

INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO ENVISION NA AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS
BRASILEIRAS E O ESTUDO DA APLICABILIDADE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ-RJ

IRAN CORREIA DA SILVA JÚNIOR

MACAÉ-RJ

2019

IRAN CORREIA DA SILVA JÚNIOR

MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO ENVISION NA AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS
BRASILEIRAS E O ESTUDO DA APLICABILIDADE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ-RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientador: Dr. Luiz de Pinedo Quinto Júnior

Coorientador: Dr. Hélio Gomes Filho

MACAÉ-RJ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586m Silva Junior, Iran Correia da, 1990-.
Método de certificação Envision na avaliação de infraestruturas brasileiras e o estudo da aplicabilidade em estações de tratamento de esgoto da cidade de Macaé-RJ / Iran Correia da Silva Junior. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019. xiv, 67 f.: il. color.

Orientador: Luiz de Pinedo Quinto Júnior, 1953-.
Coorientador: Hélio Gomes Filho, 1958-.

Dissertação (Mestrado). - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2019. Inclui bibliografia.

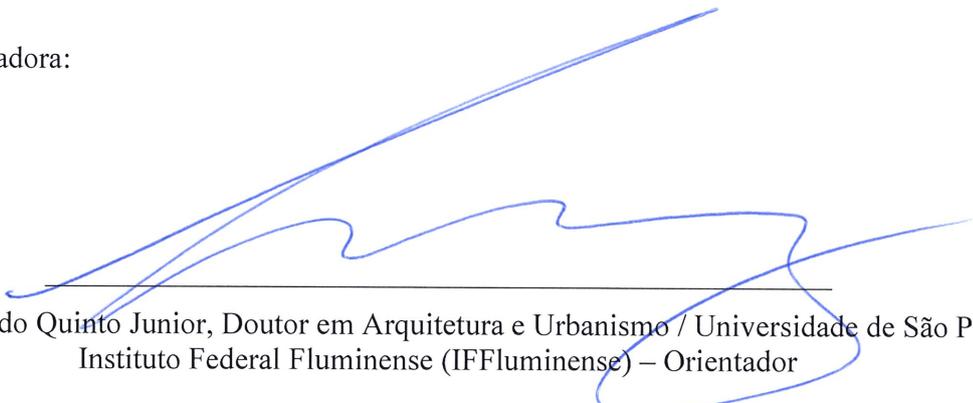
1. Desenvolvimento urbano sustentável - Macaé (RJ). 2. Água - Estação de tratamento - Macaé (RJ). 3. Saneamento - Macaé (RJ). 4. Gestão ambiental - Macaé (RJ). 5. Obras públicas - Macaé (RJ) - Planejamento. I. Quinto Júnior, Luiz de Pinedo, 1953-, orient. II. Gomes Filho, Hélio, 1958-, coorient. III. Título.

CDD 352.77098153 23.ed.

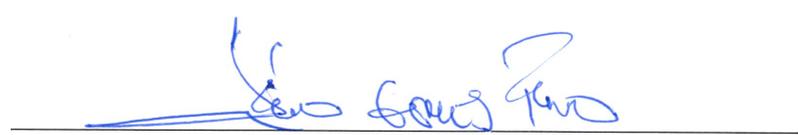
Dissertação intitulada **MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO ENVISION NA AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS BRASILEIRAS E O ESTUDO DA APLICABILIDADE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ-RJ** elaborado por **Iran Correia da Silva Júnior** e apresentado, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Aprovado em: 7/02/2019

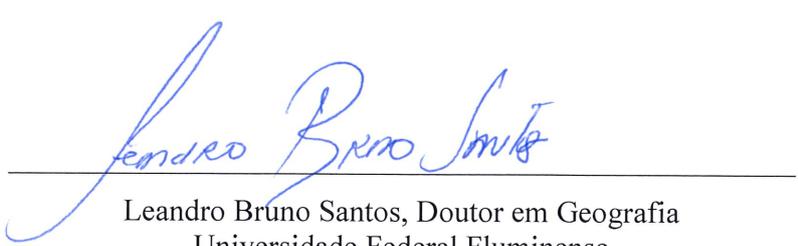
Banca Examinadora:



Luiz de Pinedo Quinto Junior, Doutor em Arquitetura e Urbanismo / Universidade de São Paulo, Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador



Hélio Gomes Filho, Doutor em Políticas Públicas e Formação Humana / Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Co-Orientador



Leandro Bruno Santos, Doutor em Geografia
Universidade Federal Fluminense

Dedico este trabalho a minha inesquecível avó Elza Rosa Lionel (in memoriam), grande matriarca da família. Seus ensinamentos permearão por toda minha vida. Obrigado por toda educação que me deu, não seria a metade do homem que sou sem ti. À senhora todo o meu amor e gratidão. Amo-te!

AGRADECIMENTOS

A minha família pela paciência e apoio nos momentos mais difíceis desta jornada.

A minha rainha, Dona Carmem Lucia Rosa Leonel obrigado por todo apoio.

Ao meu orientador Dr. Luiz de Pinedo por toda paciência, compreensão, direcionamento e apoio nesta jornada.

Ao meu coorientador Dr. Hélio Gomes Filho, grande Helinho, obrigado pelo apoio, incentivo e por nos propor grandes discussões nos nossos momentos de encontro.

Ao meu amigo Eng. Heitor Mendonça, por ter me dado todo apoio e incentivo no início da jornada. Seu esteio foi essencial para a conclusão do primeiro ano de aulas e aprovação do projeto de qualificação.

Ao Eng. Vinicius Soares das Silva, Gerente Operacional da BRK Ambiental, sem seu apoio e abraço a causa eu não estaria aqui.

Ao meu grande amigo Eng. Fausto de Assis Moraes, obrigado pelo incentivo de sempre e confiança no meu trabalho.

Ao Eng. André Vitória, pela oportunidade de trabalhar e constituir uma nova história da minha vida na cidade de Macaé.

A meu padrinho Evandro Leonel e toda sua família, pelo apoio prestado.

A todos amigos, colegas e pessoas que doaram um pouco de seu tempo para me apoiar nesta jornada.

“O saber deve ser como um rio, cujas águas doces, grossas, copiosas, transbordem do indivíduo, e se espriem, estancando a sede dos outros. Sem um fim social, o saber será a maior das futilidades.”

(Gilberto Freyre)

LISTA DE FIGURAS – ARTIGO 1

Figura 1 – Localização dos Lotes da Linha de Alta Tensão Tucuruí-Macapá-Manaus.....	8
Figura 2 – Vista Aérea da Linha de Alta Tensão sobre a floresta Amazônica.....	8
Figura 3 – Travessia das Linhas de Alta Tensão Sobre o Rio Amazonas.....	8
Figura 4 – Vista Aérea 1 Hidrelétrica de Jari.....	9
Figura 5 – Vista Aérea 2 Hidrelétrica de Jari.....	9
Figura 6 – Vista Aérea da Barragem de Santo Antônio.....	10
Figura 7 – Vista Aérea Aquapolo.....	11
Figura 8 – Níveis de Realização Envision.....	11
Figura 9 – Níveis de Pontuação Envision.....	12
Figura 10 – Comparativo da categoria Qualidade de Vida entre as obras estudadas.....	15
Figura 11 – Comparativo da categoria Liderança entre as obras estudadas.....	17
Figura 12 – Comparativo da categoria Alocação de Recursos entre as obras estudadas.....	20
Figura 13 – Comparativo da categoria Mundo Natural entre as obras estudadas.....	24
Figura 14 – Comparativo da categoria Clima e Risco entre as obras estudadas.....	25
Figura 15 – Comparativo das quatro obras estudadas por categoria do Sistema Envision.....	29

LISTA DE FIGURAS – ARTIGO 2

Figura 1 – Mapa Indicador de Vulnerabilidade Econômica do Município de Macaé.....	37
Figura 2 – Divisão Sistema Norte e Sul para atendimento de esgoto da Cidade de Macaé.....	38
Figura 3 – Divisão Sistema de Tratamento de Esgoto Macaé.....	38
Figura 4 – Vista Aérea da ETE Lagomar.....	39
Figura 5 – Estação de Tratamento de Esgoto Mutum.....	40
Figura 6 – Vista Superior da ETE Centro e população vizinha a estação.....	41
Figura 7 – Lançamento de Esgoto na rede Pluvial.....	43
Figura 8 – Vista Superior ETE Mutum.....	45
Figura 9 – Acesso separado ETE Centro e Comunidade Quilombola.....	46
Figura 10 – Comunidade preservada na área da ETE Centro.....	46
Figura 11 – Acesso ETE Lagomar.....	50

Figura 12 – Material filtrante utilizado nos tanques aerados para remoção de Matéria Orgânica na ETE Mutum.....	51
Figura 13 – Aplicação de material filtrante no tanque de tratamento da ETE Mutum.....	51
Figura 14 – Cinturão Verde ETE Centro.....	52
Figura 15 – Árvores nativas plantadas.....	52
Figura 16 – <i>Geobags</i> de armazenamento de lodo.....	53
Figura 17 – Prédio que abrigará as centrífugas de secagem do lodo.....	53
Figura 18 – Sistema de reuso da ETE Centro.....	53
Figura 19 – Sistema de irrigação da ETE Centro que utiliza água de reuso.....	53
Figura 20 – Chegada do afluente na ETE Mutum.....	55
Figura 21 – Saída do Efluente da ETE Mutum após tratamento.....	55
Figura 22 – Talude protegido com grama em torno do platô da ETE Centro.....	56
Figura 23 – Talude protegido com grama em torno do platô da ETE Centro.....	56
Figura 24 – Estrutura de contenção para prevenir contaminação do solo por produtos.....	56

LISTA DE TABELAS – ARTIGO 1

Tabela 1 – Categoria x % médio dos projetos estudados.....	26
Tabela 2 – Total de créditos pontuados e satisfatórios dos projetos.....	26

LISTA DE TABELAS – ARTIGO 2

Tabela 1 – Índices de Coleta e tratamento de esgoto no Brasil, 2006 a 2016.....	35
---	----

LISTA DE QUADROS – ARTIGO 1

Quadro 1 – Créditos Qualidade de Vida (QL) Sistema Envision V2.....	13
Quadro 2 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria QL.....	13
Quadro 3 – Créditos Liderança (LD) Sistema Envision V2.....	16
Quadro 4 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria LD.....	16
Quadro 5 – Créditos Alocação de Recursos (RA) Sistema Envision V2.....	18

Quadro 6 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria RA.....	18
Quadro 7 – Créditos Mundo Natural (NW) Sistema Envision V2.....	21
Quadro 8 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria NW.....	21
Quadro 9 – Créditos Clima e Risco (CR) Sistema Envision V2.....	23
Quadro 10 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria CR.....	24

LISTA DE QUADROS – ARTIGO 2

Quadro 1 – Categorias e Subcategorias Envision.....	42
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ACEC – *American Council of Engineering Companies*
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- APP – Área de Preservação Permanente
- APWA – *American Public Works Association*
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental
- ASCE – *American Society of Civil Engineers*
- BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
- BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*
- CR – *Climate and Risk*
- DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
- dB(A) – decibéis
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
- FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IHA – *International Hydropower Association*
- IDA – *International Dark Sky Association*
- IFFluminense – Instituto Federal Fluminense.
- ISI – *Institute for Sustainable Infrastructure*

ISO – *International Organization for Standardization*

Km – Quilômetros

Km² - Quilômetros quadrados

Kv – Quilovolt

l/s – Litros por Segundo

LAT – Linhas de Alta Tensão

LD – *Leadership*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

MW – Mega Watts

NW – *Natural World*

OMS – Organização Mundial de Saúde

QL – *Quality of life*

PPP – Parceria Público Privada

RA – *Resource Allocation*

RAFA – Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIN – Sistema Interligado Nacional

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

STS – Supervisões Técnicas de Saúde

TMM – Tucuruí-Macapá-Manaus

UHSA – Usina Hidrelétrica de Santo Antonio

UHSAJ – Usina Hidrelétrica de Santo Antonio do Jari

MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO ENVISION NA AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS BRASILEIRAS E O ESTUDO DA APLICABILIDADE EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ-RJ

RESUMO

A alteração da realidade da região Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro, com um crescimento demográfico exponencial após a descoberta de petróleo na região e as instalações da Petrobras na década de 1970, fez com que a demanda por estruturas básicas nas cidades pressionasse o poder executivo das cidades da região a criar formas de atender toda a população quanto a criação de novos locais para moradias, opções de lazer e infraestrutura básicas, como pavimentação asfáltica e saneamento básico. No entanto, na cidade de Macaé-RJ, local de instalação de uma das bases da Petrobras, este processo foi feito de forma desordenada e insustentável, na medida em que o município fosse se expandindo, na inobservância da preocupação com a qualidade de vida e preservação dos recursos naturais da região. As necessidades de moradia fizeram com que infraestruturas básicas como distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto ficassem em segundo plano.

O estudo proposto neste trabalho visa, em um primeiro momento, analisar a aplicabilidade do método de Certificação Ambiental Envision, criado especificamente para avaliar o grau de sustentabilidade de obras de infraestrutura, em quatro obras no Brasil. Após esta análise, os critérios do método de certificação foram aplicados nas estações de tratamento de esgoto Lagomar, Mutum e Centro, as três localizadas na zona urbana da cidade de Macaé, com o objetivo de avaliar o status atual de operação, envolvendo os aspectos sociais, de preservação e gestão ambiental.

No primeiro estudo das quatro obras de infraestrutura brasileiras foi constatado que há necessidade de melhoria dos projetos em alguns critérios do método e, outros critérios do Envision não são adequados a realidade brasileira e necessitam de adaptações. Na avaliação do grau de sustentabilidade das estações de tratamento de esgoto da cidade de Macaé, foi identificado a necessidade de melhoria em pontos do sistema de certificação e na forma de execução de projetos voltados para o saneamento básico. Por fim, os estudos evidenciam pontos de melhoria de baixo custo, que podem ser resolvidos de uma forma sucinta e rápida pela equipe de gestão, que elevariam o grau de sustentabilidade das estações.

Palavras-chave: Critério. Sustentabilidade. Norte Fluminense. Saneamento Básico.

METHOD OF ENVISION CERTIFICATION IN THE EVALUATION OF BRAZILIAN INFRASTRUCTURES AND THE APPLICABILITY STUDY IN MACAÉ-RJ CITY SEWAGE TREATMENT STATIONS

ABSTRACT

A change in the reality the North Fluminense region the state in the Rio de Janeiro, with an exponential population growth after the discovery in oil that region and the Petrobras facilities in the 1970s, caused a demand for basic structures in the cities to pressure power executive this cities the region to create ways to serve the entire population regarding a creation in new places for housing, leisure options and basic infrastructure such as asphalt paving and basic sanitation. However, in Macaé city, a location in one Petrobras base, this process was done in disorderly and unsustainable way, as the municipality expanded, not observance on the concern with quality of life and natural resources region preservation. Housing needs meant that basic infrastructure such as water distribution and sewage collection and treatment were in second place.

The study proposed in this paper aims, initially, to analyze the applicability the Envision Environmental Certification method, specifically created to evaluate the degree sustainability in infrastructure works, in four works on Brazil. After this analysis, the criteria the certification method were applied in the Lagomar, Mutum and Centro sewage treatment plants, a three located in the urban area in Macaé city, aiming to evaluate the current operation status, involving the social aspects, preservation and environmental management.

In the first study the four Brazilian infrastructure works, it was verified that there is a need to improve the projects in some criteria the method, and other Envision criteria are not adequate to the Brazilian reality and require adaptations, mainly the Climate and Risk category credits. In the evaluation the degree of sustainability of the sewage treatment plants of the Macaé city, it was identified the need for improvement in points of the certification system and in the execution the projects related to basic sanitation. Finally, the studies show low-cost improvement points that can be solved succinctly and quickly by the management team, which would increase the degree of sustainability of the stations.

Keywords: *Criterion. Sustainability. North Fluminense. Basic sanitation.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS – ARTIGO 1	vii
LISTA DE FIGURAS – ARTIGO 2.....	vii
LISTA DE TABELAS – ARTIGO 1	viii
LISTA DE TABELAS – ARTIGO 2.....	viii
LISTA DE QUADROS – ARTIGO 1	viii
LISTA DE QUADROS – ARTIGO 2	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
APRESENTAÇÃO.....	1
ARTIGO CIENTÍFICO 1	4
AVALIAÇÃO DO MÉTODO ENVISION PARA INFRAESTRUTURAS BRASILEIRAS: ESTUDO DAS LINHAS DE ALTA TENSÃO DO SISTEMA TUCURUÍ-MACAPÁ-MANAUS, USINAS HIDRELÉTRICAS DE SANTO ANTÔNIO DO JARI E SANTO ANTÔNIO, E AQUAPOLO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. DESCRIÇÃO DOS PROJETOS ESTUDADOS.....	7
2.1. Linhas de Alta Tensão do Sistema Tucuruí-Macapá-Manaus	7
2.2. Usina Hidrelétrica de Santo Antonio do Jari.....	8
2.3. Usina Hidrelétrica de Santo Antonio	9
2.4. Aquapolo	10
3. ANÁLISE DAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA BRASILEIRAS	11
3.1. Critérios de Avaliação do Sistema Envision.....	11
3.2. Qualidade de Vida (QL – Quality of Life).....	12
3.3. Liderança (LD - Leadership).....	15
3.4. Alocação de Recursos (RA – Resource Allocation)	17
3.5. Mundo Natural (NW – Natural World).....	20
3.6. Clima e Risco (CR – Climate and Risk)	23
4. MATERIAL E MÉTODO	25
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
6. CONCLUSÃO	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
ARTIGO CIENTÍFICO 2	33
APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL ENVISION NA CIDADE DE MACAÉ: ESTUDO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO LAGOMAR, MUTUM E CENTRO.....	33

1. INTRODUÇÃO	34
2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DA CIDADE DE MACAÉ	36
3. DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS	38
3.1 ETE Lagomar	38
3.2 ETE Mutum.....	40
3.3 ETE Centro.....	40
4. MATERIAL E MÉTODO	41
5. AVALIAÇÃO DOS CRÉDITOS ENVISION	42
6. ANÁLISE DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ ..	42
6.1 Qualidade de Vida (QL – Quality of life)	42
6.1.1 ETE Lagomar	42
6.1.2 ETE Mutum	44
6.1.3 ETE Centro	45
6.2 Liderança (LD – Leadership)	46
6.2.1 ETE Lagomar	46
6.2.2 ETE Mutum	47
6.2.3 ETE Centro	48
6.3 Alocação de Recursos (RA – Resource Allocation)	49
6.3.1 ETE Lagomar	49
6.3.2 ETE Mutum	50
6.3.3 ETE Centro	51
6.4 Mundo Natural (NW – Natural World).....	54
6.4.1 ETE Lagomar	54
6.4.2 ETE Mutum	54
6.4.3 ETE Centro	55
6.5 Clima e Risco (CR – Climate and Risk)	57
6.5.1 ETE Lagomar	57
6.5.2 ETE Mutum	57
6.5.3 ETE Centro	58
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
8. CONCLUSÃO	63
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

APRESENTAÇÃO

Métodos de certificação ambiental foram se construindo desde a década de 1990, com o surgimento na Inglaterra do primeiro selo de avaliação ambiental em edifícios, o Método de Avaliação Ambiental do Estabelecimento de Pesquisa Predial (*BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method*). Após a criação deste método surge diversas outras formas de certificação que se adaptam as necessidades de cada região, sempre direcionados na obtenção de certificação para edifícios residenciais e comerciais.

No Brasil, o histórico das certificações inicia primeiramente com a aplicação das normas de gestão de qualidade *International Organization for Standardization (ISO)*. A ISO série 9000 é uma evolução de normas estabelecidas para uso militar, a qual foi oficializada em 1987, a partir de pequenas mudanças na norma britânica BS 5750 (MARANHÃO 2001). O Brasil adotou-a como padrão em 1990. Seguiu-se, então, o período de busca intensa da certificação ISO 9000. As normas da série ISO 9000 atualmente estão divididas em três normas de sistema, e uma de diretriz para auditorias (GODOY, 2009). A partir destas certificações ISO, são desenvolvidas novas certificações em diferentes áreas da gestão da qualidade e ambiental.

A primeira década do século XXI é marcada pelo surgimento de diversos agentes de certificação ambiental na construção civil. Selos regionais e nacionais são criados para se adaptar aos costumes locais e se configuram pouco a pouco como indicador de vantagem competitiva no mercado (COSENTINO, 2017).

Surge então em 2012, através de uma parceria entre o Instituto de Infraestrutura Sustentável (*ISI - Institute for Sustainable Infrastructure*) e a Universidade de Harvard por meio do Programa Zofnass para Infraestrutura Sustentável, o método de avaliação Envision. Este método visa mediante sessenta créditos, divididos em cinco categorias, validar o grau de sustentabilidade exclusivamente de obras de infraestrutura, por um sistema de pontuação.

Portanto, o artigo científico 1 visa, primeiramente, elaborar uma análise dos estudos feitos, pelo método de certificação Envision, de quatro obras de infraestrutura executadas em território brasileiro (Linhas de Alta Tensão do Sistema Tucuruí-Macapá-Manaus; Hidrelétricas de Santo Antônio do Jari e Santo Antônio; Aquapolo) e a sua adaptabilidade a realidade brasileira. Estes estudos foram feitos pelo programa Infraestrutura 360°, viabilizado mediante parceria entre o Banco Intramericano de Desenvolvimento (BID) e o programa Zofnass para Universidade de Harvard. Nesta primeira etapa a objetivo do estudo é elaborar uma análise comparativa, tendo como base as cinco categorias do Sistema Envision, sobre a performance referente ao grau de sustentabilidade destas obras e avaliar se de fato todas as categorias do sistema estão adaptáveis a realidade brasileira.

Foi identificado que o método de certificação Envision que avalia o grau de sustentabilidade das obras de infraestrutura é uma ferramenta de grande potencial que pode sim ser aplicado à realidade brasileira, no entanto, neste primeiro momento foi constatado que a categoria Clima e Risco deve ser adequada à realidade brasileira, principalmente inerente a subcategoria resiliência pelo fato do método entender que a obra de infraestrutura deve ser projetada para suportar qualquer variação climática, independente se ocorrer no país em que a obra irá ser executada. Os projetos de infraestrutura brasileiros acabaram não obtendo pontuação por não estarem preparados a mudanças climáticas extremas que de fato não ocorrem no Brasil.

Nas categorias Alocação de Recursos, Mundo Natural e Qualidade de Vida, foi identificado que em alguns critérios há por parte das equipes de engenharia brasileiras uma dificuldade em integrar alguns créditos do sistema no momento de planejamento e elaboração do projeto, tais como a redução da energia incorporada, através da execução de uma Análise do Ciclo de Vida da obra e da desconstrução e reciclagem ao fim da vida útil da planta após o término do seu período de execução.

O segundo artigo analisa, através dos critérios do método Envision, o grau de sustentabilidade das Estações de Tratamento de Esgoto Lagomar, Mutum e Centro, todas na área urbana do município de Macaé, que já estão em operação e que foram construídas a partir de 2013, localizadas em comunidades com aspectos e índices de vulnerabilidade econômica distintos, do lado sul as estações Mutum e Centro em áreas de atendimento onde a maioria da população atendida possui baixo índice de vulnerabilidade econômica, e do lado norte, a estação de tratamento Lagomar onde majoritariamente sua área de abrangência é povoada por pessoas com alto índice de vulnerabilidade econômica.

Foi identificado que nenhuma das equipes de projeto das três estações se preocupou na melhoria de espaços públicos existentes, o que poderia fazer com que a população beneficiada identificasse de maneira imediata os benefícios que este tipo de obra de grande porte traz para a comunidade, principalmente em locais de alto índice de vulnerabilidade econômica, como a área de abrangência da estação Lagomar.

Foi confirmado neste segundo artigo que as equipes de engenharia e sustentabilidade brasileiras não se atentam em critérios pontuados no método Envision extremamente importantes para aumento do grau de sustentabilidade. A falta de estudos para identificar os impactos da poluição luminosa, poluição sonora, redução da energia final incorporada, utilização sustentável de pesticidas e fertilizantes, redução de poluentes atmosféricos e gases efeito estufa, ilhas de calor e adaptação a curto e longo prazo é um fator muito preocupante e que deve ser tratado de forma emergencial.

Neste artigo se confirmou também, conforme já visto no primeiro artigo, que o método Envision não está adaptado a realidade brasileira e que necessita passar por mudanças estruturais que

podem causar reflexo na avaliação de obras nos EUA, país de sua criação. Caso não se tenha uma mudança significativa nos critérios de análise é viável a criação de um método de certificação ambiental brasileiro que consiga definir o grau de sustentabilidade de obras de infraestrutura em todas as regiões do país.

Por fim, a ação dos gestores de obras de infraestrutura, na maioria das vezes, deve ser feita de forma sucinta e pontual. Na maioria dos casos listados no artigo, ações simples e de baixo custo podem elevar o grau de sustentabilidade no período de obras e de operação e causar diminuição dos custos operacionais futuros. Temos no Brasil uma cultura do imediatismo que atrapalha o planejamento a longo prazo de obras que possuem de acordo com Contreras e Gloria (2017) vida útil média de 50 a 100 anos.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

AVALIAÇÃO DO MÉTODO ENVISION PARA INFRAESTRUTURAS BRASILEIRAS: ESTUDO DAS LINHAS DE ALTA TENSÃO DO SISTEMA TUCURUÍ-MACAPÁ-MANAUS, USINAS HIDRELÉTRICAS DE SANTO ANTÔNIO DO JARI E SANTO ANTÔNIO, E AQUAPOLO

EVALUATION OF THE ENVISION METHOD FOR BRAZILIAN INFRASTRUCTURES: STUDY OF THE HIGH-VOLTAGE LINES OF THE TUCURUÍ-MACAPÁ-MANAUS SYSTEM, HYDROELECTRIC PLANTS OF SANTO ANTÔNIO DO JARI AND SANTO ANTÔNIO, AND AQUAPOLO

Iran Correia da Silva Junior - IFFluminense/PPEA

RESUMO

Diferentes métodos de certificação existentes avaliam o grau de sustentabilidade de vários tipos de projetos, no entanto, nenhum, até a criação do método Envision, havia sido elaborado especificamente para projetos de infraestrutura. Criado para preencher essa lacuna, Envision avalia o grau de sustentabilidade por meio de sessenta créditos divididos em cinco categorias.

Alguns projetos foram analisados pelo programa Infraestrutura 360°, realizado através da parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Universidade de Harvard. Neste artigo é feito um estudo da aplicação do método em quatro projetos de infraestruturas brasileiras: Linhas de Alta Tensão do Sistema Tucuruí-Macapá-Manaus; Usinas Hidrelétrica de Santo Antônio do Jari; Usina Hidrelétrica de Santo Antônio; e Aquapolo.

Estes projetos obtiveram pontuações satisfatórias nas categorias qualidade de vida e liderança, no entanto há grande potencial de melhora nas categorias alocação de recursos e mundo natural. A categoria clima e risco é passível de melhorias para adaptabilidade a realidade brasileira, em compensação, as obras de infraestrutura do país também devem se adequar em alguns créditos para alcançar melhores pontuações em próximas análises de outros projetos pelo método.

Palavras chave: Obras. Sustentabilidade. Critério.

ABSTRACT

These are different certification methods exist to assess the degree in sustainability various types the projects, however, none until the creation the Envision method had been developed specifically for infrastructure projects. Created to fill this gap, Envision assesses the sustainability degree through sixty credits divided into five categories.

Some projects were analyzed by the Infrastructure 360° program, carried out through a partnership between the Inter-American Development Bank (IDB) and Harvard University. In this article a study the application of the method is made in four Brazilian infrastructure projects: High Voltage Lines the Tucuruí-Macapá-Manaus System; Santo Antônio do Jari Hydroelectric Power Plants; Santo Antônio Hydroelectric Plant; and Aquapolo.

These projects have achieved satisfactory scores in the categories quality of life and leadership, however there is great potential for improvement in the resource allocation and natural world categories. The climate and risk category is subject to improvements for adaptability to Brazilian reality, in compensation, the infrastructure works the country must also fit in some credits to achieve better scores in future analyzes of other projects by the method.

Keywords: *Construction. Sustainability. Criterion.*

1. INTRODUÇÃO

O termo infraestrutura pode ser geralmente definido como o conjunto de elementos estruturais interconectados que fornecem suporte ao desenvolvimento (JAEGER, 2017). Estes tipos de projeto têm uma vida útil média de 50 a 100 anos e, portanto, causam um impacto substancial no entorno das comunidades, no desenvolvimento da região e na qualidade de vida da população, requerem quantidades prodigiosas de materiais, trabalho humano e recursos econômicos (CONTRERAS e GLORIA, 2017). No entanto, podem representar um grande ganho de capacidade e de poder, visto que o acesso à infraestrutura é o que garante maior autonomia na exploração de recursos estratégicos (energia, minérios, água), bem como é fundamental para a mobilização de forças (JAEGER, 2014).

Obras de Infraestrutura são custosas e de alta complexidade no seu processo construtivo, exigem sinergia entre todas as áreas atuantes para que se tenha o grau de sucesso desejado, a satisfação do cliente final e da comunidade local, que teve sua rotina de vida impactada com a construção do empreendimento. Enquanto, em grande parte das políticas públicas, decisões cruciais podem ser tomadas e revertidas ao longo do processo de implementação, nas obras, estas são relativamente irreversíveis após a fase de planejamento (ABERS, 2016).

As dificuldades para execução de projetos de infraestrutura não são problema exclusivo do contexto brasileiro. A literatura internacional já aponta e analisa há alguns anos as dificuldades inerentes aos chamados megaprojetos para que seja cumprida sua execução – tanto em termos financeiros como temporais – e, ao mesmo tempo, para que seja garantida também a gestão de riscos, diminuindo-se a contestação, os impactos indesejados e as externalidades negativas (LOTTA e FAVARETO, 2016).

Analisar o grau de sustentabilidade de obras de infraestrutura, ao contrário de obras verticais, sejam elas residenciais ou comerciais, que já possuem sistemas de certificação bastante avançados como o AQUA e o LEED por exemplo, demandam critérios e níveis distintos de verificação, uma vez que o impacto de uma obra deste porte é praticamente irreversível após finalizada. Dada a aplicabilidade do LEED especificamente para edifícios habitados, havia a dificuldade na tentativa de aplicar seus créditos de avaliação e estrutura para projetos de infraestrutura civil. A fim de colmatar esta lacuna, o Instituto de Infraestrutura Sustentável (*ISI – Institute for Sustainable Infrastructure*), que é composto pelo Instituto Americano de Conselho de Empresas de Engenharia (*ACEC – American Council of Engineering Companies*), Associação Americana de Obras Públicas (*APWA – American Public Works Association*), Sociedade Americana de Engenheiros Civis (*ASCE – American Society of Civil Engineers*) e a Universidade de Harvard através do Programa Zofnass para Infraestrutura Sustentável, desenvolveu o *Envision Sustainable*, Sistema de classificação de infraestrutura em 2012 (BOWLES, 2017).

Envision é um sistema que avalia o grau de sustentabilidade de um empreendimento de infraestrutura através de sessenta critérios de sustentabilidade organizados em cinco categorias: Qualidade de Vida (*QL – Quality of life*), Liderança (*LD - Leadership*), Alocação de Recursos (*RA – Resource Allocation*), Mundo Natural (*NW – Natural World*), e Clima e Risco (*CR – Climate and Risk*).

Criado para uma avaliação detalhada do grau de sustentabilidade de um projeto de infraestrutura, *Envision* fornece uma ferramenta abrangente de tomada de decisão e validação para o planejamento, projeto, construção, operação de longo prazo e desconstrução (BOWLES, 2017). Por meio do programa Infraestrutura 360°, viabilizado pela parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Programa Zofnass para Infraestrutura Sustentável da Universidade de Harvard, que premia projetos de infraestrutura privados sustentáveis utilizando o método *Envision*, foram avaliadas, de forma não oficial sem a possibilidade de certificação, quatro obras no Brasil que se tornaram o objeto de estudo desta pesquisa.

De acordo com as regras do programa para participação da avaliação, o projeto deve atender os seguintes critérios:

- Ser um país membro mutuário do BID na América Latina e no Caribe;
- Ter pelo menos 70% de conclusão das obras de construção ou em operação nos últimos três anos;
- Ter um valor de ativo de pelo menos US \$ 30 milhões;
- Ser um projeto do setor privado ou uma Parceria Público-Privada (PPP), com pelo menos 51% de participação acionária de uma entidade do setor privado;
- Pertencer às seguintes categorias: Energia; Transporte; Água; Desperdício; e Telecomunicações.

Buscou verificar na avaliação executada nestas obras os créditos que obtiveram melhor desempenho e os que ficaram abaixo do nível esperado na avaliação, fazendo um comparativo de quanto a realidade brasileira impacta no resultado obtido em cada projeto.

2. DESCRIÇÃO DOS PROJETOS ESTUDADOS

2.1. Linhas de Alta Tensão do Sistema Tucuruí-Macapá-Manaus

As linhas de alta tensão estão localizadas inteiramente na Amazônia brasileira e estavam em processo de execução no período da avaliação do sistema Envision. As linhas de alta tensão permitem a conexão das cidades de Manaus e Macapá com a hidrelétrica de Tucuruí, localizada no rio Tocantins.

Este projeto, conhecido como interligação Tucuruí-Macapá-Manaus, ou Linhão Tucuruí-Manaus, resultará em uma linha de circuito duplo de 500 kV entre a usina de Tucuruí e a região de Manaus, contemplando subestações intermediárias nos municípios de Anapú, Almeirim, Oriximiná e Silves. O Amapá será interligado ao sistema nacional por meio de uma linha de circuito duplo de 230 kV a partir da subestação de Jurupari, localizada em Almeirim – PA (FROTA, 2005; DE DOILE e NASCIMENTO, 2010).

A interligação Tucuruí-Macapá-Manaus é um grande desafio para a engenharia, pois a linha de transmissão terá extensão de aproximadamente 1800 km. Além dos desafios comuns às obras deste porte, outro desafio será a dimensão das estruturas metálicas utilizadas em diversos trechos dessa linha. Na interligação serão necessárias dezenas de torres metálicas com altura em torno de 280-300 metros. Segundo Costa, Pinto, Kurokawa, Monteiro e Pissolato (2012) tais torres são necessárias para que a linha esteja acima da copa das árvores, evitando assim o desmatamento de grandes áreas de mata nativa. Outro objetivo da construção destas torres seria grandes travessias sobre os rios que cortam a região, que chegaram a 2.100 metros de vão.

O objeto de estudo de avaliação Envision se concentrou apenas nos lotes A e B da licitação das Linhas de Alta Tensão, feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na qual a empresa ganhadora foi a Isolux Corsán, que irá deter por trinta anos a concessão das Linhas de Alta Tensão Construídas.



Figura 1 – Localização dos Lotes da Linha de Alta Tensão Tucuruí-Macapá-Manaus.

(Fonte: *Isolux Corsán*)



Figura 02 – Vista Aérea da Linha de Alta Tensão sobre a floresta Amazônica

(Fonte: *Isolux Corsán*)



Figura 03 – Travessia das Linhas de Alta Tensão Sobre o Rio Amazonas

(Fonte: *Isolux Corsán*)

2.2. Usina Hidrelétrica de Santo Antonio do Jari

A hidrelétrica de Santo Antonio do Jari está localizada no Rio Jari que divide os estados do Pará e Amapá na região Amazônica do Brasil. A barragem faz fronteira com os municípios de Almerim, no estado do Pará, e Laranjal do Jari, no estado do Amapá.

Tendo como idealizador o norte-americano Daniel Ludwig na década de 1960, inicialmente o objetivo do projeto era a produção de arroz e celulose a partir de uma imensa floresta de plantio na área do projeto, desenvolvendo também a produção mineral a partir da extração da bauxita refratária e do Caulim (MARQUES, 2007). Após inúmeras revisões, tendo em vista o abastecimento energético de toda região do Amapá, a última versão do projeto, finalizada em 2014, através de dados da concessionária, gera 373 Mega Watts (MW) de potência instalada.

Parte do projeto tem conectividade com a rede nacional através de um cabo de alta tensão de 230 kV e 20 km de extensão. Esse cabo de alta tensão de 230 kV ligará a usina hidrelétrica Jari à subestação Laranjal do Jari e os cabos de alta tensão do sistema Tucuruí-Macapá-Manaus. No momento da avaliação Envision, a hidrelétrica de Jari estava em fase final de execução.

A capacidade instalada de Jari pode satisfazer as necessidades de energia de uma cidade com três milhões de habitantes; ou seja, uma população seis vezes maior que a população que Macapá tem (474.706 habitantes), após último censo do IBGE em 2017.



Figuras 4 e 5 – Vista Aérea Hidrelétrica de Jari (Fonte: Jari Energia)

2.3. Usina Hidrelétrica de Santo Antonio

A Hidrelétrica de Santo Antônio está localizada no Rio Madeira, em uma área no município de Porto Velho, no estado de Rondônia. A barragem da usina localiza-se sobre a Ilha do Presídio, a 10 km da cidade de Porto Velho. Através de informações retiradas do Relatório de Impacto Ambiental da usina o reservatório formado pela barragem tem área de 271 km², dos quais 164 km² são a própria calha do rio implicado. Dessa forma, a área de inundação é de 107 km² de terras das margens do rio Madeira.

Dados disponibilizados pela concessionária demonstram que a Hidrelétrica de Santo Antônio iniciou suas atividades em março de 2012, possui 50 turbinas do tipo bulbo que geram potência média de 71,6 MW. A capacidade de geração de energia da usina é de 3.568 MW o que garante energia para

mais de 45 milhões de pessoas. Possui energia distribuída para Rondônia e Acre via linha dedicada e para o restante do país pelo Sistema Interligado Nacional (SIN).

As linhas de transmissão que estão conectadas ao sistema têm início na Usina de Jirau, passam por Santo Antônio e, nas proximidades da cidade de Porto Velho, permitindo a este centro urbano a ligação com o SIN Brasileiro, é desviada para sul, indo até Cuiabá. A linha de transmissão tem aproximadamente 1.500 km de extensão passando por 45 municípios.



Figura 6 - Vista da Barragem de Santo Antônio (Fonte: International Hydropower Association – IHA)

2.4. Aquapolo

O Aquapolo é o maior projeto de produção de água de reuso da América Latina que foi realizado através da parceria entre SABESP, que detém 49% de participação no consórcio, e BRK ambiental, empresa do grupo Canadense Brookfield, que detém os outros 51%. A parceria terá duração de 41 anos, com término contratual previsto para o ano de 2053.

O projeto está localizado nos limites entre os municípios de São Caetano do Sul e Santo André, ambos da Região Metropolitana de São Paulo, também conhecido como Grande ABC Paulista. Seu objetivo é fornecer água de reuso para o Polo Petroquímico, maior consumidor de água potável da região.

De acordo com dados da concessionária o sistema consiste no desvio de, atualmente, 650 l/s do efluente tratado pela ETE ABC para o Aquapolo. Após o tratamento feito pelo processo instalado, conforme parâmetros de qualidade recomendados pelo próprio Polo Petroquímico, a água de reuso tratada é direcionada através de uma adutora de 17 km para um centro de reservação no município de Mauá. Deste local é feita a distribuição, através de uma rede coletora de 3,6 km de extensão, viabilizando o atendimento dos clientes ao longo do percurso. O Sistema Aquapolo tem uma capacidade de produção de 1000 l/s de água de reuso e gera uma economia de água potável de 2,58 bilhões de litros por mês.



Figura 7 – Vista Aérea Aquapolo (Fonte: FIESP – 2015)

3. ANÁLISE DAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA BRASILEIRAS

3.1. Critérios de Avaliação do Sistema Envision

O sistema Envision possui sessenta créditos divididos em cinco categorias. Cada crédito possui uma quantidade específica de pontos, já pré delimitada pelo método, que se diferencia de acordo com o nível de realização, variando desde “Convencional” até “Restaurador”. Os níveis de realização definem a pontuação que a obra de infraestrutura irá ter no crédito estudado, que é avaliado de acordo com as premissas definidas no *Envision V2 Guidance Manual*.



Figura 8 – Níveis de Realização Envision (Fonte: *Envision V2 Guidance Manual*)

Após a análise de todos os créditos de acordo com o estabelecido no *Envision V2 Guidance Manual*, para se obter a certificação, é feito uma média da pontuação conquistada com base na

pontuação máxima aplicada, no qual o mínimo que o projeto deve conquistar para se obter a certificação é de 20%.



Figura 9 – Níveis de Pontuação Envision (Fonte: *Envision V2 Guidance Manual*)

3.2. Qualidade de Vida (*QL – Quality of Life*)

A categoria Qualidade de Vida do sistema Envision se baseia em doze créditos divididos em três subcategorias: Propósito, Bem-Estar e Comunidade. Esta categoria de acordo com a Manual Técnico do sistema, aborda os impactos do projeto nas comunidades receptoras e afetadas, desde a saúde e bem-estar dos indivíduos, ao bem-estar da malha social maior como um todo, sendo que estes impactos podem ser físicos, econômicos ou sociais. As três subcategorias desta categoria são avaliadas da seguinte forma:

- Propósito – Aborda os impactos do projeto nos aspectos funcionais da comunidade, como crescimento, desenvolvimento, geração de empregos e a melhora geral na qualidade de vida;
- Bem-Estar – Deve ser considerado os aspectos sustentáveis que irão garantir o conforto, saúde e mobilidade individual e da comunidade, abordando todos os problemas que possam interferir na pontuação desta subcategoria;
- Comunidade – Aborda todos os aspectos relacionados a melhora e manutenção do espaço físico destinado a comunidade, garantindo também a preservação dos recursos hídricos e culturais.

Qualidade de Vida		
Propósito	QL 1.1	Melhorar a qualidade de vida da comunidade
	QL 1.2	Estimular o desenvolvimento e o crescimento sustentável
	QL 1.3	Desenvolver as capacidades e habilidades locais
Bem-Estar	QL 2.1	Melhorar a saúde pública e segurança
	QL 2.2	Minimizar o ruído e as vibrações
	QL 2.3	Minimizar a poluição luminosa
	QL 2.4	Melhorar o acesso e a mobilidade da comunidade
	QL 2.5	Incentivar modos alternativos de transporte
	QL 2.6	Melhorar a acessibilidade, a segurança e a sinalização da construção
Comunidade	QL 3.1	Preservar os recursos hídricos e culturais
	QL 3.2	Preservar as vistas e o caráter local
	QL 3.3	Melhorar o espaço público

Quadro 1 – Créditos Qualidade de Vida (QL) Sistema Envision V2

Das infraestruturas brasileiras avaliadas nesta categoria, as LAT¹ foram as que obtiveram menor pontuação (24%), seguidas pela UHSAJ² (40%), sendo que UHSA³ e Aquapolo tiveram a mesma pontuação na avaliação (57%).

As LAT não obtiveram pontuação em quatro créditos, a UHSA em três, a UHSA em dois e o Aquapolo não obteve pontuação em um crédito. No entanto, nesta mesma ordem estes mesmos projetos obtiveram resultados satisfatórios, considerando nível de realização a partir da categoria “superior”, que de acordo com o manual Envision é o nível que apresenta desempenho excepcional, em três, sete, sete e oito créditos respectivamente.

Projeto	Créditos Não Pontuados	Créditos com pontuação satisfatória
LAT do Sistema TMM	QL 2.2; 2.3 e 2.5	QL 1.2; 2.4; 2.6; 3.1 e 3.3
UHSAJ	QL 2.1; 2.2 e 2.3	QL 1.1; 1.2; 1.3; 2.6; 3.1; 3.2 e 3.3
UHSA	QL 2.3 e 3.2	QL 1.1; 1.2; 1.3; 2.1; 2.4; 2.5; 3.1 e 3.3
Aquapolo	QL 3.2	QL 1.1; 1.2; 1.3; 2.1; 2.2; 2.6; 3.1 e 3.3

Quadro 2 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria QL

¹ LAT – Abreviação feita para referência as Linhas de Alta Tensão do Sistema Tucuruí-Macapá-Manaus.

² UHSAJ – Abreviação feita para referência a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio de Jari.

³ UHSA – Abreviação feita para referência a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio.

O crédito QL 2.1 - Melhorar a Saúde Pública e Segurança não foi pontuado apenas para a obra da UHSJA pois não foi encontrado registros de que o projeto incluía materiais, tecnologias ou metodologias novas que podem causar problemas de saúde e segurança.

O crédito QL 2.2 - Minimizar os ruídos e Vibrações, dois projetos não obtiveram pontuação, sendo as LAT e a UHSAJ. De acordo com a avaliação do primeiro projeto não foi apresentado pela equipe responsável nenhuma documentação que demonstrasse preocupação nos ruídos e vibrações que as linhas de alta tensão poderiam causar após a construção na floresta Amazônica. No caso da UHSAJ, os responsáveis pela construção não levaram em consideração os níveis de ruídos durante as fases da obra nem foi avaliado o nível de ruído que irá ser gerado na fase de operação.

O crédito QL 2.3 - Minimizar a Poluição Luminosa, não foi pontuado para as LAT, para a UHSAJ e para a UHSA, no primeiro caso por não ter no projeto um estudo do impacto que as iluminações de segurança no topo das torres irão causar na floresta e nos casos da UHSAJ e UHSA, por não ter nenhum indício de que foi feita uma avaliação geral de medidas para prevenir o excedente de luz e brilho excessivos.

O crédito QL 2.5 -Incentivar Modos Alternativos de Transporte, não foi pontuado pelas LAT do sistema TMM, pois a empresa responsável pela obra não incentivava o uso destes tipos de transporte alternativos. Há porém, uma justificativa plausível, uma vez que a localização das frentes de trabalho no meio da floresta inviabilizavam este tipo de ação.

No crédito QL 3.2 - Preservar as vistas e o caráter Local, os projetos não pontuados foram as LAT, a UHSA e o Aquapolo. No caso das LAT não houve evidências de que tenham sido feitas considerações sobre a preservação e o caráter local durante a concepção e construção do projeto. Já a UHSA foi construída no topo de duas cachoeiras importantes de Santo Antonio. A construção da usina modificou as vistas e o caráter local dessa área de forma irreversível. O Aquapolo, no entanto, foi construído em uma região mais afastada dentro do STS de São Paulo, completamente isolado da comunidade. Não foi feita nenhuma integração do projeto com a comunidade para se melhorar as vistas e o caráter local, o que poderia melhorar a habitabilidade.

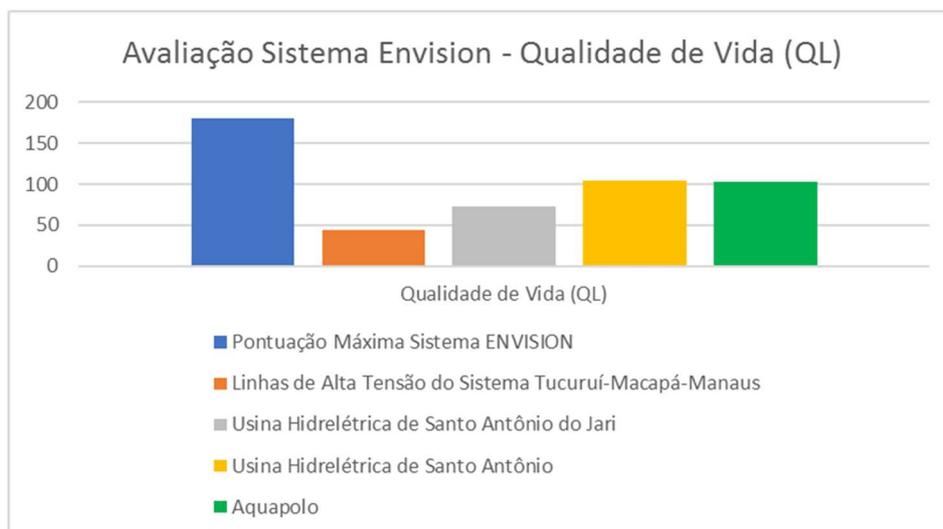


Figura 10 – Comparativo da categoria Qualidade de Vida entre as obras estudadas

3.3. Liderança (LD - Leadership)

A categoria Liderança do sistema Envision se baseia em 9 créditos divididos em três subcategorias: Colaboração, Administração e Planejamento. Esta categoria aborda de uma forma holística todas as etapas do projeto, corroborando para que as equipes de áreas distintas trabalhem em sinergia desde o início da elaboração até a fase final de construção e operação, gerando como produto final um projeto sustentável ao longo do seu ciclo de vida.

- Colaboração – Trabalho em sinergia entre as equipes, requer um novo tipo de liderança e gerenciamento dos processos;
- Administração – Busca de um entendimento maior e mais detalhado do projeto, visando aumentar a sustentabilidade, expandir a vida útil do projeto e proteger contra problemas futuros;
- Planejamento – Ter uma ideia a longo prazo do projeto, entendendo questões de planejamento, regulamentos ambientais e futuras tendências de crescimento na área.

Liderança		
Colaboração	LD 1.1	Proporcionar compromisso e liderança efetivos
	LD 1.2	Estabelecer um sistema de gerenciamento sustentável
	LD 1.3	Promover a colaboração e o trabalho em equipe
	LD 1.4	Proporcionar a participação das partes interessadas
Administração	LD 2.1	Buscar oportunidades de sinergia nos subprodutos
	LD 2.2	Melhorar a integração da infraestrutura
Planejamento	LD 3.1	Planejar monitoramento e manutenção a longo prazo
	LD 3.2	Abordar regulamentos e políticas conflitantes
	LD 3.3	Estender a vida útil

Quadro 3 – Créditos Liderança (LD) Sistema Envision V2

Das infraestruturas brasileiras avaliadas nesta categoria, a UHSAJ, foi a que teve menor pontuação (30%), seguida pelas LAT (55%), UHSA (63%) e Aquapolo (72%).

Nesta categoria houve uma diminuição da quantidade de créditos não pontuados nas obras estudadas. Todos os projetos tiveram um crédito não pontuado. Os níveis satisfatórios também foram melhores, a UHSAJ obteve três créditos, as LAT cinco, e a UHSA e o Aquapolo seis créditos.

Projeto	Créditos Não Pontuados	Créditos com pontuação satisfatória
LAT do Sistema TMM	LD 2.1	LD 1.1; 1.2; 2.2; 3.1 e 3.2
UHSAJ	LD 2.1	LD 1.1; 1.2 e 2.2
UHSA	LD 3.2	LD 1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 2.2 e 3.1
Aquapolo	LD 3.2	LD 1.1; 1.4; 2.1; 2.2; 3.1 e 3.3

Quadro 4 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria LD

Para o crédito LD 2.1 – Buscar oportunidade de Sinergia nos subprodutos, os projetos das LAT da UHSAJ não obtiveram pontuação. Nos dois casos não há evidências que comprovem a utilização de materiais ou recursos descartados de atividades vizinhas que foram utilizados na execução da obra.

Já para o crédito LD 3.2 – Abordar regulamentos e políticas conflitantes, foram os projetos da UHSA e do Aquapolo que não obtiveram pontuação. Não foram evidenciados nos dois casos esforços para identificar quaisquer políticas públicas conflitantes ou até mesmo barreiras não intencionais que possam colocar em risco a sustentabilidade do negócio, no caso da UHSA qualquer política que possa interferir na vida útil da usina e do Aquapolo algum ato que possa limitar a utilização da água de reuso a usos não potáveis.

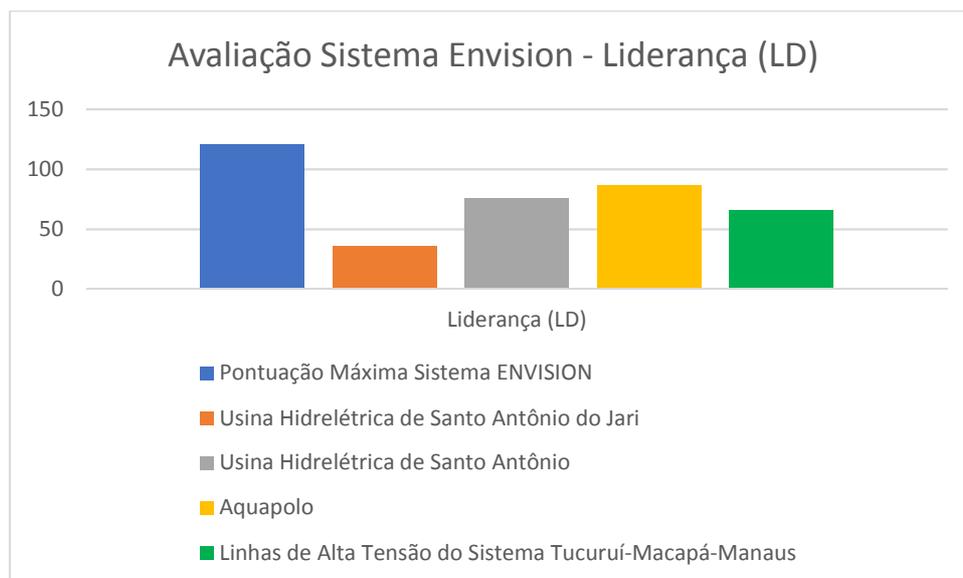


Figura 11 - Comparativo da categoria Liderança entre as obras estudadas

3.4. Alocação de Recursos (*RA – Resource Allocation*)

A categoria Alocação de Recursos do sistema Envision se baseia em 13 créditos divididos em três subcategorias: Materiais, Energia e Água. Esta categoria visa a avaliação correta dos recursos naturais no projeto e o impacto da utilização dos mesmos, entendendo que são finitos, passíveis de reutilização e que seu bom uso deve ser tratado como um importante indicador de sustentabilidade.

- **Materiais** – Uso racional e adequado dos materiais, visando sempre a reutilização. Deve-se priorizar materiais da região caso houver, evitando a busca em locais de longa distância. O ciclo de vida e a origem do material são informações importantes que serão avaliadas;
- **Energia** – O uso de energia sustentável é fomentado. A redução de energia gasta no processo é fator de avaliação, assim como o monitoramento do consumo, garantindo a eficiência do projeto.
- **Água** – É avaliado a utilização de fontes alternativas de captação que reduzam o consumo de água potável. A redução da utilização de água e o monitoramento do processo são indicadores importantes de avaliação.

Materiais		
Materiais	RA 1.1	Reduzir a energia final incorporada
	RA 1.2	Apoiar práticas de aquisições sustentáveis
	RA 1.3	Usar materiais reciclados
	RA 1.4	Utilizar materiais regionais
	RA 1.5	Desviar resíduos dos aterros sanitários
	RA 1.6	Reduzir o trajeto dos materiais escavados
	RA 1.7	Prever desconstrução e reciclagem
Energia	RA 2.1	Reduzir o consumo de energia
	RA 2.2	Usar energias renováveis
	RA 2.3	Estabelecer e monitorar os sistemas de energia
Água	RA 3.1	Proteger a disponibilidade de água doce
	RA 3.2	Reduzir o consumo de água potável
	RA 3.3	Monitorar os sistemas de água

Quadro 5 – Créditos Alocação de Recursos (RA) Sistema Envision V2

Das infraestruturas brasileiras avaliadas nesta categoria, as LAT, foi a que teve menor pontuação (15%), seguida pela UHSAJ (23%), UHSA (29%) e Aquapolo (38%).

Houve novamente um aumento da quantidade de créditos não pontuados dos projetos. As LAT não obtiveram pontuação em seis créditos, a UHSAJ em cinco, a UHSA em sete e o Aquapolo não obteve pontuação em três créditos. Os níveis satisfatórios também apresentaram queda em relação a categoria Liderança, as LAT e a UHSAJ obtiveram dois créditos, a UHSA obteve três e o Aquapolo quatro créditos.

Projeto	Créditos Não Pontuados	Créditos com pontuação satisfatória
LAT do Sistema TMM	RA 1.1; 1.7; 2.1; 2.2; 2.3 e 3.2	RA 1.2 e 1.5
UHSAJ	RA 1.1; 1.7; 2.1; 2.3 e 3.2	RA 1.2 e 2.2
UHSA	RA 1.1; 1.3; 1.4; 1.6; 1.7; 2.1 e 3.2	RA 1.5; 2.2 e 3.1
Aquapolo	RA 1.1; 1.4 e 1.6	RA 2.3; 3.1; 3.2 e 3.3

Quadro 6 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria RA

Todos os projetos estudados não obtiveram pontuação no crédito RA 1.1 – Reduzir a energia final incorporada. Nenhum dos projetos apresentou algum estudo ou documentação que demonstrasse a execução de uma avaliação da energia incorporada pelos materiais utilizados na execução do projeto nem do ciclo de vida do mesmo.

O crédito RA 1.3 – Utilizar Materiais Reciclados, não foi pontuado somente para a obra da UHSA. Apesar da equipe ter evidenciado a reutilização do material vegetativo, principalmente

madeira, na execução de cercas de áreas protegidas, não foi quantificado o percentual de reutilização deste material. Também não houve indícios de utilização de nenhum material reciclado na estrutura da usina.

Já o crédito RA 1.4 – Utilizar materiais regionais, não foi pontuado nas obras da UHSA e no Aquapolo. Para a obra da UHSA não foi identificado a quantidade de materiais regionais utilizados, nem há um inventário que demonstre estes dados. Quanto ao Aquapolo a equipe de projeto evidenciou as características que as empresas parceiras deveriam ter para fornecer material para obra, no entanto nenhuma das características solicitava a preferência pela utilização de material local. Para se obter pontuação mínima nesse crédito, de acordo com o Manual Envision, a obra deve ter pelo menos 30% do seu material utilizado oriundo da região.

O crédito RA 1.6 – Reduzir o trajeto dos materiais escavados, novamente não foi pontuado pelas obras da UHSA e Aquapolo. Nos dois casos não está claro a quantidade de material reaproveitado na obra. Não foi apresentado nem pela UHSA nem pelo Aquapolo projetos demonstrando a quantidade de material que foi retirado do local e a taxa de reaproveitamento do mesmo. Para pontuação mínima neste crédito o material reaproveitado na obra não pode ser inferior a 30%.

O crédito RA 1.7 – Prever desconstrução e reciclagem não foi pontuado em três das quatro obras estudadas, sendo que a única que obteve pontuação mínima foi o Aquapolo. Nos três casos de não pontuação não foi fornecida documentação que evidencie um plano de reaproveitamento dos materiais após o término da vida útil das obras executadas. No caso do Aquapolo também não foi fornecida esta documentação, no entanto o material utilizado é passível de desmontagem mais simples que nas outras obras estudadas, garantindo a sua pontuação mínima.

Novamente três das quatro obras estudadas não obtiveram pontuação no crédito RA 2.1 – Reduzir o consumo de energia, sendo que o Aquapolo mais uma vez conseguiu apenas pontuar de forma mínima. Nenhuma das três obras que não obtiveram pontuação apresentaram estudos de viabilidade ou análises de custos que evidenciasse um plano de redução de energia do projeto, tanto na fase de execução das obras, período em que mais se consome energia não-renovável de combustíveis fósseis, tanto na fase de operação do sistema.

O crédito RA 2.2 – Usar energias renováveis, não foi pontuado apenas na obra das LAT do Sistema TMM. Não foi apresentado nenhuma documentação que informasse a quantidade de energia exigida pelo projeto a partir de fontes renováveis.

Para o crédito RA 2.3 – Estabelecer e monitorar os sistemas de energia, as LAT e a UHSAJ não obtiveram pontuação pois em ambos os casos não há monitoramento da eficiência dos sistemas de energia do projeto. Os dois casos estão focados apenas no acompanhamento da energia que o projeto gera, sendo que essa premissa não é validada para este crédito.

Somente o Aquapolo pontuou no crédito RA 3.2 – Reduzir o consumo de água potável. Tanto as LAT e as usinas hidrelétricas estudadas não obtiveram pontuação. Nos três casos não foi identificado nenhum estudo de redução do consumo de água potável tanto na fase de execução quanto na fase de operação dos projetos.

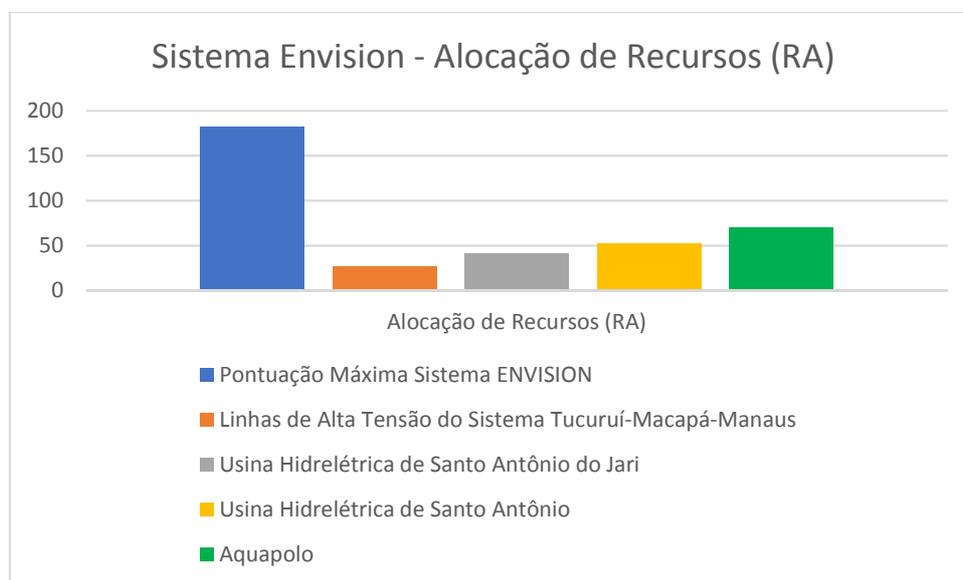


Figura 12 - Comparativo da categoria Alocação de Recursos entre as obras estudadas

3.5. Mundo Natural (NW – *Natural World*)

A categoria Mundo Natural do sistema Envision se baseia em 14 créditos divididos em três subcategorias: Implantação; Terra e Água; Biodiversidade. Projetos de infraestrutura causam um impacto considerável no local da sua implantação. Esta categoria tem como foco o entendimento dos impactos que podem ser causados no mundo natural e a forma sinérgica em que o projeto possa interagir com os sistemas naturais.

- Implantação – Aplicação de medidas que previnam a localização do projeto em áreas protegidas ou que alterem drasticamente o sistema natural do local. Também deve se atentar para a implantação do projeto em áreas de risco, que possa afetar a sua estrutura no futuro.
- Terra e Água – Deve ser elaborado métodos de preservação da terra e água, com foco na mitigação de contaminação de ambos.
- Biodiversidade – Atuar na preservação das espécies locais e no controle das espécies invasoras. Avaliar os métodos de restauração do solo e a preservação das águas superficiais e pântanos da região de implantação do projeto.

Mundo Natural		
Implantação	NW 1.1	Preservar os habitats nobres
	NW 1.2	Preservar os pântanos e águas superficiais
	NW 1.3	Preservar terras de alto valor de cultivo
	NW 1.4	Evitar zonas de geologia adversa
	NW 1.5	Preservar funções de várzeas
	NW 1.6	Evitar a construção inadequada em encostas íngremes
	NW 1.7	Preservar "greenfields"
Terra e Água	NW 2.1	Gerenciar águas pluviais
	NW 2.2	Reduzir o impacto de pesticidas e fertilizantes
	NW 2.3	Prevenir a contaminação das águas superficiais e subterrâneas
Biodiversidade	NW 3.1	Preservar a biodiversidade das espécies
	NW 3.2	Controlar espécies invasoras
	NW 3.3	Restaurar solos alterados
	NW 3.4	Manter as funções dos pântanos e das águas superficiais

Quadro 7 – Créditos Mundo Natural (NW) Sistema Envision V2

Das infraestruturas brasileiras avaliadas nesta categoria, a UHSA, foi a que teve menor pontuação (26%), seguida pela UHSAJ (30%), pelas LAT (33%) e Aquapolo (38%).

Nesta categoria, a quantidade de créditos não pontuados voltou a diminuir. Os projetos da UHSAJ, UHSA e Aquapolo não pontuaram em quatro créditos, enquanto que as LAT não pontuaram em três. Os níveis satisfatórios apresentaram uma melhora considerável em relação a categoria anterior. A UHSA obteve cinco, a UHSAJ e o Aquapolo obtiveram seis, e as LAT oito créditos.

Projeto	Créditos Não Pontuados	Créditos com pontuação satisfatória
LAT do Sistema TMM	NW 1.1; 1.2 e 2.2	NW 1.3; 1.4; 1.6; 1.7; 2.1; 3.2; 3.3 e 3.4
UHSAJ	NW 1.1; 1.2; 1.7 e 2.2	NW 1.3; 1.4; 1.6; 3.2; 3.3 e 3.4
UHSA	NW 1.1; 1.2; 1.3 e 2.1	NW 1.4; 3.1; 3.2; 3.3 e 3.4
Aquapolo	NW 1.2; 2.1; 2.2 e 3.3	NW 1.1; 1.3; 1.6; 1.7; 3.1 e 3.2

Quadro 8 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria NW

O crédito NW 1.1 – Preservar os habitats nobres, não foi pontuado em três dos quatro projetos estudados, tendo somente o Aquapolo com pontuação para o mesmo. No projeto para execução das LAT foram afetadas áreas de conservação de valor ecológico e etnológico como a reserva extrativista Verde para Sempre e a reserva extrativista Rio Cajari, fato este que justifica a não pontuação do projeto neste crédito. Quanto as duas usinas hidrelétricas, mesmo com todas as iniciativas para minimizar o

impacto ambiental, há uma perda da biodiversidade nas áreas que são inundadas para execução do lago da represa. Outra questão que influenciou na pontuação foi o impacto que as obras civis das usinas causam, pois necessitam de uma área considerável de desmatamento para a implantação do sistema operacional das mesmas.

Nenhum dos projetos estudados obteve pontuação no crédito NW 1.2 – Preservar os pântanos e águas superficiais. No projeto das LAT, algumas torres de sustentação das linhas, foram instaladas dentro de áreas de preservação e em áreas de inundação, mesmo com os controles dos impactos ambientais identificados, esta situação foi decisiva para a definição da pontuação. O Aquapolo tem, através de suas tubulações e estações, contato direto com o rio Tamanduateí, riacho Meninos e córrego Cassecara. Mesmo com esse contato não foi montada nenhuma zona de amortecimento pela equipe do projeto para protegê-los. No caso das duas usinas hidrelétricas, este crédito não se aplica, pois, todo o processo já ocorre dentro de águas superficiais, neste caso nos rios Jari e Madeira.

Somente a UHSA não obteve pontuação no crédito NW 1.3 – Preservar terras de alto valor de cultivo. Parte das áreas inundadas pela barragem da usina eram terras de cultivo de populações ribeirinhas que tiveram que ser realocadas, foi feito um esforço pela equipe de projeto para realocação e indenização destas famílias, no entanto, não há qualquer documentação que evidencie que as terras de cultura fornecidas aos ribeirinhos são férteis e se os mesmos já se adaptaram a nova vida longe dos rios.

No crédito NW 1.7 – Preservar *Greenfields*, somente a UHSAJ não obteve pontuação. Isto se deve a criação do lago da represa que teve efeitos ambientais negativos significativos em áreas verdes e resultou no desmatamento de florestas endêmicas.

A UHSA e o Aquapolo não obtiveram pontuação no crédito NW 2.1 – Gerenciar águas pluviais. A hidrelétrica não apresenta um plano de gerenciamento de águas pluviais e não há um armazenamento das águas pluviais das precipitações que desembocam no rio Madeira. Em termos de quantidade, não está claro se a usina reduziu o aumentou a capacidade de armazenamento da bacia. No sistema Aquapolo não há o reaproveitamento das águas pluviais, a drenagem é feita por um sistema de drenagem pluvial que direciona toda água pluvial para a rua sem que haja reutilização ou armazenamento.

Houve no crédito NW 2.2 – Reduzir o impacto de pesticidas e fertilizantes, três projetos que não foram pontuados, sendo que somente a UHSA pontuou com nota mínima. Nos três casos não há evidências de políticas ou programas que tenham sido elaborados para o controle da aplicação de pesticidas e fertilizantes. No caso do Aquapolo, ainda foi utilizado pesticidas para controle de espécies invasoras e fertilizantes para tratamento do solo de um parque externo sem um estudo de análise de opções viáveis sustentáveis.

No crédito NW 3.3 – Restaurar solos alterados, somente o projeto do Aquapolo não foi pontuado. Na execução da obra do projeto, o Aquapolo possuía uma área de bota-espera do material escavado dentro de uma Área de Preservação Permanente (APP). No entanto esta área não estava sendo utilizada para restauração dos solos alterados. Outro fator é que o Aquapolo não possuía nenhum documento que evidenciasse a preocupação com o procedimento de avaliação do crédito.

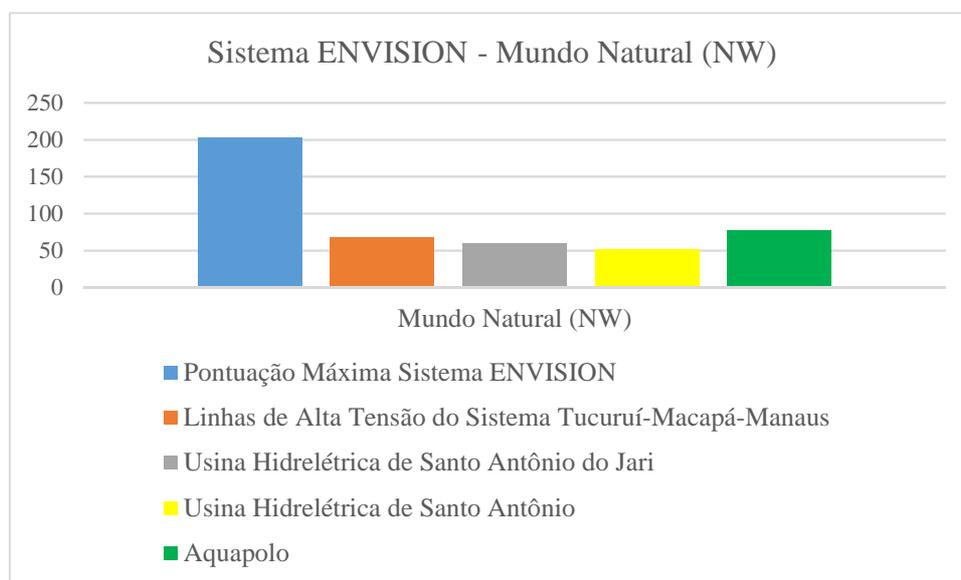


Figura 13 - Comparativo da categoria Mundo Natural entre as obras estudadas

3.6. Clima e Risco (CR – *Climate and Risk*)

Última categoria do Sistema Envision, Clima e Risco se baseia em 7 créditos divididos em duas subcategorias: Emissões e Resiliência. O objetivo desta categoria é avaliar se o projeto se preocupa com as emissões, sejam elas de poluentes atmosféricos ou de gases de efeito estufa e a capacidade de adaptabilidade do projeto a situações climáticas adversas a curto e longo prazos.

Clima e Risco		
Emissões	CR 1.1	Reduzir a emissão de gases de efeito estufa
	CR 1.2	Reduzir a emissão de poluentes atmosféricos
Resiliência	CR 2.1	Avaliar as ameaças climáticas
	CR 2.2	Evitar riscos e vulnerabilidade
	CR 2.3	Preparar para adaptação a longo prazo
	CR 2.4	Preparar para riscos a curto prazo
	CR 2.5	Gerenciar os efeitos de ilhas de calor

Quadro 9 – Créditos Clima e Risco (CR) Sistema Envision V2

Das infraestruturas brasileiras avaliadas nesta categoria, o Aquapolo foi a que teve menor pontuação (10%), seguida pelas LAT (33%), pela UHSA (38%), e UHSAJ (44%).

O Aquapolo não pontuou em cinco créditos desta categoria, os projetos da LAT e UHSAJ não pontuaram em quatro, enquanto que a UHSA não pontuou em três. Quanto aos níveis satisfatórios o Aquapolo obteve um, as LAT e UHSA obtiveram dois e a UHSAJ três créditos.

Projeto	Créditos Não Pontuados	Créditos com pontuação satisfatória
LAT	CR 2.1; 2.2; 2.3 e 2.5	CR 1.1 e 1.2
UHSAJ	CR 2.1; 2.2; 2.3 e 2.5	CR 1.1; 1.2 e 2.4
UHSA	CR 2.1; 2.3 e 2.5	CR 1.1 e 1.2
Aquapolo	CR 1.1; 1.2; 2.1; 2.3 e 2.5	CR 2.4

Quadro 10 – Créditos não pontuados x Pontuados Satisfatórios - Categoria CR

Os créditos CR 1.1 – Reduzir a emissão de gases de efeito estufa e CR 2.2 – Reduzir a emissão de poluentes atmosféricos, não foram pontuados no projeto do Aquapolo. No primeiro caso não foi demonstrado nenhuma documentação que evidencie a preocupação do projeto com a redução da emissão dos gases de efeito estufa, tanto na fase de obras quanto na fase de operação. No segundo caso há um Relatório Ambiental Preliminar que evidencia a necessidade do projeto em atender aos padrões de emissões de poluentes, no entanto não há uma avaliação de todos os poluentes do projeto de forma mais abrangente que consiga identificar os gases para posterior atuação da equipe na mitigação dos mesmos.

Todos os projetos estudados não obtiveram pontuação no crédito CR 2.1 – Avaliar as ameaças climáticas. Em nenhum dos casos foi feita uma Avaliação de Impacto Climático detalhada que possa impactar na operacionalidade do projeto tais como inundações, temperaturas ambientes mais altas, estações de chuva, desastres naturais entre outros.

Os projetos das LAT e UHSAJ não obtiveram pontuação no crédito CR 2.2 – Evitar riscos e vulnerabilidades. Em nenhum dos casos foi encontrado documentos evidenciando a preocupação para evitar possíveis riscos e vulnerabilidades do projeto, por exemplo, a mudanças climáticas.

Novamente, nos créditos CR 2.3 – Preparar para adaptação a longo prazo e CR 2.5 – Gerenciar os efeitos de ilhas de calor, todos os projetos não obtiveram pontuação. No primeiro caso não foi apresentado documentação que validasse a preparação dos projetos para adaptabilidade há mudanças climáticas, escassez de água e energia, desertificação do terreno, entre outras. No segundo caso também não foi apresentado relatórios ou documentos que validassem a preocupação das equipes de projeto quanto aos efeitos das ilhas de calor em cada caso.

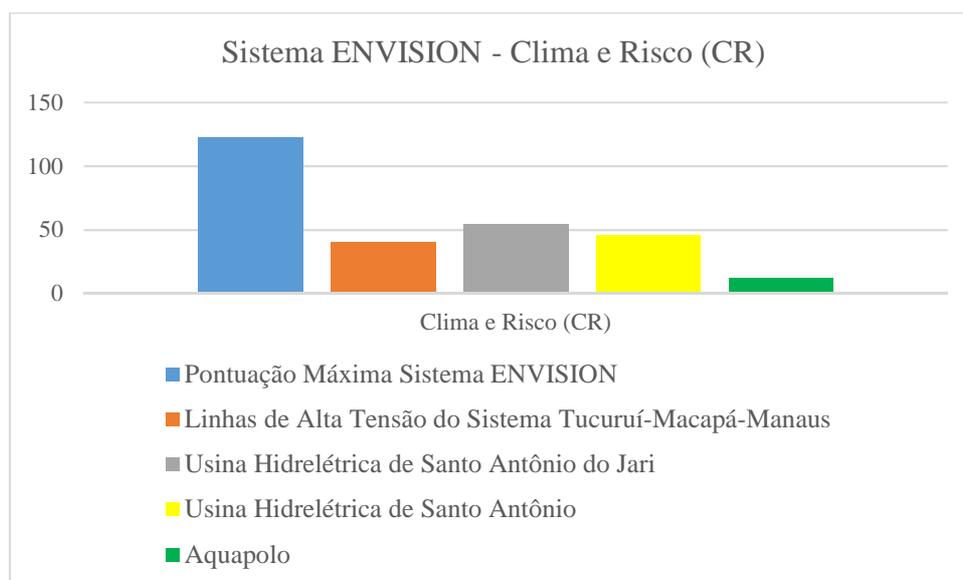


Figura 14 - Comparativo da categoria Clima e Risco entre as obras estudadas

4. MATERIAL E MÉTODO

O objetivo do artigo foi identificar através dos créditos do sistema Envision, em quais categorias as obras de infraestrutura brasileiras tiveram pontuações satisfatórias e quais eram passíveis de melhorias, tanto referentes a legislação brasileira, quanto no próprio método de avaliação das equipes de projeto. Foi elaborado uma avaliação dos créditos do sistema e o enquadramento dos mesmos à realidade brasileira.

Foi feita uma pesquisa exploratória, qualitativa e bibliográfica, reunindo dados retirados das avaliações feitas no programa Infraestrutura 360°, disponíveis no portal do BID, buscando referências bibliográficas que aumentassem a confiabilidade dos dados encontrados.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após verificação dos dados produzidos pela avaliação do programa Infraestrutura 360°, nota-se que, fazendo uma média do percentual conquistado pelas obras brasileiras de cada categoria temos o cenário conforme tabela 1.

Categoria	% médio dos 4 projetos
Qualidade de Vida (QL)	45%
Liderança (LD)	55%
Alocação de Recursos (RA)	26%
Mundo Natural (NW)	32%
Clima e Risco (CR)	31%

Tabela 1 – Categoria x % médio dos projetos estudados

Fazendo uma análise da quantidade total de créditos não pontuados e dos créditos com pontuação satisfatória, verifica-se que há uma similaridade com distorção mínima da pontuação de cada projeto, através desse dado identifica a tendência das obras de infraestruturas brasileiras serem baseadas em análises equivalentes, justificando a comparação da avaliação das mesmas pelo sistema Envision.

Projeto	Total de Créditos Não Pontuados	Total de Créditos com pontuação satisfatória
LAT	17	22
UHSAJ	17	21
UHSA	17	24
Aquapolo	14	25

Tabela 2 – Total de créditos pontuados e satisfatórios dos projetos

A categoria Alocação de Recursos foi a que obteve menor pontuação média entre as quatro obras, conquistando apenas 26% do total. Em uma análise da mesma, observa-se que os projetos estudados obtiveram pontuações baixas em oito dos treze créditos avaliados (RA 1.1; 1.3; 1.4; 1.6; 1.7; 2.1; 2.3 e 3.2).

Analisando o contexto desta categoria que visa principalmente a redução e reutilização de recursos como materiais, energia e água, nota-se que as obras de infraestrutura brasileiras ainda não têm estudos concretos que visam a redução da energia final incorporada do projeto, da redução do consumo de energia e da previsão da desconstrução e reciclagem dos materiais. Nestes três itens a pontuação de todos os projetos foi zero, sendo que, somente o Aquapolo obteve nota mínima no segundo e terceiro requisito. Tem-se também a dificuldade em promover a utilização de materiais locais para a execução da obra.

Outro aspecto importante nesta categoria envolve o planejamento de execução da obra, tem-se no Brasil uma dificuldade de reaproveitamento dos resíduos das obras e materiais escavados, muitas

vezes descartados, quando podem ser reutilizados na própria obra novamente. O reaproveitamento de materiais escavado poderia diminuir a quantidade de areia e cascalho necessárias. A extração desses sedimentos modifica o perfil dos rios e o seu equilíbrio, além de introduzir problemas ambientais como modificação em sua estrutura hidrológica e hidrogeológica (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

Como tratamos de três projetos que envolvem geração de energia e um que trabalha com saneamento ambiental, os outros créditos não pontuados que não foram discutidos se tratam de peculiaridades de cada um, não sendo possível fazer uma comparação consistente entre eles nesta análise.

A segunda categoria que obteve menor percentual de pontuação foi Clima e Risco. Esta categoria remete um fato importante que, a princípio, não faz parte da realidade brasileira. Na subcategoria Resiliência três dos cinco créditos não foram pontuados por nenhum projeto brasileiro. Em dois destes créditos (CR 2.1 e 2.3) o sistema Envision avalia a forma com que as obras de infraestrutura se preparam quanto as ameaças climáticas e adaptação a longo prazo. De acordo com a *National Climate Change Conference* (2013), 53% dos desastres no Brasil entre 1991 e 2010 são relacionados a estiagens e 33% a enchentes. Como o Brasil é conhecido internacionalmente como um país rico em termos de recursos naturais, a percepção com a abundância destes recursos – tais como recursos hídricos, obstruiu o reconhecimento do aumento da vulnerabilidade de suas atividades mediante eventos climáticos severos. Sendo assim, era esperado que nenhuma das obras estudadas obtivessem pontuação nestes dois créditos. No entanto, a avaliação do item CR 2.3 pode remeter a questão do imediatismo brasileiro e do déficit político que se tem no país em relação a gestão a longo prazo. Para Abrucio (2007) uma agenda de longo prazo para reformar a gestão pública brasileira depende, como em qualquer outro campo de políticas públicas, não só de ideias e análises. Acima de tudo, é preciso constituir coalizões.

Outro crédito não pontuado nesta categoria foi quanto ao gerenciamento das ilhas de calor (CR 2.5). O fenômeno das ilhas de calor é caracterizado principalmente pelas mudanças na temperatura do ar, mais próximo à superfície do solo, de maneira distinta em ambiente urbano e rural (SANTOS, 2015). Ainda é caracterizado pela diferença em graus da temperatura de cidades em comparação com suas redondezas ou zonas rurais, que tem como ponto positivo o maior índice de circulação de ar, o menor de absorção de radiação solar, e ainda lagos e bastante vegetação que auxiliam na evaporação (GARTLAND, 2008). É essencial que se tenha uma análise aprofundada desta problemática, principalmente no projeto do Aquapolo que demanda uma grande área urbana sem a presença de área verde. Um estudo detalhado das ilhas de calor no projeto pode ajudar na implantação de ações que minimizem esse impacto.

A terceira categoria com menor percentual de pontuação em relação as quatro obras estudadas foi Mundo Natural. Nela os créditos em que mais há preocupação para definição de estratégias de correção das obras brasileiras são: NW 1.1 e NW 2.2. Como dois projetos estudados se tratam de usinas hidrelétricas e um de execução de linhas de alta tensão, é bastante desafiador realizar este tipo de obra preservando totalmente os habitats nobres. Ações foram tomadas para definir as principais rotas e a locação de cada barragem, porém neste caso as áreas de conservação foram afetadas. Mesmo assim, em todas as obras desse porte deve-se ter bastante cuidado na definição dos locais, um caso pontual é a Usina de Belo Monte que é alvo constante de protestos de indígenas e ambientalistas devido a sua localização. De acordo com Fearnside (2018), pelo menos sessenta contestações jurídicas estão ainda pendentes contra Belo Monte nos tribunais brasileiros, inclusive vinte e duas ações civis públicas.

Outro crédito dessa categoria que é importante mencionar é quanto a redução do impacto de pesticidas e fertilizantes. Com exceção da UHSA que obteve nota mínima neste crédito, nenhuma das obras que não obtiveram pontuação demonstraram relatórios ou qualquer outro tipo de documento evidenciando esta preocupação. Pesticidas são um dos grupos mais representativos de poluentes no ambiente devido ao seu uso intensivo na agricultura (CHOUDHORY, PROCHAN, SOHO e SANJAL, 2008). Os estudos de monitoramento de resíduos de agrotóxicos têm aumentado ano a ano e sinalizado que resíduos de agroquímicos estão presentes nos alimentos, na atmosfera, nas precipitações secas e úmidas, como chuvas e águas superficiais e subterrâneas (DELLAMATRICEL e MONTEIRO, 2014).

De modo geral, os projetos estudados obtiveram bons desempenhos nas categorias Qualidade de Vida e Liderança, com apenas uma consideração, no crédito QL 2.3 – Minimizar a poluição luminosa, nenhum dos projetos apresentou documentação que evidenciasse algum estudo sobre o impacto que a poluição luminosa poderia causar no local de implantação das obras e na operação dos sistemas. Dados do IDA (*International Dark Sky Association*) indicam que o impacto da poluição luminosa nos seres vivos é evidenciado em estudos sobre o comportamento e orientação animal, interações competitivas, relações predador-presa, fisiologia animal e comportamento reprodutivo.

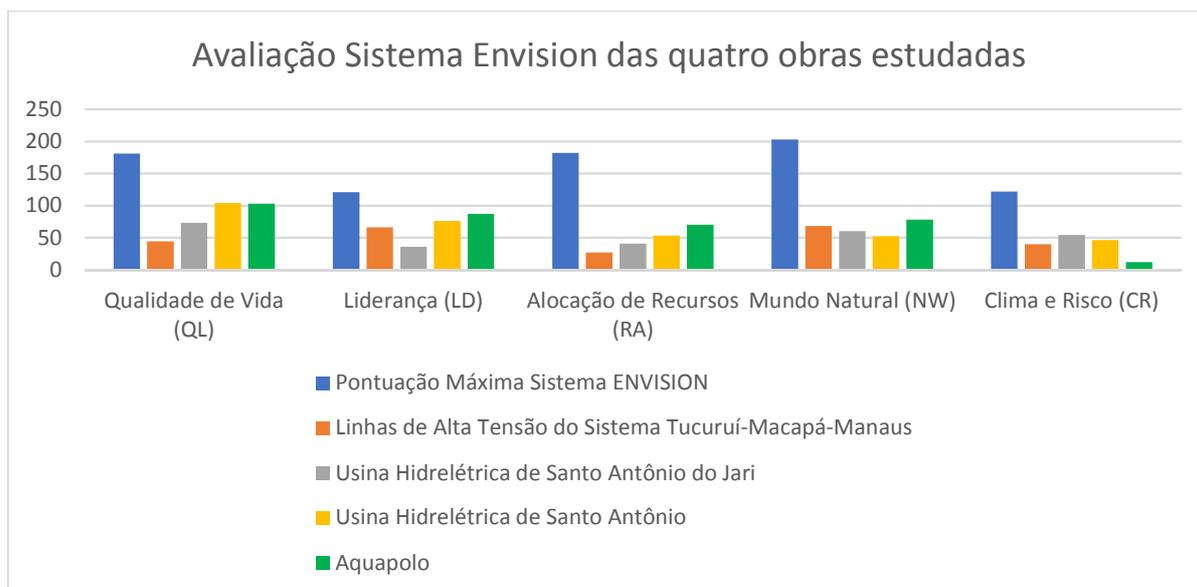


Figura 15 - Comparativo das quatro obras estudadas por categoria do Sistema Envision

6. CONCLUSÃO

O sistema Envision é uma ferramenta recente de grande potencial para avaliação de obras de infraestrutura. Seus créditos se baseiam em uma realidade ambiental e de aspectos legais dos Estados Unidos, país de seu surgimento. No entanto, pode ser perfeitamente aplicado para a realidade de outros países, como o Brasil, além de incentivar a criação de novos critérios legislativos legais que poderão detalhar ainda mais todos os aspectos que devem ser relacionados para a execução de um projeto de infraestrutura com elevado grau de sustentabilidade.

Diferente dos sistemas de certificação AQUA e LEED, o Envision busca fazer uma análise detalhada da sustentabilidade em projetos de infraestrutura de grande porte, que impactam de modo irreversível no local de execução do empreendimento. AQUA e LEED, ainda que apresentem uma análise bastante eficaz, são certificações direcionadas para projetos distintos dos estudados neste trabalho.

Nos estudos das quatro obras brasileiras, nota-se que as mesmas possuem rendimento satisfatório nas categorias Qualidade de Vida e Liderança, o que remete a conclusão que o Brasil está no caminho certo de almejar melhores pontuações nestas duas categorias. Abers (2016) ainda reitera que aspectos específicos do processo decisório em torno de grandes obras precisam ser levados em consideração quando se pensa em maneiras adequadas de se construir debates eficazes com as comunidades afetadas. Nos trabalhos estudados identifica-se que a população afetada foi devidamente consultada e que as medidas compensatórias nesta categoria tiveram um desenvolvimento satisfatório.

Quanto às categorias Alocação de Recursos e Mundo Natural, há uma dificuldade dos projetos na adequação de alguns créditos, principalmente referentes a redução da utilização de materiais, energia e água. Há também um cenário desafiador que deve ser enfrentado quanto à redução do impacto de pesticidas e fertilizantes nas obras do país.

Por fim, a categoria Clima e Risco é um dos casos que remetem maior atenção no sistema Envision para aplicação na realidade brasileira, principalmente os créditos do subproduto resiliência. A princípio, as análises feitas para as obras de infraestruturas brasileiras tenderão a baixas pontuações nesta categoria, pois algumas que são avaliadas pelo sistema não são conhecidas pelas equipes de projeto por não estarem presentes na realidade das obras do Brasil. No entanto, esta pode ser também a categoria mais promissora no cenário brasileiro, pois pode trazer novas experiências de equipes que já viveram esta realidade, minimizando riscos nas obras e na operacionalidade dos sistemas executados, além de projetá-los para adaptação a longo prazo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERS, R. N. **Conflitos, mobilizações e participação Institucionalizada: a relação entre a sociedade civil e a construção de grandes obras de infraestrutura**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, Rio de Janeiro, 2016.

Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7159/1/td_2231.pdf

ABRUCIO, F. L. **Trajatória recente da gestão pública brasileira: um balanço crítico e a renovação da agenda de reformas**. Revista de Administração Pública - RAP, Rio de Janeiro, vol. 41, pp. 67-86, 2007.

BOWLES, E. C.; AGUSTIN, E.; BRADLEY, N.; VADIVELLOO, E.; MUELLER, J. G.; FERGUNSON, J. B. Application of Envision for Enhanced Evaluation of Alternatives in Wastewater Utility Capital Improvement Projects. American Society of Civil Engineers - ASCE, International Conference on Sustainable Infrastructure 2017.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Associação Brasileira de Cerâmica n° 61, 178-189, 2015.

CHOUDHORY, A.; PROCHAN, S.; SOHO, M.; SANJAL, N. **Impact of pesticide on soil microbiology parameters and possible bioremediation strategies**. Indian Journal of Microbiology, v.48, p.114-127, 2008.

COSENTINO, L. T. **Sustentabilidade na Construção Civil: Proposta de diretrizes baseadas nos selos de certificação ambiental**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2017.

CONTRERAS, C.; GLORIA, T. **An Envision Rating System Approach to Sustainable Infrastructure in Latin America and the Caribbean**. American Society of Civil Engineers - ASCE, International Conference on Sustainable Infrastructure 2017.

COSTA, E. C. M.; PINTO, A. J. G.; KUROKAWA, S.; MONTEIRO, J. H. A; PISSOLATO, J. Análise das Características Elétricas dos Trechos de 280 m de Altura propostos para Interconexão Tucuruí-Macapá-Manaus. IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, Goiânia, 2012.

Disponível em: <http://www.swge.inf.br/anais/sbse2012/PDFS/ARTIGOS/95865.PDF>

DELLAMATRICEL, P. M.; MONTEIRO, R. T. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.18, n.12, p.1296–1301, 2014

DE DOILE, G. N. D.; NASCIMENTO, R. L. **Linhão Tucuruí - 1800 km de Integração Regional**. Revista T&C Amazônia, Ano viii, No. 18, pp. 58-62, 2010.

FEARNSIDE, P. M. **Belo Monte: atores e argumentos na luta sobre a Barragem Amazônica mais controversa do Brasil**. Rev. NERA, Presidente Prudente, ano 21, n. 42, pp.162-185, 2018.

FROTA, W. M. **Melhorias Estruturais de Suprimento para os Sistemas Elétricos Isolados de Manaus e Macapá**. Revista T&C Amazônia, Ano iii, No. 6, pp. 23-29, 2005.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IDA (INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION). **Light pollution and wildlife**. Brochure, 2008.

JAEGER, B. C. **Investimentos chineses em infraestrutura na América do Sul: Impactos sobre a integração regional**. Revista Conjuntura Austral, Porto Alegre, v. 8, n. 39-40, pp. 4-23, 2017.

JAEGER, B. C. **Integração infraestrutural sul-americana: impactos sobre a estratégia e a geopolítica regional**. Trabalho de Conclusão em Relações Internacionais - UFRGS, 2014.

LEME Engenharia LTDA. **Relatório de Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau**. Rondônia, 2005.

LOTTA, G.; FAVARETO, A. **Os arranjos institucionais dos investimentos em infraestrutura no Brasil: Uma análise sobre seis grandes projetos do programa de aceleração do crescimento**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7332/1/td_2253.PDF

MARQUES, G. **Estado e desenvolvimento na Amazônia: a inclusão amazônica na reprodução capitalista brasileira**. Tese de doutorado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/CPDA. Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, A.M.; RODRIGUES, G.A. **Ilhas de Calor: Conceito, Problemas e Alternativas**. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga. Disponível em: <http://www.fatectq.edu.br> 10p. Outubro de 2015.

ZOFNASSa - Program for Sustainable Infrastructure. **Envision V2 Guidance Manual**. Graduate School of Design, Harvard University.

Disponível em: <https://sustainableinfrastructure.org/portal/files/GuidanceManual.pdf>

ZOFNASSb - Program for Sustainable Infrastructure. **Industrial Water Production Aquapolo - Brazil**. Graduate School of Design, Harvard University. Junho, 2015.

Disponível em: <https://www.iadb.org/en/infra360>

ZOFNASSc – Program for Sustainable Infrastructure. **Santo Antônio do Jari Hydroelectric – Brazil.** Graduate School of Design, Harvard University. Dezembro, 2013. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/infra360>

ZOFNASSd – Program for Sustainable Infrastructure. **Santo Antônio Hydroelectric – Brazil.** Graduate School of Design, Harvard University. Dezembro, 2014. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/infra360>

ZOFNASSe – Program for Sustainable Infrastructure. **Xingú and Macapa High Tension Lines - Brazil.** Graduate School of Design, Harvard University. Dezembro, 2013. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/infra360>

ARTIGO CIENTÍFICO 2

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL ENVISION NA CIDADE DE MACAÉ: ESTUDO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO LAGOMAR, MUTUM E CENTRO

APPLICATION OF CERTIFICATION METHOD ENVISION ENVIRONMENTALIZATION IN THE CITY OF MACAÉ: STUDY OF LAGOMAR, MUTUM AND CENTRO SEWAGE TREATMENT STATIONS

Iran Correia da Silva Junior - IFFluminense/PPEA

RESUMO

A cidade de Macaé possui três grandes Estações de Tratamento de Esgoto que atualmente operam em distintos bairros de classes sociais desiguais e diferentes tipos de vulnerabilidade econômica. Ações que possam aumentar o grau de sustentabilidade destas estações podem melhorar a qualidade de vida da população e proteger a biodiversidade da região, além de diminuir os custos de operacionalização no processo de tratamento de esgoto.

Por meio dos critérios do método de certificação ambiental Envision, criado exclusivamente para obras de infraestrutura, foram avaliadas o grau de sustentabilidade das três estações desde a fase de execução até o status atual de operação, envolvendo os aspectos sociais, de preservação e gestão ambiental.

Os estudos feitos evidenciam pontos de melhoria que, se planejados antecipadamente, evitariam o uso desnecessário dos recursos naturais e melhorariam a qualidade de vida da população local. Para a aplicabilidade no Brasil, o método Envision deve ser adequado à realidade climática e de execução de obras brasileiras, bem como as equipes de engenharia destes tipos de projeto deve atentar a critérios que aumentam o grau de sustentabilidade destas obras significativamente que não foram considerados na fase de execução e operação.

Palavras chave: Infraestrutura. Sustentabilidade. Saneamento Básico. Norte Fluminense

ABSTRACT

The Macaé city has three large sewage treatment stations that currently operate in different districts, social classes and economic types vulnerability. Actions that can increase the sustainability in these stations can improve the quality of life the population and protect the biodiversity the region, as well reduce operating costs in the sewage treatment process.

Through the criteria in the Envision environmental certification method, created exclusively for infrastructure works, the degree sustainability the three stations from in execution stage to the status in operation, involving social aspects, environmental preservation and management.

The studies showed improvement points, which if planned, would avoid unnecessary use natural resources and improve the quality of life the local population. For applicability in Brazil, the Envision method must be adequate to the climatic reality and execution in Brazilian works, and also the engineering teams these types in projects must pay attention to criteria that increase the degree in sustainability in these works significantly that were not considered in the execution and operation phase.

Keywords: *Infrastructure. Sustainability. Basic Sanitation, North Fluminense.*

1. INTRODUÇÃO

Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) indicam que 2,4 bilhões de pessoas não têm acesso ao saneamento básico, o que representa 42% da população mundial. Mais da metade das pessoas sem acesso ao saneamento básico – quase 1,5 bilhão de pessoas – vive na China e na Índia. Na África Subsaariana a cobertura é de apenas 36% (SHAMMAS e WANG, 2013).

Mediante dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), do ano de 2016, divulgado pelo Instituto Trata Brasil, 51,92% da população brasileira tem acesso à coleta de esgoto, sendo que 44,92 % dos esgotos são tratados. No entanto, mais de 100 milhões de brasileiros ainda não tem acesso a coleta de esgoto, despejando o efluente residencial gerado de forma irregular, seja em rios, córregos ou canais.

Ano	% Índice de coleta de esgoto (Regional)	% Índice de Tratamento de Esgoto Gerado (Regional)
2006	34,5	34,5
2007	35,3	34,3
2008	43,2	34,6
2009	44,5	37,9
2010	46,2	37,9
2011	48,1	37,5
2012	48,3	38,7
2013	48,6	39
2014	49,8	40,8
2015	50,3	42,7
2016	51,9	44,9

Tabela 3 - Índices de Coleta e tratamento de esgoto no Brasil, 2006 a 2016 (Fonte: SNIS)

A lei número 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, em seu artigo 2º, inciso I, estabelece como princípios fundamentais a universalização do acesso aos serviços públicos de saneamento básico, ou seja, cabe a titularidade garantir que toda a população seja atendida com a coleta e o tratamento adequado do seu esgoto domiciliar.

Cerca de dois milhões de pessoas morrem todos os anos devido a doenças diarreicas; a maior parte delas consiste em crianças com menos de 5 anos de idade (SHAMMAS e WANG, 2013). No Brasil em 2013, segundo o Ministério da Saúde (DATASUS), foram notificadas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais.

Shammas e Wang (2013) listam os problemas principais que geram as questões de saúde pública, referentes a falta de saneamento, estes são:

- a) Falta de prioridade conferida ao setor;
- b) Falta de recursos financeiros;
- c) Falta de sustentabilidade do abastecimento de água e dos serviços de saneamento;
- d) Falta de higiene;
- e) Saneamento inadequado nos locais públicos.

A evolução do setor de tratamento de esgotos é a história da preocupação com os temas de saúde e ambientais, especialmente em função do crescimento das cidades. Os métodos de tratamento de esgotos foram, inicialmente, desenvolvidos com enfoque na saúde pública e nas condições adversas causadas pela descarga de esgotos no meio ambiente (METCALF e EDDY, 2016). Ainda de acordo com Metcalf e Eddy (2016) a necessidade de ser mais eficiente em termos de utilização de recursos e

de dispersão de constituintes antropogênicos no meio ambiente se tornou um tema central em praticamente todos os aspectos da sociedade.

Dados disponibilizados pela prefeitura de Macaé indicam que 69% do esgoto coletado na cidade é tratado. Desta quantidade tratada, mais de 90% são tratados pelas ETEs Lagomar, Mutum e Centro. Estas estações foram construídas em 2014, 2013 e 2015 respectivamente e atualmente estão em fase de operação, sendo a ETE Lagomar operada pela prefeitura e as estações Mutum e Centro operacionalizadas por uma concessionária de tratamento de esgoto contratada pela prefeitura por meio de uma concessão feita mediante há uma Parceria-Público-Privada.

As Estações de Tratamento de Esgoto da cidade de Macaé são grandes obras de infraestrutura que atualmente operam com a capacidade inicialmente requerida. Ações que possam aumentar o grau de sustentabilidade destas, poderiam expressivamente melhorar a qualidade de vida da população local, além de contribuir para a diminuição dos custos de operacionalização. A análise tendo como base os créditos do método Envision é extremamente importante, pois podem evidenciar problemas que a atividade operacional diária não consegue identificar, além de demonstrar para as equipes de projetos e gestão pontos de melhoria na construção da obra que poderão servir como experiência para obras futuras.

Através do método de Certificação Ambiental Envision, criado por intermédio da parceria entre o Instituto de Infraestrutura Sustentável (*ISI – Institute for Sustainable Infrastructure*) e a Universidade de *Harvard* através do Programa Zofnass para Infraestrutura Sustentável, buscou-se verificar o nível de impacto ambiental e social que as estações causaram na época de execução e ainda causam na fase atual de operação, considerando as premissas dos sessenta critérios de sustentabilidade do método Envision, organizados em cinco categorias (Qualidade de Vida, Liderança, Alocação de Recursos, Mundo Natural e Clima e Risco).

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DA CIDADE DE MACAÉ

Macaé é o segundo maior beneficiário dos repasses dos royalties de petróleo e gás da Bacia de Campos, e conviveu com a abundância associada aos recursos que são transacionados pela cadeia produtiva de petróleo e gás, de um lado, e de outro com a escassez de intervenções infraestruturais, de planejamento urbano e de saneamento ambiental, que sejam compatíveis com seu crescimento populacional e com seu de PIB per capita (FERREIRA et. al., 2011).

O município de Macaé possui notória divisão espacial em função da renda, visto que o centro da cidade "está ladeado por duas zonas de enormes contrastes" (HERCULANO, 2011). Carvalho e Loureiro (2016) ressaltam:

“Ao norte, se localizam a maior parte das periferias da região e, ao sul do município estão as moradias de luxo que abrigam os moradores de alta qualificação da cidade. Os bairros de maior vulnerabilidade econômica, estão situados majoritariamente ao norte, estes por sua vez, conforme discutido anteriormente, são oriundos do período de intenso fluxo migratório pós chegada da indústria petrolífera ao município. O Lagomar situa-se neste contexto.”

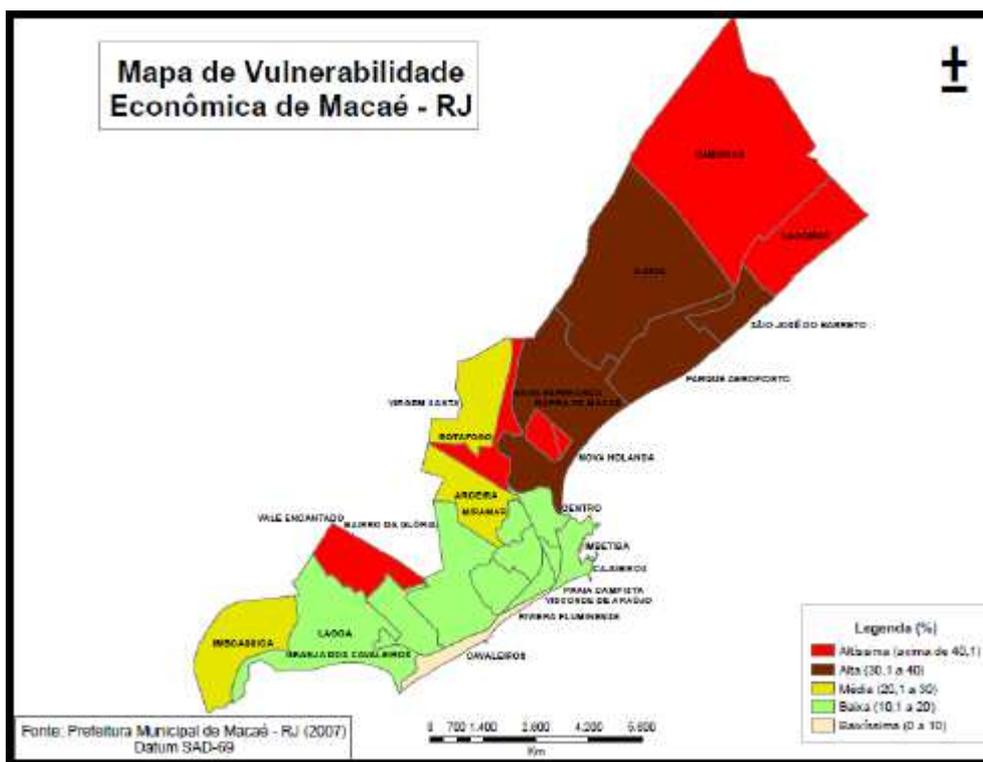


Figura 01 – Mapa Indicador de Vulnerabilidade Econômica do Município de Macaé – Fonte: Ferreira, 2011.

A ETE Lagomar atende áreas que Carvalho e Loureiro definem como norte de Macaé, enquanto que a ETE Mutum e ETE Centro atendem somente áreas da zona sul da cidade.



Figura 02 – Divisão Sistema Norte e Sul para atendimento de esgoto da Cidade de Macaé – Fonte Prefeitura de Macaé



Figura 03 – Divisão Sistema de Tratamento de Esgoto Macaé – Fonte Prefeitura de Macaé

3. DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS

3.1 ETE Lagomar

O bairro Lagomar, integrante do município de Macaé-RJ, conforme dados da prefeitura, possui atualmente aproximadamente 35.000 habitantes, ocupando uma área de 3.290.000 m². O bairro, possui uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), com capacidade de tratamento de 40 l.s, executada em 2014 e rede coletora para afastamento até à estação de tratamento contemplando o bairro, executada no mesmo ano. Segundo Madeira Filho, Roriz e Silveira (2011) dentre os bairros do

município de Macaé, “Lagomar é o que mais se expande, com ocupações desordenadas, chegando a uma população de cerca de trinta mil pessoas. ”

Este bairro sofre com graves problemas sociais, que de acordo com Carvalho e Loureiro (2016) são resultantes do adensamento populacional irregular (ocupado principalmente por migrantes de baixa renda), por consequência da rápida urbanização do município desde o estabelecimento da indústria do petróleo. O bairro é limítrofe ao Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, o que resulta em configuração de conflito de uso do território. É também uma área de habitação irregular e acesso limitado a direitos sociais básicos, o que resulta no desencadeamento de outros agravantes que se referem à precariedade de saneamento e água canalizada, além das condições de violência, que colocaram as periferias de Macaé entre as áreas mais violentas do estado do Rio de Janeiro (WASELFISZ, 2004; COSTA, 2009 apud CARVALHO e LOUREIRO, 2016).

A Estação de Tratamento de Esgoto Lagomar é de tratamento secundário que segundo Jordão e Pessoa (2011) é um processo que, além da remoção de sólidos pelos tratamentos preliminares e primários, envolve filtração biológica, processos de lodos ativados e lagoas de estabilização aeróbias. Esta ETE possui área de atendimento conforme indicado na figura 03, capacidade de tratamento de 40 l.s e seu efluente tratado é direcionado ao Rio Macaé.



Figura 04 – Vista Aérea da ETE Lagomar – Fonte: Google Earth

3.2 ETE Mutum

A Estação de Tratamento de Esgoto Mutum, possui capacidade de tratamento de 40 l.s e está localizada na zona sul da cidade de Macaé-RJ, conforme divisão estabelecida por Carvalho e Loureiro (2016) e indicado nas figuras 02 e 03. Esta ETE de tratamento terciário, sistema este que de acordo com Metcalf e Eddy (2016) promove a remoção de sólidos suspensos residuais, desinfecção e remoção de nutrientes, atende os bairros Mirante da Lagoa, Morada das Garças, Vivendas da Lagoa, Vale das Palmeiras e parte dos bairros São Marcos e Imboassica, totalizando aproximadamente 10 mil pessoas atendidas. Seu efluente tratado é direcionado a lagoa de Imboassica.

Toda a sua área de abrangência, considerando o mapa de indicador de vulnerabilidade econômica, são caracterizadas como baixa ou baixíssimo, ou seja, toda a região atendida remete a uma população de classe média e alta da cidade de Macaé-RJ. A parte do bairro Imboassica, identificada como de médio risco no mapa indicador de vulnerabilidade não faz parte da área de abrangência da Parceria Público Privada (PPP) entre Macaé e a atual concessionária de esgoto da cidade.



Figura 05 – Estação de Tratamento de Esgoto Mutum – Fonte: Próprio Autor

3.3 ETE Centro

A Estação de Tratamento de Esgoto Centro, maior da cidade possui capacidade média atual de tratamento de 100 l.s, podendo esta capacidade aumentar em mais 200 l.s até o final de plano da unidade. Esta ETE está localizada na Estrada Linha Verde e atende parte da cidade considerada zona sul.

De acordo com dados da concessionária, esta ETE de sistema terciário, atualmente trata em média 50 l.s de efluente e destina o seu tratado para o Canal do Capote que se localiza em frente à estação. Os bairros beneficiados por essa planta perfazem parte da zona sul da cidade, à esquerda do Rio Macaé. Esta unidade de tratamento de esgoto atende bairros desde de altíssimo a baixíssimo grau de risco de vulnerabilidade econômica, sendo predominante o atendimento a locais com baixo risco no mapa de indicador de vulnerabilidade econômica de Ferreira, 2011. Ao contrário das ETEs Mutum e Lagomar, esta estação não possui um alto índice demográfico em seu entorno, perfazendo vizinhança somente com uma comunidade quilombola localizada nos fundos da estação em ponto bem distante ao processo de tratamento.



Figura 06 – Vista Superior da ETE Centro e população vizinha a estação – Fonte: Google Earth.

4. MATERIAL E MÉTODO

O objetivo do artigo foi avaliar o grau de sustentabilidade, considerando as cinco categorias do sistema de certificação Envision, das Estações de Tratamento de Esgoto Lagomar, Mutum e Centro, todas dentro da área urbana do município de Macaé através de uma análise das premissas de execução e operação atual dos três sistemas.

Foi feita uma pesquisa exploratória, qualitativa e bibliográfica, utilizando dados obtidos em campo, pesquisando referências bibliográficas que validassem os dados analisados. Na pesquisa exploratória foram feitas visitas em campo para conhecimento e diagnóstico dos locais estudados, buscando dados qualitativos que evidenciassem e justificassem a necessidade da avaliação destas

obras. Após obtenção dos dados em campo, foi feita uma análise do grau de sustentabilidade das estações de tratamento de esgoto buscando entender os impactos e melhorias que as mesmas causam, considerando os critérios do Sistema de Certificação Envision.

Mediante essa análise, serão identificados os pontos positivos de cada unidade e os pontos que necessitam de melhoria para que as estações operem de uma forma mais sustentável dentro dos critérios estabelecidos pelo método. Por fim será verificado se o sistema de Certificação Envision é passível de melhoria e adaptabilidade às obras de infraestruturas brasileiras.

5. AVALIAÇÃO DOS CRÉDITOS ENVISION

O sistema de certificação Envision, analisa o grau de sustentabilidade de obras de infraestrutura através de sessenta créditos divididos em cinco categorias. Os critérios de avaliação contêm explicações sobre quais documentações são necessárias para demonstrar que um nível de realização foi cumprido. Os critérios de avaliação incluem tanto requisitos qualitativos quanto quantitativos (ZOFNASS, 2015).

<p>Qualidade de Vida: Propósito, Comunidade, Bem-Estar</p> <p>Liderança: Colaboração, Administração, Planejamento</p> <p>Alocação de Recursos: Materiais, Energia, Água</p> <p>Mundo Natural: Implantação, Terra e Água, Biodiversidade</p> <p>Clima e Risco: Emissões, Resiliência</p>
<p>Quadro 01 – Categorias e Subcategorias Envision – Fonte: Manual Envision</p>

6. ANÁLISE DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MACAÉ

6.1 Qualidade de Vida (QL – Quality of life)

6.1.1 ETE Lagomar

A ETE Lagomar possivelmente irá melhorar a qualidade de vida da comunidade, através do tratamento do efluente, inibindo o lançamento de esgoto nas tubulações de drenagem das águas pluviais que conseqüentemente despejariam esgoto in natura nas praias do bairro. Com o sistema todo comissionado esse efluente será lançado nas redes coletoras de esgoto que o direcionarão para a ETE. No entanto, verificou-se que ainda há uma insatisfação com o sistema, uma vez que o mesmo, entregue

em 2014, demorou cerca de 4 anos para entrar em operação devido a dificuldades na adequação do mesmo para atender todas as condicionantes ambientais para retirada da licença de operação junto aos órgãos competentes. Com isso a própria população que estava interligada no sistema, com receio de retorno de esgoto para suas casas, começou a se ligar de forma clandestina no sistema de drenagem pluvial. Atualmente uma das dificuldades da prefeitura para repasse do sistema a concessionária que irá operá-lo é garantir que 100% do efluente coletado está sendo direcionado à ETE Lagomar e não está sendo lançado para a rede de escoamento de águas pluviais.



Figura 07 – Lançamento de Esgoto na rede Pluvial – Fonte: Jornal o Debate (Out.2018)

Outro aspecto social relevante a ser considerado é quanto a geração de empregos formais no bairro. Todos os trabalhadores diretos da estação de tratamento, que trabalham no dia a dia operacional da mesma são da região de atendimento da ETE, ou seja, a construção da mesma, além de gerar empregos no período de construção, ainda continua fomentando o trabalho regional na sua operação, o que aumenta a capacidade de renda da população local.

Na ETE não houve nenhum estudo quanto aos ruídos e vibrações que a estação geraria e também referente a poluição luminosa que a mesma causa e que pode influenciar na vida das pessoas e da fauna da região. Esse tipo de estudo é extremamente importante pois indicará todas as adaptações que a estação deverá fazer para não prejudicar o meio em que ela foi construída.

Por fim, faltaram ações para preservar as vistas e o caráter local e melhorar o espaço público da área de atendimento da estação, através da criação de praças ou centros de lazer que poderiam ser construídos no momento da construção da ETE, obra que mobilizou uma grande quantidade de valores e mão de obra que poderiam ser aproveitadas para trazer benefícios a população, fora os já voltados para a questão do saneamento básico.

6.1.2 ETE Mutum

Esta estação se localiza em uma área que não possui vizinhança periférica, no entanto foram feitos trabalhos sociais com toda a comunidade envolvida e atendida pelo sistema de tratamento. O efluente que anteriormente era lançado na lagoa de Imboassica, muitas vezes apenas com tratamento feito por fossa séptica, executada pelo próprio morador, passou a ser tratado na ETE por sistema de tratamento terciário. Para demonstração da eficiência do tratamento a concessionária realiza trabalhos sociais através de um programa denominado “Portas Abertas”, onde as comunidades locais e vizinhas podem entender e visualizar o método de tratamento utilizado.

No entanto na área de abrangência desta estação o estímulo ao crescimento e desenvolvimento é baixo. A maioria dos empregos gerados, tanto na fase de construção da estação como na fase de obras não era da comunidade atendida, uma vez que os serviços demandados para a execução e operação da ETE eram abaixo da faixa média salarial da comunidade e não gerava interesse por parte dos mesmos.

Assim como na ETE Lagomar, na estação Mutum não foi elaborado nenhum estudo em que se considerasse a minimização da poluição luminosa e geração de ruídos e vibrações. Também não há na estação um incentivo à utilização de modos alternativos de transporte, uma vez que o acesso a ela com veículos não motorizados é complicado e perigoso. Este problema, no entanto, não é só uma realidade exclusiva da cidade de Macaé. O crescimento acelerado, somado a falta de planejamento nos principais centros urbanos, caracteriza o cenário, caracteriza o cenário de evolução brasileira, marcada por uma política urbana deficiente (BERTHOLDO et. al., 2017).

Também não houve a preocupação na melhoria ou criação de algum espaço público na área de abrangência da ETE. As obras da rede coletora e estação de tratamento foram executadas até o ano de 2014, contudo não houve um cuidado na melhora de algum espaço público, até mesmo existente.

Há com a execução da estação um aumento da preservação dos recursos hídricos e culturais, sendo a lagoa de Imboassica a principal preservada. A operacionalização da ETE Mutum fez com que todo o efluente que era direcionado para a mesma sem o tratamento adequado, fosse direcionado a estação para ser tratado de forma terciária e posteriormente lançado dentro dos parâmetros permitidos e de depuração do corpo hídrico.

Na estação não houve uma preocupação com as vistas e o caráter local, justificável pois a ETE já existia de forma não operacional e foi entregue a concessionária para a execução das obras e operacionalização.



Figura 08 – Vista Superior ETE Mutum – Fonte Google Earth

6.1.3 ETE Centro

A ETE Centro foi construída em uma área vizinha a uma comunidade de cultura quilombola. Desde o início do projeto a preocupação com essa comunidade foi iminente, com constantes visitas e reuniões com os líderes da mesma para definirem em consenso qual seria a melhor solução de acesso considerando que no projeto inicial da estação não foi considerado um acesso de qualidade para aquelas famílias. Após acordo feito, a equipe de projeto da concessionária refez todo o layout da ETE, criando um acesso independente e dentro dos padrões de segurança para esta comunidade.

Além disso foi estimulado pela concessionária a criação de um restaurante para fornecimento de alimentação aos trabalhadores da obra da estação o que gerou renda para esta comunidade. Com o apoio da equipe de projeto da concessionária, foi criado um local adequado para alimentação, dentro das normas sanitárias vigentes, melhorando significativamente a qualidade de vida desta e consumando novos postos de trabalhos para os familiares de toda a comunidade em um período de crise financeira na cidade de Macaé, causada pela diminuição da arrecadação dos *royalties* oriundos da extração do petróleo na bacia de Campos.



Figura 09 – Acesso separado ETE Centro e Comunidade Quilombola



Figura 10 – Comunidade preservada na área da ETE Centro

Este projeto da estação, ao contrário da ETE Mutum, estimulou o desenvolvimento e capacidades locais, uma vez que postos de trabalho foram ocupados por moradores da área de concessão além do descobrimento da capacidade da comunidade quilombola em preparar refeições para atendimento da obra.

Assim como nas ETEs Lagomar e Mutum, também não foi considerado no projeto um estudo para a minimização dos ruídos, vibrações e poluição luminosa que a ETE Centro iria gerar em seu período operacional. Apesar de ser instalada em área urbana, o local da ETE é afastado do centro urbano da cidade e possui mata bastante densa no fundo da estação. A falta da elaboração do estudo pela equipe de projeto sobre o quanto de impacto no meio ambiente a poluição sonora e luminosa pode causar, poderá trazer alteração da fauna em um curto espaço de tempo.

Apesar da estação provocar uma retirada de parte da flora, devido a necessidade de aterro do local, foram preservadas algumas vistas e caráter local, entre elas uma árvore que, mesmo a concessionária tendo autorização para corte, decidiu mantê-la pois se tratava de uma das árvores mais antigas da região de acordo com a comunidade vizinha a estação.

Por fim não foi feita pela equipe de projeto nenhuma ação para melhorar o espaço público da área de concessão e também não foi fomentada utilização de métodos alternativos de transporte. A justificativa da equipe de projeto é que esse projeto será feito após toda a implantação do *layout* da estação que ainda não está finalizado.

6.2 Liderança (LD – Leadership)

6.2.1 ETE Lagomar

A estação de tratamento que até o momento está sob responsabilidade operacional da Prefeitura de Macaé, possui dados escassos do seu período de obra, principalmente referente a gestão e a decisão tomadas que implicaram no status da infraestrutura. Muitos aspectos de gestão que podem ter sido tratados na execução não foram registrados. No entanto, na atual fase de operação se observa alguns itens, avaliados pelo sistema de certificação Envision, que não foram considerados na fase de obras. Não há nenhum estudo para estender a vida útil da infraestrutura construída e também não foi estabelecido um plano de gerenciamento sustentável no período de obras e nem na fase atual de operação da ETE. Uma tentativa de conciliar os interesses econômicos com os interesses de conservação ambiental é proposta através da valoração monetária dos recursos naturais, mas essa não tem sido uma tarefa fácil (FALCO et. al., 2012).

Contudo, se verificou que a prefeitura está empenhada em proporcionar a participação das partes interessadas por meio de reuniões semanais com seu corpo técnico e da concessionária e órgãos ambientais, e mediante a estas reuniões planejar o monitoramento a longo prazo e abordar regulamentos e políticas conflitantes junto à concessionária que irá receber o sistema. Um exemplo do tema relacionado a abordagem de políticas conflitantes é quanto ao tipo de tratamento que será exigido na licença de operação da ETE Lagomar. A estação foi construída para tratamento secundário, considerando a capacidade de depuração do corpo hídrico receptor, neste caso o Rio Macaé. Reuniões semanais com o órgão ambiental responsável pela emissão da licença demonstram a necessidade que o tipo de tratamento secundário esteja na licença de operação, uma vez que qualquer mudança exigida pode inviabilizar a estação de tratamento como um todo.

6.2.2 ETE Mutum

Ao contrário do que ocorre na ETE Lagomar, a estação Mutum já possui um sistema de gerenciamento sustentável, com uma coordenação dedicada em avaliar as questões de sustentabilidade para melhorar o desempenho sustentável. O trabalho realizado é feito em sinergia entre as outras áreas da empresa responsável pela concessão, no qual todas as partes interessadas na operacionalização são reunidas para troca de informações e tomada de decisões quanto aos aspectos sustentáveis da ETE. Esta estação também trabalha com os subprodutos gerados no tratamento. Logo após o término da construção dos dois módulos de tratamento, foi instalado na ETE Mutum um sistema de reaproveitamento do efluente tratado para ser utilizado na lavagem de ruas dos locais com obras da concessionária na cidade e para abastecimento dos reservatórios dos caminhões *Sewer-Jet*.

Há um complexo monitoramento da estação a longo prazo, até o término da concessão da PPP. Este monitoramento envolve desde a redução do consumo de energia até a diminuição dos custos com produtos químicos. Há uma gerência operacional que trabalha para avaliação de todos os processos que possam minimizar a manutenção da estação a longo prazo e estender a vida útil da estação.

Não foi identificado para a ETE Mutum estudos para identificar regulamento e políticas conflitantes que possam colocar em risco a viabilidade do negócio. É extremamente importante que a liderança faça uma abordagem quanto a este tema, pontuando todos os itens que possam colocar em risco a continuidade do negócio.

6.2.3 ETE Centro

A mesma equipe de sustentabilidade que coordena a ETE Mutum, também atua na estação Centro. Atendendo a uma política de gerenciamento sustentável, esta equipe avalia todas as premissas necessárias para a implantação de um projeto sustentável na estação, afim de se melhorar o desenvolvimento da planta, desde compensação ambiental de áreas degradadas, utilização de materiais recicláveis no processo de tratamento e em medidas mitigadoras referentes à contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais.

Assim como na ETE Mutum há toda uma sinergia da equipe de sustentabilidade com as outras áreas envolvidas no processo de tratamento, buscando as melhores soluções em equipe e com a anuência e colaboração de todas as áreas. Um dos exemplos desta estação é quanto à reutilização do efluente tratado. Há na estação um sistema de cloração do efluente o tornando apto para reutilização sem fins potáveis, como lavagem de ruas e abastecimento dos caminhões *Sewer-Jet*. Este sistema estava anteriormente instalado na ETE Mutum, mas devido a capacidade de tratamento da ETE Centro ser maior, houve um consenso interno na concessionária que o mesmo traria mais resultados na estação Centro do que na Mutum.

A gestão da ETE Centro trabalha de forma a garantir ao máximo a extensão da vida útil da unidade, através da compra assertiva de equipamentos que irão obter a melhor performance da estação e planos de manutenção precisos que garantirão o funcionamento da ETE minimizando a necessidade de paralisações emergenciais do sistema. Contudo, assim como na ETE Mutum não foram demonstrados pela equipe de projeto abordagens referentes a regulamentos e políticas conflitantes que podem colocar em risco a continuidade do negócio.

6.3 Alocação de Recursos (RA – Resource Allocation)

6.3.1 ETE Lagomar

Para a ETE Lagomar, não houve qualquer estudo que remetesse a preocupação da redução da energia final incorporada ao projeto. Não foi elaborada para a estação uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que, demonstrasse a preocupação em compreender qual seria a energia final incorporada da aquisição de cada produto que foi instalado. Também não há nesta ETE a prática de aquisição de produtos sustentáveis e, conseqüentemente, da utilização de produtos reciclados.

Em toda estação de tratamento de esgoto há geração de lodo proveniente da decantação das partículas sólidas mais pesadas que se acomodam no fundo do reator. Este material é o único da estação que é confinado em *geobags*, irá passar por um período de secagem e depois será destinado a gerenciadora de resíduos. A destinação final do lodo gerado nas estações de tratamento tem-se apresentado como um dos principais problemas na cadeia “coleta-tratamento-disposição final” (JORDÃO e CONSTANTINO, 2011).

No crédito prever desconstrução e reciclagem, foi identificado que a estação Lagomar não possui nenhum estudo para desconstrução da ETE após o término da vida útil da mesma. Todo material utilizado na estação, quando finalizar o seu período de vida útil será descartado.

Em relação aos temas energia e água, a ETE demonstra uma melhor performance quanto aos outros critérios do sistema de certificação. Há planos em andamento para a melhoria do sistema, de forma que ele consiga reduzir a energia gasta ao longo dos anos. Há também um plano estabelecido para monitoramento do sistema de energia que está sendo feito junto a concessionária que irá receber o sistema Lagomar. Por fim, considerando a questão da água, o sistema de tratamento de esgoto Lagomar faz com que se tenha um melhor monitoramento dos sistemas de água, principalmente do corpo hídrico receptor, protegendo a disponibilidade de água doce e reduzindo o consumo de água potável.



Figura 11 – Entrada ETE Lagomar – Fonte: Google Earth

6.3.2 ETE Mutum

Para a ETE Mutum também não foi elaborado pela equipe de projeto, na fase de execução e também na fase de operação a Avaliação do Ciclo de Vida da ETE. Essa avaliação visa principalmente, identificar toda a energia final incorporada do projeto, desde a fase de execução. Com isso a gestão da ETE conseguiria planejar seu plano de manutenção de uma forma mais segura e precisa até o final da vida útil da estação.

Apesar da concessionária solicitar aos seus fornecedores todas as licenças necessárias dos produtos adquiridos, não há na empresa a prática de aquisições sustentáveis. Toda aquisição é feita considerando o menor preço dos produtos, a não ser que os mesmos sejam de fornecedores exclusivos ou especiais. O uso de materiais reciclados é permitido, no entanto é passível de validação em todas as áreas envolvidas. Na unidade o exemplo do único material reciclado utilizado é o material filtrante dos tanques aerados para remoção de matéria orgânica no tratamento. O material filtrante utilizado é oriundo do politereftalato de etileno reciclado, mais conhecido como PET.



Figura 12 – Material filtrante utilizado nos tanques aerados para remoção de Matéria Orgânica na ETE Mutum – Fonte: Próprio Autor



Figura 13 – Aplicação de material filtrante no tanque de tratamento da ETE Mutum – Fonte: Próprio Autor

Não foi identificado nenhum estudo quanto à desconstrução e reciclagem da ETE após o término da sua vida útil. Os materiais comprados para a estação foram selecionados exclusivamente por sua performance operacional, levando em consideração redução do consumo de energia e o plano de manutenção existente. A tendência é que estes equipamentos, quando se tornarem obsoletos, sejam substituídos por outros com melhor tecnologia e após a desativação, vendidos como sucata.

Uma das principais preocupações da gestão da ETE é quanto ao consumo de energia, por ser um dos maiores custos operacionais da região. Há uma equipe de planejamento para este assunto, que analisa detalhadamente todas as possibilidades para redução do consumo, inclusive outras formas de geração de energia.

Há também preocupação quanto à qualidade das águas superficiais da região. Como a ETE lança seu efluente tratado em um corpo hídrico que a capacidade de depuração é menor do que a de um rio, é extremamente necessário o acompanhamento diário do efluente tratado, de forma que atenda todos os parâmetros de qualidade impreterivelmente. No entanto, na estação Mutum não há um plano para reaproveitamento das águas pluviais, que poderiam ser utilizados para a utilização humana de forma não potável.

6.3.3 ETE Centro

Assim como constatado nas outras duas ETEs estudadas, a equipe de projeto também não possui uma Avaliação do Ciclo de Vida da unidade. Apesar de ser o projeto mais recente em operação da concessionária, não foi estabelecido um plano de avaliação que consequentemente impactaria no

estudo da redução de energia incorporada do projeto. Em nenhum dos três casos das estações de tratamento de esgoto, foi verificado o quanto se podia diminuir de energia incorporada. Outro aspecto não considerado é quanto à aquisição de materiais sustentáveis, as compras da concessionária são feitas considerando o menor preço ofertado, materiais que possuem um maior grau de sustentabilidade e que não possuam melhor preço não são adquiridos, há somente critérios mínimos para que as proponentes entrem na concorrência para fornecerem seus produtos.

Assim como na ETE Mutum, o material filtrante dos bio-filtros aerados são feitos de PET reciclados, sendo este o único material reciclado utilizado na estação. Há sempre o cuidado do tipo de material que deverá ser aplicado, uma vez que o meio agressivo ao qual estará submetido pode fazer com que prejudique o resultado final do tratamento.

Nas obras da estação, o agregado utilizado, bem como as plantas utilizadas como medidas compensatórias para execução do cinturão verde da ETE foram regionais. A Estação foi projetada para o melhor aproveitamento da terraplanagem executada pela prefeitura, boa parte do material escavado foi reaproveitado no aterro da escavação. Não houve a necessidade de busca de material desse tipo fora da região Norte Fluminense. No entanto, equipamentos e as estruturas metálicas do tanque não foram adquiridas na região.



Figuras 14 – Cinturão Verde ETE Centro

Fonte: Próprio Autor



Figuras 15– Árvores nativas plantadas

Fonte: Próprio Autor

A ETE Centro possui uma particularidade referente ao desvio de resíduos dos aterros sanitários. No processo de tratamento o maior volume direcionado aos aterros é de lodo proveniente do Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA). Nas ETEs Mutum e Lagomar todo esse lodo é armazenado em *geobags* e depois de um certo tempo de secagem, são enviados para aterros legalizados. Na ETE Centro está prevista a instalação de duas centrífugas que diminuirão expressivamente a quantidade de líquido do lodo o que fará com que a quantidade de resíduo que seria destinado ao aterro sanitário diminua.



Figura 16 – Geobags de armazenamento de lodo – Fonte: Próprio Autor



Figura 17 – Prédio que abrigará as centrífugas de secagem do lodo – Fonte: Próprio autor

Não foi uma preocupação da equipe de projeto, prever a desconstrução e reciclagem das estruturas da ETE Centro. Nenhuma delas foi projetada para esse aspecto, apenas para atender às necessidades e parâmetros do tratamento, com a maior eficiência possível, dentro do consumo de energia previsto para a unidade e com o melhor custo-benefício de manutenção.

Uma das maiores preocupações da gestão operacional da concessionária é quanto à redução do consumo de energia da estação, o que é monitorado periodicamente. Uma das soluções previstas, será a implantação de sistema de captação de energia solar para abastecimento da ETE.

Assim como na ETE Mutum, o acompanhamento da qualidade de águas superficiais próximas a ETE Centro é feito diariamente, através de coletas feitas pelos operadores da estação. Há um aproveitamento do efluente tratado, que além do abastecimento dos caminhões é utilizado na para irrigação das plantas e da grama dos taludes. Contudo, não foi projetado um sistema de aproveitamento de águas pluviais na ETE, para utilização sem fins potáveis, o que iria diminuir expressivamente o consumo de água potável.



Figura 18 – Sistema de reuso da ETE Centro –
Fonte: Próprio Autor



Figura 19 – Sistema de irrigação da ETE Centro que utiliza água de reuso – Fonte: Próprio Autor

6.4 Mundo Natural (NW – Natural World)

6.4.1 ETE Lagomar

A ETE Lagomar é localizada em terreno urbano, próxima às casas que integram o sistema de tratamento de esgoto. Não foi construída em terras de alto valor de cultivo, em áreas de pântano, em zonas de geologia adversa, em encostas íngremes e em zonas de *greenfields*. Não há estudo se a área de implantação preservou ou devastou habitats nobres, no entanto a área em que foi construída a estação de tratamento fazia parte de um loteamento que não indicava a presença de nenhum habitat nobre no local.

Não há na estação nenhum plano de gerenciamento de águas pluviais, toda água coletada das chuvas é direcionada ao sistema de drenagem pluvial do bairro. Por se tratar de uma estação de tratamento de esgoto, toda área é monitorada para a não ocorrência de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas através do vazamento de produtos químicos e efluente. No entanto não há nenhum plano para redução do impacto de pesticidas ou fertilizantes, a estação possui um pequeno cinturão verde na sua zona periférica de árvores nativas. Não há nenhum controle do que já foi utilizado para crescimento e manutenção dessas árvores.

A ETE Lagomar, além de preservar a biodiversidade das espécies, principalmente as que dependem do Rio Macaé para sobreviverem, lançando efluente tratado no corpo hídrico, não causa impacto nas espécies que vivem na região. Sua área de construção não está localizada em corredores ecológicos de nenhuma espécie da região. Outra consideração importante é que o projeto melhora a qualidade das águas superficiais, principalmente devido a retenção dos sedimentos do efluente que são retirados do processo de tratamento.

6.4.2 ETE Mutum

A ETE Mutum, assim como a estação Lagomar, é localizada em terreno urbano, entre a RJ-106 e a Rodovia Norte-Sul. Não foi construída em terras de alto cultivo, pântanos, zonas de geologia adversa, em encostas íngremes e em áreas de *greenfields*. A área da estação foi entregue pela prefeitura de Macaé à concessionária que opera o sistema de esgotamento da cidade em 2013 e não havia nenhum indício de habitat nobre de qualquer espécie da região.

Toda a área da ETE é preparada para não causar contaminação do solo e das águas superficiais, tendo um plano de segurança detalhado para quando ocorrerem problemas que possam causar

contaminação seja da água ou do solo. A estação não possui reaproveitamento da água pluvial e também não há controle dos pesticidas e fertilizantes que estão sendo utilizados para manutenção do jardim e do cinturão verde que há em parte da zona periférica da.

O projeto da ETE Mutum demonstra que não impacta o habitat natural e não é rota passível de ser considerada corredor ecológico da fauna da região, além de melhorar a qualidade da água, preservando a biodiversidade das espécies aquáticas e as que se alimentam da mesma e o transporte de sedimentos do efluente que é lançado na lagoa de Imboassica.



Figura 20 – Chegada do afluente na ETE Mutum – Fonte: Próprio Autor



Figura 21 – Saída do Efluente da ETE Mutum após tratamento – Fonte: Próprio Autor

6.4.3 ETE Centro

A ETE Centro está localizada na Estrada Linha Verde em uma área considerada alagada na cidade de Macaé. Para a viabilidade do projeto foi necessário um processo de terraplanagem no qual foi fundamental o aterro de parte do terreno para acesso ao local que hoje opera as estruturas da estação. Além do aterro, parte de habitats considerados nobres para a fauna e flora local precisaram ser removidos. Medidas compensatórias como a criação de um cinturão verde no entorno da ETE e o replantio de mudas nativas da região foram feitos para tentar minimizar o impacto causado.

Devido à necessidade de cortes no terreno, no qual surgiram taludes consideráveis, foi necessário um trabalho de contenção de processo erosivos, com a criação de um sistema de escoamento

de águas pluviais e a plantação de grama. Toda a estrutura operacional da ETE foi executada em um único platô criado na terraplanagem para atendimento das necessidades da equipe de projeto.



Figura 22 – Talude protegido com grama em torno do platô da ETE Centro – Fonte: Próprio Autor



Figura 23 – Talude protegido com grama em torno do platô da ETE Centro – Fonte: Próprio Autor

Assim como na ETE Mutum, toda área da ETE Centro é preparada para prevenir a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas seja por efluente ou por produtos químicos necessários no tratamento. Contudo, não foi demonstrado nenhum estudo para redução e controle do uso de fertilizantes e pesticidas que são utilizados contra pragas que atacam, principalmente a grama dos taludes, e as árvores recém-plantadas no entorno da estação. Também não há na ETE Centro um plano de gerenciamento das águas pluviais, todo o escoamento da estação é direcionado a área alagada do entorno da estação.



Figura 24 – Estrutura de contenção para prevenir contaminação do solo por produtos químicos – Fonte: Próprio Autor

Toda área da ETE Centro, foi oriunda da alteração de um habitat, conseqüentemente houve um impacto na biodiversidade das espécies que habitavam o local antes das instalações das estruturas da estação, no entanto não houve nenhum estudo para a identificação das espécies de fauna, somente da flora da região. Houve também uma alteração considerável do solo original e da área alagada da região de forma irreversível.

Com a implantação e operacionalização da ETE, foi melhorado a oxigenação das águas superficiais da região e o transporte de sedimentos, principalmente em relação ao Canal o Capote com o lançamento do efluente tratado e com todos os sedimentos retidos no tratamento preliminar da estação.

6.5 Clima e Risco (CR – Climate and Risk)

6.5.1 ETE Lagomar

Não foi feito para a estação nenhum estudo para redução da emissão de gases estufa e poluentes atmosféricos. A estação opera com equipamentos básicos para o perfeito tratamento de esgoto a nível secundário tais como bombas, compressores de ar e geradores, caso se tenha alguma queda de energia da concessionária fornecedora. Não foi feito pela equipe de projeto estudo que demonstrasse a preocupação na redução do nível de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa ao longo do período de operação e vida útil da ETE.

A ETE também não está preparada para adaptação a longo prazo, não foi feito nenhum estudo que considerasse que o sistema fosse resiliente a ponto de se adaptar e continuar sua operação em casos extremos ambientais, como desertificações, desastres naturais extremos e processos erosivos no terreno de construção.

Não há nenhum processo de estudo de ilhas de calor para a estação. No processo de construção da ETE, todo o terreno foi concretado, o que aumenta relativamente a retenção de calor do local, no entanto não foi feito nenhum estudo sobre como esta solução de engenharia impactará quanto ao aumento de ilhas de calor no bairro.

6.5.2 ETE Mutum

Assim como na ETE Lagomar, na Mutum não foi feito para a estação nenhum estudo para redução da emissão de gases estufa e poluentes atmosféricos. Os equipamentos utilizados na ETE

Mutum, mesmo sendo em maior quantidade comparando com a ETE Lagomar, são para a operacionalização do sistema e possuem baixa carga de poluentes em seu processo de utilização. Mesmo assim, não foi feito pela equipe de projeto uma análise para avaliar o grau de poluentes liberado pela estação e propor soluções para que a diminuição dessas quantidades.

Há para operacionalização do sistema a avaliação dos riscos de ameaças climáticas, no entanto somente aquelas que fazem parte da realidade da cidade de Macaé. A equipe de projeto também está empenhada em avaliar possíveis mudanças nas principais variáveis do projeto de engenharia da estação a curto prazo. Quanto a aplicabilidade de soluções de engenharia na estação a longo prazo, foi identificado que não há nenhum estudo sobre como a ETE deve-se comportar e a sua capacidade de resiliência caso seja necessária uma mudança drástica em seu *layout*.

Não há na Mutum, assim como na estação Lagomar, estudo de gerenciamento dos efeitos das ilhas de calor. Mesmo que a área da ETE Mutum seja pequena, em relação a ETE Lagomar e a ETE Centro, é necessário um estudo da quantidade de calor gerada pela Estação e possíveis medidas de mitigação deste processo.

6.5.3 ETE Centro

Na ETE Centro, da mesma maneira que nas ETEs Lagomar e Mutum, também não foi identificado nenhum estudo para a redução da emissão de gases estufa e poluentes atmosféricos. Diferente da ETE Mutum, os equipamentos da ETE Centro são de maior porte, conseqüentemente podem apresentar maior carga de emissão de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa. Mesmo assim, não foi feito nenhum estudo para identificar o grau de emissão dos equipamentos da estação.

Assim como na ETE Mutum, há para a ETE Centro um plano de ação para ameaças climáticas dentro da realidade da cidade de Macaé que possam causar problemas operacionais na estação, mas, não há preparação da ETE para desastres naturais além dos citados a curto prazo. Isto posto, foi verificado um empenho da equipe de engenharia na busca de formas para minimizar qualquer impacto que possa vir a surgir em curto prazo considerando o histórico de eventos naturais ocorridos em Macaé.

Do mesmo modo não foi identificado nenhum documento que demonstrasse a preocupação com adaptação da estação a longo prazo, caso seja necessária alguma mudança estrutural no layout para garantir a operacionalidade da mesma, ademais, não foi identificado nenhum estudo para identificar e gerenciar os efeitos de ilhas de calor na área operacional da ETE Centro.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na categoria Qualidade de Vida é perceptível a distinção de classes sociais que habitam as diferentes áreas de abrangência das ETEs estudadas. Se tem na comunidade que integra o sistema Lagomar um perfil de população de alta vulnerabilidade econômica que não tinha acesso a serviços de saneamento básico, até mesmo de água tratada até meados de 2014, conseqüentemente espera-se que a ETE Lagomar impacte mais na vida das pessoas desta localidade do que em outros locais tratados pela ETE Centro e Mutum.

Não foi feito nenhum estudo nas três obras estudadas quanto a poluição luminosa e sonora que as mesmas causam no meio em que estão instaladas. Dados do IDA (*International Dark Sky Association*) indicam que o impacto da poluição luminosa nos seres vivos é evidenciado em estudos sobre o comportamento e orientação animal, interações competitivas, relações predador-presa, fisiologia animal e comportamento reprodutivo. Viviane, Rocha e Hagen (2010) concluem que a biodiversidade de espécies luminescentes decresce consideravelmente com a urbanização e os estudos sugerem que a iluminação artificial seja um dos principais fatores que afetam a ocorrência de vaga-lumes em seus habitats, afetando principalmente as espécies noturnas.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais da metade da população mundial ocupa os espaços urbanos e com estimativas alarmantes de crescimento demográfico. A OMS afirma ainda que níveis de pressão sonora acima de 65dB (A) podem gerar efeitos negativos como interferência na compreensão da fala, dificuldades para dormir ou descansar, incômodo e queda na qualidade de realização de atividades de trabalho e lazer. Níveis de pressão sonora acima de 85dB (A) podem acarretar perdas de audição nas pessoas.

A melhoria da qualidade de vida da população exige, portanto, um monitoramento das condições de exposição da população, sendo essa etapa considerada fundamental para o planejamento e a intervenção da saúde (SURIANO, SOUZA e SILVA, 2016). É essencial que se desenvolva estudos pela equipe de projetos nas obras de infraestrutura, para que se garanta os mínimos efeitos luminosos e sonoros nas plantas no período de operação.

Nenhum dos três projetos apresentou proposta de melhoria de espaço público da região de abrangência, no momento da obra nem nesta fase inicial de operação. Espaços como praças e áreas de lazer, poderiam melhorar expressivamente a qualidade de vida da população local, principalmente em regiões com menor poder aquisitivo. Navarro Martinez (2017) complementa que espaços públicos são imprescindíveis na infância pois permite antecipar alguns benefícios, como melhorar a saúde, aumento na empatia, desenvolvimento adequado da aprendizagem social e uma melhoria do jogo imaginativo.

Relacionado a categoria Liderança, a ETE Lagomar possui escassos registros quanto à execução da obra e posterior tomadas de decisão que resultaram no status atual da estação. A ETE ainda está sendo operada pela Prefeitura de Macaé e reuniões de alinhamento estão sendo feitas com a concessionária para repassar a operação da estação. Quanto às ETEs Mutum e Centro, foi verificado que as duas estações possuem um sistema de gerenciamento operacional e de sustentabilidade bastante organizado, no entanto nesta categoria, não foi identificado qualquer estudo que aponta a preocupação dos gestores quanto a políticas conflitantes que podem colocar em risco a operacionalidade das estações. Araujo (2017) diz que a influência de grupos de interesse no cenário político precisa ser analisada devido à intensa intervenção desses atores nas decisões políticas e suas consequências para a sociedade, o Estado se mostra como um desses atores, que, ao privilegiar determinadas políticas públicas, o faz em resposta à pressão de interesses específicos.

Na categoria Alocação de Recursos, para nenhuma das três estações foram apresentados estudos quanto ao cálculo da energia final incorporada do projeto que é definida através da Avaliação do Ciclo de Vida de cada estação. A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma abordagem do “berço ao túmulo” para a avaliação de sistemas de produção (WILLERS et. al., 2013). A ACV permite a estimativa dos impactos ambientais cumulativos resultantes de todas as fases do ciclo de vida do produto, muitas vezes incluindo impactos não considerados em análises mais tradicionais (por exemplo, a extração de matérias-primas, material de transporte, disposição final do produto etc.) (GIANNETTI et al., 2008).

Entre seus benefícios, além do grande potencial de aplicação na avaliação de impactos ambientais, já citado, destaca-se que a ACV proporciona uma visão geral do real impacto causado pela fabricação de determinado produto e também determina as etapas críticas da produção que proporcionam altas descargas ambientais ou que consomem grandes quantidades de recursos naturais. Com isso pode-se comparar dois produtos ou processos e avaliar a melhor opção (WILLERS et. al., 2013).

Não há também estudos inerentes a desconstrução e reciclagem das três ETEs. As estações Mutum e Centro serão entregues pela concessionária para a prefeitura de Macaé ao final da Parceria-Pública-Privada que durará 35 anos, contados a partir do ano de 2013, fato este que deve ocorrer com a estação Lagomar também. Sendo assim, a concessionária concluiu que todas as estruturas devem ser entregues em perfeito estado e a previsão de desconstrução e reciclagem dos materiais caso houvesse ficaria a cargo da Prefeitura de Macaé, não sendo considerado esse aspecto no projeto. Contudo, se sabe que a não previsão da desconstrução destas obras é um aspecto considerado também na ETE Lagomar, que foi construída por uma empresa contratada pela prefeitura de Macaé e também não considerou esta premissa no projeto da estação.

Nota-se também que este tipo de obra de infraestrutura impacta positivamente na preservação de águas doces e pode reduzir o consumo de água potável através da aplicação de sistemas de reuso do efluente tratado, como acontece na ETE Centro. De acordo com Mancuso e Santos (2003), de todo o volume de água disponível em nosso planeta, cerca de 1% está disponível para as atividades humanas; deste, apenas 10% da água consumida é reservada para fins urbanos, e de toda essa água 35% é descartada, após sua utilização, na forma de esgoto, aumentando os problemas relacionados à poluição dos recursos hídricos. Águas provenientes do reuso representam uma fonte hídrica alternativa para satisfazer parte da demanda crescente nas grandes cidades e para solucionar parte do problema de escassez (ALMEIDA, 2011).

Nenhuma das três estações apresentou estudo para reaproveitamento das águas pluviais, toda a água pluvial escoada é direcionada ou para a rede de drenagem pluvial, nos casos das ETEs Lagomar e Mutum ou para áreas alagadas, no caso da ETE Centro. O uso racional dos recursos hídricos, com a reciclagem da água, eliminação de desperdícios, reaproveitamento de águas servidas e das águas de chuva, representam economia de recursos uma vez que contribui para redução do volume e da demanda de água tratada, favorecendo a proteção do recurso natural (LUZ, 2005). É importante que estas estações, pelo seu porte e ocupação territorial, provenham de sistemas para reutilização das águas pluviais.

Não houve em nenhuma das unidades a preocupação em avaliar os impactos de fertilizantes e pesticidas que são aplicados em suas áreas de operação. Na ETE Centro, onde esse controle deveria ser feito de forma mais coordenada, uma vez que produtos para contenção de pragas são utilizados na grama dos taludes em larga escala, não há nenhum estudo sobre o quanto o produto que está sendo utilizado impacta o meio ambiente periférico a estação e contamina o solo nem da possibilidade de se trocá-lo por outro menos agressivo ao meio ambiente. A ação dos agrotóxicos geralmente não consegue ser seletiva a ponto de extirpar apenas o que se pretende e, na maioria das vezes, o extermínio se dá em várias outras classes de componentes da fauna e da flora existentes no local de aplicação (ARRUDA, 2008). Dessa forma, a intoxicação por agrotóxicos pode ser considerada como um problema de saúde pública mundial, que envolve principalmente os países em desenvolvimento (NISHIYAMA, 2003 apud. NEVES e BELLINI, 2013).

Tanto as ETEs Mutum e Lagomar não impactam diretamente no nicho ecológico da fauna e flora do local em que estão instaladas. Foram construídas em zonas urbanas, onde já existiam alta densidade demográfica em bairros com uma ocupação humana expressiva, contudo não apresentaram qualquer estudo que demonstrasse a preocupação em preservação da biodiversidade das espécies e dos espaços naturais nobres. No entanto, o fator mais preocupante seria quanto a localização da estação de tratamento Centro, esta ETE foi construída em um local afastado periférica a uma mata fechada e

preservada da região. É sugestivo afirmar que a estação causou alteração na biodiversidade da região e que pode ter alterado o nicho ecológico de algumas espécies locais, além de trazer para a região, espécies invasoras. O fator preocupante é que não foi feito para esta ETE estudo quanto ao impacto que a ação antrópica traria à biodiversidade local, bem como a preservação dos espaços naturais nobres.

A interrupção do fluxo gênico, a extinção de uma ou mais espécies e os processos erosivos, são problemas que determinam a necessidade de corredores ecológicos. A interrupção do fluxo gênico se caracteriza pela fragmentação do ecossistema por fatores antrópicos que cindem áreas ecologicamente propícias, interrompem o fluxo gênico, assim como a existência de área degradada (barreira ecológica) que separa duas áreas onde a espécie se mantém, desfavorecendo o ciclo evolutivo e o fluxo gênico entre as populações de ambas as áreas. De igual forma, "a concorrência pelo mesmo nicho nas áreas fragmentadas que não tenham conexão entre si pode provocar a extinção de uma ou mais espécies."(VIO, 2001 apud. VILLAS BOAS, 2016). Mesmo com a preservação de algumas espécies antigas da região na área da ETE, para a construção da obra foi necessária a retirada de parte da vegetação nativa da localidade.

Na categoria clima e risco, com exceção de manutenções preventivas de modo a minimizar vulnerabilidades e preparação das estações a possíveis ameaças climáticas dentro da realidade da cidade de Macaé, em todos os outros créditos não foram demonstrados estudos que comprovem a preocupação da equipe de projeto no que tange a redução de emissão de poluentes e gases de efeito estufa, preparação das estruturas para adaptação a curto e longo prazo, ameaças climáticas que não fazem parte da realidade da cidade e gerenciamento de ilhas de calor.

O excesso de poluentes na atmosfera tem provocado sérios danos à saúde, como problemas respiratórios, alergias, lesões degenerativas no sistema nervoso ou em órgãos vitais e até câncer, sendo estudados seus efeitos na saúde pública em várias metrópoles. Nos grandes centros urbanos e industriais, são frequentes os dias em que a poluição atinge níveis críticos em função dos inúmeros poluentes gerados diariamente (FREITAS et al., 2004 apud. NASCIMENTO et al., 2016).

As ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais a radiação solar do que os materiais naturais em áreas rurais ou menos urbanizadas (GARTLAND, 2010). As ilhas de calor causam desconforto térmico e podem agravar alguns problemas de saúde, assim é necessário que se façam diagnósticos das mesmas para indicar possíveis medidas mitigadoras, com a finalidade de amenizar seus efeitos no ambiente urbano e conseqüentemente na qualidade de vida da população atingida (PORANGABA et. al., 2017)

A categoria Clima e Risco é um dos casos que remetem maior atenção no sistema Envision para aplicação na realidade brasileira, principalmente os créditos do subproduto resiliência. A

princípio, as análises feitas para as obras de infraestruturas brasileiras tenderão a baixas pontuações nesta categoria, pois algumas que são avaliadas pelo sistema não são conhecidas pelas equipes de projeto por não estarem presentes na realidade das obras do Brasil (SILVA JUNIOR e QUINTO JUNIOR, 2018).

8. CONCLUSÃO

Os estudos feitos evidenciam muitos pontos de melhoria, que se fossem devidamente estudados no planejamento das obras, evitariam o uso desnecessário dos recursos naturais, o gasto demasiado de energia e água, diminuiriam os poluentes lançados, melhorariam a qualidade de vida da população local e outros benefícios que aumentariam expressivamente o grau de sustentabilidade das obras, muita das vezes, com simples ações que poderiam ser melhor trabalhadas.

A utilização de métodos de certificação ambiental para avaliação do grau de sustentabilidade de obras evidencia a necessidade que se tem para um acompanhamento incisivo nas tomadas de decisões em busca de um melhor aproveitamento dos recursos naturais, menor impacto no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas que terão suas vidas modificadas na execução da obra e após o início operacional da mesma.

Grande parte dos métodos de certificação, como o LEED e AQUA, apresentam diagnósticos concentrados em obras residenciais e comerciais, sendo que os estudos de bairros são as maiores tipologias de projetos analisados. Métodos como o Envision, criado exclusivamente para análise de obras de infraestrutura, é uma relevante ferramenta que pode fazer com que o grau de sustentabilidade deste tipo de obra seja aumentado expressivamente.

As Estações de Tratamento de Esgoto estudadas se diferem bastante no aspecto social. Enquanto que no lado Sul se tem duas ETEs que abrangem a parte da cidade com menor vulnerabilidade econômica, no lado Norte há a estação Lagomar que atende setores de alto risco, isso consequentemente faz com que se atinja com mais intensidade a comunidade local desse lugar do que na área sul da cidade, atendidas pelas ETEs Centro e Mutum. Ações do governo municipal que poderiam ser feitas no período de obras da ETE para melhorar locais públicos dessa região iriam trazer grandes benefícios a população e ajudar na promoção da imagem positiva que a ETE irá trazer em um futuro próximo.

A falta de percepção da alta gestão quanto a políticas conflitantes, particularmente se tratando das ETEs Centro e Mutum que já estão concretizadas operacionalmente, é preocupante. Macaé é uma cidade que sua arrecadação é majoritariamente proveniente da indústria do petróleo. É dever da gestão

destas ETEs se preparar para todas as possibilidades que uma possível queda nas arrecadações poderia causar na continuidade dos investimentos nas estações de tratamento de esgoto do município.

Medidas simples como o reaproveitamento das águas pluviais poderiam minimizar o consumo de água potável e aumentar o grau de sustentabilidade das estações. É extremamente importante políticas para implementação deste tipo de projeto, que pode ser elaborado e executado sem impactar na operacionalidade das ETEs.

A falta de estudos para identificar os impactos da poluição luminosa, poluição sonora, redução da energia final incorporada, utilização sustentável de pesticidas e fertilizantes, redução de poluentes atmosféricos e gases efeito estufa, ilhas de calor e adaptação a curto e longo prazo é um fator muito preocupante. Estudos anteriores feitos de obras de infraestrutura em outros estados no Brasil indicam que há um problema cultural das equipes de projeto brasileiras em promover um estudo mais abrangente a estes temas, indicando que se tem no Brasil um problema nas equipes de engenharia que não tratam estas questões com a importância em que devem ser tratadas.

Por fim, se conclui que o Sistema de Certificação Ambiental Envision, apesar de possuir créditos que guiam há uma avaliação concisa do grau de sustentabilidade das obras de infraestrutura, não está adaptado à realidade climática, de execução e operação das obras brasileiras, principalmente nos créditos da categoria Clima e Risco, sendo necessária uma reformulação no seu método de avaliação que poderia impactar nas particularidades da conjectura criadas para atendimento as necessidades e normas do seu país de origem. Para o Brasil, é fundamental um método de avaliação que abranja as características de cada região, tão distintas entre si.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G. **Aspectos legais para a água de reuso**. Revista Vértices, vol. 13, n. 2, p 31-43, 2011, Campos dos Goytacazes-RJ.

ARAÚJO, A. N. S. M. **A relação entre as políticas setoriais de habitação, saneamento e mobilidade com uma política de desenvolvimento urbano**. Tese de doutorado da Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

ARRUDA, T. F. **Agrotóxicos e Sistema Penal**. Dissertação de mestrado da Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2008.

BERTHOLDO, L.; DE NADAE, J.; VALE, J. W. S. P.; CARVALHO, M. M. **A importância da gestão de stakeholders em obras públicas: um estudo de caso sobre a ciclo faixa da cidade de São**

Paulo. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema, Bauru, Ano 14, n. 3, jul-set/2018, p 23-55.

BRASIL – Diagnóstico Anual de Águas e Esgotos, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS. Ministério das Cidades.

Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>

BRASIL – Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.

CARVALHO, L. J.; LOUREIRO, C. F. B. Indústria do petróleo e ensino profissionalizante em Macaé/RJ: A reprodução da desigualdade social e da injustiça ambiental. Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, ISSN: 1988-7833, Enero 2016.

DA LUZ, L. A. R. A reutilização da água: mais uma chance para nós. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2005.

FALCO, G. P.; VELLASCO, M. M. B. R.; LAZO, J. G. L.; ALTAF, J. G.; TROCCOLI, I. R. Perspectivas para o gerenciamento sustentável dos recursos naturais: Uma análise dos conceitos da irreversibilidade da ação e da flexibilidade da mudança. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v. 5, n. 1, p. 39-59, jan/abr. 2012, Maringá-PR.

FERREIRA, M. I. P.; COSTA, R. N.; ALMEIDA, P. G. A.; CORDEIRO, M. A. V. A. F.; MAYERHOFER, U. H. A sociedade do hidrocarboneto: O ônus do aquecimento econômico gerado pela cadeia produtiva do petróleo e gás em Macaé-RJ. Impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: o caso de Macaé. Cap. 2-3, p 169-184, 2011, Macaé-RJ.

FREITAS, C.; BREMMER, S. A.; GOUVEIA, N. Hospital admissions and mortality: association with air pollution in São Paulo, Brazil, 1993 to 1997. Revista Saúde Pública, 2004, vol. 38, n. 6 p 751-757.

GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Silvia Helen Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GIANNETTI, B. F. et al. Inventário de ciclo de vida da manufatura de seringas odontológicas. Produção, v. 18, n. 1, p. 155-169, 2008.

GODOY, L. P.; SCHMIDT, A. S.; NETO, A. C.; CAMFIELD, A. E. R.; SANT'ANNA, L. C. C. Avaliação do Grau de Contribuição das Normas de Garantia da Qualidade ISO-9000 no Desempenho de Empresas Certificadas. Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 41-58, 2009.

HERCULANO, S. **Repensando o desenvolvimento local: Impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas em Macaé (RJ)**. I Seminário Nacional de Pós-Graduação em Ciências Sociais. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Vitória, 31/05/2011 a 03/06/2011.

JORDÃO, E. P., CONSTANTINO, A. P. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6° ed., Editora ABES, 2011. 969p.

MADEIRA FILHO, W.; RORIZ, J. E.; SILVEIRA, A. C. **Poluição cívica - criminalização do bairro Lagomar no município de Macaé e ajustamentos de conduta**. In HERCULANO, S. (Org.). Impactos Sociais, Ambientais e Urbanos das Atividades Petrolíferas: o caso de Macaé (RJ). Niterói: Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Direito (PPGSD) da Universidade Federal Fluminense. 2011.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. Barueri-SP: Manole, 2003.

MARANHÃO, M. **ISO série 9000: manual de implementação**. 6. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 220 p.

METCALF; EDDY | AECOM. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5° ed., AMGH Editora, 2016. 1980p.

NASCIMENTO, E. M.; CARIBÉ, G. S. P.; ARAUJO, M. A. R.; PORTO, M. F. S. **Vigilância ambiental e poluição atmosférica: Análise do programa de monitoramento da qualidade do ar na região do polo industrial de Camaçari, Bahia**. Revista Baiana de Saúde Pública, vol. 29, n. 1, p 66-76, 2016, Salvador-BA

NAVARRO MARTINEZ, V. **Playgrounds: Importância educacional do espaço exterior**. Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (RIEJS), 2017, vol. 6, n. 1, p 231-241.

NEVES, P. D. M.; BELLINI, M. **Intoxicação por agrotóxicos na mesorregião norte central paranaense, Brasil**. Revista Ciência e Saúde Coletiva, vol. 18, n. 11, p 3147-3156, 2013, Rio de Janeiro-RJ.

NISHIYAMA, P. **Utilização de agrotóxicos em áreas de reforma agrária no estado do Paraná**. Tese de doutorado apresentada na Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. **Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 21, p. 225-247, jul/dez 2017, Curitiba-PR.

SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos. 3° ed., LTC Editora, 2013. 751p.

SILVA JUNIOR, I. C.; QUINTO JUNIOR, L. P. **Avaliação do método Envision para infraestruturas brasileiras: Estudo das Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio do Jari e Santo Antônio.** IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS, 2018, São Bernardo do Campo-SP. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso9.htm>

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L.; SILVA, A. N. R. **Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana.** Cadernos de Saúde Pública, vol. 32, n. 5, p 2201-2210, 2016.

VILLAS BOAS, M. A. S. **Reordenação do território e governança socioambiental: Os mosaicos de áreas protegidas no bioma Amazônia.** Revista ESMAT. Ano 8, n. 10, jan-jun/2016, p 11-32. Tocantins, 2016.

VIO, A. P. A. **Zona de Amortecimento e Corredores Ecológicos.** In: BENJAMIN, Antonio Herman (Coord.). Direito ambiental das áreas protegidas: o regime jurídico das unidades de conservação. Rio de Janeiro: Forense, 2001. p. 348-360.

VIVIANI, V. R.; ROCHA, M. Y.; HAGEN, O. **Fauna de besouros bioluminescentes (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae; Phengodidae, Elateridae) nos municípios de Campinas, Sorocaba-Votorantim e Rio Claro-Limeira (SP, Brasil): biodiversidade e influência da urbanização.** Revista Biota Neotropica, vol. 10, n. 2, p 103-116, 2010, Campinas-SP.

WILLERS, C. D.; RODRIGUES, L. B.; SILVA, C. A. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais.** Revista Produção, vol. 23, n. 2, p 436-447, 2013, Itapetinga-BA.

ZOFNASS - Program for Sustainable Infrastructure. **Envision V2 Guidance Manual.** Graduate School of Design, Harvard University. 2015.

Disponível em: <https://sustainableinfrastructure.org/portal/files/GuidanceManual.pdf>