentabilidade, etc., existe a busca em inserir alterações na maneira de pensar o meio ambiente.

De acordo com Benetti (2006), a polêmica do desenvolvimento sustentável está presente em dois locais, sendo estes: no objetivo comum e nos indivíduos. Existe a dificuldade em se “estabelecer um objetivo conjunto, mesmo considerando as mudanças e pretensões individuais específicas, assim como cada indivíduo percebe este “objetivo maior”, sendo que o desenvolvimento sustentável é descrito por alguns como o objetivo, enquanto outros “pensam que se trata do próprio processo, e, outros ainda, o percebem como um conjunto disso tudo”. A polêmica está além da noção de desenvolvimento sustentável, havendo “uma maneira implícita de como interagir, no processo, com o ambiente” (BENETTI, 2006, p.24).

A discussão sobre sustentabilidade é rica, sendo as conclusões divergentes em alguns casos, o que direciona ao pensamento de que “parece não existir uma definição exata para o que seja ‘sustentabilidade’, termo ou paradigma de conduta que possui apenas definições imprecisas” (ANDRADE, 2006, p.95), o que remete a confirmação do que foi concluído por Mikhailova (2014, p. 39), “não existe um conceito único de desenvolvimento sustentável que” englobe “os vários aspectos do desenvolvimento contemporâneo”.

Segundo Ferreira (2007), a sociedade contemporânea está próxima de seu limite, em que, o elevado consumo, alterações climáticas, crescimento populacional, degradação do meio ambiente e as desigualdades sociais vão se agravando, haja vista que o planeta Terra tem seus limites quanto à recursos e espaço. Assim, torna-se imprescindível que sejam alterados os valores e atitudes com o meio ambiente, e ainda, que os cidadãos sejam estimulados e conscientizados de maneira duradoura destes problemas, o que irá gerar uma nova perspectiva do conceito de sustentabilidade.

Para alguns autores, o termo ‘sustentabilidade’ não vai além de uma nova aparência da economia neoliberal, buscando forma de sustentar e manter o existente modo de produção por meio da reserva de insumos pelos grupos dominantes dos processos produtivos mundiais (ANDRADE, 2006).

Na avaliação da sustentabilidade ambiental, os princípios são de fundamental importância. Vale destacar que, em algumas análises, o princípio se aproxima da definição de sustentabilidade ambiental, sendo vista nesta ótica a sustentabilidade como um mecanismo de desenvolvimento com o menor grau de impacto ao meio ambiente. Um dos princípios para a sustentabilidade está em não utilizar mais recursos do que a biocapacidade do ambiente, o que se assemelha à definição de sustentabilidade, que visa garantir recursos naturais para “a presente e futuras gerações” (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2012). Para Andrade (2006, p. 40), “a sustentabilidade tem sido um termo de difícil adesão” devido a seus “parâmetros pouco precisos”. Esta falta de precisão dos parâmetros apontados pelo autor são resultados das diferentes derivações para a definição de sustentabilidade em sua análise holística ou simplesmente na esfera ambiental.

As políticas de desenvolvimento sustentável nem sempre são positivas, ou seja, apenas com ganhadores. Verifica-se que são diversos conflitos, tensões políticas e sociais, contrapondo os objetivos do crescimento econômico com os da sustentabilidade, que são amplos. Para viabilizar a implementação das estratégias e ações para a sustentabilidade, são necessárias negociações de médio e longo prazo, para aliviar as pressões em que predomine o cálculo econômico (imediatista), esse é o princípio da progressividade atuando em favor do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, os “princípios ambientais” que são da prevenção e da precaução são de fundamental importância em meio ao aumento da expectativa de vida da população, sendo necessário propiciar para estas pessoas condições de saúde, reduzindo os custos hospitalares e assegurando a qualidade de vida para que esta seja produtiva (BRASIL, 2004, p. 46).

De acordo com Sachs (2004), o conceito de desenvolvimento sustentável apresenta três dimensões que são: econômica, social e ambiental. É notório que existem diversas definições e abordagens quanto ao termo sustentabilidade; quando se trata de Sustentabilidade Ambiental (ecológica) a definição se torna ainda mais ampla e de difícil definição, haja vista que as questões ambientais passam constantemente por alterações.

2.2 Modelos e indicadores para avaliação de Sustentabilidade

A generalização do uso de indicadores deu início por volta do ano de 1947, desde este momento, a associação do Produto Interno Bruto (PIB) a dados demográficos passou a ser utilizada como indicador para mensurar o desenvolvimento.

Somente após a realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente em Estocolmo, em 1972, que se atentou para as questões ambientais como parte do processo de desenvolvimento, sendo que se iniciaram algumas tentativas para definir e classificar as variáveis que devem ser consideradas para consolidar as estatísticas econômicas e ambientais. No entanto, devido à variação da periodicidade, estrutura e bases metodológicas dos primeiros relatórios ambientais publicados na década de 1970, os indicadores ambientais comuns só se

desenvolveram internacionalmente a partir dos finais dos anos 1980 após a publicação do relatório Brundtland (BRASIL, 2014).

Os indicadores de sustentabilidade ambiental têm por objetivo, fornecer dados de maior abrangência para viabilizar as análises e respectivas avaliações de tendências e alterações no meio físico e social. Em função do processo de aumento da urbanização e conseqüentemente dos impactos ambientais, a utilização dos indicadores de sustentabilidade ambiental foi ampliada consideravelmente (BRITO, 2003).

Para Veiga (2010), a avaliação de sustentabilidade exige diversos indicadores, com medidas simultâneas no meio econômico, ambiental e social. Neste contexto, as principais diferenças estão na necessidade de substituir valores (monetários) como o PIB e adotar uma medida, como renda domiciliar, por exemplo, e ainda buscar um indicador de qualidade de vida que agregue as evidências científicas para esse novo ramo que é a economia que prioriza o bem-estar de cada indivíduo.

Na visão da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) (1993), um indicador ambiental deve ser selecionado considerando alguns critérios, sendo eles: relevância política e utilidade para os usuários, solidez analítica e mensurabilidade. Quanto à relevância política e utilidade para os usuários, um indicador deve fornecer uma imagem representativa das condições ambientais, as pressões sobre o meio ambiente ou respostas da sociedade, sendo este de fácil interpretação, sensível as mudanças do ambiente e atividades humanas, etc. Um indicador no que tange a solidez analítica deve ser, teoricamente, bem fundamentado em termos técnicos e científicos. A mensurabilidade de um indicador deve ter no mínimo uma relação custo/benefício razoável, adequadamente documentado e com atualização regular de seus dados.

Verifica-se que o uso de indicadores ambientais deve ser realizado em função dos objetivos, sendo estes de fundamental importância para reduzir o tempo para avaliação de sustentabilidade ambiental e minimização de custos. Esses indicadores devem ser escolhidos seguindo critérios e de acordo com as especificidades do que está sendo avaliado quanto ao desenvolvimento favorável ou desfavorável à sustentabilidade ambiental.

Na visão de Miranda (2003, p. 01), “... os indicadores são importantes ferramentas de avaliação, desde que seja possível relacioná-los aos conceitos e princípios de sustentabilidade”, por meio dos indicadores de sustentabilidade é possível “... avaliar e monitorar as tendências de desenvolvimento sustentável, definindo metas de melhoria dos sistemas” (MIRANDA, 2003).

Os indicadores de sustentabilidade ambiental fazem parte dos modelos ou métodos de avaliação de sustentabilidade. Cada indicador, modelo ou método utilizado para a avaliação desta sustentabilidade não é assertivo isoladamente, criando assim a necessidade de avaliações de diferentes maneiras e óticas para que o resultado obtido tenha maior consistência.

Segundo Van Bellen (2004), considerando o número de citações e ocorrências dos modelos para avaliação de sustentabilidade, assim como a existência de referencial teórico e empírico suficiente e adequado sobre cada método, dezoito se destacam mundialmente. Estes 18 métodos estão elencados no Quadro 1:

Quadro 1: Métodos de avaliação de sustentabilidade com maior destaque segundo Van Bellen (2004)

Método	Entidade
PSR (Pressure/State/Response)	OECD – Organization for Economic Cooperation and Development
DSR (Driving-Force/State/Response)	UN/CSD – United Nations Commission on Sustainable Development
GPI (Genuine Progress Indicator)	E. Daly e John Cobb
HDI (Human Development Index)	UNDP – United Nations Development Programme
MIPS (Material Input per Service)	Wuppertal Institut – Alemanha
DS (Dashboard of Sustainability)	International Institut for Sustainable Development – Canadá
EFM (Ecological Footprint Model)	Wackernagel and Rees
BS (Barometer of Sustainability)	IUCN – Prescott-Allen
SBO (System Basic Orientors)	Bossel – Kassel University
Wealth of Nations	(World Bank)
SEEA (System of Integrating Environment and Economic)	United Nations Statistical Division
NRTEE (National Round Table on the Environment and Economy)	Human/Ecosystem Approach – Canadá

PPI (Policy Performance Indicator)	Holanda
IWGSD (Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators)	US President Council on Sustainable Development Indicator Set
EE – Eco Efficiency	WBCSD (World Business Council on Sustainable Development)
SPI (Sustainable Process Index)	Institute of Chemical Engineering - Graz University
EIP (European Indices Project)	Eurostat
ESI (Environmental Sustainability Index)	World Economic Forum

Fonte: Adaptado de Van Bellen (2004).

Após envio de questionário para 80 especialistas que atuam ou lidam com avaliação de sustentabilidade ambiental solicitando as cinco metodologias mais relevantes para a avaliação de sustentabilidade, foi verificado por Van Bellen (2004) que, dos 18 modelos apresentados preliminarmente, os cinco mais apontados pelos especialistas corresponderam a 48,10% das indicações.

Assim, os métodos mais indicados pelos especialistas que responderam aos questionários estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Cinco metodologias mais indicadas pelos especialistas.

Métodos	Número de indicações	Percentual
EFM – Ecological Footprint Method	11	13,92
DS - Dashboard of Sustainability – IISD	10	12,66
BS – Barometer of Sustainability – IUCN	7	8,86
HDI – Human Development Index – UN	5	6,33
PSR – Pressure, State, Response – OECD	5	6,33
Outras	41	51,90

Fonte: Adaptado de Van Bellen (2004).

No Quadro 2 é verificado que das dezoito metodologias apontadas por Van Bellen (2004), mais de um quarto das utilizadas para a avaliação de sustentabilidade são compostas pelos modelos Ecological Footprint Method (EFM) ou Pegada Ecológica (PE) e Dashboard of Sustainability (DS) ou Painel de Sustentabilidade. Cada um dos cinco métodos apresentados no

Quadro 2 tem uma abordagem na a avaliação de sustentabilidade, sendo estas descritas a seguir:

2.2.1 Pegada Ecológica

A humanidade consome mais recursos ambientais do que a capacidade de reposição do planeta Terra, e, ainda, as emissões de Dióxido de Carbônico (CO₂) são superiores a capacidade de absorção dos ecossistemas (WWF-BRASIL, 2012), o que torna a manutenção da vida humana insustentável na atual conjuntura.

Para definição da qualidade no desenvolvimento do ambiente urbano, existe a busca por parâmetros que possam ser quantificados e, assim, haja a verificação da sustentabilidade do meio analisado (ANDRADE, 2006).

A Pegada Ecológica ou *Ecological Footprint Method (EFM)* preconiza a mudança de hábitos da sociedade, fomentando por meio do consumo responsável a reciclagem total com ações no meio social e tecnológico, sempre buscando a redução do impacto ao meio ambiente, ou seja, reduzindo a ‘pegada’ de cada ser humano no Planeta (WWF-BRASIL, 2012).

Segundo Brito (2003, p. 54), “... cidades e países inteiros sobrevivem de bens e serviços adquiridos através de um comércio estabelecido entre todas as partes do mundo, contribuindo para o aumento da pegada ecológica...”, uma vez que, a pegada ecológica tem seu conceito vinculado à área necessária para suprir as necessidades de determinada população. A pegada ecológica pode ser utilizada para medir o consumo atual e futuro de qualquer população, confrontando esta informação com a “... provisão de ecologia disponível”. Igualmente, “... a Pegada Ecológica é comparada com a capacidade regenerativa do planeta, isto é, sua biocapacidade.” (WWF-Brasil, 2012 p. 24).

De acordo com WWF-Brasil (2012 p. 26), biocapacidade, também chamada de capacidade biológica, importa a envergadura dos “... ecossistemas em produzir materiais biológicos úteis

e absorver os resíduos gerados pelo ser humano, utilizando as atuais metodologias de gestão e tecnologias de extração”.

Na visão de Brito (2003, p. 54), a pegada ecológica se vincula ao espaço necessário para atender necessidade de determinada população.

No Brasil, verifica-se que até o ano de 2010 a pegada ecológica era menor que a biocapacidade de de sua extensão (Figura 2):

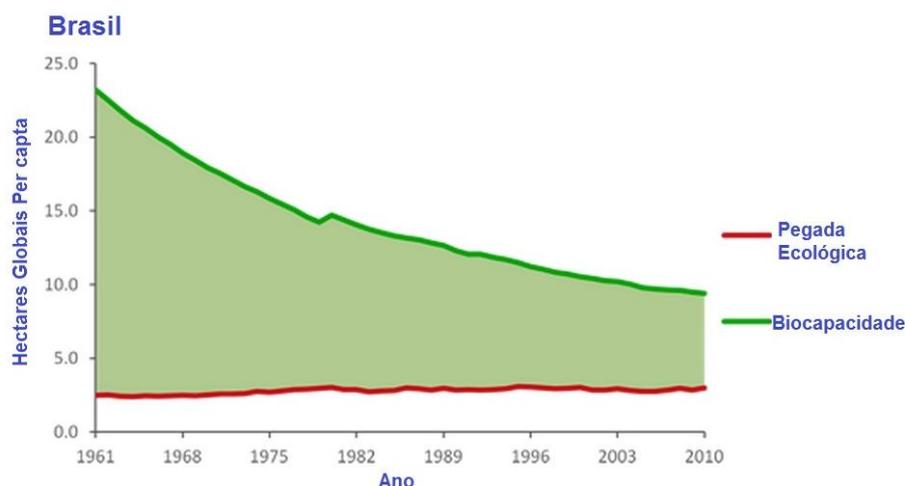


Figura 2: Pegada e Ecológica e Biocapacidade do Brasil.

Fonte: Adaptado de Global Footprint Network (2012).

Sendo realizada a avaliação de sustentabilidade com embasamento no modelo da Pegada Ecológica, é possível inferir que, em 2010 o país se encontrava em termos de recursos naturais em condição compatível com o processo de sustentabilidade. Porém, a Avaliação de Sustentabilidade deve ter seu conceito como “guarda-chuva”, englobando diferentes processos para a tomada de decisão (BOND, apud. MALHEIROS, 2014, p. 100). Apesar de estar em situação compatível com a sustentabilidade sob a visão do modelo Pegada Ecológica, o Brasil teve sua biocapacidade reduzida significativamente entre o ano de 1961 e 2010 e sua Pegada Ecológica aumentou de maneira discreta. Na Figura 2 é possível visualizar que entre os anos de 1961 e 2010 a quantidade de área requerida para cada habitante aumentou e, a biocapacidade do país, ou seja, a área disponível (recursos naturais) reduziu significativamente.

A utilização da pegada ecológica como modelo para avaliação de sustentabilidade dos componentes do sistema de saneamento básico da cidade de Uberaba não foi encontrada, fazendo com que a aplicação da Pegada Ecológica neste contexto tenha ineditismo.

Ainda, de acordo com Brito (2003), o cálculo da pegada ecológica, seus dados e análises, podem ajudar os governos e a população a conceberem o desenvolvimento sustentável. Com este cálculo também é demonstrado de “forma simples e acessível, em que ponto estamos e permite comparar com a situação ecológica ano a ano”, “...podendo indicar qual direção devemos tomar e quais projetos e programas que nos conduzem , em termos concretos, rumo ao conceito de sustentabilidade” (BRITO, 2003, p.18).

2.2.2 Painel de Sustentabilidade

O modelo do Painel de Sustentabilidade ou Dashboard of Sustainability (DS) surgiu no fim dos anos 1990. Em 1996, foi criado um grupo consultivo denominado de Wallace Fundo Global com a colaboração de diversos especialistas de cinco continentes sobre o desenvolvimento sustentável e indicadores de desenvolvimento (BENETTI, 2006). Em 1999, este grupo juntou-se ao Fórum para Sustentabilidade Bellagio e, desta colaboração, surgiu o modelo Painel de Sustentabilidade (KRAMA, 2008).

Ainda, de acordo com Krama (2008), o Painel de Sustentabilidade é uma ferramenta eletrônica que apresenta quatro mostradores, semelhante ao painel de um carro. Cada mostrador é para uma dimensão da sustentabilidade sendo estas performances: “econômica, ambiental, social e institucional”.

Na Figura 3 é possível visualizar a *layout* do painel de sustentabilidade (exemplo de configuração realizada por Krama *et al.* (2009)).

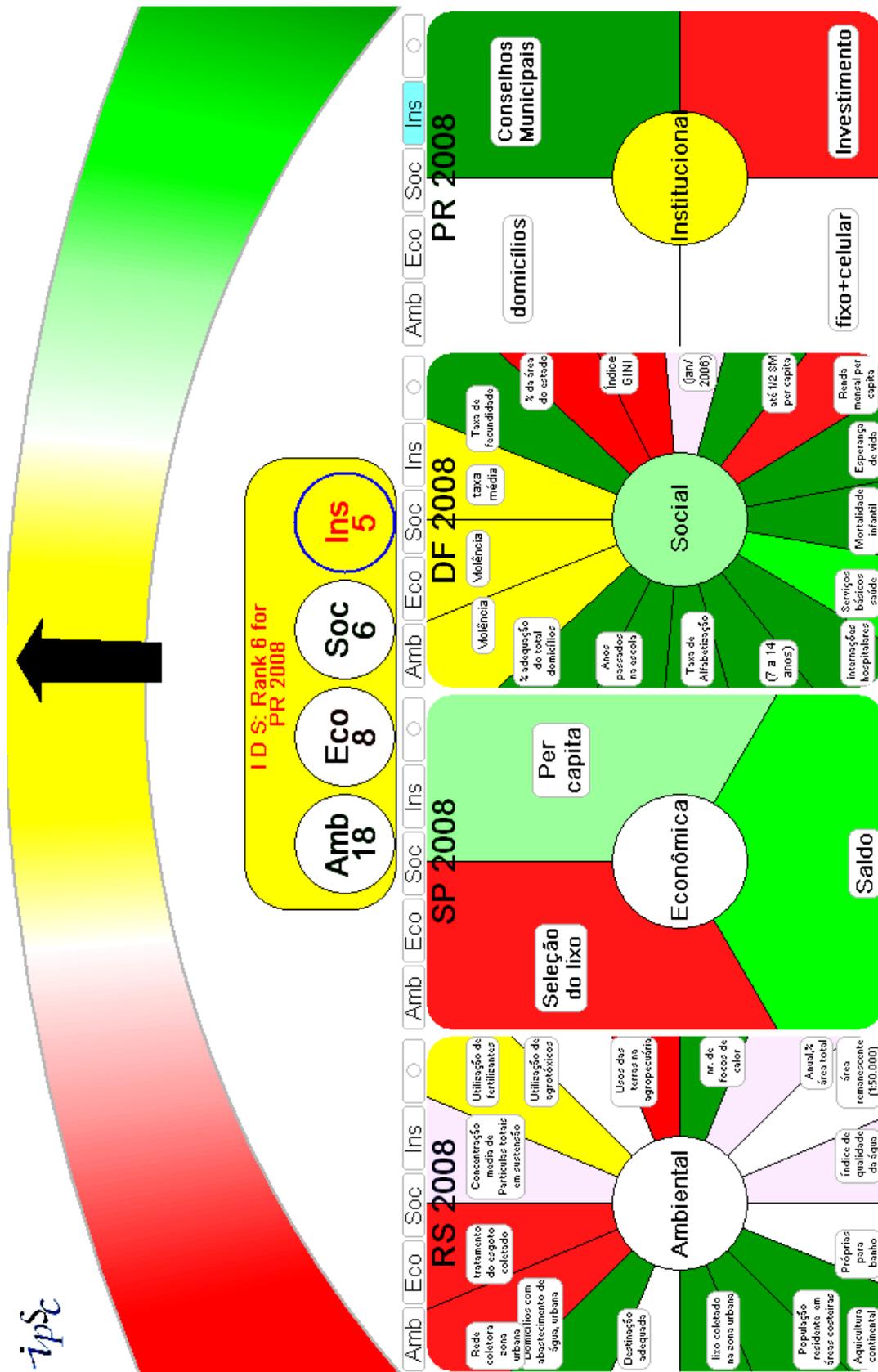


Figura 3: Visão geral do Painel de Sustentabilidade.
 Fonte: Configurado por Krama; Spinosa; Canciglieri Jr. (2009)

Para Benetti (2006), o modelo do Painel de Sustentabilidade tem por meio dos 4 mostradores o desempenho das quatro dimensões da sustentabilidade. No detalhamento das dimensões têm-se de acordo com o autor:

Natureza: “emissão de gases estufa; consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio; concentração de poluentes atmosféricos; terras aráveis; uso de fertilizantes” etc;

Social: “população que vive abaixo da linha de pobreza; taxa de desemprego; relação do rendimento médio mensal por sexo; prevalência de desnutrição infantil; taxa de mortalidade infantil”, etc.;

Econômica: “Produto Interno Bruto (per capita); investimento; balança comercial; dívida externa; empréstimos; intensidade de uso de matéria-prima”, etc.; e

Institucional: “implementação de estratégias para o desenvolvimento sustentável; relações intergovernamentais ambientais; acesso à internet; linhas telefônicas; despesas com pesquisa e desenvolvimento”, etc.

A partir das observações de Krama (2008) e Benetti (2006) é possível inferir que o Painel de Sustentabilidade é uma metodologia holística, o que em determinadas análises pode direcionar a avaliação de sustentabilidade para um caminho demasiadamente longo devido a elevada quantidade de dados possíveis de se obter. Neste contexto, é importante que ao utilizar o Painel de Sustentabilidade, o avaliador realize uma escolha criteriosa para os indicadores.

2.2.3 Barômetro da Sustentabilidade

Segundo Prestes (2010), o Barômetro da Sustentabilidade foi desenvolvido por especialistas vinculados aos institutos International Union for Conservation of Nature (IUCN) e o International Development Research Centre (IDRC), sendo esta ferramenta elaborada a partir do ano de 1993.

Para Lucena *et al.* (2010), o Barômetro da Sustentabilidade é um mecanismo de avaliação de sustentabilidade que relaciona vários indicadores de diferentes dimensões, podendo estes in-

dicadores estar relacionados ao bem-estar do meio-ambiente e ao bem estar humano. As análises com a utilização do Barômetro da Sustentabilidade podem ser empregadas em diferentes dimensões, dentre elas, para o meio ambiente.

O Barômetro da Sustentabilidade se destaca pela capacidade de associar diversos setores, principalmente, a relação meio ambiente e ser humano como apontado por Lucena (2010), além de ser uma ferramenta de fácil entendimento.

Para Prestes (2010, p. 62), os indicadores para medição da sustentabilidade por meio do Barômetro da Sustentabilidade se dão de forma hierarquizada. Sendo desenvolvido um ciclo composto de sete estágios, o que auxilia “os atores envolvidos na avaliação a identificarem os aspectos e as dimensões mais relevantes da comunidade, região ou nação em estudo e, por serem mais representativos, merecem maior atenção dos avaliadores na formulação dos indicadores”. Os sete estágios descritos por Prestes (2010) são:

- Primeiro Estágio: Finalidade da avaliação de sustentabilidade;
- Segundo Estágio: Definição do sistema e da meta;
- Terceiro Estágio - Esclarecimento das dimensões e identificação dos elementos e objetivos;
- Quarto Estágio - Escolha dos indicadores e dos critérios de desempenho;
- Quinto Estágio - Recolhimento dos dados e mapeamento dos indicadores;
- Sexto Estágio - Agregação dos indicadores; e
- Sétimo Estágio - Revisão dos resultados e avaliação das implicações

Os índices levantados pelo Barômetro da Sustentabilidade são geralmente apresentados por meio um gráfico bidimensional como demonstrado por Prestes (2010) na Figura 4:

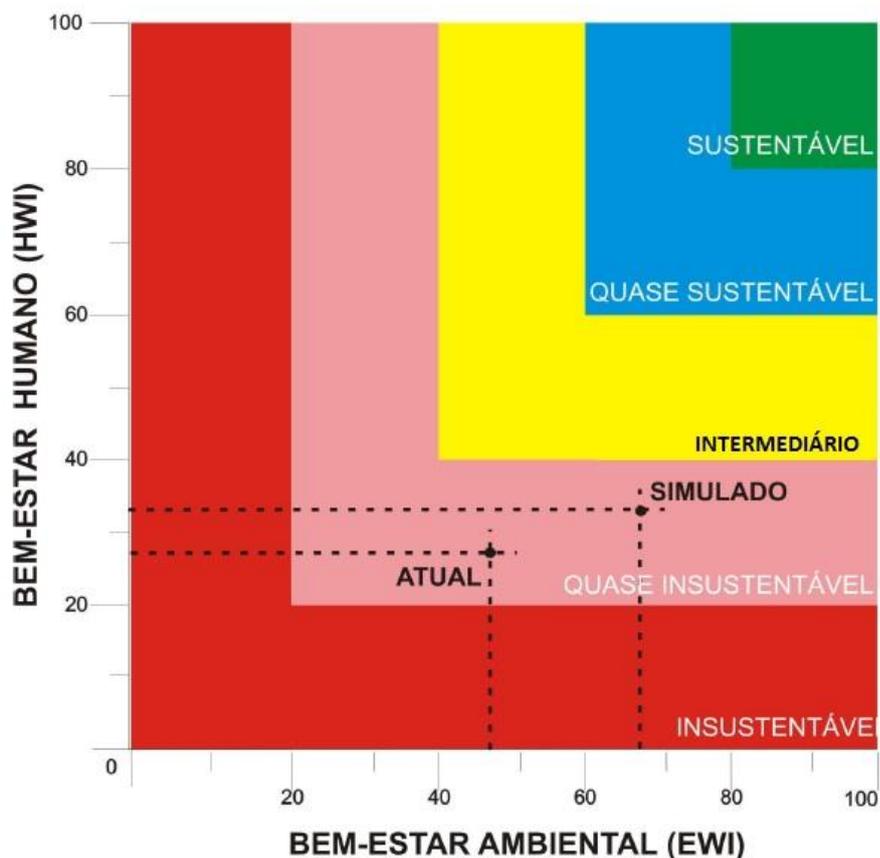


Figura 4: Exemplo de gráfico gerado pelo Barômetro da Sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Prestes (2010).

Verifica-se que o Barômetro da Sustentabilidade tem capacidade de medir as pressões sobre o meio ambiente de maneira eficiente (PRESTES, 2010), porém, exige maior critério quanto à escolha dos indicadores. A escolha incipiente dos indicadores pode gerar resultado inconsistente ou promover a geração de número elevado de indicadores, o que irá dificultar a avaliação de sustentabilidade. Ainda, para a autora, as performances do Barômetro vão de zero a cem, sendo que, “zero é o pior desempenho e, cem, o melhor” e os pesos dos indicadores são iguais (PRESTES, 2010, p. 66).

2.2.4 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) ou *Human Development Index (HDI)* é um indicador de desenvolvimento social que é o resultado da combinação de três indicadores bases:

expectativa de vida, renda e escolaridade. No entanto, o IDH não considera as alterações promovidas pelo progresso, como: demandas na área da saúde, desigualdade, poluição, etc; porém, não deixa de ser um importante indicador que tenta capturar uma dimensão da sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável em sua dimensão social requer esforços junto aos usuários dos recursos naturais para que se sensibilizem quanto aos problemas ambientais e exerça sua cidadania (WWF-BRASIL, 2012).

Para Krama (2008 p. 51), o IDH é “uma média simples” dos índices de desempenho educacional, expectativa de vida e do “PIB verdadeiro ajustado per capita”. Apoiando na descrição do autor é possível inferir que o IDH não tem como objetivo principal analisar a situação ambiental.

Segundo Júnior (2010), para o IDH, a renda per capita bruta é um indicador que avalia o desenvolvimento de uma comunidade ou de um país quanto à renda per capita, a saúde e a educação. A questão ambiental não é fator fundamental para o cálculo do IDH. Para o autor, o IDH pode ser calculado pela equação 1, sendo que, o IDH varia de 0 a 1 assim como as variáveis que correspondem a escolaridade, renda e longevidade:

$$\text{IDH} = \frac{\text{L} + \text{E} + \text{R}}{3} \quad \dots \text{Equação 1}$$

Sendo que a letra L significa a longevidade dos membros da população, a letra E é referente a educação e o R é quanto a renda. Verifica-se que o IDH apesar de ser um índice utilizado mundialmente não tem seu direcionamento para as questões ambientais, o que faz deste indicador ou modelo adequado para questões com destaque para o social e econômico. O IDH quanto mais próximo de 1, mais desenvolvida é aquela comunidade.

2.2.5 Modelo Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR)

No ano de 1990, com a Conferência dos Estatísticos europeus, foram estabelecidas novas referências, tanto conceituais quanto metodológicas, as quais passaram a constituir os indicadores ambientais. Com esse novo referencial, as questões ambientais foram vistas de forma inte-

grada com as políticas setoriais. Em 1993, a OECD adotou um conjunto de indicadores ambientais, sendo tomada a estrutura de classificação PER (Pressão – Estado – Resposta) que abordou os problemas ambientais segundo a relação de causalidade (BRASIL, 2014). O modelo PER para o estudo dos indicadores ambientais, adotado pela OECD (1993) vem sendo aceito e utilizado internacionalmente. Na Figura 5, é possível visualizar a estrutura do modelo e a relação entre as Pressões, Estados e Respostas do ambiente e sociedade.

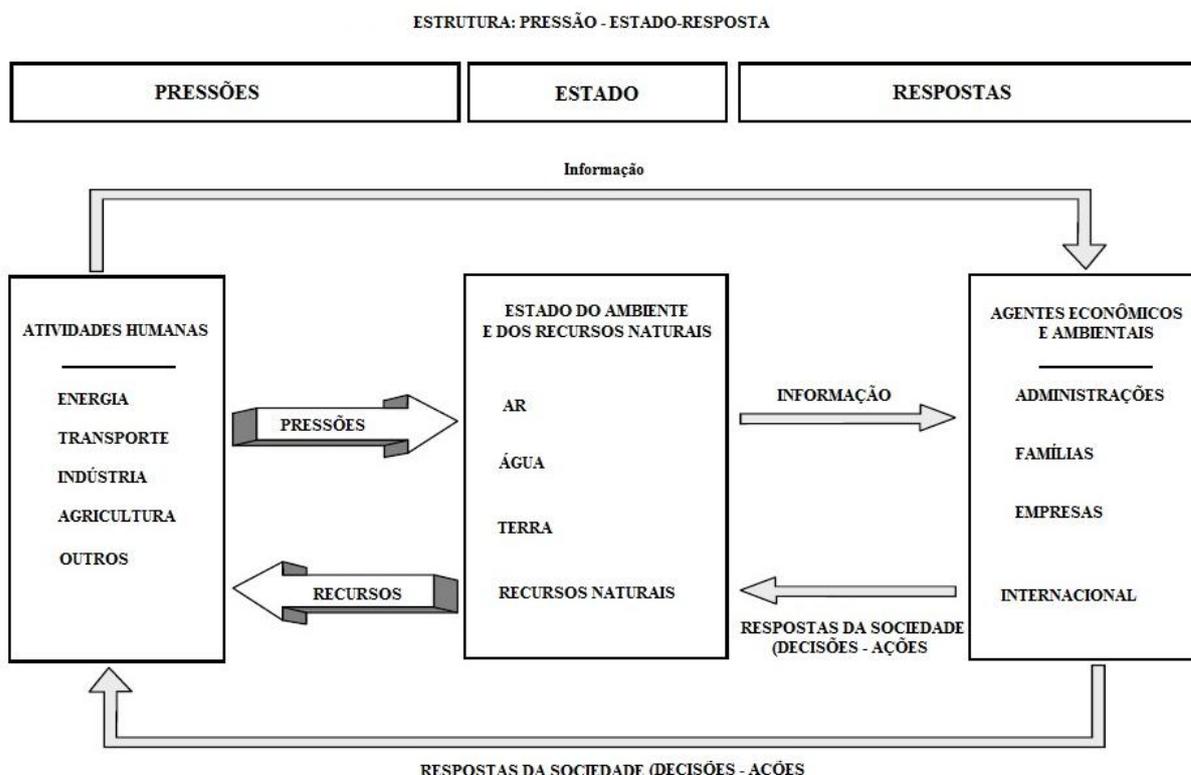


Figura 5: Estrutura do Modelo PER.

Fonte: Adaptado de OECD (1993).

No âmbito do PER, de acordo com a OECD (1993), os indicadores são divididos em três grandes grupos, sendo estes:

- Indicadores de influências ambientais, os quais correspondem ao segmento das “pressões”. Estes indicadores descrevem as pressões decorrentes das atividades humanas sobre o meio ambiente considerando inclusive a quantidade e qualidade dos recursos naturais. Neste segmento, pode haver distinção entre as pressões, sendo estas diretas (exercidas direta-

te sobre o meio ambiente) ou indiretas (atividades humanas que levam a pressões ambientais).

- Indicadores de condições ambientais, sendo este segmento correspondente ao “estado” do modelo PER. Que se referem à qualidade e quantidade de recursos naturais existentes no meio ambiente, estes indicadores devem promover uma visão geral da situação do meio ambiente.
- Alguns indicadores apontam para as respostas sociais, mudanças e preocupações ambientais, esses indicadores correspondem a “resposta” do modelo PER (OECD, 1993).

Porém, considerando a crescente degradação ambiental, houve a necessidade de incorporar o componente “I” que significa o impacto gerado pela urbanização sobre o meio ambiente. Esse novo modelo sugere a identificação das atividades antrópicas que comprometem o meio ambiente, passando a sigla a ser designada por PEIR (Pressão – Estado – Impacto - Resposta). Neste contexto, se caracteriza o PEIR também como um programa de comunicação que objetiva sensibilizar quanto às questões ambientais, proporcionando alternativas para ações, por meio das quais é possível além de outras atribuições, analisar medidas corretivas, e tomar novos rumos no desafio de solucionar os problemas ambientais assim como identificar competências e níveis de responsabilidade dos agentes sociais envolvidos (SILVA *et al.* 2012).

De acordo com Silva *et al.* (2012), o PEIR pode ser facilmente adaptado conforme as necessidades de precisão, respeitados os objetivos e as características. Em algumas relações avaliadas, os termos podem estar presentes em mais de uma classe, uma vez que há relação direta entre as dimensões, ao passo em que uma aperfeiçoa a outra.

O modelo PEIR, devido a sua facilidade de adaptação conforme exposto por Silva *et al.* (2012), deu origem a diversas outras siglas para o modelo, devido as ações que foram adicionadas visando atender as especificidades de cada análise. Dentre estas derivações está a FPEIR (Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta) utilizado pela European Environment Agency (EEA) (PIZELLA; SOUZA, 2013, p. 247).

2.2.6 Modelo para a Avaliação de Sustentabilidade Ambiental (ASA) dos Sistemas de Abastecimento de água (SAA) e Esgotamento Sanitário (SES) de Uberaba

Para a realização de uma Avaliação de Sustentabilidade Ambiental é necessário o conhecimento das metodologias existentes para que seja possível determinar a que melhor se aplica ao caso em estudo. De acordo com Van Bellen (2004), a Pegada Ecológica, o Painel de Sustentabilidade e o Barômetro da Sustentabilidade foram as metodologias mais indicadas pelos especialistas. E ainda, para Maduro-Abreu *et al.* (2009, p. 74), a Pegada Ecológica é a mais lembrada e referenciada metodologia para a avaliação de sustentabilidade “e que muitas conclusões vêm sendo tomadas em função de seus resultados”.

A Pegada Ecológica se mostra de objetiva aplicação para avaliações de sustentabilidade ambiental e seu foco está na capacidade de reposição do planeta Terra quanto aos recursos naturais como demonstrado pelo WWF-Brasil (2012). Assim, a Pegada Ecológica se difere do IDH, uma vez que este não considera as alterações promovidas pelo progresso, como: demandas na área da saúde, desigualdade, poluição, etc; (WWF-BRASIL, 2012). Assim, o IDH é não é adequado para a finalidade deste trabalho.

O Painel de Sustentabilidade criado nos fins dos anos 1990 é outra ferramenta que tem viabilidade para uma Avaliação de Sustentabilidade, porém, não será utilizada para esta ASA, haja vista que, como apontado por Krama (2008), sua análise tem amplitude maior, abrangendo as performances: “econômica, ambiental, social e institucional”, o que deixaria este trabalho demasiadamente extenso. Essa amplitude presente na metodologia do Painel de Sustentabilidade também está presente no Barômetro da Sustentabilidade como apontado por Lucena *et al.* (2010), havendo o relacionamento entre vários indicadores de diferentes dimensões podendo estes indicadores estarem relacionados ao bem-estar do meio-ambiente e ao bem-estar humano, sendo a utilização destas metodologias sugestão para outros trabalhos.

Dentre os cinco modelos ou métodos apresentados por Van Bellen (2004), o PER, com seu aperfeiçoamento com a inserção do “I” (PEIR), pode ser facilmente adaptado conforme as necessidades de precisão, respeitados os objetivos e as características do evento em análise como apontado por Silva *et al.* (2012). Segundo Brasil (2013), a estrutura utilizada para o

PEIR é: Pressão: Por que isto ocorre?; Estado: O que está acontecendo com o meio ambiente?; Impacto: Qual é o impacto?; Resposta: O que pode ser feito e o que está sendo feito agora.

Os maiores impactos gerados ao meio ambiente estão diretamente relacionados com as principais pressões exercidas sobre este, para a determinação das pressões e impactos ambientais, assim como situações e respostas, é viável a utilização do modelo PEIR. De acordo com Silva *et al.* (2012), por meio do PEIR é possível analisar medidas corretivas e tomar novos rumos no desafio de solucionar os problemas ambientais. Assim, realizar a ASA com o subsídio do PEIR poderá auxiliar nas revisões que deverão ocorrer a cada quatro anos no PMSB de Uberaba levando os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário para caminhos com menores impactos ambientais, favorecendo assim o processo de desenvolvimento em direção a sustentabilidade ambiental.

Avaliar a sustentabilidade em todas as suas dimensões (Ambiental ou ecológica, Econômica, Social, etc.) é uma tarefa complexa e talvez jamais seja realizada de maneira eficiente com apenas um método.

Pelo exposto e considerando os objetivos deste trabalho, optou-se pelo modelo PEIR, embora o modelo da Pegada Ecológica também se mostre interessante e adequado, mas por dificuldades para a sua aplicação ao presente caso, não será utilizado. Para complementar o PEIR, indicadores de sustentabilidade ambiental são levantados para avaliar os sistemas em discussão.

2.2.7 Indicadores gerais de sustentabilidade para sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Para Miranda e Teixeira (2004 p. 271), a escolha dos indicadores de sustentabilidade para sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário pode ser realizada considerando: “relevância; clareza na comunicação; pró-atividade; facilidade para definição de metas; construção participativa; monitoramento participativo; complementaridade à ação comunitária”, etc.

De acordo com levantamento realizado por Miranda (2003), os indicadores mais utilizados para Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) estão divididos em cinco grupos:

Grupo 01: Índice de Recursos Humanos: índice de produtividade operacional total, quantidade total de empregados próprios, índice de produtividade operacional de empregados próprios, quantidade de empregados terceirizados, número de pessoas com licenças médicas nos sistemas e número de acidentes ocorridos/mês nos sistemas.

Grupo 02: Indicadores operacionais: capacidade total de reservação, extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial, retirada anual de água segundo seus diferentes usos, percentual de água subterrânea extraída na total das reservas de águas avaliadas, reserva de água doce superficial e subterrânea, vazão média da bacia ou principal manancial, vazão específica da bacia ou principal manancial ($L/s/km^2$), precipitação na bacia ou no principal manancial no ano, evaporação na bacia ou no principal manancial no ano, volume de esgoto *in natura* lançado nos corpos hídricos, domicílios com instalações sanitárias, consumo de água faturado por economia, consumo micromedido por economia, percentual de água coletada subterraneamente, percentual de água coletada superficialmente, percentual de esgoto tratado, quantidade de economias ativas (água + esgoto), quantidade de ligações ativas (água + esgoto), quantidade de ligações de água, quantidade de ligações de esgoto, índice de perdas por ligação, índice de perdas físicas no tratamento, índice de perdas físicas na produção, índice de perdas físicas na adução, índice de perdas físicas na distribuição, índice de macromedição, índice de micromedição, consumo médio per capita de água, porcentagem de água tratada que é fluoretada, destino do lodo que é gerado em ETA, existência do tratamento do lodo de ETE e existência de interceptores.

Grupo 03: Indicadores econômicos: arrecadação total, despesa de exploração por economia, Despesa de exploração por metro cúbico faturado, despesa média anual por empregado, despesa total com os serviços por metro cúbico faturado, dias de faturamento comprometidos com contas a receber, incidência de pessoas e serviços de terceiros nas despesas totais com serviços, participação das despesas de pessoal total nas despesas de exploração, participação das despesas de produtos químicos nas despesas de exploração, participação das despesas de

energia elétrica nas despesas de exploração, participação das despesas de pessoal próprio nas despesas de exploração, patrimônio líquido, tarifa média de água, tarifa média de esgoto, tarifa da poluição, lucro líquido, índice de perda de faturamento, cobrança pelo serviço de abastecimento de água, cobrança pelo serviço de esgotamento sanitário, percentual do orçamento municipal destinado ao sistema como um todo e percentual de faturas pagas no mês.

Grupo 04: Indicadores de qualidade e eficiência: duração das intermitências prolongadas, duração das paralisações, duração dos extravasamentos registrados, duração média dos reparos de extravasamentos, quantidade de economias ativas atingidas por paralisações, quantidade de economias ativas atingidas por intermitências, ampliação dos serviços de abastecimento de água, ampliação dos serviços de esgotamento sanitário, ampliação dos serviços de tratamento de esgoto antes de ser lançado em corpos hídricos, eficiência da micromedição, porcentagem dos corpos hídricos superficiais na bacia ou região com concentração de coliformes fecais acima dos padrões, coeficiente de incidência de cólera, proporção de prevalência de exames positivos de esquistossomose, notificações e óbitos com doenças de origem por veiculação hídrica, extravasamento de esgoto por extensão da rede, implementação de projetos ambientais em nível de bacia, incidência de análises de cloro residual fora do padrão, incidência de análises de coliformes fecais fora do padrão, incidência de análises de turbidez fora do padrão, população atendida por abastecimento de água, população atendida por esgotamento sanitário, quantidade de extravasamento de esgotos registrados, quantidade de interrupções sistemáticas, quantidade de paralisações, quantidade de reparos em redes de água e esgoto, índice bruto de perdas, índice de perdas por vazamento, índice bacteriológico, número de amostras coletadas com ausência de coliformes fecais, índice físico-químico, índice de conserto de ramais, índice de reparo de juntas e rompimentos, índice de rede pesquisada, quantidade de redes geofonadas, índice de vazamentos apontados, índice de manutenção de hidrômetros, índice de desempenho de consertos de vazamento, número de consertos realizados até 12 horas do registro, Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO), Índice Geral de Qualidade da Água (IGQA), existência de contaminação ou contaminação na captação, existência e forma de proteção na captação, existência de racionamento, realização da vigilância da qualidade da água, realização de programas de controle de perdas de água e

percentual de ocorrência de doenças causadas por veiculação hídrica em hospitais do município.

Grupo 05 – Indicadores de relação com a comunidade: número de cursos e workshops sobre recursos naturais, número de participantes em cursos e workshops realizados, número de projetos implantados para sensibilização, número de práticas de prevenção de poluição e desperdício implantados, quantidade de reclamações sobre os SAA e SES, número de escolas que possuem educação ambiental, número de sites relacionados aos SAA e SES do local e existência de serviço de atendimento ao público.

Para Miranda (2003), há princípios específicos de sustentabilidade para SAA e SES, dentre eles estão: equidade (universalização dos serviços), respeito às condições locais, desempenho econômico, geração de trabalho e renda, gestão solidária e participativa, informação e sensibilização, uso responsável dos recursos naturais, prevenção mitigação e compensação de impactos. Assim, de acordo com o autor é possível estabelecer relação entre os “princípios específicos e as dimensões de sustentabilidade” para estes sistemas (MIRANDA, 2003, p.55) conforme Figura 6:

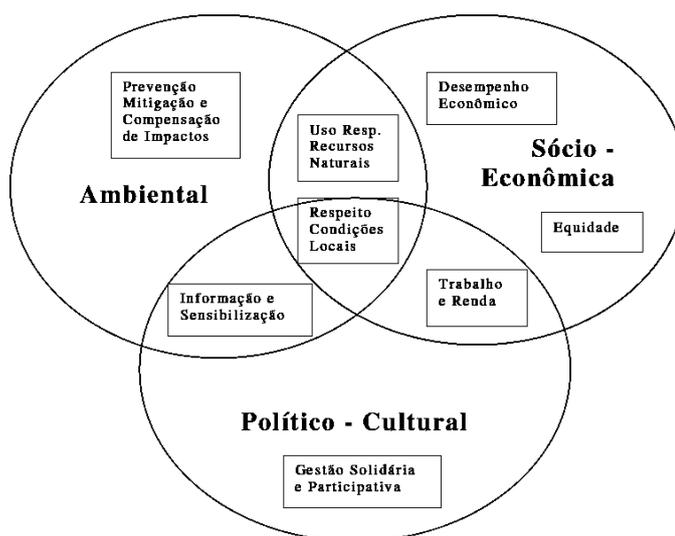


Figura 6: Relação entre dimensões e princípios de sustentabilidade específicos para SAA e SES.

Fonte: Adaptado de Miranda (2003)

Para Miranda (2003), os indicadores de sustentabilidade para SAA e SES, sendo considerados os princípios de uso responsável dos recursos naturais e de prevenção e compensação de impactos ambientais são apresentados no Quadro 3:

Quadro 3: Indicadores de sustentabilidade para SAA e SES, sendo considerados os princípios de uso responsável dos recursos naturais e de prevenção e compensação de impactos ambientais.

Percentual de água subterrânea extraída na total das reservas de águas avaliadas	Consumo micromedido por economia
Reserva de água doce superficial e subterrânea	Precipitação na bacia ou no principal manancial no ano
Percentual de água coletada subterraneamente	Evaporação na bacia ou no principal manancial no ano
Percentual de água coletada superficialmente	Percentual de esgoto tratado
Índice de perdas físicas no tratamento	Tarifa da poluição
Índice de perdas físicas na produção	Quantidade de extravasamento de esgotos registrados
Índice de perdas físicas na adução	Existência de poluição ou contaminação na captação
Índice de perdas físicas na distribuição	Existência e forma de proteção na captação
Índice bruto de perdas	Existência de tratamento do lodo de ETE
Índice de perdas por vazamento	Porcentagem dos corpos hídricos superficiais na bacia ou região com concentração de Coliformes Fecais acima dos padrões
Índice de vazamentos apontados	Extravasamento de esgoto por extensão da rede
Consumo médio per capita de água	Implementação de projetos ambientais em nível de bacia
Duração média dos reparos de extravasamentos	Número de práticas de prevenção de poluição e desperdício implantadas
Índice de rede pesquisada	Existência de interceptores
Extração anual de água subterrânea e superficial na bacia ou no principal manancial	Volume de esgoto <i>in natura</i> lançado nos corpos hídricos
Vazão específica da bacia ou principal manancial (L/s/km ²)	Destino do lodo gerado em ETA
Vazão média de exploração	Duração dos extravasamentos registrados
Retirada anual de água segundo seus diferentes usos	Ampliação dos serviços de tratamento de esgoto antes de ser lançado em corpos hídricos
Quantidade de redes geofonadas	

Fonte: Adaptado de Miranda (2003).

Após a avaliação dos indicadores presentes no Quadro 3, Miranda (2003) concluiu que os mais indicados para SAA e SES quanto ao uso responsável dos recursos naturais e de prevenção e compensação de impactos ambientais são:

- Retirada anual de água segundo seus diferentes usos (SAA)
- Reserva de água doce superficial e subterrânea (SAA)
- Consumo per capita de água (SAA)
- Índice bruto de perdas no sistema (SAA)
- Volume de esgoto *in natura* lançado nos corpos hídricos (SES)
- Percentual de esgoto tratado (SES)
- Existência de poluição na captação de água (SAA)

Capítulo 3

Metodologia

3.1 Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa tem caráter exploratório, sendo que, de acordo com Lakatos e Marconi (2003, p.188), estas indagações são compreendidas como “investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema” sendo que há como finalidade: “desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos.”

Neste contexto, esta pesquisa se estruturou como mostrado na Figura 7:

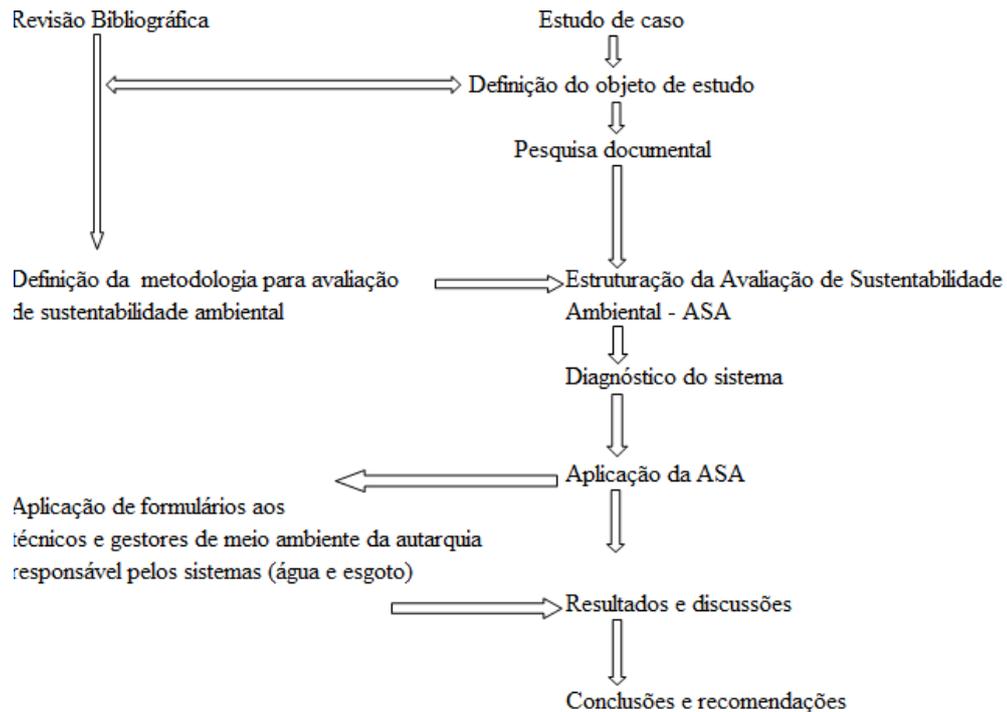


Figura 7: Estruturação da pesquisa.
Fonte: Autor (2015)

3.2 Estruturação da ASA

A ASA foi realizada após o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário da cidade de Uberaba, MG.

Neste contexto, a ASA é realizada por meio das seguintes etapas.

- Levantamento dos principais modelos/métodos para avaliação de sustentabilidade ambiental por meio de revisão bibliográfica;
- Definição dos indicadores para avaliação de sustentabilidade do SAA e SES
- Diagnóstico dos SAA e SES da cidade de Uberaba;
- Identificação das principais pressões, o estado, impactos e respostas dadas para minimização das pressões (PEIR) exercidas pelos SAA e SES sobre o meio ambiente (ASA); Nesta etapa é proposta outra forma de aplicação do PEIR, sendo esta aplicação

realizada sobre cada um dos indicadores de sustentabilidade levantados. Assim, o PEIR se estrutura por meio das seguintes indagações quanto aos fenômenos (indicadores): Por que isto está ocorrendo?; Como está o ambiente, estrutura ou equipamentos referente a este indicador? Qual o impacto gerado por este fenômeno? O que pode ser feito ou está sendo feito para reduzir o impacto negativo gerado por este fenômeno ou relacionado a este?

- Aplicação de questionário aos técnicos e gestores dos SAA e SES para que o autor tenha maior conhecimento sobre o funcionamento dos sistemas, e assim, realizar a ASA com maior segurança.

O diagnóstico dos sistemas foi realizado por meio de visitas aos principais componentes do sistema de esgotamento sanitário, abastecimento de água da cidade de Uberaba e pesquisa documental para a coleta de informações. Os locais visitados foram: ETEs: Francisco Velludo, Conquistinha e Filomena Cartafina; ETAs: I e II, Centros de reservação, captação de água no rio Uberaba e captação de água no rio Claro.

As principais metodologias para avaliação da sustentabilidade do abastecimento de água e esgotamento sanitário foram elencadas a partir do trabalho de Van Bellen (2004). Para o levantamento das principais pressões ambientais e composição do quadro do PEIR foram utilizadas as visitas *in loco* e também a literatura disponível sobre o tema.

Neste contexto, a ASA se efetiva em síntese, conforme o processo descrito na Figura 8.

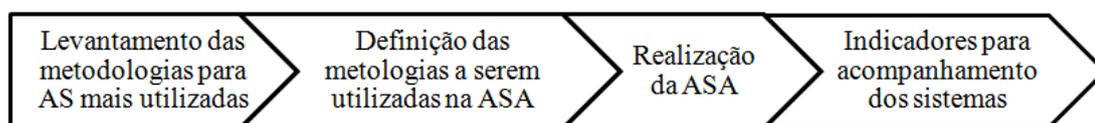


Figura 8: Efetivação da ASA.

Fonte: Autor (2015)

Com o conhecimento das principais pressões e impactos ambientais foi possível indicar os itens básicos para o monitoramento do sistema (indicadores). Para efeito de monitoramento é proposto acompanhar a evolução dos indicadores de sustentabilidade ambiental (ecológica) dos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.

Assim, foi estruturado o ciclo, que está apresentado na Figura 9 para avaliação e monitoramento da sustentabilidade ambiental dos SAA e SES da cidade de Uberaba.

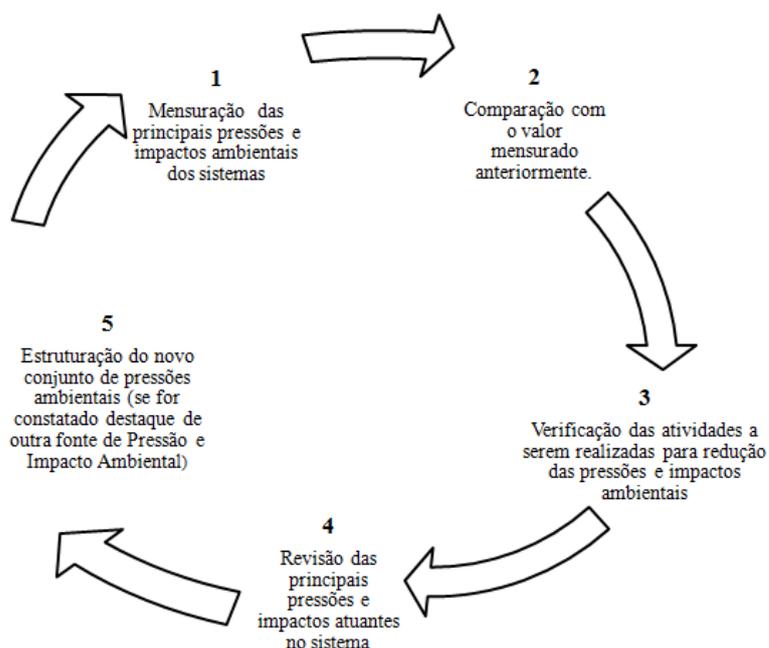


Figura 9: Ciclo para avaliação e acompanhamento da sustentabilidade do sistema.

Fonte: Autor (2015)

Para proposição dos indicadores, foi realizado o reconhecimento, por meio de visitas aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, além do levantamento documental de informações.

3.3 Diagnóstico dos indicadores propostos para SAA e SES

O diagnóstico dos indicadores foi realizado por meio de visita aos sistemas para elaboração do PEIR desta pesquisa e em seguida, entrevista com os operadores e gestores de meio ambiente dos SAA e SES. De acordo com Lakatos e Marconi (2003, p.195), “a entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional.” Ainda, para os autores, as entrevistas variam de acordo com o propósito do entrevistador, podendo ser realizada de maneira” despadronizada ou não estruturada”, nesta modalidade o entrevistador realiza a

entrevista desenvolvendo-a em qualquer direção que considere adequada, o que permite explorar melhor a questão que está sendo discutida, “em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversa informal” (LAKATOS E MARCONI, 2003, p.197). Ainda, para os autores, a entrevista apresenta algumas vantagens e limitações sendo elas apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4: Vantagens e limitações das entrevistas para obtenção de informações.

Vantagens	Limitações
Pode ser utilizada com todos os segmentos da população: analfabetos ou alfabetizados.	Dificuldade de expressão e comunicação de ambas as partes.
Fornecer uma amostragem melhor da população geral: o entrevistado não precisa saber ler ou escrever.	Incompreensão, por parte do informante, do significado das perguntas, da pesquisa, que pode levar a uma falsa interpretação.
Há maior flexibilidade, podendo o entrevistador repetir ou esclarecer perguntas, formular de maneira diferente; especificar algum significado, como garantia de estar sendo compreendido.	Possibilidade de o entrevistado ser influenciado, consciente ou inconscientemente, pelo questionador, pelo seu aspecto físico, suas atitudes, ideias, opiniões etc.
Oferece maior oportunidade para avaliar atitudes, condutas, podendo o entrevistado ser observado naquilo que diz e como diz: registro de reações, gestos etc.	Disposição do entrevistado em dar as informações necessárias.
Dá oportunidade para a obtenção de dados que não se encontram em fontes documentais e que sejam relevantes e significativos.	Retenção de alguns dados importantes, restando que sua identidade seja revelada.
Há possibilidade de conseguir informações mais precisas, podendo ser comprovadas, de imediato, as discordâncias.	Pequeno grau de controle sobre uma situação de coleta de dados.
Permite que os dados sejam quantificados e submetidos a tratamento estatístico.	Ocupa muito tempo e é difícil de ser realizada.

Fonte: Adaptado de Lakatos e Marconi (2003).

Lakatos e Marconi (2003) defendem também que condições favoráveis devam ser observadas durante a preparação da pesquisa, dentre estas, está a de garantir ao entrevistado sigilo quanto a sua identidade e confidências. Para esta pesquisa, foi utilizado o questionário que segue no Apêndice A.

Capítulo 4

Saneamento Básico

4.1 Situação do saneamento básico no mundo

Estima-se que 748 milhões de pessoas no mundo não têm acesso a água de origem segura e em quantidade adequada, ainda, 2,5 bilhões de pessoas estão sem infraestrutura adequada de saneamento básico. Somando a este montante, centena de milhões de pessoas não tem acesso a sabão e água limpa para lavar suas mãos, uma simples prática que impede a propagação de doenças (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014).

A partir das informações extraídas do documento produzido pela *World Health Organization* (2014), é possível inferir que o saneamento básico no mundo ainda é realizado de maneira incipiente. Neste cenário, a saúde pública tende a estar prejudicada, pois a precariedade ou ausência de saneamento básico implica diretamente na disseminação de doenças ou, como exposto por Brasil (2004), a ausência deste sistema de saneamento irá aumentar o índice de ‘doenças da pobreza’ [sic].

De acordo com a *World Health Organization* (2014), investir em água e saneamento produz benefícios em vários níveis da organização de uma comunidade. Sendo os principais benefícios:

- Na saúde: milhões de crianças podem ser salvas com o fornecimento adequado de serviços de saneamento, evitando doenças simples, mas que podem levar a morte como a diarreia. Em locais onde o saneamento básico existe, as mortes prematuras de crianças podem ser reduzidas em até 70%.

- Melhoria na qualidade de vida: os equipamentos de saneamento, acessíveis a todas as pessoas faz com que estas não percam tempo com deslocamento em busca de locais com água adequada para o consumo ou instalações sanitárias seguras. Havendo a estrutura básica de saneamento, os mais beneficiados são as mulheres e os idosos que ganham, além do conforto, maior segurança.
- Benefícios econômicos: para cada dólar investido em saneamento haverá um retorno médio de 4,3 dólares com redução nos gastos com saúde o que geraria um ganho de 1,5% do PIB Global.
- Benefícios ambientais; incluem a redução da poluição dos recursos naturais, principalmente recursos hídricos, promovendo melhorias nas pescas costeiras, valorização de áreas e ainda a possibilidade de utilização do lodo fecal como: fertilizante, geração de biogás, etc.

Considerando os benefícios apontados pela *World Health Organization* (2014), quando se realiza investimentos no setor de saneamento básico os benefícios são significativos, principalmente com a redução no número de pessoas que morrem em função da precariedade de serviços de saneamento básico.

4.2 Situação do Saneamento Básico no Brasil

Com a publicação da Constituição Federal (1988), o saneamento básico começou a ser tratado como uma das prioridades no desenvolvimento do país, atribuindo a União a competência para “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (BRASIL, 1988, p. 13). A responsabilidade pelo saneamento básico das cidades foi compartilhada entre a União, Estados e Municípios.

Com a publicação da Lei Federal nº 10.257 (2001), também conhecida como o Estatuto das Cidades, dentre alguns objetivos, está a “garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações”

(BRASIL, 2001). Verifica-se que o legislador inseriu na legislação a “visão ambientalista”, uma vez que, não se tratou neste item como saneamento básico, mas sim como “saneamento ambiental”. E ainda, a busca pela sustentabilidade foi inserida na legislação quando é descrito que estas diretrizes são “para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 2001).

Para o detalhamento das responsabilidades e dos objetivos quanto às melhorias no saneamento do país, foi publicada a Lei Federal de nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, também conhecida como Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB). Nesta, o titular dos serviços de saneamento deve elaborar o plano de saneamento básico, fixar direitos e deveres para os usuários, estabelecer mecanismos de controle social, estabelecer sistema de informações sobre os serviços prestados articulado SNIS (BRASIL, 2007).

De acordo com Borja (2014, p. 434), assim “como outros serviços públicos essenciais, os déficits denunciam o atraso do país na garantia de direitos básicos como acesso à água e ao destino seguro dos dejetos e resíduos sólidos”. Borja (2014, p. 434), ainda atribui à exclusão, “desigualdade e baixa qualidade dos serviços” que compõem o saneamento básico como sendo produto do desenvolvimento vinculado ao modo capitalista de produção, o que gera “contradições, antagonismo” e injustiças.

O sistema de saneamento básico é um dos principais equipamentos que compõem a infraestrutura urbana, sendo este de fundamental importância para a manutenção da qualidade da saúde pública. A existência de falhas nas estruturas para o abastecimento público, esgotamento sanitário, drenagem pluvial ou na gestão dos resíduos sólidos é um fator que tende a reduzir a eficiência destes itens e, conseqüentemente, aumentar o impacto no meio ambiente. Segundo o SNIS (2015), são diversos os fatores a serem analisados para ponderar sobre a evolução da eficiência global do saneamento e que independente do modelo (simplificado ou complexo) é preciso ter um bom controle das variáveis para que as avaliações sejam apropriadas.

Segundo Shubo (2003 p. 02), as questões ambientais estão sendo tratadas de uma nova maneira em que as abordagens visam não apenas evitar problemas. Neste contexto, se insere o setor de saneamento que visa promover a melhoria da qualidade de vida da população utilizando os recursos econômicos de maneira eficiente e os recursos naturais de maneira sustentável. Neste

ambiente, a estruturação do setor passar por uma nova forma de gestão, onde a sobrevivência depende diretamente de sua produtividade e “eficiência organizacional” (SHUBO, 2003 p. 02).

Para o desenvolvimento sustentável é necessário que a geração atual tenha acesso mínimo a serviços de saúde, alimentação, moradia e infraestrutura, sem extrapolar a biocapacidade do planeta Terra. A precariedade ou ausência de sistema de saneamento básico para determinada população é um fator que irá prejudicar o bem estar destas pessoas. Se não existe sistema de saneamento básico, significa que a infraestrutura urbana da localidade não está completa e ainda, a ausência deste sistema irá reduzir a qualidade de vida desses habitantes (BRASIL, 2004). Assim, é necessário que seja dada prioridade a serviços públicos e políticas governamentais além de programas de saneamento básico para que haja melhoria na qualidade de vida das pessoas e, conseqüentemente, redução na incidência de doenças oriundas devido à precariedade de saneamento básico (BRASIL, 2004).

É de amplo conhecimento dos estudiosos da área de saúde pública que para cada real investido em saneamento básico no Brasil, economizam-se cinco reais em atendimento médico (BRASIL, 2004). Ressalta-se que essa proporção de aplicação de recurso em saneamento básico e o retorno com redução de atendimentos médicos não é para todas as regiões, haja vista que, quanto mais desenvolvido for o sistema de saneamento analisado, menor será o retorno do investimento quanto à redução de doenças vinculadas a precariedade de sistema de saneamento básico. A sustentabilidade forte² abrange também o bem-estar das pessoas, neste contexto, avaliar a sustentabilidade ambiental do saneamento é avaliar parte dos itens necessários para garantir o bem-estar de uma população.

Os sistemas que compõe o saneamento básico das cidades no Brasil são gerenciados pelo poder público municipal, autarquias ou por meio de terceirização. Independente do sistema organizacional, a estrutura de saneamento básico deve ser gerenciada de forma que os recursos sejam adequadamente utilizados e atendam as necessidades de manutenção do sistema, assim como sua otimização. Quando há escassez de recursos e gestão precária da estrutura, cortes de

² que é defendido pela Economia Ecológica.

gastos são necessários de maneira imediatista, o que proporciona funcionamento incerto de toda a estrutura, podendo, nesses casos, causar danos ao meio ambiente devido à baixa eficiência do sistema além de não atender as demandas geradas pela população.

Segundo Shubo (2003), no setor de saneamento, assim como em alguns outros setores empresariais, o que impera é a visão de garantir o serviço a qualquer custo sem a devida atenção para otimizar a utilização dos recursos. Assim, surge a necessidade de aumentar a produtividade por meio de uma gestão estratégica para um melhor funcionamento das empresas de saneamento.

Para Leoneti *et al.* (2011), historicamente, no Brasil os investimentos no setor de saneamento básico são realizados principalmente pelo setor público, havendo precariedade na definição das responsabilidades dos entes federativos sejam eles a União, Estados, Distrito Federal ou Municípios, sendo que, esta indefinição de competência gera prolixidade na aplicação dos recursos destinados aos sistemas de saneamento. Ainda, para os autores estes investimentos deveriam “atender a requisitos técnicos, ambientais, sociais e econômicos”, proporcionando a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável. A restrita participação do setor privado nos investimentos para melhoria dos sistemas de saneamento dos municípios é outra precariedade verificada na gestão do saneamento no país (LEONETI *et al.*, 2011 p.345).

4.3 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Uberaba

4.3.1 Abastecimento de água potável

A captação superficial para o sistema de abastecimento de água de Uberaba está localizada ao norte da cidade sendo seu principal manancial para abastecimento o rio Uberaba. A vazão outorgada para retirada deste curso d' água é de 900 litros por segundo. Para a captação não existe represamento com objetivo de armazenamento de água, sendo que no local de retirada do recurso hídrico há apenas um barramento para elevação do nível da água para facilitar a captação. Este barramento está situado sob as coordenadas UTM, Zona 23 k, Longitude:

192.116.00 m E e Latitude: 7.817.423.00 m S (UBERABA, 2014) que pode ser visualizado na Figura 10.



Figura 10: Barramento para captação de água no rio Uberaba.

Fonte: Autor (2015).

Após a captação da água, esta precisa ser bombeada para a ETA, situada no bairro Boa Vista aproximadamente 3 kms do ponto de captação. Para este bombeamento, são utilizados 7 motores movidos a energia elétrica com potência de 500 CV cada (Figura 11). No entanto, antes do bombeamento, é realizado o tratamento preliminar da água que consiste na remoção de areia no desarenador e de materiais sólidos por meio do gradeamento. Este tratamento preliminar visa reduzir os desgastes nos conjuntos moto bomba e também evitar acúmulo destes materiais nos equipamentos da ETA (UBERABA, 2014).



Figura 11: Conjunto moto bomba para adução da água do rio Uberaba para a ETA.

Fonte: Autor (2015).

A ETA de Uberaba é composta por diversos equipamentos além de procedimentos físicos e químicos para dar potabilidade a água captada. A primeira ETA foi construída em 1942, sendo esta denominada ETA I. A segunda construída em 1970, recebendo a denominação de ETA II sendo estas contíguas. O volume de água tratada nas ETAs I e II totaliza 900 l.s⁻¹, estando em fase de implantação uma terceira estação, o que elevará a vazão tratada de água para 1.700 l.s⁻¹ (UBERABA, 2014). Ainda, de acordo com Uberaba (2014), são utilizados três poços tubulares para auxiliar no abastecimento de água da cidade estando os mesmos localizados nos bairros: Olinda, Conjunto Uberaba I e Jardim Gameleira.

As vazões outorgadas para cada poço tubular seguem no Quadro 5:

Quadro 5: Poços tubulares para abastecimento público em Uberaba, 2014.

Localização do poço tubular	Profundidade (m)	Vazão outorgada (l.s⁻¹)
Bairro Olinda	602	72
Bairro Conjunto Uberaba I	581	33
Bairro Jardim Gameleira	570	81
Total		186

Fonte: Adaptado de Uberaba (2014).

O volume de água fornecido pelos poços tubulares corresponde a aproximadamente 20% da água utilizada para abastecimento na cidade. No entanto, em períodos com escassez de chuvas

é verificado que a pressão sobre a utilização da água desses poços é maior, pois a vazão do rio Uberaba reduz significativamente (UBERABA, 2014).

De acordo com os dados informados pelo SNIS (2016), o sistema de abastecimento público de Uberaba tem elevado índice de perda, chegando a 36,7%, o que pode ser visualizado na Figura 12 (a linha em vermelho indica a média nacional que é de 36,7%):

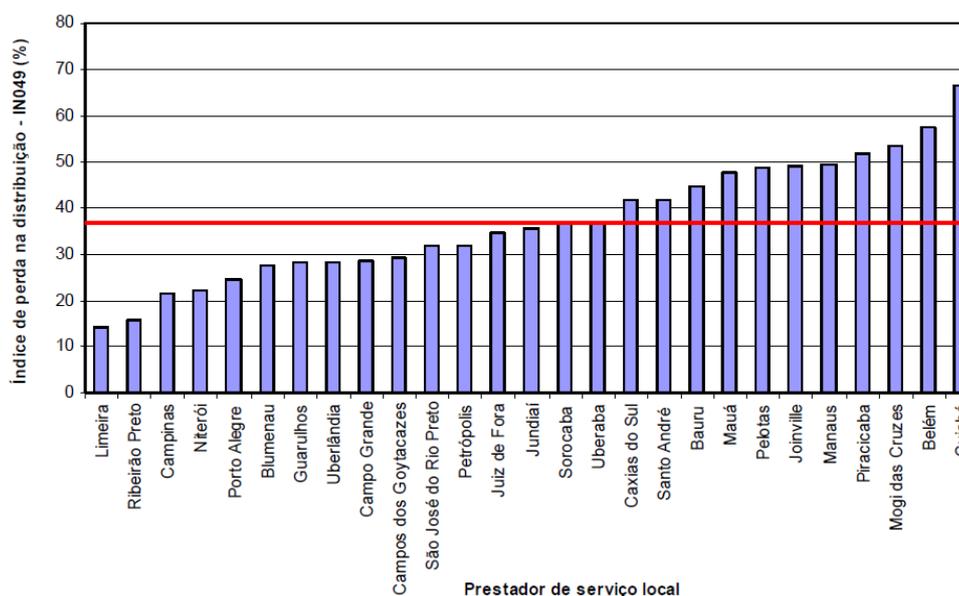


Figura 12: Índice de perdas na distribuição de água.
 Fonte: Adaptado do SNIS (2016).

Apesar de Uberaba estar na média nacional, quanto às perdas de água no sistema de distribuição, este valor é elevado se comparado com cidades como Limeira e Ribeirão Preto em que a média de perdas, no ano de 2014, ficou abaixo de 20%.

É possível inferir que os dados desse gráfico não apresentam a realidade das perdas no país, sendo que, não são todos os municípios que enviaram as informações para o SNIS. Assim, se não são todos os municípios que enviaram os dados, a análise destes se torna precária e, ainda, é possível concluir que os municípios que não enviaram os dados são aqueles em que seu sistema de abastecimento de água está com maior precariedade, indicando que estes sistemas podem ser aqueles que têm maior índice de perdas, o que elevaria a média nacional.

O consumo médio per capita de água de uma população é a quantidade total de água consumida dividida pelo número de pessoas atendidas pelo sistema de abastecimento. O consumo por habitante varia entre comunidades em função de diversos fatores: culturais, higiênicos, disponibilidade hídrica, renda familiar, índices de industrialização, a intensidade e características das atividades comerciais, etc. Para o ano de 2012, o consumo médio por habitante na cidade de Uberaba foi de 188,9 l/hab./dia, porém, este valor se mostra variável se comparado com anos anteriores (2007 a 2011), oscilando com valores acima e abaixo. Mostra-se elevado o consumo per capita em Uberaba, haja vista, que a Organização das Nações Unidas (ONU) considera o ideal de 110 l/hab./dia (UBERABA, 2014).

As projeções realizadas pelo PMSB Uberaba concluíram que a população prevista para o ano de 2033 irá gerar um déficit de 216,12 l.s⁻¹ de água para abastecimento público (UBERABA, 2014, p. 324).

Para evitar a escassez de água no abastecimento público de Uberaba, a autarquia municipal que é o Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba (CODAU) construiu um sistema para transposição de água para atender a demanda da cidade em momentos de emergência. Este sistema faz a adução de água do rio Claro para a calha do rio Uberaba, com vazão de até 500 l.s⁻¹. O sistema se mostrou precário e imediatista, haja vista que a captação de água no rio Claro e lançamento na calha do rio Uberaba apresentou elevado índice de perdas, o que ensejou em financiamento pela autarquia para construção de adutora que transporte água do rio Claro diretamente para a ETA de Uberaba (UBERABA, 2014).

Neste cenário, conforme demonstrado pelo PMSB, o sistema de abastecimento de água de Uberaba apresenta deficiência quanto ao volume de água disponível para abastecimento. Assim, a utilização do recurso hídrico tem gerado elevada pressão sobre o sistema, sendo esta a responsável por impactos ambientais, haja vista que durante o ano, nos períodos de seca não é possível manter a vazão ecológica, para que o abastecimento não seja prejudicado.

Segundo Shubo (2003 p.01), a pressão sobre a demanda de água para atender ao crescimento populacional e a redução da quantidade e qualidade dos mananciais cria a necessidade de desenvolvimento de uma “gestão de precaução, racionalidade e parcimônia” para a correta utili-

zação dos recursos hídricos. Nesta gestão, objetiva-se garantir a disponibilidade de recursos hídricos para essa geração e para as gerações futuras, tanto da espécie humana como das demais espécies de seres vivos. Neste contexto, verifica-se que o autor aponta a pressão sobre a utilização do recurso hídrico como precursor para a adoção de uma nova gestão do sistema de abastecimento, e que a busca pela sustentabilidade é o melhor caminho. A maior pressão existente sobre os recursos hídricos na Terra é incontestavelmente o aumento na demanda para utilização deste bem, o que na cidade de Uberaba não se difere. Associado ao aumento de demanda, a redução da quantidade e, conseqüentemente, da qualidade do recurso hídrico (devido a fatores climáticos, alteração no uso do solo e o crescimento populacional) vão em direção contrária as premissas para um desenvolvimento sustentável.

Para que o sistema de abastecimento de água caminhe de maneira favorável a sustentabilidade ambiental é necessária uma discussão com base técnica e científica, indicando quais são as diretrizes para a sustentabilidade do sistema, sendo estas diretrizes revisadas constantemente. Dentre as diretrizes para a utilização sustentável da água no abastecimento, está o atendimento dos limites nos mananciais. Shubo (2003) associa a sustentabilidade do sistema à viabilidade econômica, além de aspectos sanitários e ambientais.

No ano de 2005, foi criada a Área de Proteção Ambiental do Rio Uberaba (APA Rio Uberaba) que, dentre outros objetivos visa a “recuperação, preservação e conservação do Rio Uberaba” tendo esta área o total de 528,1 km². Esta Unidade de Conservação (UC) foi criada pela Lei 9.892 (2005) que gerou amparo legal para manter a área com características “rurais” e assim disciplinando “a ocupação humana na área protegida” (UBERABA, 2005). Esta UC abrange desde a nascente do rio Uberaba (principal responsável pelo abastecimento da cidade) até o ponto de captação. De acordo com Brasil (2000), as UCs têm dentre outros objetivos “promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais” (BRASIL, 2000), ou seja, a criação da APA Rio Uberaba é uma ação favorável a sustentabilidade ambiental.

A localização, limites da APA e o rio Uberaba podem ser visualizados na Figura 13:

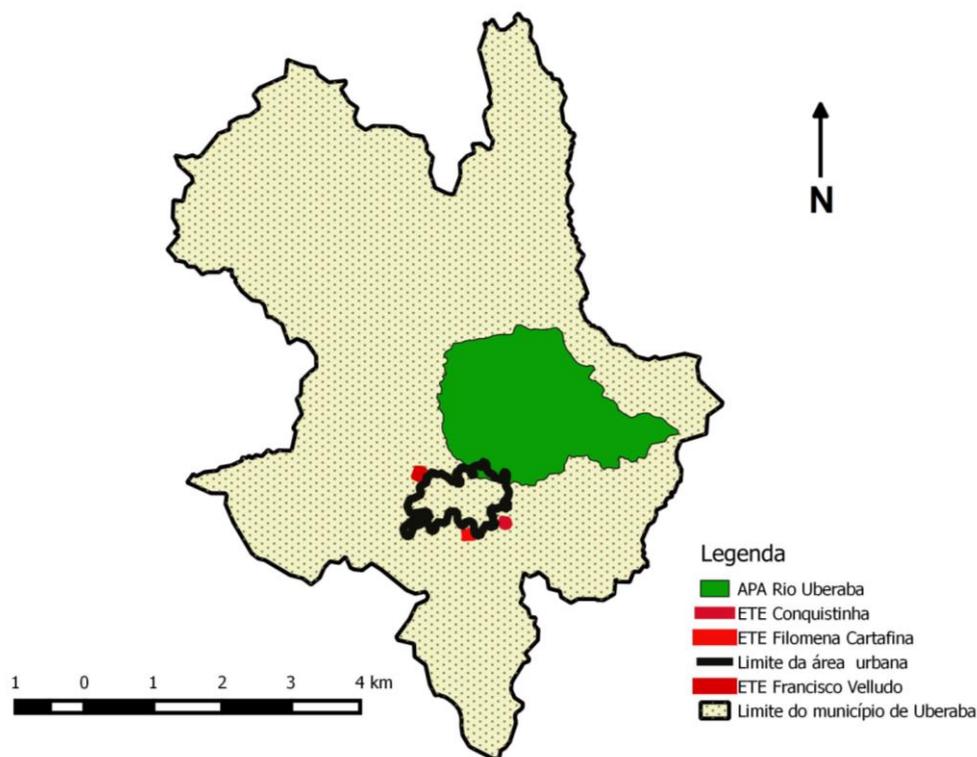


Figura 13: Limites e localização da APA Rio Uberaba.

Fonte: Autor (2015).

Além da captação de água no rio Uberaba, o município está buscando novas fontes para abastecimento, como exemplo, cita-se o projeto que está sendo licenciado ambientalmente para transposição de águas da bacia do rio Claro, sendo projetada adutora com extensão de aproximadamente 40 km (UBERABA, 2014).

Captar água em outro manancial que não seja exclusivamente para momentos de emergência é contraditório para o município de Uberaba, uma vez que, o consumo per capita está entorno de 60% acima do recomendado pela ONU. Neste contexto, captações em outros mananciais sem educar de maneira efetiva a população para reduzir o consumo per capita e reduzir o índice de perdas de água captada e tratada é o caminho oposto ao que regem os conceitos e premissas para caminhar em direção a sustentabilidade ambiental.

De acordo com o PMSB de Uberaba (2014), o sistema para tratamento de água operacionalizado pela autarquia responsável em Uberaba é considerado como convencional completo. Apesar de o rio Uberaba ser o principal responsável pelo abastecimento da cidade, ainda exis-

tem mais quatro cursos d'água com potencial para complementar ou funcionar como alternativa para o abastecimento da cidade.

As bacias destes rios estão delimitadas na Figura 14.

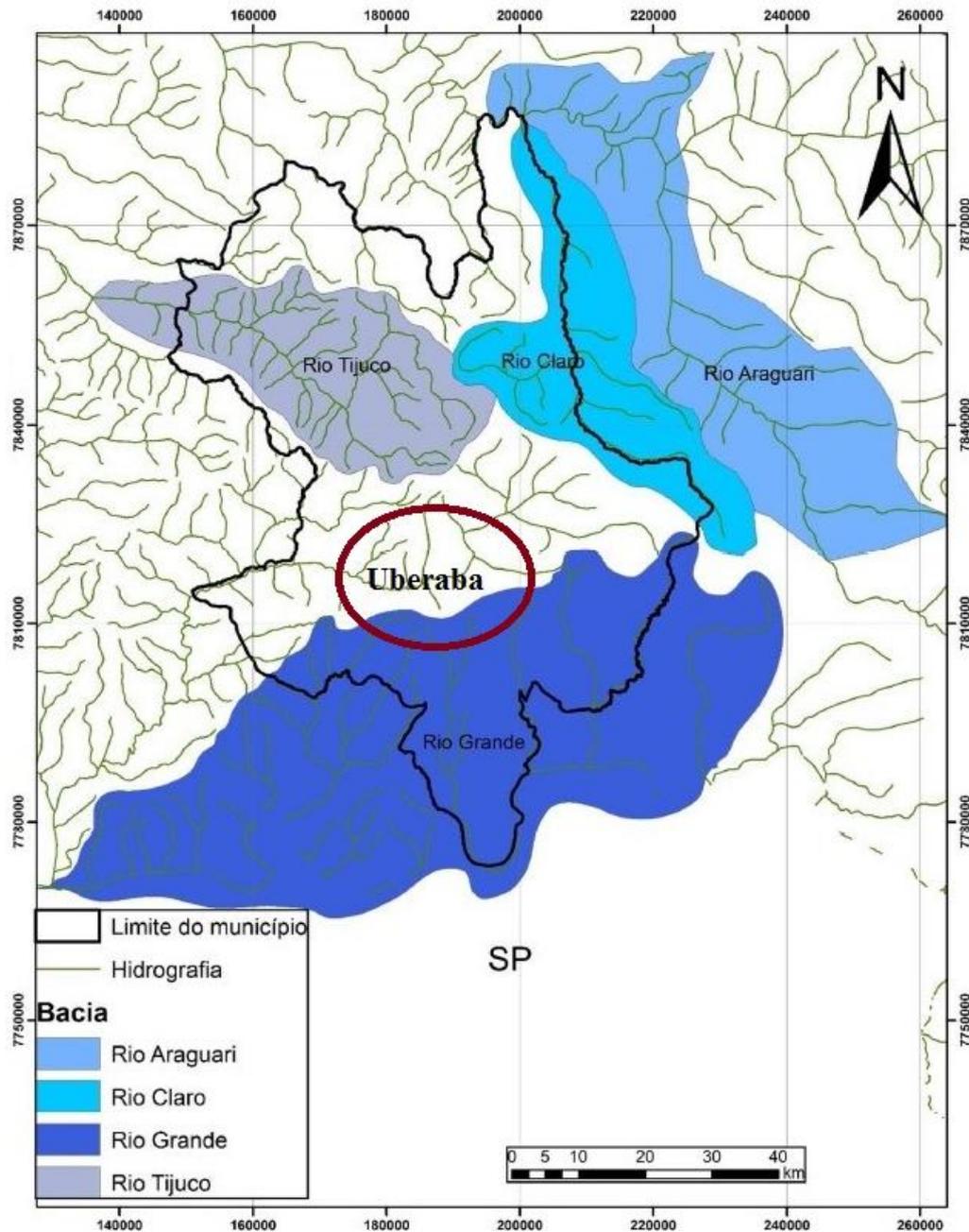


Figura 14: Possíveis bacias alternativas para captação de água para Uberaba.

Fonte: Adaptado de Uberaba (2014).

O rio Uberaba apesar de ser o principal responsável pelo abastecimento da cidade de Uberaba está com representação a cada ano menor no fornecimento de água, haja vista, a necessidade

de busca por novas fontes de água. A demanda de água para abastecimento da cidade de Uberaba ultrapassa a vazão de 1.000 l.s⁻¹, sendo que o rio Uberaba durante o período chuvoso apresenta vazão capaz de atender esta demanda, no entanto, durante os meses com menores precipitações ou ausência destas, sua vazão reduz significativamente. Em momentos com maior escassez este manancial responsável pelo abastecimento da cidade já apresentou vazões menores que 400 l.s⁻¹ (UBERABA, 2013).

4.3.2 Esgotamento sanitário

O sistema de esgotamento sanitário é composto “... pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários...” (BRASIL, 2007).

A ausência de sistema de esgotamento sanitário em áreas urbanas pode causar severos impactos ao meio ambiente, sendo indispensável o tratamento adequado dos esgotos sanitários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. O tratamento e a destinação correta dos esgotos domésticos reduzem a transmissão de diversas doenças, como a febre tifóide, cólera, etc. para as populações. O esgoto doméstico ou sanitário é aquele constituído pelas águas servidas, que são as águas escoadas de pias de cozinhas, tanques utilizados para lavagem de roupas, banheiros e descargas de vasos sanitários (UBERABA, 2014).

O sistema de coleta e tratamento de esgotos de Uberaba é insuficiente para atender a demanda da cidade, porém, obras para melhorias dos sistemas estão previstas, o que aperfeiçoará a coleta e o tratamento destes efluentes. O efluente após sua coleta deve ser tratado e devolvido ao meio ambiente atendendo no mínimo os parâmetros estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (UBERABA, 2014).

Durante as conferências para elaboração do PMSB de Uberaba, foi verificado que a população está descontente com o sistema de coleta de esgotos, principalmente, quanto à existência

de ligações inadequadas na rede de água pluvial, o que gera odores desagradáveis nas bocas de lobo. Assim, é possível afirmar que, de todo o esgoto coletado, parte não é tratado antes do lançamento no meio ambiente, uma vez que a rede de drenagem é conectada diretamente aos cursos d' água não havendo nenhum tipo de tratamento ou análise do efluente gerado por este sistema. Além das ligações inadequadas, devido à topografia acidentada da cidade, são necessárias várias ETEs. A condução destes efluentes por gravidade tem custo menor do que a instalação de estações elevatórias de esgotos. No entanto, estas ETEs ainda não foram construídas ou suas obras estão atrasadas como é o caso da ETE Conquistinha que tinha previsão de início de seu funcionamento no ano de 2013 e em 2015 ainda estava com as obras paralisadas. Na Figura 15 é possível visualizar a localização das principais ETEs de Uberaba, sendo elas: Francisco Velludo, Conquistinha e Filomena Cartafina ou ETE Capim³.

³ O nome ETE Capim foi originado do seu funcionamento no passado que era pela distribuição do efluente após o tratamento preliminar sob o solo coberto por capim que tinha por objetivo estabilizar o efluente. Devido ao aumento na vazão do efluente em função do adensamento populacional nos bairros próximos, este sistema se mostrou insuficiente o que gerou a necessidade de substituição deste sistema por uma ETE compacta.

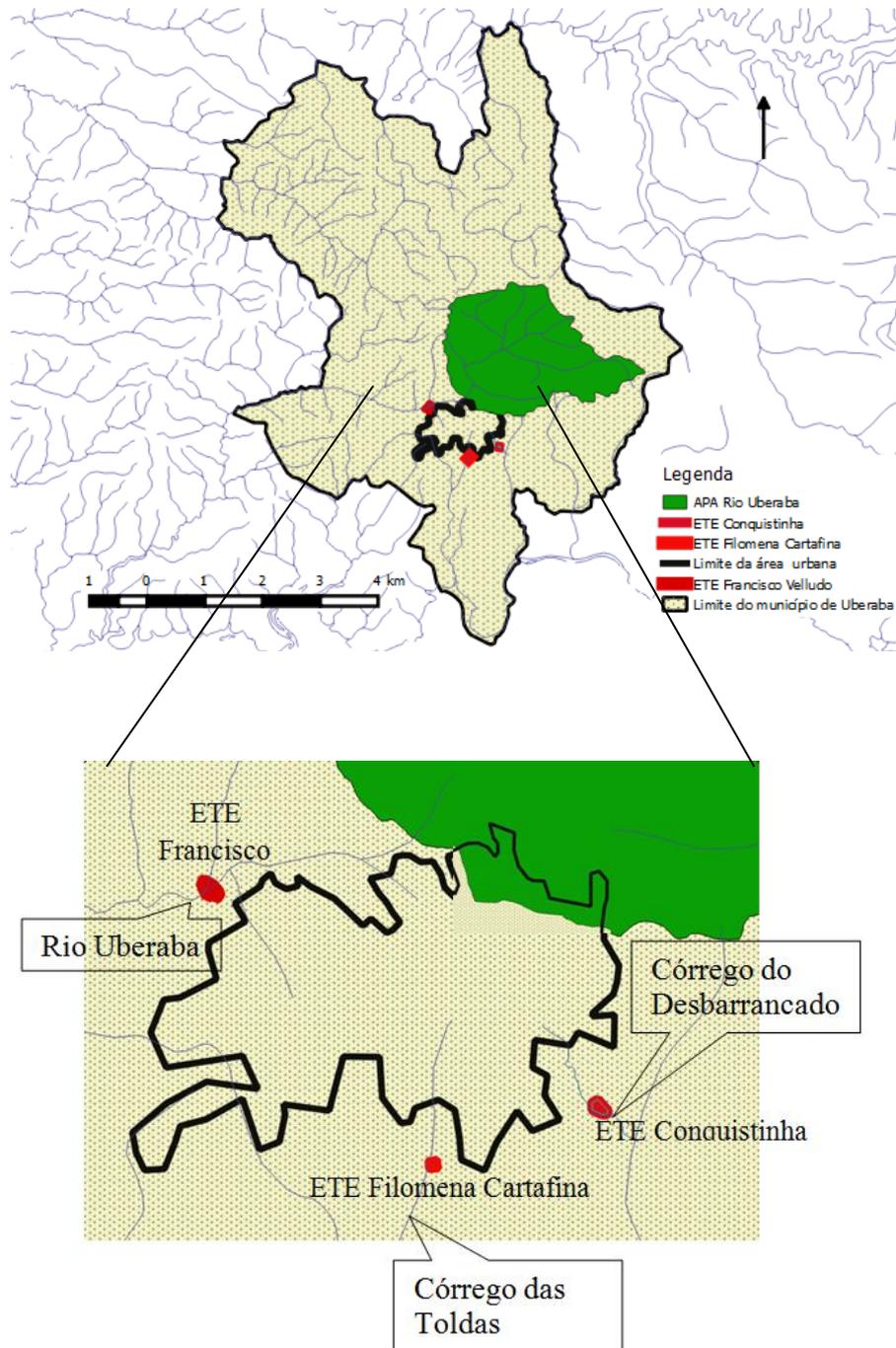


Figura 15: Localização das ETEs em Uberaba.

Fonte: Autor (2015).

A ETE Francisco Velludo e também a ETE Conquistinha foram projetadas para tratamento do efluente por meio das etapas de tratamento preliminar, reatores Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ou Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFAs), lagoas aeradas de mistura completa, lagoas aeradas facultativas, lagoa de lodo e sistema de desidratação mecâ-

nica de lodo. Quando estiver em operação, a ETE Conquistinha será responsável pelo tratamento de aproximadamente 22% dos efluentes domésticos coletados na área urbana de Uberaba. (UBERABA, 2014).

O efluente tratado na ETE Francisco Velludo é lançado na calha do rio Uberaba, sendo este um dos contribuintes do rio Grande. As ETEs: Conquistinha e Filomena Cartafina também têm como destino para seus efluentes o rio Grande, porém, por meio de outros cursos d' água que não deságuam no rio Uberaba.

A ETE Capim foi substituída por estação compacta com capacidade de tratamento de 100 l.s^{-1} o que corresponde a uma população de 30 mil pessoas, capacidade superior ao antigo sistema que era realizado por escoamento superficial e sua capacidade de tratamento de efluente não ultrapassava a vazão de 15 l.s^{-1} (UBERABA, 2015).

Capítulo 5

Resultados e Discussão

5.1 Definição dos indicadores para o SAA e o SES de Uberaba

São vários os indicadores de sustentabilidade para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário; no entanto, alguns se destacam, sendo estes os indicadores dos principais impactos ambientais gerados por estes sistemas.

O PMSB de Uberaba (Uberaba, 2014) e o trabalho de Miranda (2003) apontam para os SAA e SES em síntese os seguintes indicadores:

Quadro 6: Indicadores para SAA e SES

SAA	SES
Índice de perdas físicas no sistema	Índice de atendimento com coleta de esgoto
Consumo médio per capita	Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado
Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (kWh/m ³)	Volume de esgoto <i>in natura</i> lançado nos corpos hídricos
Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada	Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado
Tratamento e destinação do lodo da ETA	Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), N, P e Coliformes Termotolerantes
Índice de atendimento com água potável	Destinação do lodo
Existência de poluição na captação de água	Utilização do esgoto tratado

Fonte: Adaptado de Miranda (2003) e de Uberaba (2014).

A partir do Quadro 6, foram definidos os indicadores de sustentabilidade para cada sistema. Apesar de o Índice de atendimento com água potável e Índice de atendimento com coleta de esgoto não estarem diretamente relacionados a sustentabilidade em sua dimensão ambiental, são utilizados neste trabalho, uma vez que, sua precariedade afeta significativamente a sociedade.

5.2– Aplicação dos indicadores aos SAA e SES de Uberaba

5.2.1 Índice de perdas físicas no SAA (IPF)

O índice de perdas físicas ou índice bruto de perdas no SAA é de fundamental importância para a avaliação de sustentabilidade ambiental, haja vista que, um sistema que tem elevadas perdas de água não está compatível com o processo de sustentabilidade quanto à utilização de recursos naturais.

Para Tardelli Filho (2016), as “perdas” nas redes de distribuição de água são a diferença entre o que se disponibilizou de água potável e o que se mediu nos hidrômetros, sendo a medição na distribuição denominada macromedição e nos hidrômetros dos consumidores recebendo o nome de micromedição. Ainda, para o autor, as perdas não têm origem apenas nos vazamentos, o déficit calculado é composto também por erros ou submedições nos hidrômetros e nas macromedições, além de fraudes. Neste contexto, as perdas se dividem em dois tipos, que para Alegre *et al.* (2006) são: as físicas (vazamentos nas tubulações e reservatórios) e aparentes (erros de medição, fraudes e falhas no sistema de medição).

O índice de perdas de água está entre os indicadores mais utilizados para AS de SAA. No entanto, não existe um “indicador perfeito” e este índice pode ser considerado o “mais imperfeito”, todavia é o mais fácil de ser entendido por todos (TARDELLI FILHO, 2016, p. 10). Para a ASA, o principal interesse está em obter dados de perdas físicas, uma vez que, estas representam os recursos hídricos que foram utilizados de maneira inadequada, este resultado é demonstrado por meio do percentual de água que se perdeu de fato no sistema.

Para Miranda (2003), o principal responsável pelas perdas de água em um SAA são as falhas na eficiência do sistema. Ainda, para a autora, um sistema em que o índice de perdas está superior a 30% tem “tendência muito desfavorável” a sustentabilidade, se esse índice estiver entre 15% e 30% essa tendência é desfavorável, já para um índice abaixo de 15%, o SAA tem “tendência favorável” a sustentabilidade (MIRANDA, 2003, p. 77).

Sendo considerado o trabalho de Miranda (2003) é visto que, um sistema com perdas físicas acima de 30% é insustentável e índice de perdas abaixo de 15% torna este sistema com tendência a sustentabilidade, neste trabalho é considerada a sustentabilidade do índice de perdas físicas no SAA de acordo com o Quadro 7. O limite superior considerado pela autora não será alterado, no entanto, o índice inferior será modificado de 15% para 10%, haja vista que, cidades como Melbourne, Copenhague, Singapura, Amsterdan, Osaka, Tóquio e Viena conseguem índices de perdas físicas abaixo de 10%, como apontado por Giesemann and Ping (2014) e Bettig (2012). Assim, nesta pesquisa a cada 10% de variação será considerado como um estágio do processo de sustentabilidade, sendo estes descritos como: Não sustentável, Baixa Sustentabilidade, Média Sustentabilidade e Alta Sustentabilidade, como descrito no Quadro 7:

Quadro 7: Sustentabilidade - Índice de perdas físicas no sistema (IPF)

Índice de perdas físicas no sistema (IPF)	
Sustentabilidade	IPF (%)
Não sustentável	$IPF \geq 30$
Baixa Sustentabilidade	$20 \leq IPF < 30$
Média Sustentabilidade	$10 \leq IPF < 20$
Alta Sustentabilidade	$IPF < 10$

Fonte: Autor (2016)

5.2.2 Consumo médio per capita (CPC)

O consumo per capita de água indica, em média, o quanto cada habitante está consumindo, acima ou abaixo do mínimo recomendado para o atendimento das necessidades básicas de um ser humano. Elevado consumo de água por habitante, significa um impacto maior sobre os recursos hídricos, ampliando assim o impacto gerado pelo SAA. A água fornecida pelo siste-

ma tem como principal finalidade o consumo doméstico. De acordo com Fernandes Neto (2003, p. 8), a água para esta utilização é composta pelas parcelas “referente à ingestão e preparo de alimentos e à higiene e lavagem, em geral”. Ainda, para a autora, a utilização da água está diretamente relacionada ao padrão econômico e social da população, sendo que, quanto maior a renda, mais elevado será o consumo para atender “dentre outros, conforto e lazer, como no uso de máquinas de lavar, piscinas, duchas, lavagem de carros, rega de jardins, etc.” (FERNANDES NETO, 2003, p. 13).

De acordo com os dados do SNIS (2016), no ano de 2014, o consumo médio per capita de água no estado de Minas Gerais foi de 154,1 l/hab.dia. Este valor está acima do recomendado pela ONU que é de 110 l/hab.dia, como apontado no PMSB de Uberaba. É necessário considerar as características locais e culturais de uma população para determinar o consumo mínimo adequado para esta. A cidade de Uberaba teve seu consumo registrado por habitante, o valor de 188,9 l/hab.dia no ano de 2012 de acordo com o PMSB (UBERABA, 2014).

Neste trabalho, o valor médio do consumo por habitante encontrado para Minas Gerais de acordo com dados do SNIS (2016) é considerado como o orientador, que definirá o estágio da sustentabilidade neste indicador. Como o processo de sustentabilidade é um caminho no qual se busca minimização do consumo de recursos naturais, este limitador terá seu valor arredondado para baixo, passando de 154,1 l/hab.dia para 150 l/hab.dia e o limitador para atendimento das condições mínimas de consumo será adotado a partir do valor já mencionado que é de até 110 l/hab.dia.

Este indicador tem como resultado a média de água consumida pela população, sendo que, em função do elevado consumo de água de alguns habitantes, o valor médio é elevado, no entanto, uma parte da população pode não ter garantido o acesso ao volume mínimo necessário para atender as suas necessidades. Assim, para atenuar este impacto gerado pela diferença de consumos e tentar atender ao valor mínimo necessário para cada habitante será acrescentado 10 l/hab.dia, sendo o valor médio de consumo proposto de até 120 l/hab.dia. Entre estes dois limitadores foram realizadas divisões de maneira proporcional para determinar os demais estágios da sustentabilidade, o que pode ser visualizado no Quadro 8:

Quadro 8: Sustentabilidade - Consumo médio per capita (CPC)

Consumo médio per capita (CPC)	
Sustentabilidade	CPC (l/hab.dia.)
Não sustentável	$CPC \geq 150$
Baixa Sustentabilidade	$135 \geq CPC < 150$
Média Sustentabilidade	$120 \geq CPC < 135$
Alta Sustentabilidade	$CPC < 120$

Fonte: Autor (2016)

5.2.3 Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³) (CEEA)

A quantidade de energia elétrica para a captação, tratamento e distribuição da água é de elevada importância, pois, quanto maior o consumo de energia por metro cúbico de água tratada e distribuída, maior será a pressão sobre o meio ambiente para a geração desta.

De acordo com Moura (2010), alguns SAA consomem menos energia elétrica que outros, haja vista que podem ser beneficiados pela topografia do local, o que reduz os custos com bombeamento, ou ainda, há sistemas que foram mais bem elaborados, o que proporciona a estes maior eficiência. Ainda, para o autor a intensidade energética utilizada pode ser definida como a quantidade de kWh por metro cúbico de água fornecida aos consumidores.

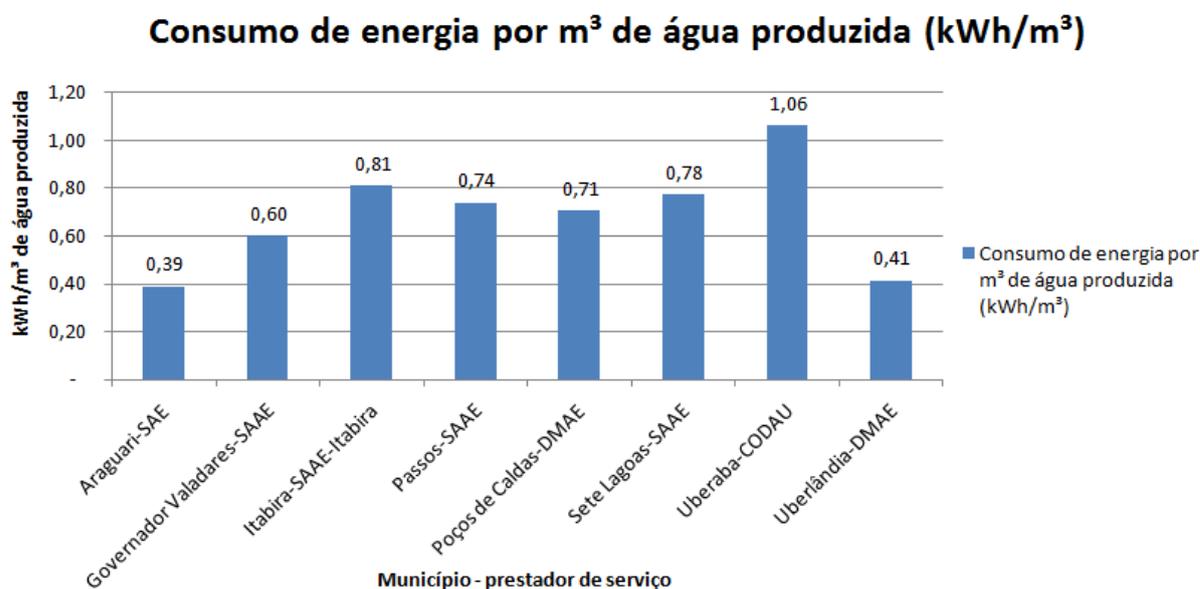
A utilização de energia elétrica nos SAA varia significativamente, Moura (2010), demonstrou por meio de dados publicados pelo SNIS que entre as companhias estaduais, no ano de 2007 a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) tinha como índice 1,31 kWh/m³ e a Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA) utilizava apenas 0,36 kWh/m³ para a produção de água. Esses extremos de consumos não se devem apenas as condições locais, pois a COSAMA no ano de 2003 tinha como índice 1,11 kWh/m³ e a DESO 1,13 kWh/m³. Desta forma, verifica-se que é possível reduzir o consumo de energia elétrica por m³ de água produzida em um SAA.

No diagnóstico realizado pelo SNIS (2016), referente aos dados do ano de 2014, o consumo total de energia elétrica no SAA de Uberaba foi levantado. Para este sistema foram consumi-

dos 37.440.810 kWh no ano de 2014 e produzidos 35.194.400 metros cúbicos de água para o abastecimento. Assim, verifica-se que para o funcionamento do SAA foram gastos 1,06 kWh/m³ de água produzida. Para avaliar a situação deste sistema quanto a utilização de energia foram selecionados, a partir dos dados disponíveis no SNIS (2016), os municípios do estado Minas Gerais que contem mais de 100.000 habitantes atendidos pelo abastecimento de água em perímetro urbano. Também foram selecionados somente aqueles municípios que tem seu abastecimento realizado por meio Sistema Autônomo de Abastecimento de Água do Município (SAAM) e que a natureza deste prestador de serviço seja autarquia.

Na Figura 16 é mostrada a situação do SAA de Uberaba em relação aos demais SAAM selecionados:

Figura 16: Consumo de energia por m³ de água produzida referente ao ano de 2014.



Fonte: Produzido a partir de dados do SNIS (2016).

Foi verificado que os valores de baixos consumos de energia existentes em Araguari e Uberlândia se devem a origem da água captada e ao desnível geométrico para que esta chegue ao sistema de tratamento. Na cidade de Araguari a água captada provém em sua totalidade de poços tubulares (114 poços tubulares) com profundidade média de 70 metros (ARAGUARI, s/d) o que torna inviável comparar com o SAA de Uberaba, uma vez que, a captação deste sistema é realizada principalmente por meio de captações superficiais. No entanto, a cidade de Uberlândia, realiza a captação de água principalmente por meio de águas superficiais, e de

acordo com o PMSB Uberlândia, o desnível geométrico é em torno de 30 metros em ambas as captações (Sistema Renato de Freitas/Sucupira e Sistema Bom Jardim), ainda sendo possível gerar energia com a “cinética do próprio bombeamento” (UBERLANDIA, 2012).

De tudo o exposto, verifica-se que não é possível atribuir ao sistema de Uberaba consumos de energia elétrica por metro cúbico de água tratada valores semelhantes aos encontrados para Araguari e Uberlândia, no entanto, a sustentabilidade é um caminho o qual não há um ponto de chegada consolidado e sim uma busca por constante melhoria (redução do uso de recursos naturais e maior eficiência produtiva) e com atendimento as necessidades humana e do meio ambiente. Assim, é proposto para este indicador que o atual consumo de energia elétrica para o SAA não é sustentável, haja vista que, após visita as instalações do sistema de captação foi verificado que considerável parte do sistema está ultrapassada, sendo estas instalações as mesma desde a década de 80.

Neste cenário, esta ASA propõe que o atual valor de consumo de energia do SAA de Uberaba é insustentável e também não há o que se falar em sustentabilidade do SAA sendo realizada a comparação com as cidades de Araguari, Uberlândia e Governador Valadares, uma vez que, estas cidades têm seu abastecimento em condições mais favoráveis que Uberaba. Para estipular valores adequados, deve-se partir no mínimo da condição encontrada em Itabira, cidade esta que tem sua captação superficial realizada de maneira semelhante a de Uberaba. Ainda, sendo visto como um processo de constante melhoria, para a sustentabilidade do SAA quanto ao consumo de energia elétrica é proposto neste trabalho que seja realizada otimização em 10%, tendo como consumo base o consumo de energia elétrica para o SAA de Itabira, ou seja, para o SAA de Uberaba é considerado como altamente sustentável um consumo de energia de 0,70 kWh/m³ (foi realizado o arredondamento do valor de 0,73 kWh/m³), os demais estágios da sustentabilidade foram dividido de maneira proporcional entre 0,70 kWh/m³ e 0,95 kWh/m³ de água produzida (redução de 10% sobre o atual valor consumo pelo SAA de Uberaba). Esta proposta está descrita no Quadro 12:

Quadro 9: Sustentabilidade - Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³) (CEEA)

Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³) (CEEA)	
Sustentabilidade	CEEA (kWh/m³ de água produzida)
Não sustentável	CEEA ≥ 0,95
Baixa Sustentabilidade	0,85 ≥ CEEA < 0,95
Média Sustentabilidade	0,70 ≥ CEEA < 0,85
Alta Sustentabilidade	0,70 < CEEA

Fonte: Autor (2016)

5.2.4 Lodo gerado por metro cúbico de água tratada (LG)

Para remover as impurezas da água é realizado o tratamento desta, o que proporciona a geração de lodo, sendo este constituído pelas partículas que estavam dispersas no recurso hídrico. Assim, é possível inferir que quanto maior a quantidade de impurezas suspensas e dissolvidas, maior será a geração de lodo durante o processo de tratamento da água.

Para Silva et al. (2013), existem diversos métodos para a estimativa da geração de lodo em uma ETA convencional; no entanto, o que mais se aproxima da realidade é a equação proposta por Ritcher (2001), a qual segue:

$$P=0,2 \times C + 1,3 T + k \times D \quad \dots\text{Equação 2}$$

Em que:

P= Estimativa da produção de sólidos (g de matéria seca/ m³ água tratada)

C = cor da água bruta (uH)

T= turbidez da água bruta (uT)

k= relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido de sódio (0,23 a 0,26)

D = dosagem do coagulante (mg/L)

De acordo com Santos (2011), sendo ajustado o pH para valores entre 7 e 8, pode ser utilizada uma dosagem de coagulante (Sulfato de Alumínio) de 10 mg/l, ocorrendo a coagulação por

meio de adsorção e neutralização de cargas. No entanto, são vários os fatores que interferem na dosagem de coagulante, dentre eles: pH, Turbidez, etc.

Para Valle Junior et al. (2013), exceto em períodos chuvosos, o rio Uberaba em seu alto curso não tem parâmetros que extrapolam a Classe II, sendo avaliado sob a ótica da Resolução 357 de 2005 do CONAMA. Neste cenário, tem-se que para manutenção da classe II da água do rio Uberaba, faz-se necessário que a turbidez tenha valor menor ou igual a 100 UNT e a cor verdadeira até 75 uH.

Segundo Uberaba (2014), a turbidez do rio Uberaba tem em média o valor de 11,10 UNT. Neste contexto, a geração de lodo na ETA de Uberaba adotando-se a turbidez igual a 100 UNT, cor verdadeira igual a 75 uH, K igual a 0,245 (valor intermediário para relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido de sódio) e a dosagem de coagulante Sulfato de Alumínio 10 mg/l :

$$P = 0,2 \times C + 1,3 T + k \times D$$

$$P = 0,2 \times 75 + 1,3 \times 100 + 0,245 \times 0,10$$

$$P = 145 \text{ g de matéria seca/ m}^3 \text{ água tratada}$$

Para este cálculo foi considerada a situação com a maior turbidez possível para que a água captada continue sendo considerada como Classe II, segundo os padrões da Resolução 357 de 2005 do CONAMA.

De acordo com Januário e Ferreira Filho (2007), há ETAs que a produção de lodo seco fica abaixo de 20 g de matéria seca/ m³ água tratada. A partir das informações do autor, é considerado neste trabalho a classificação quanto a sustentabilidade na geração de lodo conforme o Quadro 10. Considera-se como limitador para a não sustentabilidade neste indicador, valores acima 145 g de matéria seca/ m³ água tratada e valores abaixo de 20 g de matéria seca/ m³ água tratada como de alta sustentabilidade.

Quadro 10: Sustentabilidade - Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG)

Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG)	
Sustentabilidade	LG (g de matéria seca/ m³ água tratada)
Não sustentável	$LG \geq 145$
Baixa Sustentabilidade	$85 \leq LG < 145$
Média Sustentabilidade	$20 \leq LG < 85$
Alta Sustentabilidade	$LG < 20$

Fonte: Autor (2016)

5.2.5 Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)

Assim como é importante reduzir a geração de lodo em um SAA também é fundamental destinar adequadamente este resíduo. Nesta pesquisa, as diferentes destinações para o lodo do SAA serão consideradas para a definição do grau de sustentabilidade deste indicador. No Quadro 11 estão descritos os níveis de sustentabilidade para este indicador considerando as seguintes possibilidades para destinação do lodo gerado no SAA: Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água, destinação do lodo para ETE, destinação do lodo para aterro sanitário devidamente licenciado e reutilização do lodo devidamente licenciado ambientalmente.

Quadro 11: Sustentabilidade - Tratamento e destinação do lodo da ETA.

Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)	
Sustentabilidade	Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)
Não sustentável	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água
Baixa Sustentabilidade	Destinação do lodo para ETE
Média Sustentabilidade	Destinação do lodo para aterro sanitário devidamente licenciado
Alta Sustentabilidade	Reutilização do lodo devidamente licenciado ambientalmente

Fonte: Autor (2016)

5.2.6 Índice de atendimento – SAA (IA)

Acesso a água potável é de fundamental importância para a qualidade de vida das populações e também para reduzir danos ao meio ambiente, uma vez que, quando não há fornecimento de

água pelo poder público, as pessoas são pressionadas a encontrar fontes alternativas para abastecimento. Essa população que necessita de água, além de estar exposta a doenças de veiculação hídrica também pode contribuir para a poluição e/ou contaminação destas fontes por meio de perfurações de poços tubulares de maneira equivocada, por lançamento de resíduos próximos as nascentes que utilizam para sanar a falta de SAA, etc. De acordo com os dados do SNIS (2016), no ano de 2014 a região Sudeste do Brasil tinha como índice de atendimento urbano com rede de água tratada o valor de 96,8%, sendo a média nacional de atendimento igual a 93,2%. A universalização do atendimento com água tratada é o ideal para que se possa atribuir ao SAA, Alta Sustentabilidade, no entanto, esse valor se torna intangível, haja vista que, uma minoria da população em alguns momentos poderá estar sem o devido atendimento. Nesta pesquisa é considerado que um SAA que atenda a 99% é altamente sustentável, o valor encontrado para a média nacional com arredondamento para cima (94%) é considerado como o limitador para a não sustentabilidade quanto ao índice de atendimento com água potável. A proposta apresentada para este indicador pode ser visualizada no Quadro 12:

Quadro 12: Sustentabilidade - Índice de atendimento com água potável – SAA (IA).

Índice de atendimento – SAA (IA)	
Sustentabilidade	IA (%)
Não sustentável	$IA < 94$
Baixa Sustentabilidade	$94 \leq IA < 97$
Média Sustentabilidade	$97 \leq IA < 99$
Alta Sustentabilidade	$IA \geq 99$

Fonte: Autor (2016)

5.2.7 Existência de poluição na captação de água

A existência de poluição ou contaminação na captação de água e na água distribuída é um indicador operacional do sistema de abastecimento de água que pode apontar problemas quanto ao aspecto qualitativo da água. A poluição existente no recurso hídrico pode ser em função de uma ou mais atividades realizadas de maneira irregular a montante da captação, ou ainda, em função de uma gestão precária do uso e ocupação do solo.

A poluição é verificada por uma grande diversidade de parâmetros de qualidade das águas, o que torna extremamente complicada a utilização deste indicador para classificar os diversos níveis de sustentabilidade. Por este motivo, este indicador não será utilizado no presente trabalho.

5.2.8 Índice de atendimento com coleta de esgoto (ICE)

O índice de atendimento com coleta de esgoto é de suma importância para verificar a sustentabilidade de um SES, de acordo com dados do SNIS (2016), referente a coleta de dados do ano de 2014, nas cidades da região Sudeste do país a média de atendimento no meio urbano por redes de coleta de esgoto é de 83,3%. Neste cenário, é adequado que para cada residência que seja fornecida água tratada, também exista a rede para coleta de esgoto. Desta forma, a sustentabilidade do índice de atendimento com coleta de esgoto está diretamente vinculada ao índice de atendimento por abastecimento de água, sendo adotada neste trabalho a mesma parametrização para os dois índices, a proposta segue no Quadro 13:

Quadro 13: Sustentabilidade - Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE).

Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE)	
Sustentabilidade	ICE (%)
Não sustentável	ICE < 94
Baixa Sustentabilidade	$94 \leq \text{ICE} < 97$
Média Sustentabilidade	$97 \leq \text{ICE} < 99$
Alta Sustentabilidade	ICE ≥ 99

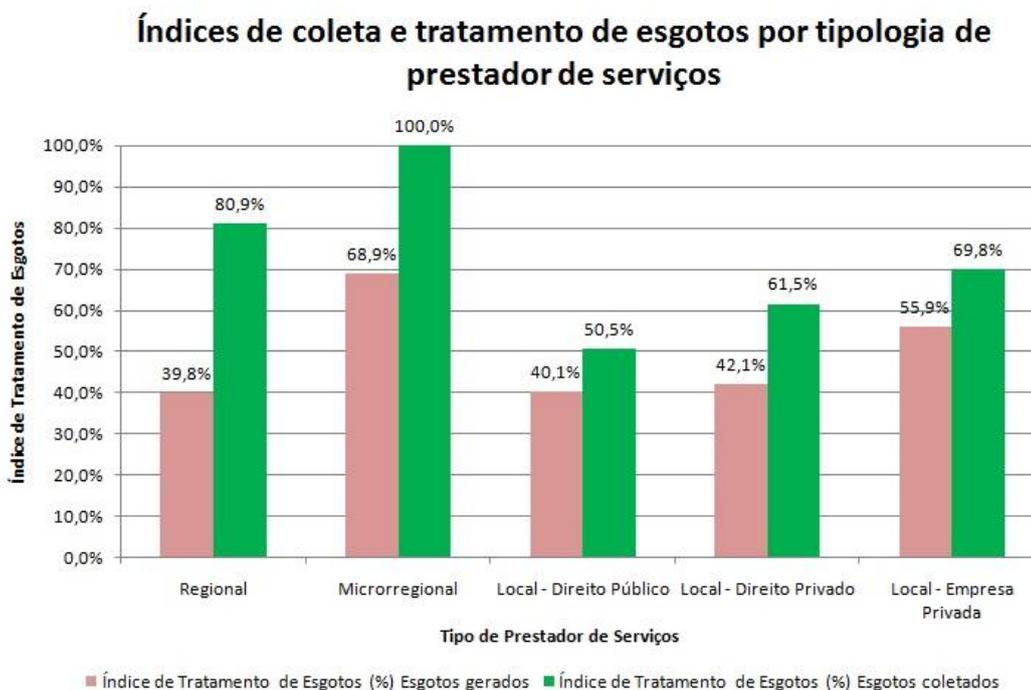
Fonte: Autor (2016)

5.2.9 Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado (ITE)

O índice de atendimento com tratamento de esgoto é um indicador com maior abrangência, pois além da coleta, relaciona também o tratamento deste efluente, o que gera maior complexidade no sistema, além de custos. Os índices de esgoto coletado e tratado no Brasil são baixos, no entanto, quando analisada a tipologia do prestador de serviço responsável pela coleta e

tratamento do esgoto, estes valores se mostram em diferentes patamares, o que pode ser visualizado na Figura 17:

Figura 17: Índices de coleta e tratamento de esgotos por tipologia de prestador de serviços.



Fonte: Elaborado a partir dos dados do SNIS (2016), coleta de dados do ano de 2014.

Verifica-se na Figura 17 que os prestadores de serviços cuja tipologia se enquadra como microrregional tem melhores índices de atendimento, tanto na coleta quanto no tratamento dos esgotos. O índice encontrado para os prestadores microrregionais é o que apresenta melhores resultados. Coletar e tratar 100% dos esgotos é o ideal, no entanto, talvez este índice nunca seja alcançado, haja vista que as cidades sempre estão tendo modificações, o que acaba implicando em novas ocupações e nem sempre é possível atender com sistema de esgotamento sanitário na mesma velocidade em que são construídas essas novas residências. No entanto, algumas cidades apresentam bons índices de esgoto coletado e tratado, como é o caso de Uberlândia (93,25%) e São José do Rio Preto (92,9%). Será adotado o índice de Uberlândia como média sustentabilidade, percentual abaixo do encontrado para os prestadores microrregionais (70%) como de baixa sustentabilidade e valores menores que este serão considerados como insustentáveis. Para se obter o *status* de alta sustentabilidade o ideal é que 100% dos esgotos gerados sejam tratados, no entanto, por fatores econômicos, gerenciais, topográficos, etc. isso se torna inexecutável. Assim, será adotado para esta pesquisa como valor a ser busca-

do para que se tenha alta sustentabilidade quanto ao tratamento de esgoto o percentual de 99%. A proposta para avaliação deste indicador é apresentada no Quadro 14:

Quadro 14: Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE)

Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE)	
Sustentabilidade	ITE (%)
Não sustentável	ITE < 70
Baixa Sustentabilidade	85 >ITE ≥70
Média Sustentabilidade	99 >ITE ≥85
Alta Sustentabilidade	ITE ≥ 99

Fonte: Autor (2016)

5.2.10 Volume de esgoto in natura lançado nos corpos hídricos

O volume de esgoto *in natura* lançado nos corpos hídricos é de fundamental importância para avaliação de sustentabilidade de um SES, haja vista que, este lançamento irá alterar a qualidade da água, em alguns casos, prejudicando ou até inviabilizando o desenvolvimento da vida aquática (peixes, plantas, etc.).

Para este indicador não será realiza avaliação de sustentabilidade, pois haveria sobreposição com o indicador ITE.

5.2.11 Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET)

O consumo de energia elétrica por metro cúbico de esgoto tratado é uma relação importante no processo de sustentabilidade de um SES, sendo esta relação otimizada quando há além da redução no consumo de energia também a geração desta no próprio sistema. De acordo com WEF (2002), ETEs de lodos ativados (clássicas) consomem entre 330 e 470 kWh/1.000 m³ de esgoto tratado.

A estação de tratamento de esgoto em Uberaba que está em operação efetivamente e com dados lançados no SNIS é denominada Francisco Velludo, sendo esta projetada para ao final de

plano atender uma população de 254.665 habitantes gerando vazão média de 465 l.s⁻¹ (UBERABA, 2014).

A ETE Francisco Velludo funciona com RAFAs seguidos por lagoas aeradas (mistura completa) e lagoas facultativas, tratando, de acordo com dados do SNIS (2016), 12.876.690 m³ de esgoto por ano. De acordo com Salvador (2013), para sistemas de tratamento de esgoto composto por RAFA seguido de lagoa aerada (mistura completa) a potência consumida é de 6 kWh/hab.ano. Considerando os dados do SNIS (2016), o sistema de esgotamento de Uberaba consome 10,12 kWh/hab.ano ou 0,201 kwh/m³ de esgoto tratado. De acordo com Uberaba (2014) para o sistema de tratamento de esgoto implantado na cidade o consumo de energia elétrica pode ser avaliado em três estágios, sendo eles expressos no quadro Quadro 15:

Quadro 15: Condição do consumo de energia elétrica para tratamento de esgoto em Uberaba.

Condição do indicador: consumo de energia elétrica no tratamento de esgoto.	Consumo de energia em kwh/m ³ de esgoto tratado
Ruim	>0,14
Razoável	= 0,14
Bom	< 0,14

Fonte: Adaptado de Uberaba (2014).

A partir dos dados apresentados no Quadro 15, é realizada a proposta para parametrização da sustentabilidade deste indicador, ou seja, consumo de energia para o tratamento de esgoto acima de 140 Kwh/1000m³ é tido como não sustentável e valores menores que 20 Kwh/1000m³ é atribuída a condição de alta sustentabilidade, uma vez que, este consumo seria apenas para a iluminação da área de uma ETE, neste caso, a Francisco Velludo. Considerando a quantidade de esgoto tratado apontado no SNIS (2016), a ETE em comento trata 12.876,69 x 1.000m³ de esgoto por ano, assim o consumo desta estação para ser considerado altamente sustentável, não deve passar de 706 kWh ao mês. Os demais estágios da sustentabilidade foram parametrizados de maneira proporcional. Desta forma, os parâmetros para a avaliação do consumo energético do sistema de tratamento de esgoto em Uberaba são apontados no Quadro 16:

Quadro 16:Sustentabilidade - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET).

Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET)	
Sustentabilidade	CET (kwh/1.000 m³ de esgoto tratado)
Não sustentável	$CET > 140$
Baixa Sustentabilidade	$80 < CET \leq 140$
Média Sustentabilidade	$20 \leq CET \leq 80$
Alta Sustentabilidade	$CET < 20$

Fonte: Autor (2016)

5.2.12 Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) - EDC

Para a eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes foram adotados valores previstos nas legislações e literatura existente sobre o tema.

Para a remoção de DBO, a Resolução 430 do CONAMA (2011) prevê que a eficiência deverá ser de no mínimo 60%, valor este que deve ser considerado em função da capacidade de auto-depuração do corpo receptor, desta forma, este valor será considerado como o menor em questão, limitando a sustentabilidade do sistema de tratamento de efluente. O Decreto 8468 de SÃO PAULO (1976) traz que esta eficiência deve ser de no mínimo 80% sendo este o segundo limitador. Como terceiro limitador será adotada a eficiência do sistema de lodo ativado com aeração prolongada que pode atingir o valor de até 98% de acordo com Von Sperling (2005).

A eficiência na remoção de N e P também é importante para a avaliação deste indicador, ficando como sugestão para próximos trabalhos a análise de eficiências adequadas para a remoção destes dois componentes.

Para a remoção de Coliformes Termotolerantes é considerado neste trabalho as classes de água doce previstas nas Resoluções do CONAMA 357 (2005) e 274 (2000), sendo considerado o valor encontrado no efluente após o tratamento. O valor apontado para água doce classe 1 foi considerado como Altamente Sustentável. A eficiência no tratamento deve atender tanto

a remoção de DBO quanto ao número residual de Coliformes Termotolerantes para que receba uma melhor classificação. Trata-se, portanto, de um indicador composto.

A avaliação da sustentabilidade deste indicador é realizada por meio dos parâmetros do Quadro 17. Para o enquadramento, devem ser atendidos tanto a remoção de DBO quanto de CT; caso neste quesito seja atendido apenas um item, será considerado o peso que for menos favorável a sustentabilidade em sua dimensão ambiental.

Quadro 17:Sustentabilidade - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes encontrados no efluente após tratamento (CT) - EDC.

Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de DBO (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) - EDC		
	EDC	
Sustentabilidade	DBO	CT (por 100 ml)
Não sustentável	$ER \leq 60$	$CT > 1000$
Baixa Sustentabilidade	$60 < ER \leq 80$	$500 \leq CT \leq 1000$
Média Sustentabilidade	$80 < ER \leq 98$	$200 \leq CT < 500$
Alta Sustentabilidade	$ER > 98$	$CT < 200$

Fonte: Autor (2016)

A proposta realizada para este indicador não é algo consolidado quanto a avaliação de sustentabilidade, uma vez que, a qualidade do corpo receptor fará com que estes valores sejam alterados, seja para reduzir os impactos negativos ao meio ambiente ou para minimizar os custos com o tratamento do esgoto.

5.2.13 Destinação do lodo – SES (DL)

Quanto ao tratamento do lodo do SES, diversas são as técnicas; objetivando principalmente reduzir o teor de umidade deste material, sendo que, sem a desidratação, o elevado volume faz com que a destinação do lodo se torne onerosa. Dentre as técnicas para redução do teor de umidade do lodo as mais utilizadas são: prensa desaguadora, centrífuga, filtro prensa, secagem térmica e leito de secagem.

Os teores de umidade para lodos de ETEs, antes e após a utilização das técnicas citadas, podem ser vistos no Quadro 18:

Quadro 18: Teores de umidade do lodo de ETE.

Tipo do lodo	Teor médio de umidade
Lodo Bruto	98%
Lodo Adensado	92%
Lodo de Prensa Desaguadora	85%
Lodo de Centrífuga	70%
Lodo de Filtro prensa	60%
Lodo de Secagem Térmica	10%

Fonte: Adaptado de von Sperling (2001)

O leito de secagem tem capacidade de remoção de umidade em torno de 50%. Para a ASA presente neste trabalho é considerada apenas a redução da umidade como forma de tratamento, as demais metodologias e procedimentos para tratar o lodo de ETE devem ser abordados em um trabalho específico devido a gama de possibilidades de soluções para este passivo ambiental.

Quanto à destinação deste lodo, as mais comuns são: aterro sanitário e aplicação em florestas artificiais ou cultivadas (pínus, eucalipto, etc.). Assim, é considerada nesta pesquisa que para que seja sustentável, a gestão do lodo do SES deve ser realizada de forma que este lodo tenha tratamento adequado e destinação tecnicamente viável.

O tratamento do lodo de um SES deve ser realizado sempre que possível para minimizar os possíveis impactos ambientais gerados por este material. Para este indicador, será abordada somente a destinação deste material. A forma de tratamento e a sustentabilidade deste procedimento ficam como sugestão para novas pesquisas.

Desta forma são consideradas como destinação para o lodo do SES e sua respectiva sustentabilidade (Quadro 19):

Quadro 19: Sustentabilidade - Destinação do lodo – SES (DL)

Destinação do lodo – SES (DL)	
Sustentabilidade	DL
Não sustentável	Lançado no meio ambiente sem controle (solo, lixões, corpos d'água, etc.)
Baixa Sustentabilidade	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado
Média Sustentabilidade	Reutilização na agricultura de mais de 50% do lodo gerado e/ou para geração energia elétrica e o que não for reutilizado deve ser destinado para aterro sanitário devidamente licenciado
Alta Sustentabilidade	Reutilização na agricultura de mais de 90% do lodo gerado e/ou para geração energia elétrica e o que não for reutilizado deve ser destinado para aterro sanitário devidamente licenciado

Fonte: Autor (2016)

5.2.14 Utilização do Esgoto Tratado (UET)

Após o tratamento do esgoto, este perde representativo percentual de seu potencial de poluição e contaminação do ambiente, viabilizando assim seu reuso em algumas situações que não seja exigida água com “melhor qualidade”.

Para este indicador é considerada a utilização ou descarte na natureza como divisor entre sustentabilidade e insustentabilidade como apresentado no Quadro 20. Os estágios de sustentabilidade propostos serão divididos em utilização de até 50% do esgoto tratado, utilização entre 50% e 90% e para alta sustentabilidade, quando houver utilização de mais de 90% do esgoto tratado.

Quadro 20:Sustentabilidade – Utilização do esgoto tratado (UET)

Utilização do Esgoto Tratado (UET)	
Sustentabilidade	UET (%)
Não sustentável	UET = 0
Baixa Sustentabilidade	$0 < \text{UET} \leq 50$
Média Sustentabilidade	$50 < \text{UET} \leq 90$
Alta Sustentabilidade	UET > 90

Fonte: Autor (2016)

5.2.15 Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)

Além dos indicadores citados, a quantidade de geração de lodo em um SES é importante, sendo que quanto menor a geração de lodo, menor será a pressão sobre área no meio ambiente para destinação deste material. De acordo com NPIU/USP (2003), as alternativas de processo de tratamento de esgotos geram diferentes quantidades de lodo líquido a ser tratado por habitante. Dentre estes processos estão os sistemas de Lagoa Anaeróbia + Facultativa que geram em média 0,3 l/hab.dia de lodo líquido a ser tratado. Há combinações de sistemas que geram quantidades maiores de lodo como é o caso de UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso que gera em média 0,8 l/hab.dia de lodo líquido a ser tratado. Há sistemas que geram volumes superiores a 0,8 l/hab.dia, como é o caso de Lodos Ativado Convencional que fica a geração de lodo líquido a ser tratado entorno de 3,0 l/hab.dia (SALVADOR, 2013). A partir destas informações é realizada a proposta para avaliação de sustentabilidade quanto a geração de lodo líquido a ser tratado conforme o Quadro 21. Para a não sustentabilidade quanto a este indicador foi adotado um excedente de 10% sendo ampliado o valor da geração de Lodos Ativado Convencional de 3,0 para 3,3 l/hab.dia de lodo líquido a ser tratado, uma vez que, este sistema está entre os com maior geração de lodo líquido.

Quadro 21: Sustentabilidade - Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)

Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	
Sustentabilidade	LT (L/hab.dia)
Não sustentável	$LT > 3,3$
Baixa Sustentabilidade	$0,8 \leq LT \leq 3,3$
Média Sustentabilidade	$0,3 \leq LT < 0,8$
Alta Sustentabilidade	$LT < 0,3$

Fonte: Autor (2016)

Neste texto, foram apontados indicadores para os SAA e SES de Uberaba, no entanto, inúmeros outros podem ser apontados e com novas proposições para a definição da sustentabilidade ambiental destes.

A partir dos indicadores no item – **Aplicação dos indicadores aos SAA e SES de Uberaba**, foi elaborado o Quadro 22, onde estão sintetizados os indicadores e os respectivos níveis ou classes de sustentabilidade, conforme a classificação proposta.

São seis indicadores para o SAA e sete para o SES de Uberaba, que serviram de base para a ASA desses sistemas.

Quadro 22: Sínteses das classes dos indicadores de sustentabilidade usados na ASA dos SAA e SES de Uberaba.

Sistema	Indicador	Unidade	Sustentabilidade			
			Não	Baixa	Média	Alta
SAA	IPF	%	$IPF \geq 30$	$20 \leq IPF < 30$	$10 \leq IPF < 20$	$IPF < 10\%$
	CPC	l/hab.dia.)	$CPC \geq 150$	$135 \geq CPC < 150$	$120 \geq CPC < 135$	$CPC < 120$
	CEEA	kWh/m ³ de água produzida	$CEEA \geq 0,95$	$0,85 \geq CEEA < 0,95$	$0,70 \geq CEEA < 0,85$	$0,70 < CEEA$
	LG	gramas de matéria seca/ m ³ água tratada	$LG \geq 145$	$85 \leq LG < 145$	$20 \leq LG < 85$	$LG < 20$
	TDL	tratamento e destinação do lodo da ETA	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água	Destinação do lodo para ETE	Destinação do lodo para aterro sanitário devidamente licenciado	Reutilização do lodo devidamente licenciado ambientalmente
	IA	%	$IA < 94$	$94 \leq IA < 97$	$97 \leq IA < 99$	$IA \geq 99$
SES	ICE	%	$ICE < 94$	$94 \leq ICE < 97$	$97 \leq ICE < 99$	$ICE \geq 99$
	ITE	%	$ITE < 70$	$85 > ITE \geq 70$	$99 > ITE \geq 85$	$ITE \geq 99$
	CET	kwh/1.000 m ³ de esgoto tratado	$CET > 140$	$80 < CET \leq 140$	$20 \leq CET \leq 80$	$CET < 20$
	EDC	remoção de DBO (ER)(%) e (Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT)(por 100 ml)	$ER \leq 60$ e $CT > 1000$	$60 < ER \leq 80$ e $500 \leq CT \leq 1000$	$80 < ER \leq 98$ e $200 \leq CT < 500$	$ER > 98$ e $CT < 200$
	DL	destinação do lodo	Lançado no meio	Destinado para	Reutilização na agricultura	Reutilização na agri-

			ambiente sem controle (solo, lixões, corpos d'água, etc.)	aterro sanitário devidamente licenciado	de mais de 50% do lodo gerado e/ou para geração energia elétrica e o que não for reutilizado deve ser destinado para aterro sanitário devidamente licenciado	cultura de mais de 90% do lodo gerado e/ou para geração energia elétrica e o que não for reutilizado deve ser destinado para aterro sanitário devidamente licenciado
	UET	%	UET = 0	$0 < UET \leq 50$	$50 < UET \leq 90$	UET > 90
	LT	l/hab.dia	LT > 3,3	$0,8 \leq LT \leq 3,3$	$0,3 \leq LT < 0,8$	LT < 0,3

IPF - Índice de perdas físicas no sistema.

CPC - Consumo médio per capita.

CEEA - Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³).

LG - Lodo gerado por m³ de água tratada.

TDL - Tratamento e destinação do lodo da ETA.

IA - Índice de atendimento com água potável.

ICE - Índice de atendimento com coleta de esgoto.

ITE - Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado.

CET - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado.

EDC - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT).

DL - Destinação do lodo.

UET - Utilização do esgoto tratado.

LT - lodo gerado no tratamento do esgoto.

Fonte: Organizado pelo Autor (2016).

Durante o diagnóstico dos indicadores foram levantados os dados referentes ao SES fundamentalmente na ETE Francisco Velludo, uma vez que, a ETE Conquistinha ainda não operou e a ETE Filomena Cartafina iniciou recentemente suas operações (janeiro de 2016) passando ainda por alguns ajustes operacionais e seus dados ainda não foram consolidados para envio ao SNIS. Em início de operação a ETE Filomena Cartafina tem apresentado como eficiência na remoção de DBO valores acima de 90%.

No SAA os dados têm maior consistência, uma vez que, Uberaba tem apenas um complexo de ETA, estando em pleno funcionamento as ETAs I e II, e a III em construção.

Para alguns indicadores, não há informações que permitem a avaliação de sustentabilidade e dentre os indicadores sem informações para AS, estão a geração de lodo no abastecimento de água (LG) e a geração de lodo no tratamento do esgoto sanitário (LT). Para os indicadores em que foi possível realizar a AS, as informações foram obtidas por meio de dados do SNIS (2016) e visitas aos sistemas em discussão. O IA, está informado no SNIS (2016) como 100%, apesar desta informação ser oficial, pode não ser a real, pois, assim, nenhuma pessoa na cidade de Uberaba poderia estar sem acesso a água tratada. No entanto, como para a alta sustentabilidade foi considerado o IA maior ou igual a 99%, há uma margem de segurança considerável, uma vez que, para continuar sendo altamente sustentável, até 2.958 (1% da população urbana) pessoas podem estar sem atendimento com água tratada segundo esta proposta.

Após levantar os indicadores referentes ao SAA e SES de Uberaba foram obtidos os resultados expressos no Quadro 23:

Quadro 23: Indicadores SAA e SES de Uberaba.

Sistema	Indicador	Situação	Fonte dos dados
SAA	IPF (%)	36,70	SNIS (2016)
	CPC (l/hab.dia)	195,8	SNIS (2016)
	CEEA (Kwh/m ³ de água tratada)	1,1	SNIS (2016)
	LG	Sem dados (lodo lançado em rede de esgoto sem medição de vazão)	Visita realizada na ETA (AUTOR, 2016).
	TDL	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água	Autor (2016)
	IA (%)	100,0	SNIS (2016)
SES	ICE (%)	98,8	SNIS (2016)
	ITE (%)	52,3	SNIS (2016)
	CET (Kwh/1.000 m ³ de esgoto tratado)	200	SNIS (2016)
	EDC	Remoção de DBO (ER) = 92% Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) = 100 Coliformes Termotolerantes por 100 ml	Visita realizada na ETE e entrevista com operadores do sistema de tratamento de esgoto.
	DL	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado.	Visita realizada na ETE (AUTOR, 2016).
	UET (%)	Não há utilização do esgoto tratado	Visita realizada na ETE (AUTOR, 2016).
	LT	Não há quantificação do lodo gerado no tratamento	Visita realizada na ETE (AUTOR, 2016).

IPF - Índice de perdas físicas no sistema; **CPC** - Consumo médio per capita; **CEEA** - Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³); **LG** - Lodo gerado por m³ de água tratada; **TDL** - Tratamento e destinação do lodo da ETA; **IA** - Índice de atendimento com água potável; **ICE** - Índice de atendimento com coleta de esgoto; **ITE** - Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado; **CET** - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado; **EDC** - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT); **DL** - Destinação do lodo; **UET** - Utilização do esgoto tratado; **LT** - lodo gerado no tratamento do esgoto.

A partir dos valores encontrados para cada indicador é possível avaliar os SAA e SES de Uberaba quanto à sustentabilidade, sendo utilizados os parâmetros estabelecidos nesta pesquisa.

Para a geração de lodo na ETA e ETE não há quantificação, assim, não é possível avaliar se estes indicadores estão caminhando em direção compatível ou contrária as premissas para o desenvolvimento sustentável. Não havendo esta mensuração das gerações de lodo dos sistemas (SAA e SES), é algo que vai contrário a sustentabilidade, pois, se não se sabe a geração atual de lodo, como propor melhorias nos sistemas? Desta forma, para os indicadores LG e LT não serão apontadas as sustentabilidades, uma vez que, a obtenção destas informações seria apenas por simulações (equações), o que traria resultados com baixa segurança, uma vez que, a operação dos sistemas interfere diretamente na geração de lodo. Assim, para a mensuração da sustentabilidade destes indicadores é necessário que seja realizada implantação de sistema para medir o volume do lodo gerado.

Os resultados desta avaliação podem ser visualizados no Quadro 24:

Quadro 24: Avaliação de Sustentabilidade dos Indicadores - SAA e SES de Uberaba.

Sistema	Indicador	Situação em Uberaba	Parâmetro	Sustentabilidade
SAA	IPF (%)	36,70	$IPF \geq 30$	Não sustentável
	CPC (l/hab.dia)	195,8	$CPC \geq 150$	Não sustentável
	CEEA (Kwh/m ³ de água tratada)	1,1	$CEEA \geq 0,95$	Não sustentável
	LG	Sem dados (lodo lançado em rede de esgoto sem medição de vazão)	-	-
	TDL	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água	Não sustentável
	IA (%)	100,0	$IA \geq 99$	Alta sustentabilidade
SES	ICE (%)	98,8	$97 \leq ICE < 99$	Média Sustentabilidade
	ITE (%)	52,3	$ITE < 70$	Não sustentável
	CET (Kwh/1.000 m ³ de esgoto tratado)	200	$CET > 140$	Não sustentável
	EDC	Remoção de DBO (ER) = 92% Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) = 100 Coliformes Termotolerantes por 100 ml	$80 < ER \leq 98$ – Média sustentabilidade $CT < 200$ – Alta Sustentabilidade	Média sustentabilidade
	DL	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado.	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado	Baixa sustentabilidade
	UET (%)	Não há utilização do esgoto tratado	$UET = 0$	Não sustentável
	LT	Não há quantificação do lodo gerado no tratamento	-	-

IPF - Índice de perdas físicas no sistema; **CPC** - Consumo médio per capita; **CEEA** - Consumo de energia elétrica por m³ de água produzida (kWh/m³); **LG** - Lodo gerado por m³ de água tratada; **TDL** - Tratamento e destinação do lodo da ETA; **IA** - Índice de atendimento com água potável; **ICE** - Índice de atendimento com coleta de esgoto; **ITE** - Índice de atendimento com tratamento do esgoto gerado; **CET** - Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado; **EDC** - Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e número de Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT); **DL** - Destinação do lodo; **UET** - Utilização do esgoto tratado; **LT** - lodo gerado no tratamento do esgoto.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

Verificou-se por meio deste estudo que o SAA de Uberaba precisa realizar adequações para estar compatível com o desenvolvimento sustentável nos indicadores: IPF, CPC, CEEA, LG e TDL. Exceto o indicador LG, os demais já têm um ponto de partida, pois é possível identificar a real situação e assim almejar a forma adequada para que estes indicadores se tornem sustentáveis sob a ótica desta ASA.

O SES também precisa realizar otimização nos indicadores: ICE, ITE, CET, EDC, DL, UET e LT. É válida ressalva, para o indicador EDC, uma vez que, este está próximo a compatibilidade com o processo de alta sustentabilidade ambiental, uma vez que apenas com melhoria na remoção de DBO é possível atingir o *status* de altamente sustentável sob a visão desta ASA.

O quadro PEIR obtido para os SAA e SES de Uberaba mostra quais são as principais pressões sobre o ambiente provocadas por estes sistemas. As respectivas pressões, estados, impactos e respostas são apresentados no Quadro 25.

São várias as pressões exercidas sobre o meio ambiente por estes sistemas, no entanto, neste trabalho são apresentadas aquelas compreendidas pelo autor, após as visitas realizadas e levantamento bibliográfico, como as mais expressivas na geração de impactos ao meio ambiente.

Quadro 25: Quadro PEIR para os SAA e SES de Uberaba (na visão do autor).

Sistema	Indicador/Fenômeno	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
SAA	Perdas físicas no sistema (IPF).	Sistema de distribuição de água com redes arcaicas e vários pontos com vazamentos	Perdas físicas acima de 35%, sendo este valor insustentável sob a ótica desta ASA	Maior demanda por recursos hídricos, aumento no gasto de insumos para produção de água potável	Aperfeiçoar o SAA reduzindo o índice de perdas físicas, principalmente renovando o sistema de distribuição de água potável
	Consumo médio per capita (CPC).	Consumo humano para sobrevivência e lazer	Consumo elevado	Maior demanda por recursos hídricos.	Conscientizar a população para que haja o uso racional da água e aplicação de sanções para as pessoas que desperdiçam este recurso hídrico (advertências, multas, etc.).
	Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (k-Wh/m ³) (CEEA)	Sistema de captação e tratamento de água obsoleto	Elevado consumo de energia elétrica	Maior demanda por recursos energéticos	Renovar o sistema de captação e tratamento de água utilizando equipamentos com maior eficiência energética
	Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG)	Geração de lodo em função do tratamento da água, principalmente devido à remoção de turbidez	Não há controle do volume de lodo gerado no SAA e este é destinado para rede de esgoto que realiza o lançamento no rio	Impossibilidade de diagnosticar se o volume de lodo gerado está elevado. Impacto negativo ao meio ambiente em função do tratamento deste lodo e	Implantar sistema para quantificação do lodo gerado e sistema de tratamento e destinação deste material de forma que gere menor impacto ao meio ambiente

			Uberaba	lançamento inadequado do lodo no meio ambiente.	
	Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)	Não há sistema para tratamento, destinação ou reutilização do lodo	Lodo destinado para corpo hídrico	Alteração da qualidade do corpo hídrico no qual é realizado o lançamento deste lodo.	Implantar sistema para tratamento e reutilização do lodo gerado.
	Índice de atendimento (IA)	Investimento em SAA para ampliação da rede	Atendimento universalizado	Toda a população tem acesso a água potável reduzindo os riscos com ingestão de água de fontes não monitoradas	Melhoria na qualidade de vida da população. Deve ser trabalhado para que com o desenvolvimento da cidade este índice seja mantido.
SES	Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE)	Novas residências são construídas e a implantação de redes de coleta de esgoto não acompanha este crescimento. Algumas moradias são construídas em locais onde a topografia dificulta a coleta de esgotos	Aproximadamente 1% da população de Uberaba não tem coleta de esgoto.	Aumento na possibilidade de contrair doenças, maior risco de contaminação do solo e de recursos hídricos.	Ampliar a rede de coleta de esgoto, controlar a ocupação em áreas irregulares topograficamente inviáveis de ser realizada a coleta do esgoto
	Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE)	Expansão da malha urbana e elevado custo para coleta e tratamento dos esgotos	Coleta e tratamento dos esgotos não universalizados	Lançamento dos esgotos em locais não inadequados, estando estes efluentes sem o devido tratamento	Ampliar o sistema de coleta e tratamento dos esgotos
	Consumo de energia por metro cúbico de	Necessidade de energia elétrica para o tratamen-	Consumo elevado para o tratamento do	Maior demanda por recursos energéticos	Aperfeiçoar o tratamento de esgoto visando reduzir o

	esgoto tratado (CET)	to do esgoto	esgoto e não geração de energia no SES		consumo de energia e promover a geração de energia no sistema
	Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) - EDC	Potencial de poluição e contaminação gerados pelos esgotos	Redução de DBO e Coliformes Termotolerantes em aproximadamente 50% dos esgotos gerados. Eficiência na remoção de Coliformes Termotolerantes considerada de alta sustentabilidade e remoção de DBO estando como média sustentabilidade	Alteração da qualidade da água e do solo (acima do previsto na legislação) onde são lançados os efluentes sem tratamento	Ampliar o sistema e a eficiência do tratamento de esgoto
	Destinação do lodo (DL)	Necessidade de destinar o lodo gerado pelo SES	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado.	Não reutilização do lodo na agricultura e redução da vida útil do aterro sanitário.	Desenvolver mecanismos para reutilização do lodo do SES
	Utilização do Esgoto Tratado (UET)	Falta de investimento em processos para reutilização do esgoto tratado.	O esgoto tratado não é reutilizado	Maior demanda por recursos naturais que poderiam ser substituídos pela reutilização do esgoto tratado	Implantar sistema para reutilização do esgoto tratado
	Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	Geração de lodo em função do tratamento do esgoto, sendo este lodo a	Não há controle do volume de lodo gerado no sistema de tra-	Impossibilidade de diagnosticar se o volume de lodo gerado está elevado.	Implantar sistema para quantificação do lodo gerado. Desenvolver mecanismo

		<p>parte não consumida pelos microorganismos durante o tratamento</p>	<p>tamento de esgoto. O lodo gerado é destinado para aterro sanitário devidamente licenciado.</p>	<p>Não há a utilização do lodo do esgoto para agricultura ou geração de energia. Sendo que a destinação deste impacta negativamente o ambiente, demandando novas áreas para sua destinação, assim, reduzindo a vida útil do aterro sanitário o para o qual este é destinado.</p>	<p>para utilização deste lodo na agricultura ou na geração de energia.</p>
--	--	---	---	--	--

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

Foram realizadas entrevistas com 5 técnicos que atuam nos sistemas (SAA e SES) e um técnico que participou da elaboração do PMSB e atualmente não desenvolve mais funções nestes sistemas. Dos técnicos entrevistados, 01 respondeu apenas as questões de 01 a 05 do APÊNDICE A, não querendo se manifestar sobre o PEIR. Durante a entrevista foi explicado para cada entrevistado como é a estruturação do PEIR e dada total liberdade para que os mesmos respondessem, procurando, durante a entrevista não induzi-los a respostas semelhantes a do autor. Dos técnicos que responderam ao questionário, todos têm formação em nível superior, sendo que um tem mestrado na área de saneamento e um é mestrando em sustentabilidade, sendo que, este já trabalhou com o modelo PEIR. Para este técnico que já conhecia o modelo, não foi necessário explicar o funcionamento da ferramenta, apenas a proposta deste trabalho.

Após a entrevista com os técnicos ligados aos SAA e SES (operação, meio ambiente e que auxiliaram na elaboração do PMSB), foi possível identificar a visão destes sobre os sistemas em discussão. Após a explicação, alguns técnicos preencheram o quadro PEIR no ato da entrevista, outros solicitaram que o quadro fosse enviado por e-mail para que respondessem com maior tranquilidade em momento oportuno. O preenchimento do quadro realizado por cada técnico pode ser visualizado no APÊNDICE B.

Durante a entrevista foi verificado que os técnicos se sentem desconfortáveis em apontar os indicadores que precisam ser melhorados nos SAA e SES. A partir da opção de não se identificarem, demonstraram maior receptividade para responder ao questionário. As questões quanto a sustentabilidade e propostas de melhorias nos sistemas também são questões que alguns técnicos não quiseram responder. Dentre os técnicos que responderam sobre as pressões, verifica-se que é de concordância a necessidade de realizar uma gestão eficiente quanto a geração de lodo em ambos os sistemas.

Foi constatado que todos os entrevistados que responderam ao questionário associam a sustentabilidade como sendo a utilização do meio ambiente dentro de sua capacidade de reposição de recursos naturais, sem prejudicar a capacidade das próximas gerações se manterem.

Capítulo 6

Considerações finais

6.1 Conclusões

A metodologia proposta neste trabalho para a avaliação de sustentabilidade ambiental dos SAA e SES de Uberaba se mostrou de grande valia, sendo que, a parametrização de indicadores foi realizada, algo que ainda não havia para os respectivos sistemas. Com os resultados desta pesquisa, é fornecida ferramenta para que os gestores públicos responsáveis pelos sistemas estabeleçam metas para que se atinja a alta sustentabilidade em cada um dos indicadores levantados. Foram propostos 13 indicadores para avaliar os SAA e SES; no entanto, esta discussão não é o fim e sim, o início de novas propostas, outros indicadores podem e devem ser inseridos para o acompanhamento e conseqüente estabelecimento de parâmetros para cada um destes. Foi verificado que é urgente a necessidade de racionalizar o uso da energia elétrica em ambos os sistemas, sendo utilizados equipamentos com maior eficiência energética e estudo de alternativas com menor custo para captação de água.

Para o indicador IA é necessário apenas sua manutenção, e assim, permanecendo com alta sustentabilidade na visão desta ASA. Os indicadores: ICE e EDC, estão como de média sustentabilidade, sendo necessária melhoria em seu desempenho para que atinjam a alta sustentabilidade. Os demais indicadores necessitam de urgente melhoria, sendo que, se apresentam como não sustentáveis ou de baixa sustentabilidade e, em alguns casos, sem a possibilidade de diagnosticar a situação, como é o caso dos indicadores LG e LT.

Os formulários aplicados aos técnicos responsáveis pela gestão e operação destes sistemas apontam para conclusões semelhantes, demonstrando assim, que os principais indicadores que

direcionam os sistemas discutidos em sentido contrário a sustentabilidade ambiental são conhecidos por estes.

Para cada indicador é necessário acompanhamento constante das novas tecnologias, dos valores médios locais e regionais e, assim, sendo realizada a atualização de seus parâmetros. Sendo estes indicadores utilizados para o monitoramento dos SAA e SES.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

No decorrer deste trabalho, foram levantadas questões que possuem potencialidade para serem estudadas em trabalhos futuros, destacam-se:

- A determinação da Pegada Ecológica, que está vinculada a área necessária para atender as demandas por recursos naturais. Assim, deve ser realizado o cálculo de área necessária para atendimento de demanda por energia elétrica, consumo de água dentre outros recursos para a manutenção dos SAA e SES.

Segundo Silva, Corrêa e Cândido (2010), no cálculo da Pegada Ecológica, para consumos de energia elétrica, 1 kWh equivale a 0,003569624 gigajoules e ainda, que 1 hectare atende a 100 gigajoules de energia elétrica.

Para o cálculo da Pegada Ecológica quanto a utilização de recursos hídricos, deve-se considerar a bacia do rio Uberaba, acima da captação de água para a ETA, uma vez que, esta é a área responsável pelo abastecimento da cidade.

- Realizar a proposição de outros indicadores para os SAA e SES, como os relacionados à água do manancial e da água distribuída.
- Avaliar qual o tempo necessário para rever a parametrização de cada um dos indicadores.
- Realizar uma avaliação de sustentabilidade também considerando as questões econômicas e sociais nestes sistemas.

Referências

ALEGRE, H. *et al.* **Performance Indicators for Water Supply Services**, IWA Publishing, **Second Edition, 2006.**

AMORIM, A. S. ARAÚJO, M. F. F. CÂNDIDO, G. A. **Uso do Barômetro da Sustentabilidade Para Avaliação de um Município Localizado em Região Semiárida do Nordeste Brasileiro.** Desenvolvimento em Questão [online] 2014, 12 (janeiro-março): Acesso em: 23 de ag. De 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75230088008>> ISSN 1678-4855

ANDRADE, E. de. **A sustentabilidade apoiada pelas políticas urbanas federais e estaduais: o caso de Governador Valadares, Juiz de Fora, Montes Claros, Poços de Caldas e Uberlândia – MG.** 2006. 222p. São Paulo-SP, Tese de Doutorado.

ARAGUARI. Prefeitura Municipal de Araguari. Superintendência de água e Esgoto. **Água e Esgoto.** s/d. Disponível em: <http://www.saearaguari.com.br/desenv/aguaesgoto.php#captacao>. Acesso em: 03 abr. 2016.

ASSEMAE (Brasil). Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (Ed.). **Uberaba (MG) aprova Plano de Saneamento.** 2015. Disponível em: <<http://assem-ae.org.br/noticias/item/186-uberaba-mg-lanca-plano-de-saneamento>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

ASSUNÇÃO, F. A. L. **Estudo da remoção de Nitrogênio, com ênfase na volatilização de Amônia, em lagoas de polimento de efluentes de reatores UASB tratando esgotos urbanos de Belo Horizonte/MG.** 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/770M.PDF>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

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.** xxvii, 197p., Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2015. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

BENETTI, L. B. **Avaliação do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Município de Lages (SC) através do Método do Painel de Sustentabilidade.** 2006. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Univer-

sidade Federal de Santa Catarina.

BETTIG, A. P. **Estrategias para un Control Eficiente del Agua No Contabilizada - Experiencia AySA** ; 18º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, 2012.

BORJA, P. C. **Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira**. Saude soc., São Paulo , v. 23, n. 2, p. 432-447, jun. 2014 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902014000200432&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 maio 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902014000200007>.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 25 out. 2014.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR)**. 2013. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/rqma/metodologia-pressao-estado-impacto-resposta-peir>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

_____. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**: Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 18 jul. 2015.

_____. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**.: Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico Casa Civil. Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm> . Acesso em: 25 jan. 2015.

_____. **Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001**.: Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.. Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2013**. Brasília, 2015. 154 p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (Org.). **Agenda 21 brasileira: Ações Prioritárias**. 2004. 158 p.. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/documentos>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

_____. _____. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais:** Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores. 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/noticias_arquivos/banner_pnia_2012.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2015.

BRITO, C.W. **Avaliação da sustentabilidade ambiental urbana da cidade de Nova Hartz:** análise de caso. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado Para A Inovação da Edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum.** 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

FERNANDES NETO, M. de L. **Avaliação de Parâmetros Intervenientes no Consumo per capita de água: Estudo para 96 Municípios do Estado de Minas Gerais.** 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/68M.PDF>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

FERREIRA, A. C. S. B. **Educação Ambiental: a Ecologia e as atitudes para a Sustentabilidade.** 2007. 253 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Zoologia/antropologia, Universidade do Porto, Porto, 2007. Disponível em: <http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_050370130.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2015.

GIESEMANN, M. and PING, Z. S. **Non-Revenue Water Action Plan for Beijing,** IWA Waterloss – 2014, Vienna, 2014

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK . **Ecological Footprint and biocapacity in Brazil.** 2012. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/brazil/>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

GOOGLE, Google Earth. Acesso em: 14 de jun. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (Org.). **CIDADES@.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317010&search=minas-gerais|uberaba>>. 2010. Acesso em: 19 jan. 2015.

JANUARIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S.. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 12, n. 2, p. 117-126, June 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-

41522007000200002&lng=en&nrm=iso>. access on 06 Mar. 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200002>.

JUNIOR, C. N. T.. **Análise do IDH do Brasil, de suas regiões e de outros países: um enfoque comparativo**. 2010. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. Dissertação de Mestrado.

KRAMA, M. R.. **Análise dos indicadores de desenvolvimento sustentável no Brasil, usando a ferramenta Painel de Sustentabilidade**. 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em:
<http://indicadores.fecam.org.br/uploads/28/arquivos/4056_KRAMA_M_Indicadores_de_Sustentabilidade_no_Brasil_aplicando_o_Dashboard_of_Sustainability.pdf>. Acesso em: 26 set. 2015.

KRAMA, M. R.. SPINOSA, L. M.. CANGIOLIERI Jr., O.. **Análise dos indicadores de sustentabilidade do Brasil segundo o Painel de Sustentabilidade do IISD E IBGE**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V.W. B.. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, Apr. 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122011000200003&lng=en&nrm=iso>. access on 14 July 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-76122011000200003>.

LUCENA, A. D.. CAVALCANTE, J. N.. CÂNDIDO, G. A.. **Sustentabilidade do município de João Pessoa: uma aplicação do barômetro da sustentabilidade**. 2011. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. v. 7, n. 1, p. 19-49, jan-abr/2011, Taubaté, SP, Brasil

MADURO-ABREU (*et al.*), A. **Os limites da Pegada Ecológica**. Rev. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 19, p. 73-87, jan./jun. 2009. Editora UFPR.

MAGLIO, I. C.. **A sustentabilidade ambiental no planejamento urbano do Município de São Paulo: 1971-2004**. São Paulo. 2005. (Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública - USP).

MALHEIROS, T. F.. **Sustentabilidade na gestão ambiental**. 2014. 205 f. Tese de Livre Docência, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2014.

MIKHAILOVA, I.. **Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. Revista Economia e Desenvolvimento, Cascável, p.22-41, 2004. Semestral. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/eed/article/view/3442/pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2015.

MIRANDA, A. B.. **Sistemas Urbanos de Água e Esgoto: Princípios e indicadores de sustentabilidade**. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=91>. Acesso em: 27 maio 2015.

MIRANDA, A. B. e TEIXEIRA, B. A. N.. **Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. *Eng. Sanit. Ambient.*[online]. 2004, vol.9, n.4, pp. 269-279. ISSN 1809-4457.

MOURA, G. N. P. de. **A relação entre água e energia: gestão energética nos sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento básico do Brasil**. 2010. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/gustavo_nikolaus.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2016.

NPIU/USP. **Limites técnicos e econômicos de alternativas de tratamento de esgoto** – manual de orientação aos municípios e outros agentes. São Paulo, Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas, Universidade de São Paulo, 2003. 47 p.

OECD. **Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews – a synthesis-report by the Group on the State of the Environment – Environmental Monographs n°83** - Paris OECD 1993. 39 p.

PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P.. **Avaliação ambiental estratégica de planos de bacias hidrográficas**. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro , v. 18, n. 3, Sept. 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000300243&lng=en&nrm=iso>. access on 14 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-52201300030007>.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N.. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP)**. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro , v. 14, n. 3, p. 411-420, Sept. 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300015&lng=

en&nrm=iso>. access on 28 June 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000300015>.

PRESTES, M. F.. **Indicadores de Sustentabilidade em Urbanização Sobre Áreas de Mananciais: Uma aplicação do Barômetro da Sustentabilidade na Ocupação do Guarituba – Município de Piraquara – Paraná**. Curitiba, 2010. Dissertação de Mestrado. 191 f.

RODRIGUES, G. S. S. C.. **A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: conflitos entre velhos e novos paradigmas**. Soc. nat. (Online), Uberlândia, v. 22, n. 2, ago. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132010000200004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 25 out. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000200004>.

SACHS, I.. **Desenvolvimento sustentável: desafio do século XXI**. Ambient. soc., Campinas, v. 7, n. 2, Dec. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2004000200016&lng=en&nrm=iso>. access on 06 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2004000200016>.

SALVADOR, N. N. B. (Org.). **Tratamento de Esgotos**. São Carlos: 2013. 159 p. Departamento de Engenharia Civil. UFSCAR.

SANTOS, G. R.. **Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976 (Atualizado com redação dada pelo Decreto 54.487, de 26/06/09). Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976.

SHUBO, T.. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana**. 2003. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, M. S. A.; et al. **Estimativa da quantidade de lodo produzido no tratamento de água do tipo convencional e Actiflo comparação de metodologias**. Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campus Gerais, 2013, Anais AEAPG. Ponta Grossa, 2013. v. 8.

SILVA, A. M.; CORREIA, M. M.; CÂNDIDO, G. A.. **Ecological Footprint Method: avaliação da sustentabilidade no município de João Pessoa-PB.** CÂNDIDO, G. A. (org.). Desenvolvimento sustentável e sistemas de indicadores de sustentabilidade: formas de aplicação em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande: Ed. UFCG, 2010. Cap8, 236-271p.

SILVA, S. S. F.. *et al.* Universidade Estadual da Paraíba (Ed.). **Sistema de Indicador de Sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta na análise das condições ambientais resultantes dos resíduos sólidos urbanos: um estudo no Município de Cuité-PB.** Qualit@s Revista Eletrônica, Campina Grande, p.1-16, 2012. Semestral. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1284/855>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2015). Ministério das Cidades (Org.) **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013.** 2014. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=105>>. Acesso em: 29 de jan. 2015.

_____. _____. (2016). Ministério das Cidades (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014.** 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014#>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

TARDELLI FILHO, J.. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas de abastecimento de água.** Revista Dae, São Paulo, p.6-20, 2016. Quadrimestral.

UBERABA. Prefeitura Municipal de. Lei nº 9892, de 28 de janeiro de 2005. **Lei Nº 9.892 de 28 de Dezembro de 2005.** Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/meio_ambiente/APA/Lei_Mun_9892_Criacao_APA_605_-_2005.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2015.

_____. _____. Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba (Ed.). **Nova ETE Filomena Cartafina entra em operação.** 2015. Disponível em: <<http://www.codau.com.br/noticiaDetalhe.php?codigo=465000171>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

_____. _____. Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba (Org.). **Produto 3 - Prognósticos e alternativas para a universalização dos serviços de saneamento Básico:** Uberaba - MG. Uberaba, 2013. 159 p.

_____. _____. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório final.** Uberaba, 2014. 1569 p. Dividido em três volumes. Disponível em: <<http://www.codau.com.br/pmsb/produtos.php?pagina=2>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. Secretaria de Meio Ambiente e Turismo - Semat. Secretaria de Meio Ambiente e Turismo - Semat (Org.). **Parecer Único**. Uberaba, 2013. 19 p. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br:8080/portal/acervo/meio_ambiente/comam/Comam2013/91ReuniaoOrdinaria02.10.2013/PA11416-2013CentroOperacionaldeDesenvolvimentoeSaneamentodeUberaba-codau.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2015.

UBERLÂNDIA. Prefeitura Municipal de Uberlândia. Comitê Técnico de Regulação dos Serviços Municipais de Saneamento Básico - Cresan. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2012. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/6527.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2016.

VALLE JUNIOR, R. F. *et al.* Diagnóstico Temporal e Espacial da Qualidade das Águas Superficiais do Rio Uberaba, MG. Caminhos de Geografia: revista on line, Uberlândia, v. 14, n. 45, p.1-11, mar. 2013. Trimestral.

VAN BELLEN, H. M.. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa** 2ª. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 256 p.

_____. **Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação**. Cad. EBAPE.BR, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 01-14, Mar. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-9512004000100002&lng=en&nrm=iso>. access on 19 Sept. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-39512004000100002>.

VEIGA, J.. **Indicadores de sustentabilidade**. Estud. av., São Paulo, v. 24, n. 68, 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100006&lng=en&nrm=iso>. access on 09 Jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>.

VON SPERLING, M. introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. V.1, Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2005.

VON SPERLING, M.. **Lagoas de estabilização**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 3, 134 p

VON SPERLING, M. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484 p.

WEF, Activated Sludge, Manual of Practice nº 9, Water Environment Federation, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Switzerland) (Ed.). **Investing in Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities**. Geneva: Printed By The Who Document Production Services, 2014. 108 p.

WWF-BRASIL (Brasília) (Org.). **A pegada ecológica de Campo Grande e a família de pegadas**. 2012. ISBN 978-85-86440-42-7. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/pegada_ecologica_campo_grande.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

APÊNDICE A

Questionário aplicado aos técnicos dos SAA e SES de Uberaba

Questionário para levantamento das Pressões, Estados, Impactos e Respostas (PEIR) para o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Sistema de Esgotamento Sanitário de Uberaba (SES).

1 - Deseja se identificar? () não () sim (se sim, preencher os dados abaixo).

Nome: _____

Função em que trabalha ou desempenhou nos SAA e SES de Uberaba: _____

Escolaridade: _____

2 - Em quais setores do sistema de saneamento básico de Uberaba você trabalha ou desenvolve função? Especifique estas funções nos espaços abaixo:

Sistema de Abastecimento de Água – SAA -

Sistema de Esgotamento Sanitário - SES –

6 – De acordo com CMMAD (1991), desenvolvimento sustentável é aquele capaz de satisfazer as necessidades e aspirações humanas sem comprometer a disponibilidade de recursos para as gerações futuras. Não sua visão, o que é sustentabilidade ambiental?

7 – Na sua visão, o que pode ser feito para que o sistema de abastecimento de água se torne sustentável ambientalmente?

8 – Na sua visão, o que pode ser feito para que o sistema de esgotamento sanitário se torne sustentável ambientalmente?

6 – Considerando a informação obtida de Brasil (2013), em que o PEIR é em síntese: **Pressão:** Por que isto ocorre?; **Estado:** O que está acontecendo com o meio ambiente?; **Impacto:** Qual é o impacto?; **Resposta:** O que pode ser feito e o que está sendo feito agora para melhorar o sistema. Ainda, considerando os indicadores listados no quadro que segue, aponte de acordo com os seus conhecimentos as respostas para cada etapa do quadro com destaque para o meio ambiente. Assim você deverá responder referente aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, o que está pressionando o meio ambiente, como esse meio está, qual o impacto está sendo gerado e como resposta, o que deve ser feito para resolver esta pressão e conseqüentemente evitar o impacto gerado ao meio ambiente.

APÊNDICE A

Sistema	Indicador	Situação	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
SAA	Perdas físicas no sistema (IPF).	$IPF \geq 30\%$				
	Consumo médio per capita (CPC).	195,82 l/hab.dia ⁴				
	Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (k-Wh/m ³) (CEE-A)	1,06				
	Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG)	Sem dados consistentes				
	Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)	Lançamento do lodo com ou sem tratamento em corpo d' água				

⁴ Consumo per capita sem as perdas reais.

APÊNDICE A

	Índice de atendimento (IA)	100,00%				
SES	Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE) (%)	$97 \leq ICE < 99$				
	Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE) (%)	$ITE < 70$				
	Consumo de energia k-wh/1.000 por metro cúbico de esgoto tratado (CET)	$CET > 140$				
	Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio	$80 < ER \leq 98$ $CT < 200$				

APÊNDICE A

(DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes (por 100ml) após o tratamento (CT) - EDC						
Destinação do lodo (DL)	Destinado para aterro sanitário devidamente licenciado.					
Utilização do Esgoto Tratado (UET)	UET = 0					
Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	Sem dados consistentes					

APÊNDICE B

Síntese dos questionários respondidos

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
SAA	Perdas físicas no sistema (IPF).	A	Redes antigas	Não respondeu	Captação de mais água que o necessário; comprometimento da disponibilidade hídrica	Troca das redes antigas e monitoramento sobre perdas (eletrônico)
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Redes com dimensionamento inadequado	Grande perda de água	Maior consumo de água	Melhorar as redes de água
		D	Materiais inadequados utilizados nas redes	Perdas dentro da média do país	Desperdício de água	Adequar as redes existentes
		E	Falta de fiscalização em obras de novos	Em aperfeiçoamento	Maiores perdas físicas no sistema	Aperfeiçoar a fiscalização

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
			loteamentos			
		F	Falta de planejamento, de investimento e de atitudes proativas	Corpos hídricos mais estressados diante da necessidade de maior captação/exploração de água dos mananciais para atendimento às demandas da comunidade.	Comprometimento do ecossistema em que se encontra o manancial de abastecimento, principalmente a jusante do ponto de captação	Foram investidos, recursos visando a substituição de hidrômetros e de algumas redes que vazavam constantemente, contudo, de forma desarticulada, demonstrando que faz-se necessário um amplo programa de combate e controle de perdas no município.
	Consumo médio per capita (CPC).	A	Perdas físicas e desperdícios dos usuários	Não respondeu	Diminuição da disponibilidade hídrica	Troca das redes e educação ambiental da população
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Desperdício	Consumo alto de água	Maior consumo de água nos rios e poços tubulares	Educar a população
		D	Falta de educação para o uso correto da água	Consumo acima da média nacional	Água utilizada sem necessidade	Reduzir o consumo
		E	Consumo de água	Grande consumo	Necessidade de novas fontes para abastecimento	Educar a população

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
					da cidade	
		F	Devido aos hábitos de consumo da população e à falta de políticas e ações visando o consumo racional	Corpos hídricos mais estressados diante da necessidade de maior captação/exploração de água dos mananciais para atendimento às demandas da comunidade.	Comprometimento do ecossistema em que se encontra o manancial de abastecimento, principalmente a jusante do ponto de captação	O número é questionável, pois o parque de hidrômetros instalados não está atual fazendo com que ocorra o processo de submedição. Faz-se necessário a manutenção corretiva e preventiva dos medidores de água e a instituição de mecanismos de educação ambiental visando o consumo racional de água.
	Consumo de energia elétrica por m ³ de água produzida (kWh/m ³) (CEEA)	A	Sistema de bombeamento	Não respondeu	Aumento do preço e em época de crise hídrica racionamento (considerando que a energia vem de UHEs, principalmente)	Reavaliação da eficiência de bombeamento das bombas existentes
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Bombeamento	Grande consumo de energia no bombeamento de água	Gasto elevado com energia	Melhorar o sistema de bombeamento e buscar fontes mais favoráveis topograficamente

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
		D	Bombear a água da captação para a ETA	Desnível grande entre os dois locais	Maior consumo de energia	Estudar alternativa para a captação de água
		E	Captação de água	Alto consumo de energia	Grande consumo de energia	Melhorar sistema de captação
		F	Características urbanas e falta de investimentos em outras tecnologias	Necessidade cada vez mais crescente de demanda de energia.	Maior insumo da autarquia, comprometendo o as questões socioeconômicas da população com o repasse deste custo operacional aos munícipes.	Foram substituídos banco de capacitores, mas falta um estudo completo de eficiência energética no âmbito da autarquia e implementação de tecnologias de geração de energia elétrica em seus espaços
	Lodo Gerado por metro cúbico de água tratada (LG)	A	ETA sem projeto de tratamento de lodo	O subdimensionamento da ETA implica o uso de mais agentes flocculantes, o que aumenta a produção de lodo	Poluição dos corpos d' água que recebem o lodo	Ampliação da ETA e reforma das existentes (está sendo feito)
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Sem quantificação do lodo	Não tem como saber	Não tem como saber	Quantificar o lodo gerado para saber se é necessário reduzir sua geração

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
		D	Sem informação	Sem informação	Sem informação	Levantar a quantidade de lodo
		E	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		F	Passivo do processo de tratamento de água	Lançamento do lodo no corpo hídrico, através de descarga de fundo dos tanques de decantação.	Comprometimento e contaminação a jusante do ponto de lançamento	As duas estações de tratamento estão passando por reformas, além da construção de uma terceira. É possível que com o término da obra e a entrada em operação das estações, ocorra uma diminuição no lançamento do lodo no rio.
	Tratamento e destinação do lodo da ETA (TDL)	A	ETA sem projeto de tratamento de lodo	Lançamento do lodo sem tratamento	Poluição dos corpos d' água que recebem o lodo	Construção de unidade de tratamento de lodo (está sendo feita)
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Sem destinação adequada	Rede de esgoto que é direcionada para o rio Uberaba	Contaminação do rio	Dar outra destinação para o lodo
		D	Lodo contaminando o meio ambiente	Não existe	Contaminação do meio ambiente	Tratar o lodo
		E	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		F	Processo utilizado	Reintrodução de a-	Comprometimento e con-	As duas estações de

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
			desde a construção da estação	gentes patógenos de forma concentrada e pontual no manancial	taminação a jusante do ponto de lançamento	tratamento estão passando por reformas, além da construção de uma terceira. É possível que com o término da obra e a entrada em operação das estações, ocorra uma diminuição no lançamento do lodo no rio.
	Índice de atendimento (IA)	A	Foi investido em esgotamento	Não respondeu	Diminuição/eliminação do contato da população com esgoto	Não respondeu
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Sem pressão	Atendimento correto	População satisfeita com atendimento	Manter este índice de atendimento
		D	Manter o índice	Índice ótimo	Atendimento para todos	Sempre atender este índice
		E	Atender novos loteamentos	Índice com atendimento total	Positivo	Dar continuidade a este índice
		F	Presença do sistema público em quase todos os espaços urbanos	Diminuição dos problemas com contaminação via o lançamento de esgotos de formas inadequadas	Melhoria na qualidade de vida da população urbana	Desenvolvimento e ampliação das redes visando atingir 100% de atendimento.

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
SES	Índice de atendimento com Coleta de Esgoto (ICE)	A	Foi investido em esgotamento	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Pessoas ainda sem coleta de esgoto	Pessoas ainda sem coleta de esgoto	Problemas de saúde	Aumentar coleta
		D	Tem esgoto que não é coletado	Tem esgoto que não é coletado	Contaminação do meio ambiente	Coletar o esgoto
		E	Coletar todo o esgoto	Quase toda a população tem coleta de esgoto	Menor dano ao ambiente	Melhorar a coleta de esgoto
		F	Presença do sistema público em quase todos os espaços urbanos	Diminuição dos problemas com contaminação via o lançamento de esgotos de formas inadequadas	Melhoria na qualidade de vida da população urbana	Desenvolvimento e ampliação das redes visando atingir 100% de atendimento.
	Índice de atendimento com Tratamento do Esgoto gerado (ITE)	A	Foi investido em esgotamento	Não respondeu	No caso da parcela de esgoto ainda tratada, há contaminação dos corpos d' água	Finalizar obra da ETE Conquistinha
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Esgoto sem tratamento	Esgoto coletado e não tratado	Contaminação do rio	Tratar todo o esgoto coletado

APÊNDICE B

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta	
		D	Atender a população	Esgoto que não é tratado	Contaminação do meio ambiente	Tratar o esgoto	
		E	Coletar e tratar o esgoto	Muito esgoto coletado não é tratado	Contaminação dos rios	Melhorar o sistema de tratamento de esgoto	
		F	Devido à infraestrutura inexistente para atingir 100% de atendimento	O meio ambiente recebe parte dos esgotos sem qualquer tratamento	Contaminação e poluição dos mananciais receptores, a jusante do ponto de lançamento. Comprometimento dos ecossistemas existentes.	Está sendo finalizada a ETE Conquistinha, que melhorará este cenário, contudo, outra estação será necessária nos próximos anos, visando atender ao crescimento urbano.	
	Consumo de energia por metro cúbico de esgoto tratado (CET)	A	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Gasto de energia para tratar o esgoto	Gasto normal para tratamento	Despesa com tratamento de esgoto	Gerar energia na ETE	
		D	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	
		E	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
		F	Características urbanas e falta de investimentos em tecnologias mais novas	Grande demanda por energia elétrica, para fins de bombeamento dos esgotos às ETE's.	Maior insumo da autarquia, comprometendo o as questões socioeconômicas da população com o repasse deste custo operacional aos municípios.	Está em análise o aproveitamento do gás gerado nas estações para a geração de energia.
	Eficiência do tratamento do esgoto na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (ER) e Coliformes Termotolerantes após o tratamento (CT) - EDC	A	Eficiência alta devido ao projeto das ETEs serem adequados	Não respondeu	Impacto positivo, diminuição da poluição dos corpos d' água	Para elevar a eficiência de remoção de CT, desinfetar o efluente com raios UV.
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Sem pressão	Tratamento atende parâmetros da legislação	Tratamento eficiente	Manter a eficiência
		D	Ótimo tratamento	Ótimo tratamento	Menor impacto ambiental	Continuar com este bom tratamento
		E	Remover DBO e CT	Tratamento eficiente	Não respondeu	Não respondeu
		F	Devido às características e tecnologia empregadas nas ETE's	Corpo hídrico recebendo menor carga poluidora	Melhora nos indicadores dos ecossistemas e da população ribeirinha na área de abrangência	Há a necessidade de aplicação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA no âmbito das ETE's
		Destinação do	A	Foi investido em es-	Não respondeu	Utilização de grande vo-

APÊNDICE B

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
	lodo (DL)		gotamento		lume no aterro e gasto para disposição	lodo para projetos de fertilizantes
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Destinação do lodo	Lodo destinado para o aterro e estudo de projeto para fertilização com este lodo	Gasto elevado para destinar lodo para o aterro	Usar o lodo para fertilização do solo
		D	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		E	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		F	Devido à falta de processos para aproveitamento do lodo	Enquanto melhora o corpo hídrico receptor, ocorre o lançamento de lodo primário e secundário no aterro.	Aumento no potencial de contaminação por parte do aterro, em longo prazo, do lençol.	Está em estudo tecnologia para transformação do lodo em adubo.
	Utilização do Esgoto Tratado (UET)	A	Não há projeto de reuso	Não respondeu	Não respondeu	Implantar projeto de reuso de parte do efluente tratado
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
		C	Sem utilização	Sem utilização	Poluição do rio	Utilizar o esgoto tratado
		D	Utilizar o esgoto	Não é utilizado	Lançado no rio Uberaba	Reutilizar o esgoto
		E	Não tem legislação que obriga	Não reutiliza	Redução de OD nos rios	Reutilizar o esgoto depois de tratado
		F	Falta de interesse público e privado	Recebimento, por parte dos corpos hídricos, de efluentes ainda com algum potencial poluidor de forma concentrada em determinados pontos	Não respondeu	Não há previsão de ações neste sentido, tendo em vista que seria necessário o estabelecimento de redes e ramais de distribuição próprios, o que elevaria os custos operacionais do Codau.
	Lodo gerado no tratamento do esgoto (LT)	A	Foi investido em esgotamento	Não respondeu	Utilização de grande volume no aterro e gasto para disposição	Utilização do lodo para fertilização
		B	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		C	Não sem tem infor-	Não sem tem infor-	Não respondeu	Quantificar o lodo ge-

APÊNDICE B

Sistema	Indicador	Entrevistado	Pressão	Estado	Impacto	Resposta
			mações exatas sobre a quantidade de lodo gerada	mações exatas sobre a quantidade de lodo gerada		rado no tratamento
		D	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		E	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
		F	Passivo ambiental do processo de tratamento de esgotos	Recebimento do lodo primário e secundário via aterro sanitário	Melhora na qualidade do efluente lançado no corpo receptor, contudo existe a possibilidade de contaminação do solo pelo manejo inadequado dos lodos	Há uma tendência em aumentar a quantidade de lodo gerado, à medida que as estações recebam mais volume. Encontra-se em estudo uma forma de produção de adubo através da desinfecção do lodo secundário.