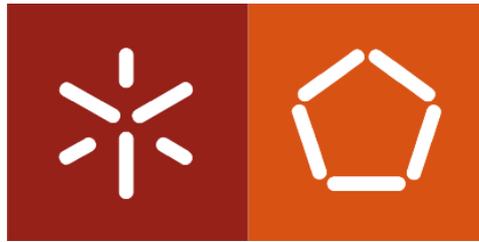


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Glaucivan Barroso da Cunha

**Análise da sustentabilidade de um projeto  
de linha de transmissão: o caso da linha  
500KV Tucuruí-Manaus**

**Outubro de 2016**



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Glaucivan Barroso da Cunha

**Análise da sustentabilidade de um projeto  
de linha de transmissão: o caso da linha  
500KV Tucuruí-Manaus**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Nomes das orientadoras:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Paula Varandas Ferreira  
e  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Madalena Araújo

**Outubro de 2016**

## DECLARAÇÃO

Nome: Glaucivan Barroso da Cunha

Endereço eletrônico: glaucivan.cunha@gmail.com Telefone: (92) 99368-8869

Número do Bilhete de Identidade: 870741

Título da dissertação: **Análise da sustentabilidade de um projeto de linha de transmissão: o caso da linha 500KV Tucuruí-Manaus** Orientador(es): Prof<sup>a</sup>. Dra. Paula Varandas Ferreira e Prof<sup>a</sup>. Dra. Madalena Araújo

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: \_\_\_\_\_

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura:



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sua infinita bondade, por me proporcionar condições de me tornar uma pessoa melhor e por me abrir tantas portas com novas possibilidades.

A minha esposa, por seu apoio nos momentos que mais precisei, de boa conduta, de coragem, de luta, de perseverança e de boa vontade em todas as fases do projeto.

A meus filhos, pelo amor, carinho, respeito e compreensão sobre a minha falta de atenção durante o curso de mestrado. Pela convivência e possibilidades de trocas, de ensino e aprendizagem sobre as coisas da vida.

Às minhas orientadoras, por confiarem e acreditarem em mim. Por suas orientações e ensinamentos, sua paciência, dedicação e compreensão.

A todos os professores (as), Mestres e Doutores da Universidade do Minho pelo apoio e conhecimento científico transmitido.

A todos aqueles que, embora não mencionados, de alguma forma contribuíram para realização deste projeto.



## **RESUMO**

A análise da necessidade futura de energia elétrica demandada pelos agentes econômicos, e pela sociedade em geral, constitui-se numa das atividades técnicas prioritárias do planejamento do setor elétrico brasileiro. A definição do traçado das linhas de transmissão é parte integrante deste planejamento no qual se deverão reconhecer os impactos associados à construção e operação destes projetos, procurando minimizar os aspectos negativos e mitigar os seus efeitos para a população e ambiente em geral.

A avaliação de sustentabilidade pode ser percebida como um problema multicritério, que deve incluir aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais. Deste modo, as técnicas multicritério têm vindo a ser aplicadas na avaliação de impactos de projetos complexos entre os quais se destacam os projetos de expansão do sistema elétrico ao nível da produção, transmissão e distribuição. Este trabalho centra-se no segmento das redes de transmissão de eletricidade pretendendo contribuir para apresentar uma metodologia de avaliação de impactos que integre diferentes indicadores que refletem critérios de natureza ambiental e socioeconómica.

A metodologia proposta foi aplicada na análise da sustentabilidade do projeto de linha de transmissão de 500KV Tucuruí-Manaus: Lote C, SE Oriximiná (Oriximiná/Pará) – SE Cariri (Manaus/Amazonas). O sistema elétrico amazonense é o único no Brasil totalmente não interligado, onde a grandeza da região parece multiplicar os desafios para torná-la parte do mundo moderno. Os centros urbanos, inclusive a capital, localizam-se nas áreas centrais, dificultando a logística do deslocamento de bens, serviços e pessoas. Estas características demonstram bem a importância da referida linha para a região e para as comunidades, mas põem também em evidência a importância de avaliar impactos e acautelar efeitos ambientais e sociais indesejáveis.

Da análise apresentada observa-se que a implantação deste lote produziu um impacto significativo durante a sua fase de construção. Os índices mais expressivos são da dimensão ambiental que resultam da supressão da vegetação, tanto nas fases de implementação como na de operação. Reconhecendo que os níveis de sustentabilidade obtidos devem ser interpretados em função das características da região, neste caso, tratando-se da floresta amazônica, a questão da vegetação torna-se especialmente relevante. Em relação ao índice socioeconómico este reflete uma expectativa otimista pela população pela chegada da energia elétrica às comunidades que poderá levar à criação de mais emprego e melhoria de infraestrutura nas suas cidades.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Sustentabilidade. Transmissão. Indicadores. Avaliação de impactos.



## **ABSTRACT**

The analysis of electricity needs for the future for different economic agents and society, represents a technical priority for the planning of the electricity sector in Brazil. The definition of the transmission layout is part of this planning requiring the identification of the impacts related to construction and operation of these projects, targeting its minimization and the mitigation of negative effects to the population and to the environment.

Sustainability evaluation can be understood as a multicriteria problem that should include technical, economic, environmental and social aspects. This way, multicriteria techniques have been applied for the evaluation of impacts of complex problems such as the expansion of the electric system including production, transmission and distribution. This work addresses the segment of transmission grids aiming to contribute to the proposal of a methodology for evaluation of impacts integrating indicators reflecting environmental and socio-economic criteria.

The proposed methodology was applied for the evaluation of sustainability of the project of transmission grid 500KV Tucuruí-Manaus: Lote C, SE Oriximiná (Oriximiná/Pará) – SE Cariri (Manaus/Amazonas). The electricity system in Amazonia is the only non-interconnected one in Brazil and the size of the region represents a major challenge for its modernization. Urban centres, including the capital, are located in central areas turning difficult the movement of people, services and good. These characteristics demonstrate the importance do the transmission line for the region e for the communities, but put also in evidence the importance of evaluating impacts and mitigate negative social and environmental effects.

From the analysis it can be observed that the implementation of this portion of the line (Lote C) led to a significant impact during the construction phase. The most important indexes come from the environmental dimension resulting from reduction of vegetation both during implementation and operation phases. Recognizing that sustainability levels should be analysed taking into account the region, being this the case of Amazonia forest the question of vegetation turns to be particularly important. As for the socio-economic index, this reflects an optimistic expectative of the population towards the arrival of electricity to communities that can lead to the creation of more jobs and improvement of cities infrastructures.

## **KEYWORDS**

Sustainability. Transmission. Indicators. Impact evaluation.



# INDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Estrutura .....	3
<b>2.SUSTENTABILIDADE EM LINHAS DE TRANSMISSÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>3.SISTEMA ELÉTRICO DE MANAUS</b> .....	<b>9</b>
3.1 Caracterização da produção, consumo e transmissão de eletricidade .....	9
3.2 Interligação Tucuruí – Manaus .....	15
3.3 Aspectos técnicos da interligação Tucuruí – Manaus .....	24
<b>4.AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO BRASIL</b> .....	<b>29</b>
4.1 Critérios fundamentais no Brasi .....	29
4.2 Métodos de avaliação de sustentabilidade no Brasi .....	34
4.2.1 Indicadores considerados na metodologia da EPE na avaliação da sustentabilidade de LT .....	40
<b>5.SUSTENTABILIDADE DA LINHA DE TRANSMISSÃO TUCURUÍ-MANAUS – LOTE ORIXIMINÁ A CARIRI</b> .....	<b>45</b>
5.1 Seleção de critérios e métodos .....	45
5.2 Implementação da metodologia proposta.....	46
5.2.1 Dimensão Ambiental .....	46
5.2.2 Dimensão Socioeconômica .....	55
5.3 Índice global de sustentabilidade da LT 500KV Tucuruí – Manaus: Oriximiná - Cariri .....	70
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>75</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Estrutura da classe de consumo 2012 – Capital.....	14
Figura 3.2: Mapa Eletrogeográfico considerando o corredor das linhas de transmissão e os Lotes A, B e C:.....	17
Figura 3.3: Consumo específico de UTE's a diesel .....	20
Figura 3.4: Custo(R\$) de geração de energia elétrica .....	20
Figura 3.5: Custo médio de tarifa residência.....	23
Figura 3.6: Traçado preliminar LT 500 KV .....	25
Figura 3.7: Traçado Básico LT 500 KV.....	25
Figura 3.8: Traçado Preferencial LT 500 KV .....	26
Figura 3.9: Margem esquerda do rio Amazonas .....	26
Figura 3.10: Supressão da vegetação na faixa de servidão .....	27
Figura 3.11: Área desmatada na reserva Adolpho Ducke .....	27
Figura 3.12: Torres de Transmissão .....	28
Figura 3.13: Comparativo da altura da torre usada na travessia do rio Amazonas .....	28
Figura 4.1a: Participação por Nível de Tensão em % .....	29
Figura 4.1b: Distribuição especial das linhas de transmissão no Brasil.....	29
Figura 4.2: Área ocupada pela extensão de LT, por bioma e ocupação do solo (%).....	31
Figura 4.3: Interferência de novas LT em áreas de interesse socioambiental - Km <sup>2</sup> .....	32
Figura 4.4: Nível de sustentabilidade dos estados federativos do Brasil .....	36
Figura 4.5: Índice de Sustentabilidade .....	38
Figura 5.1: Faixa de servidão da LT 500 Kv próximo a rodovia AM-010 .....	46
Figura 5.2: Unidades de Conservação em Nhamundá .....	47
Figura 5.3: Supressão da vegetação na faixa de servidão .....	50
Figura 5.4: Floresta Ombrófila Densa.....	51
Figura 5.5: Floresta Densa Fluvial .....	51
Figura 5.6: Formações pioneiras .....	52
Figura 5.7: Etnia Mura .....	57
Figura 5.8: Comunidade Cabeceira Castanhal, em Oriximiná.....	59
Figura 5.9: Comunidade Gato (casa ACS Gilmara), em Oriximiná .....	59
Figura 5.10: Comunidade Quilombola.....	59
Figura 5.11: Cidade de Oriximiná.....	61
Figura 5.12: Cidade de Terra Santa.....	62
Figura 5.13: Cidade de Faro.....	62

Figura 5.14: Cidade de Nhamundá.....	63
Figura 5.15: Cidade de Parintins.....	63
Figura 5.16: Cidade de Urucará .....	64
Figura 5.17: Cidade de São Sebastião do Uatumã.....	64
Figura 5.18: Cidade de Itapiranga.....	65
Figura 5.19: Cidade de Silves.....	65
Figura 5.20: Cidade de Itacoatiara.....	66
Figura 5.21: Cidade de Rio Preto da Eva.....	66
Figura 5.22: Cidade de Manaus.....	67
Figura 5.23: Percentual da M.D.O utilizada na obra da LT 500KV Oriximiná – Cariri.....	69
Figura 5.24: Canteiros principais da LT 500kv Oriximiná – Cariri, M.D.O (%).....	69

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1: Infraestrutura do sistema elétrico de Manaus.....	11
Tabela 3.2: Carga própria de demanda de energia sistema Manaus em KWh.....	11
Tabela 3.3: Produtores Independentes de Energia .....	12
Tabela 3.4: Grupo Geradores .....	12
Tabela 3.5: Estimativa de Energia e Demanda .....	13
Tabela 3.6: Energia Consumida .....	14
Tabela 3.7: Parque Térmico de Manaus.....	15
Tabela 3.8: Detalhes dos Empreendimentos e Concessionárias Responsáveis.....	16
Tabela 3.9: Mercado utilizado nas quotas (MWh).....	20
Tabela 3.10: Sistema Gerador de Manaus e Silves/AM.....	21
Tabela 3.11: Estimativa das emissões passíveis de serem geradas a partir da futura LT .....	24
Tabela 4.1: Extensão das Linhas de Transmissão do SIN em km .....	30
Tabela 4.2: Área ocupada pela expansão da LT – Faixa de Servidão Km <sup>2</sup> .....	31
Tabela 4.3: Interferência de novas LT em área de interesse socioambiental - Km <sup>2</sup> .....	32
Tabela 4.4: Classificação e representação dos índices em níveis de sustentabilidade.....	36
Tabela 4.5: Representação percentual dos níveis de sustentabilidade por dimensão para os estados brasileiros .....	36
Tabela 4.6: Representação percentual dos níveis de sustentabilidade final para os estados do Brasil .....	36
Tabela 4.7: Dimensão Ambiental e Socioeconômico .....	38
Tabela 4.8: Classificação dos indicadores de sustentabilidade .....	39
Tabela 4.9: Classes do indicador extensão de corredor .....	40
Tabela 4.10: Classes do indicador presença e/ou proximidade de UC .....	41
Tabela 4.11: Classes do indicador presença e/ou proximidade de APCB .....	41
Tabela 4.12: Classes do indicador presença de formações florestais % de área do corredor correspondente a áreas de formações florestais .....	42
Tabela 4.13: Classes do indicador presença de vegetação secundária ( % ) de área do corredor correspondente a áreas de vegetação secundária.....	42
Tabela 4.14: Classes do indicador presença de áreas de savana e/ou estepe ( % ) de área do corredor correspondente a áreas de savana e/ou estepe .....	42
Tabela 4.15: Classes do indicador presença de áreas de agropecuária e silvicultura % de área do corredor correspondente a áreas agropecuária e/ou silvicultura .....	43
Tabela 4.16: Classes do indicador presença e/ou proximidade de TI.....	43

Tabela 4.17: Classes do indicador presença de assentamentos do INCRA .....	44
Tabela 4.18: Classes do indicador presença de áreas urbanas (%) de área do corredor correspondente a áreas urbanas .....	44
Tabela 4.19: Classes do indicador dos números de empregos gerados.....	44
Tabela 5.1: Unidades de Conservação nos Municípios por categoria.....	48
Tabela 5.2: Área de biodiversidade .....	49
Tabela 5.3: Indicador presença e/ou proximidade de APCB .....	50
Tabela 5.4: Presença de (%) áreas de formações florestais no corredor .....	52
Tabela 5.5: Formação florestais .....	52
Tabela 5.6: Presença de (%) área de vegetação secundária no corredor .....	53
Tabela 5.7: Classes do indicador presença de vegetação secundária (%) de área do corredor correspondente a áreas de vegetação secundária.....	53
Tabela 5.8: Área do corredor da linha de transmissão .....	54
Tabela 5.9: Classes do indicador presença de áreas de savana e/ou estepe (%) de área do corredor correspondente a áreas de savana e/ou estepe .....	54
Tabela 5.10: Dimensão Ambiental.....	55
Tabela 5.11: Impacto econômico.....	56
Tabela 5.12: Classes do indicador presença de áreas de agropecuária e silvicultura % de área do corredor correspondente a áreas agropecuária e ou silvicultura .....	56
Tabela 5.13: Localização e a quantidade populacional indígena .....	57
Tabela 5.14: Classes do indicador presença e/ou proximidade de TI .....	58
Tabela 5.15: Destaques as comunidades e suas respectivas distâncias .....	60
Tabela 5.16: Classes do indicador presença de assentamentos do INCRA .....	60
Tabela 5.17: Área Urbana.....	67
Tabela 5.18: Distribuição da M.D.O. nos canteiros independentes por um período de 22 meses.....	68
Tabela 5.19: Emprego gerado.....	69
Tabela 5.20: Dimensão Socioecômica.....	70
Tabela 5.21: Índice de sustentabilidade.....	71

# 1. INTRODUÇÃO

O tema da dissertação está relacionado com o conceito de sustentabilidade e a sua integração no setor de energia elétrica, principalmente na fase de transmissão de energia, isto é, na implantação e operação de uma Linha de Transmissão 500KV.

## 1.1 Enquadramento

A análise da necessidade futura de energia elétrica demandada pelos agentes econômicos, e pela sociedade em geral, constitui-se em uma das mais importantes atividades técnicas do planejamento do setor elétrico brasileiro. Justifica-se assim a realização desta pesquisa pelo fato do setor elétrico representar relevância econômica para o Brasil, da mesma forma, que é um setor que causa grande interferência e dependência do meio ambiente (Lins e Ouchi, 2007).

No caso dos impactos ecológicos, a situação é complexa, pois as linhas de transmissão de eletricidade podem ter impactos negativos e positivos. No entanto, a percepção de impactos negativos sobre o meio ambiente prevalece entre os moradores como é o caso da poluição visual (Kaltenborn e Bjerke, 2002). Os aspetos positivos foram associados à percepção de que as linhas de transmissão de eletricidade são necessárias na vida moderna com ganhos de natureza socioeconômica (Soini et al., 2011).

Analisar a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Abordagens participativas e formulação de políticas ao nível local podem facilitar também estas discussões, fornecendo uma abordagem valiosa para a compreensão da construção de percepções e dos possíveis conflitos a respeito de linhas de transmissão de eletricidade (Soini e Aakkula, 2007). No entanto, os estudos relativos à avaliação de sustentabilidade em projetos de linhas de alta tensão são ainda escassos e em particular no concerne ao caso do Brasil. Ter em consideração os desenvolvimentos esperados para os próximos anos. Torna-se assim pertinente abordar esta temática, analisando um projeto de grande extensão que se espera de grande impacto para o desenvolvimento econômico das populações em causa, mas também com impactos positivos ao nível dos custos globais do sistema elétrico Brasileiro.

O suprimento de energia elétrica de grande parte da região norte do Brasil é feita através de usinas termelétricas, ou seja, geração a óleo, compondo os sistemas isolados. As capitais que são abastecidas pelos sistemas isolados são: Rio Branco (AC), Manaus (AM), Macapá (AP), Porto Velho (RO) e o estado de Roraima (com exceção da capital Boa Vista e seus arredores). Destaca-se o sistema Manaus, que representa um percentual de 50% da carga atendida pelos sistemas elétricos isolados (Grupo Técnico Operacional da Região Norte -GTON, 2008). Além das dificuldades logísticas de abastecimento de combustível, existe um encargo setorial chamado Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC) (GTON, 2008), através do qual os consumidores de todo o País subsidiam os custos da geração termelétrica nas regiões isoladas do Sistema de Interligação Nacional (SIN). O custo estimado com a CCC para 2013 é de aproximadamente 4,8 bilhões de reais (Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL, 2012a).

No caso da Interligação Tucuruí-Manaus, esta será composta por sete linhas de transmissão em circuito duplo com uma extensão de 1826 km que conectarão oito subestações, das quais sete são totalmente novas. O investimento estimado será de aproximadamente R\$ 3 bilhões de reais (Doile e Nascimento, 2010). Prevê-se que a conclusão da obra do “linhão”, como é chamada a linha de transmissão, possibilitará ao Brasil uma economia de R\$ 2 bilhões por ano (Doile e Nascimento, 2010). Com isso, estima-se que o investimento na linha se pagará em pouco mais de um ano. O edital para a licitação foi publicado pela ANEEL (2008) em março de 2008. A SPE Manaus Transmissora de Energia S/A vai construir o trecho Oriximiná / Silves / Eng. Lechuga (lote C), em 500 kV, com extensão de 586 km, nos estados do Amazonas e Pará (Biodinâmica Rio, 2009). As empresas participantes são: Eletronorte, Chesf e a espanhola Abengoa. A empresa espanhola Isolux venceu os outros dois lotes, o lote “A” que liga Tucuruí a Jurupari, em 500 kV, e o lote “B” que liga Jurupari a Oriximiná, em 500 kV e Jurupari a Macapá, em 230 kV. Esses trechos têm conclusão prevista para junho de 2012 e dezembro de 2013, respectivamente. Cerca de 4 mil operários trabalharão na execução da linha. Essas empresas são as responsáveis pela construção e, depois, pela operação e manutenção das instalações por um período de 30 anos, contados da data de assinatura dos contratos de concessão.

A entrada em operação da Linha de Transmissão 500KV Tucuruí-Manaus ocorreu em 09/07/13<sup>1</sup>. Espera-se que o empreendimento proporcione diversos benefícios às regiões afetadas nomeadamente a criação de um grande número de empregos que permanecerão durante a fase inicial da construção da linha de transmissão até o prazo de concessão; a redução dos custos da CCC; o fim do uso de combustíveis fósseis na geração de eletricidade, resultando numa redução de cerca de 3 (três) milhões de toneladas de carbono emitidas para a atmosfera; e o fornecimento predominante de energia elétrica limpa e renovável. Importa assim analisar os impactos positivos e negativos deste projeto, demonstrando a sua sustentabilidade de acordo com indicadores econômicos, ambientais e sociais.

Tendo em consideração a situação atual do projeto da linha de transmissão Tucuruí-Amapa-Manaus, pretende-se assim realizar uma investigação suportada na seleção prévia de um conjunto de métodos, critérios e indicadores que permitam verificar a sustentabilidade do referido projeto. A metodologia proposta será aplicada a este projeto, mas espera-se que seja replicável em investimentos na área da transmissão de eletricidade, representando assim um importante contributo para investidores e decisores públicos.

## **1.2 Objetivos**

Nesta seção, serão mostrados os objetivos:

A presente dissertação tem como objetivo geral analisar a sustentabilidade do projeto da linha de transmissão Tucuruí-Manaus em relação aos fatores econômicos, ambientais e sociais.

Deste modo, foram definidos os seguintes objetivos específicos de investigação:

- Investigar e caracterizar o projeto da linha de transmissão Tucuruí-Manaus;

---

<sup>1</sup> Publicado em 11.08.2013. <http://hojeemdia.com.br/primeiro-plano/economia/transmiss%C3%A3o-de-energia-da-linha-tucuru%C3%AD-macap%C3%A1-manaus-continua-isolada-no-norte-1.185061>. Acesso: 19/06/2016.

- Investigar e selecionar um conjunto de critérios e indicadores de natureza social, ambiental e econômica para avaliação de projetos de linhas de transmissão;

- Avaliar o projeto da Linha de Transmissão 500KV Tucuruí-Manaus de acordo com os critérios selecionados.

### **1.3 Estrutura**

Esta dissertação está organizada em 4 capítulos, que vão ser descritos nos parágrafos a seguir.

No capítulo 1 são descritos a contextualização do trabalho, o objetivo e a sua estrutura.

No capítulo 2 é apresentado uma descrição dos critérios e métodos de avaliação abordados na literatura científica para analisar um linha de transmissão.

O capítulo 3 aborda o sistema elétrico da cidade de Manaus e as regiões metropolitanas, em relação a sua produção, seu consumo e sua transmissão de energia, principalmente, a interligação da Linha de Transmissão 500KV Tucuruí – Manaus.

No capítulo 4 são apresentados os critérios e métodos selecionados para analisar a sustentabilidade da Linha de Transmissão 500KV Oriximiná – Manaus.

No capítulo 5 são apresentados os pontos positivos e negativos em relação a implantação e a operação da Linha de Transmissão 500KV Oriximiná – Manaus e a propostas de continuidade. É, assim aplicado o modelo desenvolvido resultando na apresentação de um índice global de sustentabilidade para o projeto.

No capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões do trabalho e direções para investigação futura.

## 2. SUSTENTABILIDADE EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

A Empresa de Pesquisa Energética- EPE vinculada ao Ministério de Minas e Energia do Brasil, trabalha na modelagem, simulação e avaliação do sistema de energia do ponto de vista das redes de transmissão. Neste contexto, o departamento analisa o impacto e as oportunidades e desafios da mudança para uma estrutura sustentável de geração de energia resultantes. A tendência requer uma modelagem sistêmica das interdependências entre os produtores, os consumidores e as redes de transmissão com o impacto associado sobre a estabilidade do sistema. O departamento está organizado em várias equipes para atribuições específicas (EPE, 2010a).

As análises são baseadas em um núcleo de métodos e modelos de autodesenvolvimento, por exemplo, com métodos de otimização matemática, e são complementados por soluções comerciais quando necessário. A utilização de computadores de alto desempenho permite a aplicação dos modelos no contexto de análises cenário. Os resultados são holisticamente avaliados com base em aspectos econômicos, técnicos e ecológicos (EPE, 2010a). É dada atenção especial a estudos de estabilidade do sistema – há uma equipe responsável pela investigação de estados críticos causados por casos de uso de rede ainda desconhecidos no que respeita à estabilidade do sistema sob a influência das novas tecnologias.

O sistema de fornecimento de energia existente é limitado em sua capacidade de atender às necessidades de mudança de uma fonte de energia renovável moderna no Brasil (EPE, 2010a). A análise de rede e sistema de energia tem como objetivo investigar e definir a necessária reestruturação de todo o sistema de abastecimento da rede elétrica para um sistema de energia flexível e eficiente com uma elevada percentagem de energia renovável. Para atingir um objetivo idêntico, sistemas equivalentes de abastecimento, por exemplo, na Europa (Alemanha domina 31% da energia solar no mercado global e 44% da energia solar na comunidade europeia), Estados Unidos (estima-se um aumento em cerca de 30% sua produção da energia solar em 2016) e Japão (já responde por 7% de energia fotovoltaica no mundo) são modelados usando uma variedade de métodos holísticos e as avaliações são realizadas com esses modelos (Solar Volt, 2014) .

A pesquisa de uma modelagem do sistema e avaliação centra-se na concepção de sistemas futuros de energia tendo em conta requisitos técnicos, econômicos e ambientais. A sustentabilidade é percebida como um problema de otimização multicritérios, que deve incluir critérios de avaliação técnicos, econômicos, e ambientais. Muito esforço é direcionado também pela EPE para apoiar a continuação do desenvolvimento de uma metodologia para a análise de eco-eficiência técnica. Um dos principais objetivos é garantir a continuidade da expansão das energias renováveis, incluindo carga e flexibilidade do lado da geração no sistema de energia usando tecnologias como dispositivos de armazenamento ou gestão da procura de gás. Além disso, estão a ser desenvolvidos métodos para uma avaliação holística do sistema de energia ou tecnologias individuais. Possíveis projetos do quadro regulamentar, por exemplo, para o desenvolvimento de mercados ou regulamentos futuros de energia, são analisados e avaliados por meio de modelos de simulação mais sofisticados (EPE, 2010a).

A transmissão de energia elétrica é um processo muito importante no fornecimento de eletricidade aos consumidores. O comércio internacional de eletricidade está relacionado com

a transmissão de energia elétrica entre os países, por exemplo, importações de eletricidade por parte de países da União Europeia- UE, proveniente de países que fazem fronteira com as regiões da UE. Hoje, com a liberalização da eletricidade de mercados na Europa, operadores de transporte e os seus reguladores enfrentam um enorme desafio para atender tanto o pedido de uma grelha de alto desempenho tão bom como o existente, bem como responder satisfatoriamente à preocupação da opinião pública sobre os encargos ambientais locais e às preocupações ambientais relacionadas com as perdas de eletricidade.

Além disso, a ideia de gerar eletricidade em regiões com abundantes fontes de energia renováveis (por exemplo, em larga escala concentrados em aplicações de energia solar áreas de radiação solar muito alta) e, em seguida, transmitir (a distâncias muito longas) através de linhas de Muita Alta Tensão (MAT) para consumidores finais distantes, ganha adeptos recentemente (especialmente em um novo regime climático). Portanto, a necessidade de identificar os encargos de transmissão de energia elétrica e os impactos associados emergentes.

Apesar de grandes projetos de infraestrutura para o desenvolvimento de interligações estarem em várias fases, os encargos de transmissão associados ainda não estão totalmente incorporados na respectiva análise socioeconômica (Oliveira e Zaú, 1998).

A análise da Linhas de Transmissão (LT's) de 500 kV neste trabalho, deve-se ao fato de serem linhas mais extensas, abrangendo grandes porções de terras com distintas características e que apresentam impactos significantes devido a maior faixa de servidão, estruturas metálicas de maior porte, mais escavações para as fundações das estruturas, maior quantidade de terra para o lançamento dos cabos de eletricidade e aberturas de estradas de acesso (Tobouti e Santos, 2014).

Conforme cartilha divulgada pela Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo, a Linha de Transmissão - LT é um empreendimento de grande porte que visa conectar uma fonte geradora numa ponta, por uma subestação elevadora, até um centro consumidor na outra ponta, por uma subestação abaixadora. Ela deve ter tensão acima de 138 kV e, para tensões menores, define-se como Linha de Distribuição (BRASIL, 2015). Uma LT dista grandes quilômetros de extensões de terra, cruzando fronteiras em mais de um estado brasileiro - fato causado pela geração hídrica que é a mais barata devido à abundância de recursos hídricos no Brasil. Porém, nem sempre a localidade com viabilidade de geração elétrica fica perto dos grandes centros consumidores. Como consequência, as LT podem apresentar grandes extensões. Tem-se no Brasil, a construção da maior LT do mundo. A Hidrelétrica do Rio Madeira, por exemplo, uma das duas linhas de transmissão já está em funcionamento, enquanto a outra está na fase de testes. As duas linhas ligam Porto Velho (Rodônia) a Araraquara (São Paulo), com 2.375 km de extensão cada, usando corrente contínua para transmissões de longas distâncias (Tobouti e Santos, 2014).

A maior quantidade de impactos em linhas de transmissão está relacionada com a fase de implantação do empreendimento. Os impactos considerados de grande amplitude são a fragmentação da vegetação nativa e a dinamização da economia a ser alimentada pela LT. Outros impactos possuem medidas mitigatórias ou mesmo de neutralização e sua significância não supera o desenvolvimento econômico regional e a melhoria na qualidade e vida. Por exemplo: crescimento demográfico desordenado e falta de saneamento básico nas cidades por onde passa a linha de Transmissão. Desta forma, por todos os motivos explicados, de acordo

com Oliveira e Zaú (1998) considera-se que as LT são empreendimentos viáveis do ponto de vista ambiental desde que devidamente planejados, com todas as licenças ambientais necessárias e com programa ambiental acompanhado de programas sociais.

A construção de Linhas de Transmissão pode ocasionar diversos impactos nos locais onde são instaladas: dentre estes impactos, os principais são os devidos ao campo elétrico uma vez que a energização da linha produz um campo elétrico nas imediações da faixa de servidão, e seu principal efeito está ligado à indução de cargas elétricas sobre pessoas ou objetos situados nesta área e os impactos sobre os ecossistemas, sobretudo, nos solos com o desmatamento necessário à abertura de praças, servidões, estradas de acesso, e os movimentos de terra relativos às fundações e às próprias estradas de acesso, além da circulação de equipamentos pesados. Os efeitos advindos são fundamentalmente aqueles ligados aos processos erosivos (Oliveira e Zaú, 1998).



### 3. SISTEMA ELÉTRICO DE MANAUS

Este capítulo é dedicado a contextualizar a matriz energética da cidade de Manaus e suas regiões metropolitanas em relação ao consumo, a distribuição de energia e seus benefícios à população. Analisa-se em particular a ligação elétrica do Estado ao Sistema Interligado Nacional – SIN pelo projeto de interligação Tucuruí – Macapá - Manaus.

#### 3.1 Caracterização da produção, consumo e transmissão de eletricidade

O estado do Amazonas, a despeito de contar com grande potencial hídrico, sempre teve dificuldade na oferta de energia elétrica, apesar do permanente aporte de investimentos governamentais. A longa distância dos grandes centros consumidores tem contribuído para a situação, forçando a exploração da geração própria isolada, suprido em quase 90% por geração térmica na capital de Manaus e 10% por geração hidráulica. Em consequência, o planejamento de energia elétrica deve estar embasado no leque de informações e indicadores históricos e sazonais, dentro dos vários contextos socioeconômicos, políticos, demográficos e ambientais, para que o resultado se identifique com a realização, evitando prejuízos imensuráveis à economia e à sociedade (Andrade, 2012).

O sistema elétrico amazonense é o único no país totalmente não interligado, onde a grandeza da região parece multiplicar os desafios para torná-la parte do mundo moderno. Os centros urbanos, inclusive a capital, localizam-se nas áreas centrais, dificultando a logística do deslocamento de bens, serviços e pessoas. Cheia de contrastes, a ação humana não conseguiu tirar da região a condição de maior densidade florestal do mundo, e suas bacias hidrográficas ainda representam as vias de transportes mais econômicas e servem na integração entre as localidades desprovidas de outros meios de interligação. Embora detenha grandes potencialidades naturais, o interior do Estado carece de empreendimentos econômicos capazes de aumentar a produção local, que garanta o incremento de um sistema sustentável a promover efetivamente renda e emprego (Andrade, 2012).

O Estado do Amazonas, que fica localizado na região norte do Brasil, tem seu mercado de energia elétrica atendido pela concessionária Eletrobrás Amazonas Energia. A concessionária é responsável pela geração, transmissão, distribuição e comercialização de toda a energia do Estado. A Eletrobrás Amazonas Energia divide o mercado de energia no Estado em dois sistemas de distribuição: o Sistema Manaus e o Sistema Interior (Andrade, 2012).

No planejamento do sistema elétrico foi considerada a interligação de Manaus ao Sistema de Interligação Nacional - SIN a partir de 09/07/2013<sup>2</sup>. Também foi considerada a previsão de geração térmica a gás natural ao longo de 2013, mesmo após a interligação ao SIN. Foi considerada a geração da Usina Hidrelétrica de Energia - UHE Balbina durante todo o ano de 2013 (GTON, 2013).

A Eletrobrás Amazonas Energia previu o atendimento a 99 sistemas isolados distribuídos no interior do Amazonas, com destaque para os sistemas: Anamã, Anori, Caapiranga e Codajás

---

<sup>2</sup> Publicado em 11.08.2013. <http://hojeemdia.com.br/primeiro-plano/economia/transmiss%C3%A3o-de-energia-da-linha-tucuru%C3%AD-macap%C3%A1-manaus-continua-isolada-no-norte-1.185061>. Acesso: 19/06/2016.

que são atendidas com geração a gás natural. No município de Itacoatiara, o atendimento é feito pela geração de fonte alternativa à biomassa do Produtor Independente de Energia - PIE BK, da geração autoprodutor Hermasa e da geração própria Eletrobrás Amazonas Distribuição. No município de Guajará, recebe da Eletrobrás Distribuição Acre, gerada na Usina Termoelétrica de Energia - UTE Cruzeiro do Sul, pertencente ao Produtor Independente de energia - PIE GUASCOR (GTON, 2015).

No interior do Amazonas a soma das cargas próprias de energia para os 99 sistemas isolados é 186,2 MW médio para uma demanda máxima de 305,6 MW para 2016. O sistema Manaus era o maior em relação aos outros sistemas isolados brasileiros, ou seja, representava 62% do total do mercado de energia elétrica desses sistemas. O Sistema Elétrico de Manaus consiste no complexo de geração de energia elétrica (Usinas Termoelétricas - UTEs, Produtores Independentes de Energia - PIEs e Usina Hidrelétrica de Energia - UHE), abrangendo a capital do Estado e os municípios de Iranduba, Manacapuru e Presidente Figueiredo (GTON, 2013).

A concessionária Eletrobrás Amazonas Energia sabendo que não teria infraestrutura suficiente para atender sua matriz energética, resolveu o problema através de contratos com produtores independentes de energia e alugueis de empresas geradoras de energia elétrica. De fato, para realizar o atendimento ao sistema elétrico de Manaus, bem como às cidades de Iranduba, Manacapuru e Presidente Figueiredo, a Eletrobrás Amazonas Energia dispõe de geração hidráulica e térmica próprias, geração contratada dos Produtores Independentes de Energia – PIE: Breitener Tambaqui, Breitener Jaraqui, Manauara, Gera e Amazonas Energia, bem como geração de aluguel contratada de diversas empresas nas Usinas Termoelétricas de Energia – UTE: Cidade Nova, Flores São José, Mauá Bloco V, VI e VII, Distrito (Eletron Expansão) e no município de Iranduba (GTON, 2013).

Na Tabela 3.1, apresenta-se a Potência Instalada (PI), a Potência Efetiva (PE), ou seja, potência disponível ao sistema e a Potência Gerada (PG) em 2013 no sistema elétrico de Manaus.

O parque gerador próprio do Sistema Manaus é composto por matrizes de Usinas Térmicas e hidráulica, localizada no rio Uatumã, da Eletrobrás Amazonas Energia (EAE), geração contratada dos Produtores Independentes de Energia: Breitener (B), Manauara (M), Rio Amazonas Energia (RAE) e GERA (G) e geração de energia de aluguel contratada (AC) de diversas empresas nas unidades térmicas de energia (UTE), tais como: Cidade Nova, São José, Flores, Mauá bloco V, VI e VII, distrito (Electron Expansão) e no município de Iranduba (GTON, 2013).

Tabela 3.1- Infraestrutura do sistema elétrico de Manaus (Fonte: GTON, 2013)

USINA	TIPO	P.I. (MWh)	P.E. (MWh)	P.G. (MWh)
BALBINA (E.A.E)	HIDRÁULICA	250,000	250,000	116,831
APARECIDA B.I (E.A.E)	TÉRMICA	56,000	56,000	2,209
APARECIDA B.I (E.A.E)	TÉRMICA GN	64,000	64,000	58,667
APARECIDA B.II (E.A.E)	TÉRMICA GN	80,000	80,000	73,333
NOVA CIDADE (AC)	TÉRMICA DIESEL	22,800	20,000	14,178
CRISTIANO ROCHA (RAE)	TÉRMICA GN	83,500	65,000	65,000
ELECTRON (EAE)	TÉRMICA	108,000	0,000	0,000
ELECTRON EXPANSÃO (AC)	TÉRMICA DIESEL	43,240	40,000	12,963
FLORES (AC)	TÉRMICA DIESEL	94,560	80,000	40,137
IRANDUBA (AC)	TÉRMICA DIESEL	54,720	50,000	7,887
JARAQUI (B)	TÉRMICA GN	81,169	0,000	0,000
JARAQUI (B)	TÉRMICA	75,477	60,000	60,000
MANAUARA (M)	TÉRMICA GN	85,380	60,000	60,000
MAUA B I (EAE)	TÉRMICA	132,000	130,000	60,741
MAUA B II (EAE)	TÉRMICA	40,000	40,000	0,000
MAUA B III (EAE)	TÉRMICA GN	110,000	110,000	91,803
MAUA B IV (EAE)	TÉRMICA	157,500	157,500	124,718
MAUA B V (AC)	TÉRMICA DIESEL	77,600	77,600	8,939
MAUA B VI (AC)	TÉRMICA DIESEL	153,450	153,450	8,350
MAUA B VII (AC)	TÉRMICA DIESEL	36,800	36,800	15,929
PONTA NEGRA (G)	TÉRMICA GN	85,380	60,000	60,000
SÃO JOSÉ (EAE)	TÉRMICA DIESEL	60,940	60,000	8,899
TAMBAQUI (B)	TÉRMICA	62,741	0,000	0,000
TAMBAQUI (B)	TÉRMICA GN	17,560	0,000	15,000
TAMBAQUI (B)	TÉRMICA GN	75,477	60,000	45,000
<b>TOTAL</b>		<b>2.108,30</b>	<b>1.662,90</b>	<b>950,600</b>

Na Tabela 3.2 são apresentados os valores mensais de carga própria de energia elétrica no sistema de Manaus.

Tabela 3.2 – Carga própria de energia sistema Manaus em MWh. (Fonte: GTON, 2013)

Mês	Mercado Próprio de Manaus	Suprimento às Cidades Vizinhas <sup>(1)</sup>	Total	(MW médio)
Jan	622.893	21.943	644.836	866,7
Fev	572.473	20.446	592.919	882,3
Mar	649.634	23.538	673.172	904,8
Abr	630.889	22.161	653.050	907,0
Mai	667.919	22.440	690.359	927,9
Jun	661.070	23.837	684.907	951,3
Jul	703.991	23.859	727.850	978,3
Ago	748.973	23.551	772.524	1.038,3
Set	734.817	26.445	761.262	1.057,3
Out	752.834	24.587	777.421	1.044,9
Nov	722.515	23.124	745.639	1.035,6
Dez	689.481	23.693	713.174	958,6
<b>Total</b>	<b>8.157.489</b>	<b>279.627</b>	<b>8.437.116</b>	<b>946,4</b>

Nota: <sup>(1)</sup> Iranduba, Manacapuru e Presidente Figueiredo. Puraquequara incluída no mercado próprio de Manaus.

O Grupo Técnico Operacional da Região Norte – GTON projetou para o ano de 2014 para o sistema Manaus uma potência efetiva de 1663 MW, no qual a usina hidrelétrica de Balbina contou com uma potência efetiva de 250MW e as demais geradoras térmicas próprias da Eletrobrás Amazonas Energia, geradoras alugadas e os Produtores Independentes de Energia com o restante da potência efetiva, ou seja, 1413 MW. Essa parcela de 1413 MW de potência efetiva térmica ficou dividida da seguinte forma: 384 MW das unidades geradoras a óleo, próprias da Eletrobrás Amazonas Energia, 470 MWh das unidades a óleo com contrato de aluguel, 254 MW das unidades próprias convertidas para gás natural (Aparecida, bloco I, UG 7 e 8; Aparecida bloco II e Mauá. Bloco III) e 305 MW contratados junto aos Produtores Independentes de Energia, em fase final de conversão para gás natural (GTON, 2013).

Os contratos com 5 Produtores Independentes de Energia foram firmados em 2005 com vigência de 20 anos. A Tabela 3.3 mostra a eficiência desses Produtores Independentes de Energia no exercício de 2010 (P.C. – Potência contratada, P.G. – Potência Garantida, % - é a porcentagem da potência garantida pela razão da potência contratada e Q.E.C – é a quantidade de energia contratada) (Andrade, 2012).

Tabela 3.3 – Produtores Independentes de Energia (Fonte: GTON, 2013)

Produtor independente	P. C. MWh	P. G. MWh	%.	Q. E. C. MW ano
Geradora de Energia Amazonas S/A	60	60	100	527.040
Companhia Energética Manauara	60	60	100	527.040
Rio Amazonas energia S/A	65	64	99	562.176
Breitener Tambaqui S/A	60	55	92	483.120
Breitener Jaraqui S/A	60	60	100	527.040

A Eletrobrás Amazonas Energia possui contratos de locação de grupos geradores, conforme ilustrado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Grupo Geradores (Fonte: Andrade, 2012)

Localização	Locadora	P. C. (MWh)
UTE Flores	Aggreko energia locação de geradores Ltda	40
UTE Flores	Powertech comercial Ltda	20
UTE Flores	Oliveira energia geração e serviço Ltda	20
UTE Cidade nova	Genrent do Brasil Ltda	20
UTE São Jose	Oliveira energia geração e serviço Ltda	30
UTE São Jose	Powertech comercial Ltda	30
UTE Maua	Powertech comercial Ltda	30
UTE Maua	Genrent do Brasil Ltda	140
UTE Iranduba	EBrasil Norte geração de energia Ltda	50

O Estado do Amazonas, com população de 3,54 milhões de habitantes, tendo a capital aproximadamente 1,9 milhões de habitantes, com uma participação no PIB nacional de 1,6%, recebeu do governo federal, através do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC 2, um

aporte de R\$ 15,32 bilhões em investimentos, sendo R\$ 11,57 bilhões entre os anos de 2011 a 2014 e R\$ 3,75 bilhões após esse período (Amazonas Distribuidora de Energia S/A 2011).

A perspectiva do mercado de energia elétrica para a área de concessão da Amazonas Energia é bastante promissora, face aos acontecimentos nos nichos de crescimento da região, seja por compromissos assumidos pelo governo de melhoramento em diversas áreas de atividades, tais como o aparelhamento da cidade e áreas limítrofes para acolher o espetáculo da Copa do Mundo em 2014, com obras de estádios na Região Metropolitana, infraestrutura urbana e viária, transporte fluvial e aeroportuário (ampliação do Aeroporto “Eduardo Gomes”, incluso), além das grandes obras civis imobiliárias, com inúmeras torres comerciais e residenciais, inclusive milhares de casas populares para famílias de baixa renda (Amazonas Distribuidora de Energia S/A, 2011).

O mercado de Manaus terá um novo Shopping Center de luxo na área da Ponta Negra, com 170 lojas, um complexo de sete torres residenciais para o público com renda acima de R\$ 6 mil/mês. Isso indica o potencial e pujança do mercado regional, que a despeito de encontrar-se longe dos grandes centros do Sudeste e Sul, consegue criar o seu próprio *pool* de oportunidades empresariais, capitaneado pela indústria e com a credibilidade da Zona Franca de Manaus (PIM) (Amazonas Distribuidora de Energia S/A, 2011).

Em 2012, a estimativa de energia elétrica para o sistema Manaus foi da ordem de 9.523 GWh a.a., enquanto a demanda de 1560 MW a.a.. A estimativa de Energia e demanda para o período 2012/2021 (Tabela 3.5) baseia-se nas perspectivas socioeconômicas e apresentam um acréscimo médio anual de 6,5% para energia requerida e de 6,1% para a demanda (Amazonas Distribuidora de Energia S/A, 2011). A interligação do Estado ao Sistema Interligado Nacional - SIN tende a resolver o problema da oferta de energia nos próximos anos, contribuindo para o crescimento econômico da região.

Tabela 3.5: Estimativa de Energia e Demanda no sistema Manaus (Fonte: Amazonas Distribuidora de Energia S/A, 2011)

Requisitos	Energia (GWh) Demanda (GW)										Crescimento Médio Anual (%)
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Energia	9.523	9.884	10.408	11.048	11.685	12.292	12.931	13.585	14.248	14.857	6,5
Demanda	1.560	1.657	1.752	1.840	1.928	2.019	2.126	2.240	2.353	2.468	6,1

Foram atendidos na capital um total de 464.215 consumidores ativos pelo sistema elétrico isolado de Manaus no ano de 2012, contando entre eles temos: as indústrias do Polo Industrial de Manaus (PIM), como mostra a Tabela 3.6, representando um acréscimo de 1,4% de consumidores em relação ao ano de 2011. A energia consumida cresceu 10%, destacando um aumento no consumo das classes residencial e comercial, respectivamente, 12,6% e 17,2% (Eletrobrás Amazonas Energia, 2012).

Tabela 3.6: Energia Consumida na capital Manaus (Fonte: Amazonas Distribuidora de Energia S/A , 2011)

Classes de Consumo	Fornecimento de Energia Elétrica - Capital			
	Nº de Consumidores		Consumo (Gwh)	
	2012	2011	2012	2011
Residencial	415.084	409.043	1.088,11	968,39
Industrial	2.076	2.077	1.751,23	1.715,03
Comercial	43.384	43.269	1.028,73	877,36
Outras (1)	3.671	3.293	734,22	622,34
<b>Total</b>	<b>464.215</b>	<b>457.682</b>	<b>4.602,29</b>	<b>4.183,12</b>

(1) Inclui o consumo próprio [próprio + interno]

Verifica-se na Figura 3.1 a estrutura de participação das principais classes de consumo na capital Manaus. Destaca-se a classe industrial, representando 38% do consumo, decorrente das indústrias que compõem o Polo Industrial de Manaus – PIM.

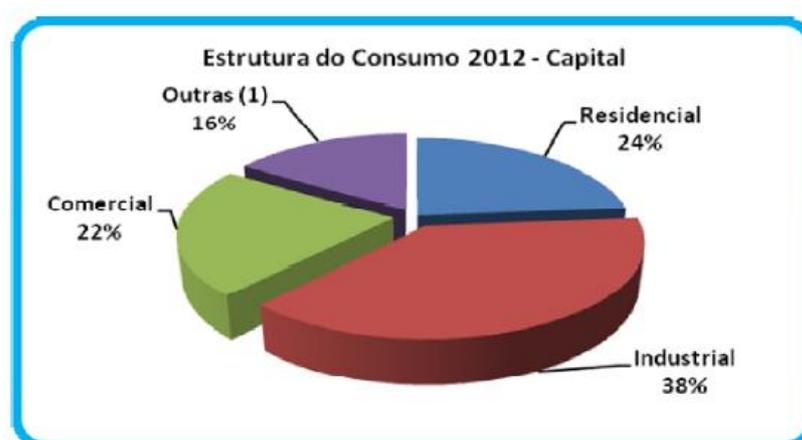


Figura 3.1: Estrutura da classe de consumo 2012 - Capital (Fonte: Amazonas Distribuidora de Energia S/A , 2011).

Além do setor comercial e residencial, englobaram-se em outras classes: Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Serviços Públicos e Consumo Próprio, totalizando cerca de 16% do consumo total. É importante frisar que o consumo de energia do sistema elétrico isolado de Manaus é totalmente diferente das estruturas de consumo apresentadas nas concessionárias do sistema isolado da região norte do Brasil, onde ainda é predominante o consumo da classe residencial (Eletrobrás Amazonas Energia, 2012).

O Sistema Elétrico da cidade de Manaus é constituído por usinas térmicas movidas a óleo combustível, com cerca de 770 MW, sendo 470 MW unidades geradoras alugadas pela Eletrobras Amazonas Energia, e de outras usinas de gás natural, num montante de cerca de 780 MW de potência instalada, com inflexibilidade de 560 MW. Essas Usinas Termoelétricas -UTES estão ligadas no sistema de 69 kV de Manaus, exceto a UTE Cristiano Rocha, que está conectada no 230 kV da Subestação Cristiano Rocha, que secciona um dos circuitos da Linha de Transmissão 230 KV Manaus - Balbina. A Tabela 3.7, a seguir, apresenta em detalhes este parque térmico existente (ONS, 2015).

Tabela 3.7: Parque Térmico de Manaus (Fonte: ONS,2015)

ÓLEO		GÁS NATURAL				
UTEs Alugadas	Potência Instalada (MW)	UTE	Agente	Potência (MW)		
				Instalada	Disponível	Inflexibilidade
Flores	80	Mauá B1 3 (**)	EAME(*)	120	90	90
Irاندوبا	50	Aparecida B1 1		130,5	72	72
Mauá B1 5	60	Aparecida B1 2		121	78	78
Mauá B1 6	140	Tambaqui	Breitener	75,48	63	63
Mauá B1 7	30	Jaraqui		75,48	63	63
Cidade Nova	20	Ponta Negra	Gera	85,4	64	64
São José	50	Manauara	Manauara	85,4	65	65
Distrito	40	Cristiano Rocha	Raesa	85,4	65	65
Subtotal	470	TOTAL GÁS		778	560	560
EAME	Potência (MW)	Total Óleo e Gás: potência instalada: 773 + 778=1.551MW Total Óleo e Gás: Inflexibilidade: 773 + 560=1.333MW				
Mauá B1 4	150					
Mauá B1 1	72					
Mauá Electron (OCTE)	45					
Aparecida B11 (OCTE)	36					
Subtotal	303					
TOTAL ÓLEO	773					

\* Inflexíveis até a entrada da UTE Mauá 3: \*\* Entrada da UTE Mauá 3, a partir de maio de 2016

Com a entrada em maio de 2016 da UTE Mauá 3\*\*, esta nova UTE operará em ciclo combinado pleno, gerando 211,65 MW, disponibilizando 590,75 MW. A inflexibilidade da UTE Mauá 3 é de 264 MW média, o que torna essa usina 45% inflexível. O parque gerador de Manaus conta também com a geração hidráulica de 250 MW da UHE Balbina, que é composta de 5 unidades geradoras de 50 MW.

### 3.2 Interligação Tucuruí – Manaus

O projeto da interligação Tucuruí – Macapá - Manaus é um conjunto de obras básicas do Programa de Expansão de Transmissão – PET 2008 a 2012. O responsável pela elaboração de estudos e planejamento do projeto foi o Ministério de Minas e Energia- MME, por intermédio da Empresa de Pesquisa Energética – EPE. A EPE é uma empresa que reúne o conjunto de instalações planejadas na rede básica e mais as instalações de transmissões a serem incorporadas ao Sistema de Interligação Nacional – SIN. A linha de transmissão Tucuruí – Macapá – Manaus faz parte, também, do Programa de Aceleração de Crescimento – PAC, criado pelo Governo Federal para incentivar os investimentos em infraestrutura, estimular os setores produtivos e levar os benefícios sociais para todo o território brasileiro. O PET é formado com as empresas concessionárias do Setor Elétrico, objetivando a confiabilidade, a

segurança e menor custo ao crescimento do sistema elétrico brasileiro, de forma a suportar a integração de novas usinas geradoras (Biodinâmica Rio, 2009).

A interligação Tucuruí – Macapá – Manaus é formada por um conjunto de 7 (sete) linhas de transmissão, cujo somatório chega aproximadamente a 1811 Km de extensão. Para compor este conjunto de linhas de transmissão, ainda serão acrescentados mais 8 (oito) subestações, localizados nos estados do Amapá, Pará e Amazonas. Estes investimentos totais para a implantação das linhas de transmissão são da ordem de R\$ 3 bilhões de reais. A receita anual a que as concessionárias terão direito é de 247 milhões de reais, que serão rateados entre os usuários conectados ao SIN. O Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES será responsável pelo financiamento de parte do investimento necessário as implementações das instalações (Doile e Nascimento, 2010).

A Interligação Tucuruí – Macapá – Manaus foi leiloada em 27 de junho de 2008 (ANEEL, 2008). A licitação do empreendimento ocorreu em três lotes, aumentando, assim, a atratividade e reduzindo os riscos para o investimento. O leilão teve como ganhadores a Isolux, uma empresa espanhola e um consórcio liderado pela Eletronorte. Os vencedores do leilão criaram empresas para receber as concessões dos referidos investimentos, conhecidas como Sociedade de Propósito Específico – SPE. Essas empresas são as responsáveis pela construção, pela operação e manutenção das instalações por um período de aproximadamente 30 anos, contados da data de assinatura dos contratos de concessão. As linhas de transmissão, as subestações e as suas respectivas concessionárias, responsáveis por cada lote são mostradas na Tabela 3.8 (Doile e Nascimento, 2010).

Tabela 3.8: Detalhes dos Empreendimentos e Concessionárias Responsáveis (Fonte: Doile e Nascimento, 2010).

LOTE	OBRAS	ORIGEM	DESTINO	CIRCUITO	EXTENSÃO (km)	TENSÃO (KV)	ORÇAMENTO (R\$)	SPE
A	LT	Tucuruí	LT Xingu	Duplo	264	500	402,4 milhões	LXTE - Linhas de Xingu Transmissora de Energia S.A
		Xingu	Jurupari	Duplo	263	500	405,5 milhões	
	SE	Xingu, em Anapú - Pará				500		
		Jurupari, em Almerim – Pará				500/230		
B	LT	Jurupari	Oriximiná	Duplo	374	500	560,2 milhões	LMTE - Linhas de Macapá Transmissora de Energia S.A.
		Jurupari	Laranjal	Duplo	95	230	76,9 milhões	
		Laranjal	Macapá	Duplo	244	230	182,7 milhões	
	SE	Oriximina				500/138		
		Laranjal				230/69		
		Macapá				230/69		
C	LT	Oriximiná	Itacoatiara	Duplo	374	500	560,2 milhões	Manaus - Transmissora de Energia S.A.
		Itacoatiara	Cariri (Manaus)	Duplo	212	500	343,1 milhões	
	SE	Silves				500/138		
		Cariri (Manaus)				500/230		

As linhas de transmissão atravessarão 29 municípios, sendo 16 (dezesseis) no estado do Pará, 4 (quatro) no estado do Amapá e 09 (nove) no estado do Amazonas. Na Figure 3.2 as cores indicam as divisões por lotes com as respectivas concessionárias responsáveis.

A linha de transmissão Oriximiná – Cariri (Lote C) com 500 KV e 556 Km de extensão, passará pelos estados do Pará e do Amazonas, pela margem esquerda do rio Amazonas, passando por 12 (doze) municípios: 03 (três) paraenses (Oriximiná, Terra Santa e Faro) e 09 (nove) amazonenses (Nhamundá, Parintins, Urucará, São Sebastião do Uatumã, Itapiranga, Silves, Itacoatiara, Rio Preta da Eva e Manaus) (Biodinâmica Rio, 2009).

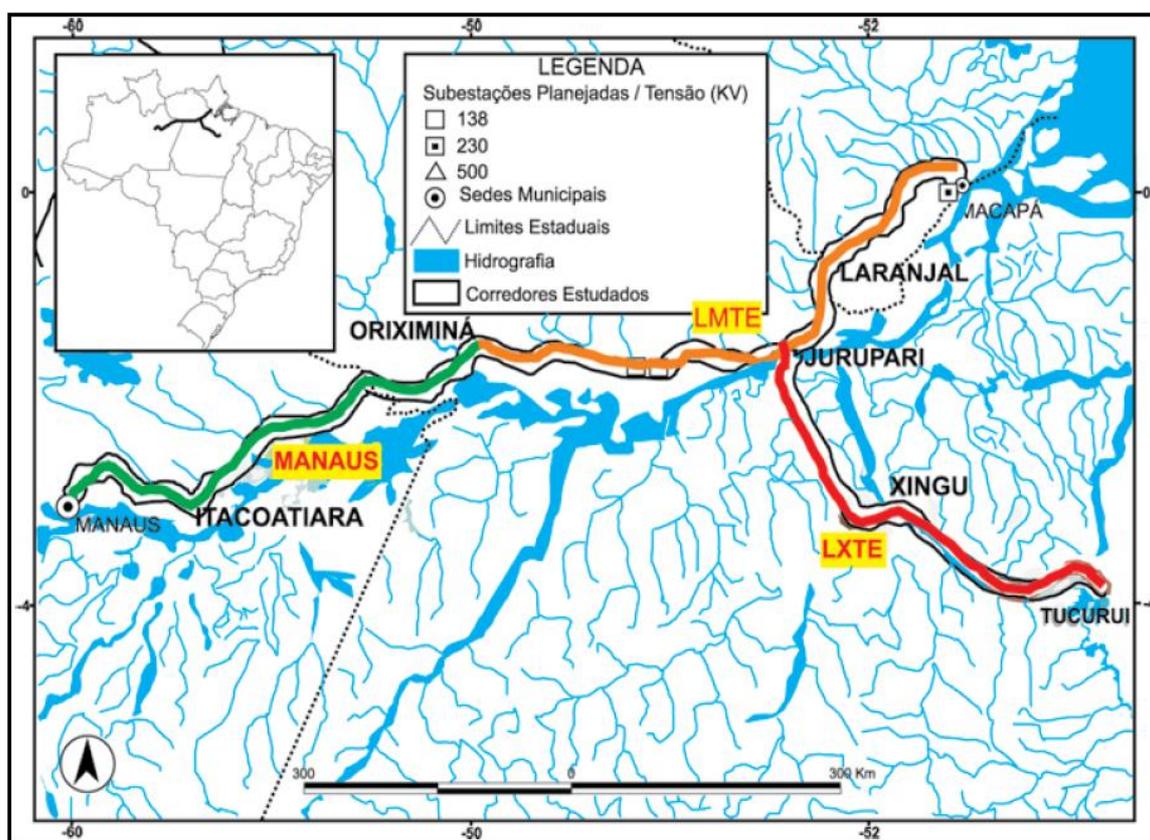


Figura 3.2: Mapa Eletrogeográfico considerando o corredor das linhas de transmissão e os Lotes A, B e C. (Fonte: Doile e Nascimento, 2010)

Responder às necessidades energéticas da cidade de Manaus, com sua Região Metropolitana e demais municípios amazonenses da margem esquerda do rio Amazonas ao SIN é o objetivo principal da instalação da linha de transmissão 500 KV Oriximiná – Cariri (lote C). Com a interligação ao SIN, as cidades serão beneficiadas pela quase que total da geração elétrica de origem hidráulica, principalmente no estado do Amazonas, cuja energia elétrica é atualmente derivada de termogeração. A geração de energia atualmente em operação na capital e nos interiores amazonenses é da ordem de 2.200 MW com 88% de geração térmica (Biodinâmica Rio, 2009).

A região norte, principalmente, a capital de Manaus e os municípios amazonenses não estão assim interligados com fontes de energia renováveis. A usina hidrelétrica de Tucuruí no

estado do Pará, cuja capacidade de geração de energia é da ordem de aproximadamente 8370 MW de potência, é transferida para as regiões nordeste e centro-sul do país. De acordo com Silveira (2010), isto reduz de forma drástica e decisiva o desenvolvimento econômico e social das cidades do norte do Brasil. Podemos destacar como objetivos específicos à implantação da linha de transmissão – LT 500KV Oriximiná – Cariri (Júnior e Gopfert, 2010):

- atender as comunidades da região Amazônica, principalmente, as 11 (onze) cidades municipais e várias localidades situadas na margem esquerda do rio Amazonas, entre Oriximiná/Pará e Cariri (Manaus)/Amazonas com o suprimento de energia elétrica de fonte renovável, através das empresas distribuidoras locais;
- fornecer energia à capital amazonense e à Região Metropolitana, principalmente, os municípios da margem direita do rio Amazonas (Manacapuru, Iranduba e Careiro da Várzea). De momento, o abastecimento já é feito por meio de cabo elétrico subaquático em 60 KV, a partir da cidade de Manaus.

A Usina Hidrelétrica Tucuruí – Macapá – Manaus, a qual abrange o empreendimento em estudo, a LT 500KV Oriximiná – Cariri, é constituída por 4 relatórios de estudos. São eles:

- Relatório de Estudos Elétricos e de Viabilidade Técnico-Econômica (R1);
- Relatório de Estudo de Condutor Econômico e Transitório Eletromagnéticos (R2);
- Relatório de Estudos de Caracterização Ambiental e Análise de Alternativas de Diretriz (R3);
- Relatório de Implementação das Subestações (R4).

Ressalta-se que o Comitê de Estudos Socioambientais - CTSA participou da elaboração do R3. E o R4 foi elaborado por uma equipe técnica da ELETRONORTE.

As principais justificativas técnicas, econômicas e socioambientais para a proposta do projeto, considerando sua inclusão no SIN, de acordo com o citado R3, podem ser resumidas da seguinte forma (Biodinâmica Rio, 2009):

- Interligação dos sistemas isolados de Manaus e Macapá à rede de transmissão brasileira;
- Aumento da oferta de energia elétrica às capitais Manaus e Macapá;
- Possibilidade de substituição da geração térmica a óleo dos sistemas já existentes nessas cidades com diminuição dos impactos ambientais atualmente gerados;
- Possibilidade de interligação de futuras usinas hidrelétricas nessa região à rede de transmissão;
- Suprimento de energia às populações da margem esquerda do rio Amazonas;

- Possibilidade de incremento do desenvolvimento regional sustentado;
- Contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população a ser atendida.
- Segundo os “Estudos Elétricos e de Viabilidade Técnico-Econômica - R1” esse sistema, sem a compensação série, tem uma capacidade de transmissão suficiente para atender uma carga regional de até 1730 MW. Com adição de compensação série de 70% nos trechos de linhas, tal capacidade se eleva para 2530 MW (EPE , 2009).
- A região atendida pela interligação Tucuruí-Macapá-Manaus é suprida basicamente por geração termoelétrica, especialmente, por térmicas a óleo combustível ou diesel, cujos custos são bastante elevados, considerando o custo da geração térmica que será evitada na região em torno de R\$ 450,00/MWh (Vieira, 2009)

a) Conta Consumo de Combustível Fóssil (CCCF) dos Sistemas Isolados;

A região norte do país tem como fonte de energia usinas térmicas a óleo. Todas as capitais, menos a cidade de Belém, capital do Pará, incluem-se nessa situação. Essa produção de energia é prejudicial ao meio ambiente, não só devido às emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases, mas também em função do transporte de grandes volumes de óleo pelos rios e igarapés amazônicos e estradas da região (Biodinâmica Rio, 2009).

O sistema termoelétrico que abastece Manaus consome anualmente aproximadamente 1 milhão de metros cúbicos de óleos combustível com um custo médio de aproximadamente de R\$ 1600,00/m<sup>3</sup>. Portanto, o custo da geração de energia, usando o sistema termoelétrico a óleo é muito elevado em comparação com o custo da geração de energia através do sistema hidráulico. O governo federal criou então o rateio das despesas com combustíveis utilizados na geração de energia elétrica. Este rateio surgiu com a lei n° 5.899/1973 (lei de Itaipu), que determinou a repartição e vantagens decorrentes do uso de combustíveis fósseis, criando por meio de decreto n° 73.102/1973 a denominada Conta Consumo de Combustíveis – CCC dos Sistemas Isolados. As portarias do então Ministério da Infraestrutura – MINFRA n° 179 e 328/1991 expandiram esse benefício para as regiões do país onde o sistema de energia é isolado, denominado como a Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis dos Sistemas Isolados – CCC-ISOL, iniciando em 1° de janeiro de 1992 e término em abril de 2022. Todos os agentes de transmissão e distribuição que atendem ao consumidor final, por exemplo: ELETRONORTE, FURNAS, CHESF e outras de menor porte são recolhedoras da CCC-ISOL. A CCC-ISOL é administrada pela ELETROBRÁS, e temos como finalidade o reembolso de parte do consumo com combustíveis utilizados na geração de energia elétrica nas usinas localizadas em região isoladas eletricamente. Segundo a Nota Técnica n° 014/2012-SRG-SRE/ANEEL, o mercado de energia expandiria em média aproximadamente 5,39% no ano de 2012. Planejou-se um custo anual de aproximadamente 3 (três) bilhões de reais (R\$ R\$ 3.223 milhões ) com combustíveis, cujo o rateio ficaria em 415.855.921 MWh para os agentes de consumo de energia elétrica, resultando em um custo unitário da CCC de 7,75 R\$/MWh (Biodinâmica Rio, 2009). A Tabela 3.9 mostra o mercado considerados nas quotas em 2010 e 2011.

Tabela 3.9: Mercado utilizado nas quotas (MWh) (Fonte: Adaptado de Biodinâmica Rio, 2009).

Agentes de consumo de energia elétrica	Quota 2010	Quota 2011
Distribuidoras	321.296.905	358.078.698
Transmissora	33.541.146	34.343.957
Permissionária	1.650.965	2.167.673
<b>TOTAL</b>	<b>356.489.015</b>	<b>394.590.328</b>

Em relação as termoeletricas a óleo diesel, a Figura 3.3 mostra a evolução dos valores de consumo desde janeiro 2006, das diversas distribuidoras no Amazonas. Observa-se uma constante eficiência média das usinas (total isolados\*), exceto pela curva pontilhada que representa a Eletrobrás Amazonas Energia – Capital, provavelmente provocado pela instalação de novas UTE's mais eficientes (ANEEL, 2012b).

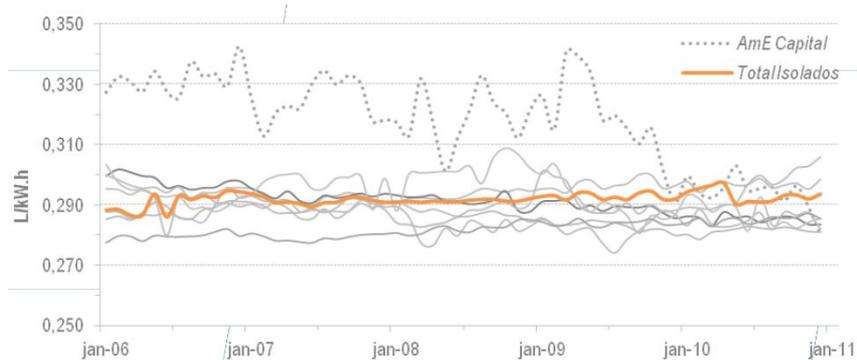


Figura 3.3: Consumo específico de UTE's a diesel (Fonte:ANEEL, 2012b) \*o valor médio “total isolados” não inclui Manaus

A Tabela 3.10 representa as informações sobre a geração, o consumo de combustíveis e as emissões de CO<sub>2</sub> estimadas para o ano de 2009 para o sistema de abastecimento de Manaus e Silves/AM. Segundo Biodinâmica Rio (2009), as emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE foram calculadas segundo metodologia do painel intergovernamental da ONU sobre mudanças climáticas (Intergovernmental panel on Climate Change - IPCC/ONU2006). Esses órgãos estabeleceram fatores de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por unidade de energia contida no combustível. Conforme o tipo de combustível, o mesmo tem o fator de emissão que, para o caso das térmicas de Manaus é de 0,889 tCO<sub>2</sub>/MWh (Toneladas de CO<sub>2</sub> emitido por megawatt hora gerado). Já para o óleo combustível, o fator de emissão é de 0,774tCO<sub>2</sub>/MWh. Segundo o Plano Decenal de Expansão – PDE do setor elétrico 2007-2016 (EPE/ONS, 2009), existe um planejamento para reduzir o consumo de óleo combustível e óleo diesel em função da ligação do Gasoduto/Coari – Manaus e da interligação de Manaus ao SIN. Considerando o fator de 0,449 tCO<sub>2</sub>/MWh emitidos a partir de geração a gás natural, obtém-se a estimativa da redução de emissões que serão gerados de 2.593.185 tCO<sub>2</sub> por ano, ou seja, uma redução aproximadamente de 42%.

Tabela 3.10: Sistema Gerador de Manaus e Silves/AM (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Origem	Usina	Tipo de Óleo <sup>(1)</sup>	Potência Nominal (MW)	Potência Efetiva (MW)	Geração Média (MW)	Consumo (m³)	Preço do Combustível (R\$/m³)	Custo total (R\$)	Emissão de CO <sub>2</sub> (Ton) <sup>(2)</sup>	
Hidráulica	UHE BALBINA	-	250,0	250,0	107,6	-	-	-	-	
Térmica	APARECIDA	BLOCO I (UTE Aparecida)	OC1A	161,5	112,0	27,7	78.979,0	2.247,00	177.465.813,00	187.812,65
		BLOCO II (ex UTE D)	OC1A	88,0	80,0	44,8	91.247,0	2.247,00	205.032.009,00	303.754,75
	MAUÁ	BLOCO I (UTE Mauá)	OC1A	137,2	136,0	62,8	213.520,4	1.378,91	294.425.392,70	425.799,07
		BLOCO II (ex UTE A)	OC1A	44,0	40,0	0	0,0		0,00	0
		BLOCO III (ex UTE B)	OC1A	120,0	110,0	60,5	203.213,0	2.247,00	456.619.611,00	410.204,52
		BLOCO IV (ex UTE W)	PGE	166,4	157,5	126	185.283,7	2.247,00	416.332.473,90	854.310,24
	UTE ELECTRON	OC1A	121,2	108,0	2,3	7.392,0	1.597,96	11.812.120,32	15.594,55	
	PIE BREITENER - UTE TAMBAQUI	OC1A	83,3	60,0	60	111.948,8	1.378,91	154.367.319,81	406.814,40	
	PIE BREITENER - UTE JARAQUI	OC1A	83,3	60,0	60	111.948,8	1.378,91	154.367.319,81	406.814,40	
	PIE RIO AMAZONAS - UTE CRISTIANO ROCHA	OC1A	85,4	65,0	65	119.351,3	1.378,91	164.574.695,57	440.715,60	
	PIE MANAUARA - UTE MANAUARA	OC1A	85,4	60,0	60	112.486,4	1.378,91	155.108.621,82	406.814,40	
	PIE GERA - UTE PONTA NEGRA	OC1A	85,4	60,0	60	108.049,4	1.378,91	148.990.409,19	406.814,40	
	Cidade Nova	DIESEL	17,6	15,4	1,8	4.299,0	2.081,00	8.946.219,00	14.017,75	
	São José	DIESEL	41,6	36,4	7	17.578,0	2.081,00	36.579.818,00	54.513,48	
	Flores	DIESEL	93,8	81,6	21,4	50.907,0	2.081,00	105.937.467,00	166.655,50	
	<b>Total Manaus</b>			<b>1670,1</b>	<b>1431,9</b>	<b>659,3</b>	<b>1.416.203,8</b>		<b>2.490.559.290,11</b>	<b>4.500.635,71</b>
	Silves	DIESEL		2,704	2,298	0,46	1.156,0	2.370,00	2.739.720,00	3.582,31
<b>Total Silves</b>			<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>0,46</b>	<b>1.156,0</b>		<b>2.739.720,00</b>	<b>3.582,31</b>	
<b>Total Geral</b>			<b>1672,8</b>	<b>1434,2</b>	<b>659,8</b>	<b>1.417.359,8</b>		<b>2.493.299.010,11</b>	<b>4.504.218,03</b>	

(1) OC1E – Óleo Combustível para Turbina Elétrica; OC1A – Óleo Combustível Tipo 1A; PGE – Óleo Pesado para Geração Elétrica; Diesel – Óleo Diesel

(2) Cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> baseado nos parâmetros estabelecidos pelo painel intergovernamental da ONU sobre mudanças climáticas (IPCC/ONU, 2006)

### c) Encargos Setoriais e a Interligação ao SIN

A matriz energética que abastece a cidade de Manaus é responsável por 45% do consumo de combustível e custos de geração do sistema isolado da Região Norte. Sendo que o montante de R\$ 3.002.373.708,87 do CCC-ISOL para o ano de 2008, destes R\$ 1.351.068.168,99 seriam economizados se Manaus fosse ligado ao SIN. Na prática, as contas dos consumidores finais teriam uma redução da tarifa de energia, por exemplo, a conta de eletricidade cobrada pela concessionária ELETROPAULO, que fornece energia para uma parte da cidade de São Paulo, teria uma redução média de 5%. Esse reflexo seria sentido em todos os consumidores finais do Brasil, de forma proporcional. No sentido inverso, teria uma diminuição da arrecadação estadual do Imposto de Circulação de Serviços – ICMS, proveniente do consumo de combustível fósseis. Para o sistema de Manaus em 2008, a arrecadação foi de R\$ 395.719.788,96. Segundo dados da Secretaria Estadual de Fazenda do Amazonas, o total arrecadado no ano de 2008 foi de R\$ 4.952.101.361,00. Devido à redução do consumo de combustível e custo de geração do sistema isolado, o montante que deixará de entrar no cofre do governo estadual em função da substituição da geração térmica por uma geração de energia renovável, ou seja, energia limpa será de aproximadamente 8%, conforme representado pela Figura 3.4 que mostra o custo médio de geração oriunda das diferentes matrizes energéticas adotadas no Brasil (Biodinâmica Rio, 2009).

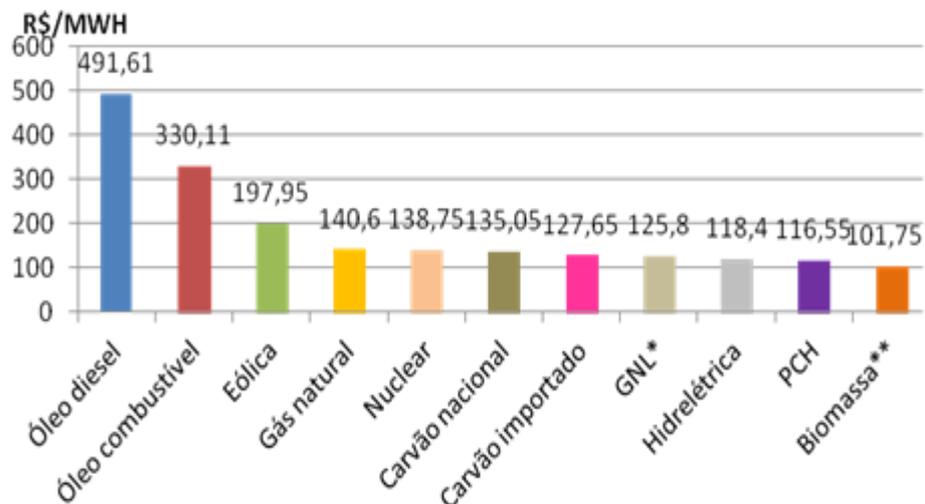


Figura 3.4: Custo(R\$) de geração de energia elétrica (Fonte: Adaptado de Júnior e Gopfert, 2010)

\* GNL – Gás Natural Liquefeito; \*\* Biomassa – Bagaço de Cana. PCH – Pequena Central Hidrelétrica

Todavia, o custo tarifário aplicado aos usuários finais por cada concessionária no Brasil está representada na Figura 3.5 a seguir, que apresenta as diferentes tarifas cobradas no território nacional. Recorda-se que, apesar de sua matriz energética ser predominante térmica, o custo é elevado em questão de geração. A Região Norte possui uma das menores taxas nacionais, que se deve ao subsídio concedido pelo governo federal, através da CCC-ISOL (Biodinâmica Rio, 2009).

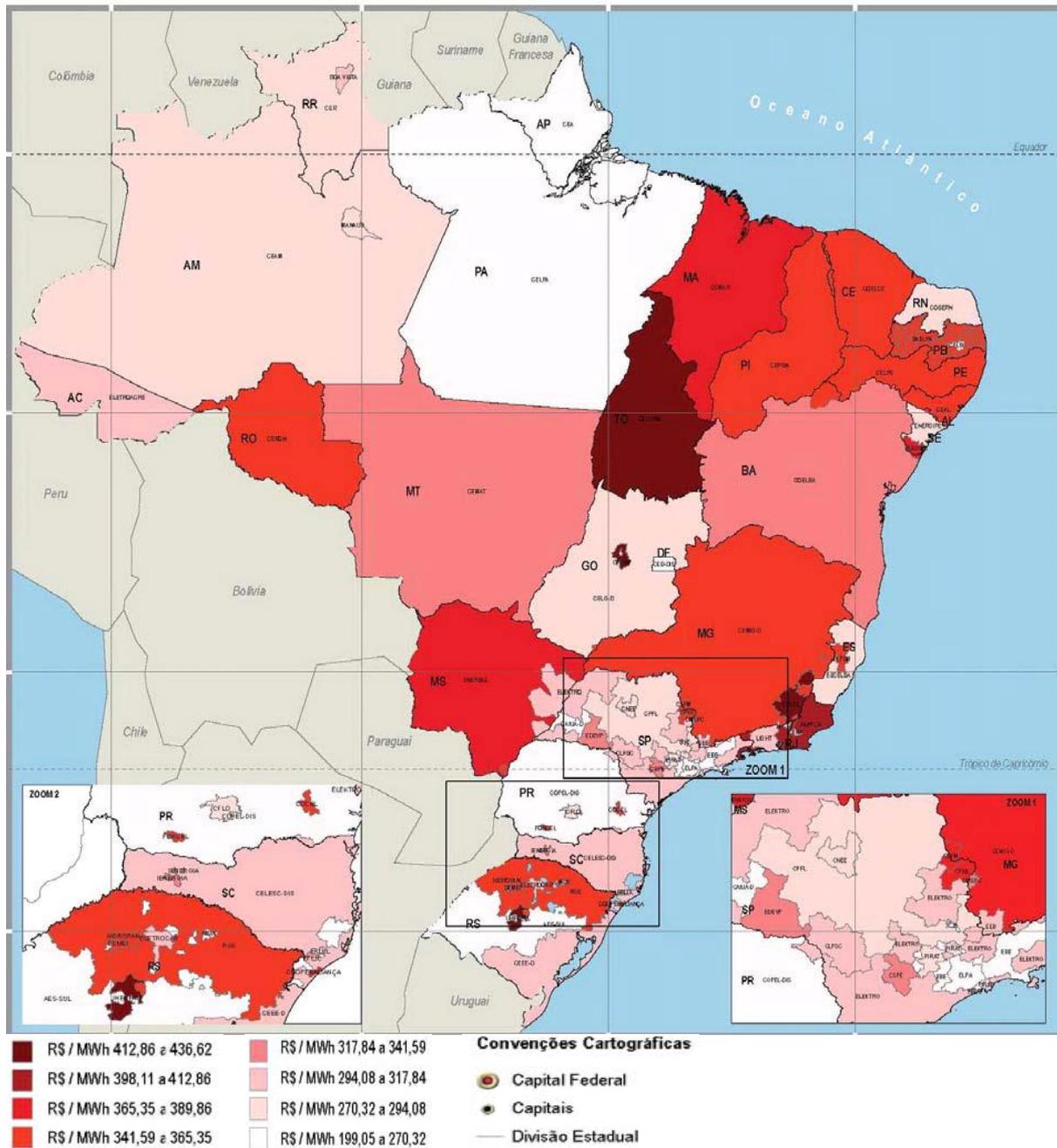


Figura 3.5: Custo médio de tarifa residencial (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

#### d) Redução da Emissão de Gases poluentes

Com o funcionamento da linha de transmissão 500 KV Oriximiná – Cariri originada da Usina Hidrelétrica de Tucuruí haverá uma redução na emissão de CO<sub>2</sub> e demais gases de efeito estufa. O sistema Manaus é o responsável pela emissão anual de aproximadamente 4,5 milhões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, sendo ainda de considerar os outros gases produzidos em menores escalas, que são compostos de enxofre. Para ter uma ideia como esses gases são prejudiciais ao meio ambiente e ao homem, existem no Brasil quatro tipos de óleos usados conforme suas características: óleo Diesel, óleo pesado para geração elétrica (PGE), óleo leve para turbina elétrica (OCTE) e o óleo combustível com alto teor de enxofre (OC1A), representados na Tabela 3.10. O OC1A é o mais prejudicial ao meio ambiente (valores de até 5% de enxofre). Segundo a IARC (International Agency for Reseach on Cancer), existem

evidências de que o produto seja carcinogênico em animais. Os gases são provenientes da queima do produto, em contato por longo tempo e permanente com a pele, pode ser carcinogênicos ao homem. Com a linha de transmissão em funcionamento, a redução das emissões de gases OC1A poderá chegar a 99%. Outro benefício importante para o meio ambiente é a redução elevada da quantidade de óleo por ano, que é transportada através de balsa e navios pelo rio Solimões, vindas do polo de Coari, que fica a 363 km em linha reta da capital do Amazonas. Boa parte da vegetação perdida será regenerada naturalmente e haverá aproveitamento econômico de uma parte das árvores. A projeção das emissões resultantes tCO<sub>2</sub> geradas a partir da futura Linha de Transmissão está descrita na Tabela 3.11 pela redução da vegetação e ocupação da terra (Biodinâmica Rio, 2009).

Tabela 3.11: Estimativa das emissões passíveis de serem geradas a partir da futura LT (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Classe de Cobertura Vegetal, Uso e Ocupação das Terras <sup>1</sup>	Dados da Faixa de Servidão			Áreas de Supressão de Vegetação Necessárias (ha)				Biomassa Contida <sup>5</sup> tC/ha3	Emissões resultantes tCO <sub>2</sub>
	Extensão Atravessada (km)	Área Total (ha)	%	Lançamento de Cabos <sup>2</sup>	Bases de Torres <sup>3</sup>	Acessos Novos <sup>4</sup>	Total		
Floresta Ombrófila Densa	269,1	1668,5	48,37	241,5	131,8	107,6	480,9	117,00	206.319,52
Floresta Ombrófila Aluvial	12,3	76,1	2,21	11,0	6,0	4,9	21,9	127,21	10.232,66
Contato Floresta Ombrófila / Cerrado	37,2	230,6	6,69	33,4	18,2	14,9	66,5	125,73	30.641,15
Formações Pioneiras	23,5	145,9	4,23	21,1	11,5	9,4	42,1	117,34	18.094,93
Vegetação Secundária	103,0	638,8	18,52	92,5	50,4	41,2	184,1	51,29	34.629,84
Corpos d'água	14,4	89,0	2,58	-	-	-	-	-	-
Agricultura/ Pastagem	96,8	600,3	17,40	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>556,3</b>	<b>3449,0</b>	<b>100,0</b>	<b>399,5</b>	<b>218,0</b>	<b>178,1</b>	<b>795,5</b>	<b>-</b>	<b>299.918,10</b>

### 3.3 Aspectos técnicos da interligação Tucuruí - Manaus

Devido à região Amazônica ter uma importância reconhecida para todo o planeta, a implantação de um projeto de engenharia na região representa um desafio para o homem. A interligação da linha de Transmissão de 500 KV Oriximiná – Cariri ao SIN, foi estudada e analisada pelo relatório de estudos elétricos e de viabilidade técnico-econômica (R1) e por estudos de caracterização ambiental e ainda análise de alternativas de diretrizes (R3).

No projeto básico e licenciamento ambiental prévio, foram analisadas três alternativas de traçados para LT 500 KV. As interferências principais de cada alternativas de traçado foram analisados. O estudo começou a partir da alternativa 1- Traçado Preliminar (figura 3.6). O traçado preliminar avançou para a alternativa 2 – Traçado Básico (figura 3.7) devido a mudanças dos pontos de localização das travessias dos rios Trombetas e Nhamundá. Também, na mudança da Subestação (SE) Itacoatiara (município de Silves/Amazonas) pois o traçado seria instalado na margem esquerda do rio Uatumã, dentro da Reserva de Desenvolvimento Sustentável-RDS Uatumã (área natural que abriga população tradicional). A mudança para a alternativa 3 – traçado preferencial (figura 3.8), foi justificado pelas análises ambientais apresentadas nas figuras 3.6, 3.7 e 3.8. (Biodinâmica Rio, 2009).

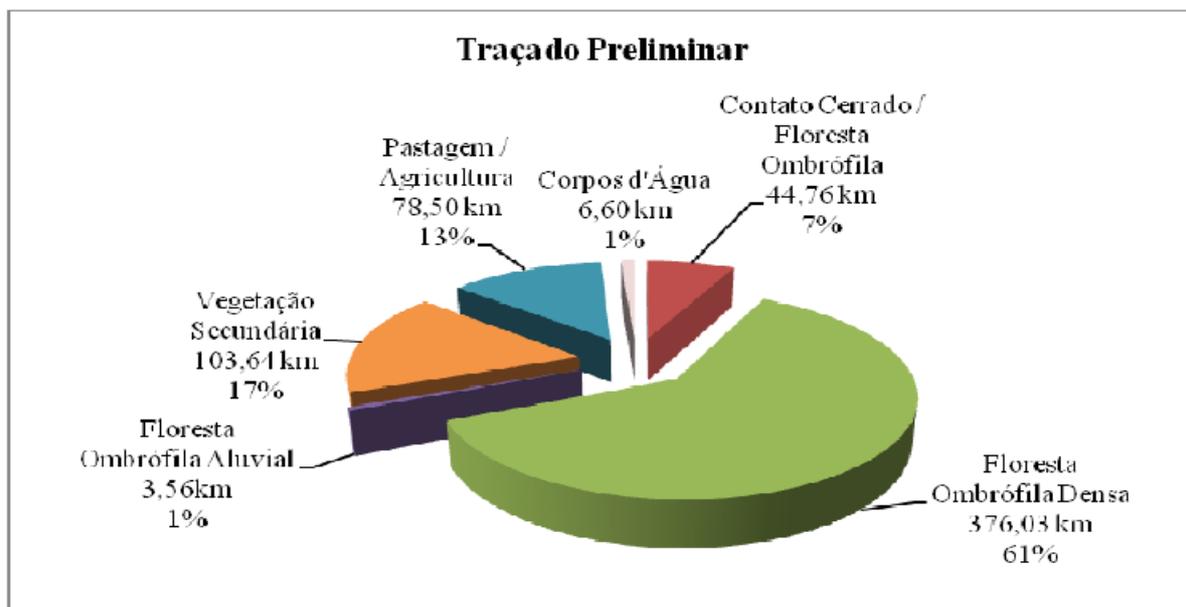


Figura 3.6: Traçado Preliminar LT 500 KV (fonte: Júnior e Gopfert, 2010)

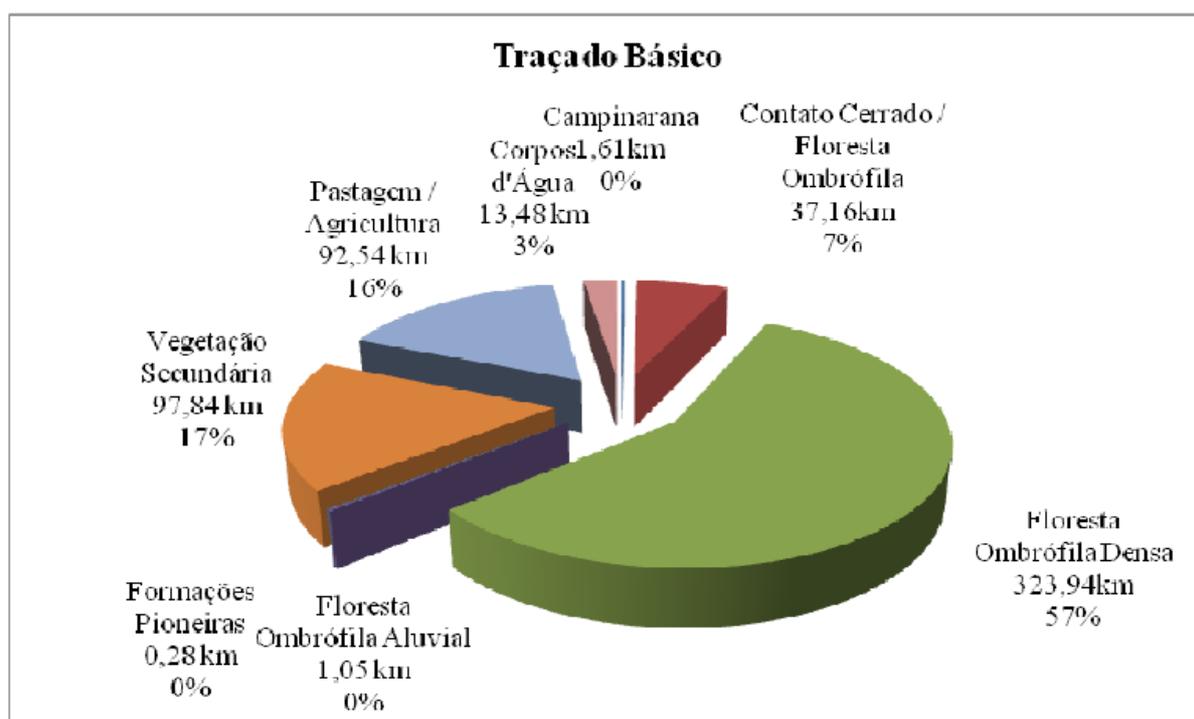


Figura 3.7: Traçado Básico LT 500 KV (fonte: Júnior e Gopfert, 2010)

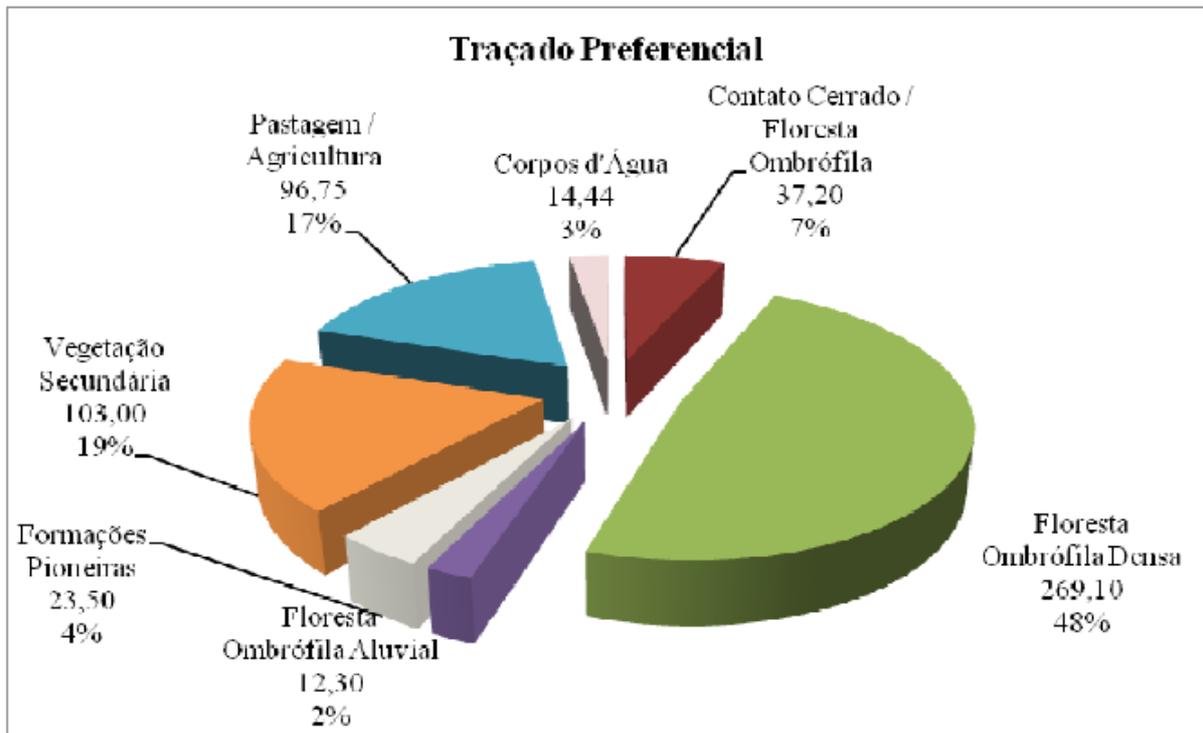


Figura 3.8: Traço Preferencial LT 500 KV (fonte: Júnior e Gopfert, 2010)

A alternativa 1-Traço Preliminar (figura 3.6 e a alternativa 2-Traço Básico (figura 3.7), atravessariam cercas de 316 km e 344 km da LT 500 KV, ou seja, 61,3% e 58,5% de suas extensões totais, respectivamente. Portanto, a alternativa 3 (figura 3.8), cuja extensão é 269 Km de floresta Ombrófila, ou seja, 48,07% da extensão da LT 500 KV é a mais favorável ambientalmente para ser o corredor e fazer a interligação da Amazônia com o resto do País, conforme representada na Figura 3.9 (Biodinâmica Rio, 2009).

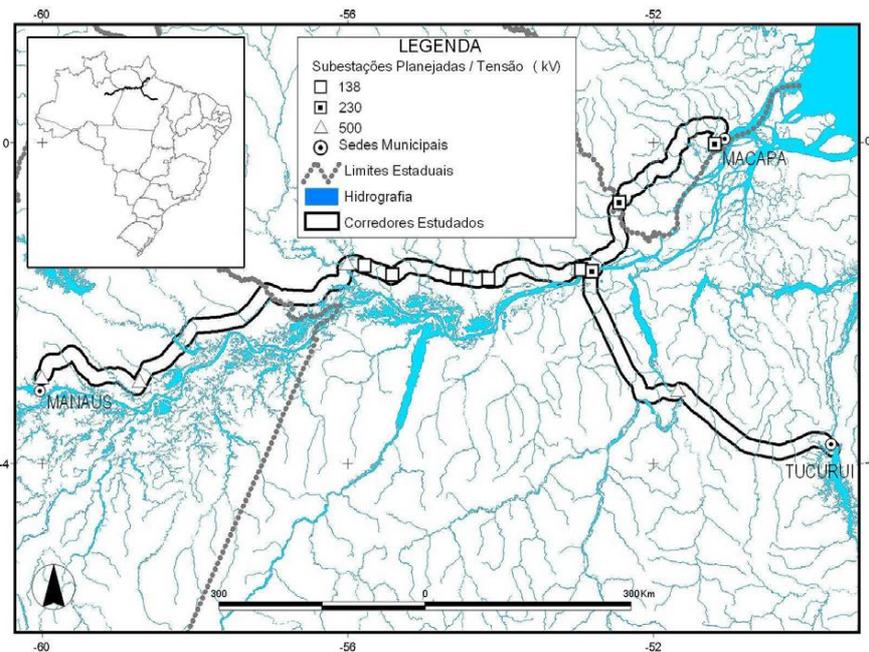


Figura 3.9: Margem esquerda do rio Amazonas (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Para minimizar o impacto no sistema socioambiental, foram utilizadas modernas tecnologias de construção de linhas de transmissão e subestações. O empreendimento foi iniciado com abertura de faixa de servidão de 62 metros de largura, apresentadas nas Figuras 3.10 3.11.



Figura 3.10: Supressão da vegetação na faixa de servidão. (Fonte: Ibama, 2013a)



Figura 3.11: Área desmatada na Reserva Adolpho Ducke para a passagem do linhão de Tucuruí – Manaus (Fonte: Maurício, Paulo, 2015)

Para parte da interligação foi preciso construir torres com alturas que variam de 22,5 metros a 54,5 metros de altura, como mostra a Figura 3.12 a seguir.



Figura 3.12: Torre de Transmissão (Fonte: Ibama, 2013b)

A travessia do rio Trombeta, rio Amazonas e o rio Uatumã estima-se que existam torres especiais com cerca de 280 metros de altura, ou seja, acima das copas das árvores, evitando, assim, o impacto ambiental na área de vegetação.

As alturas das torres são comparadas com monumentos famosos no Brasil e no mundo, representada na Figura 3.13 (Doile e Nascimento, 2010).

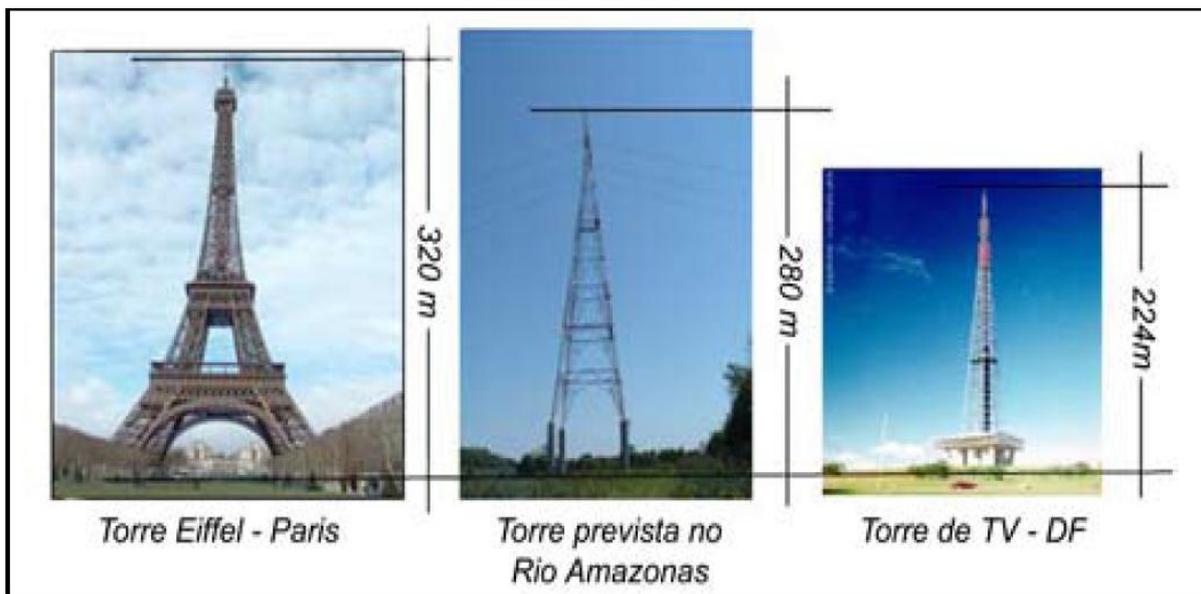


Figura 3.13: Comparativo da altura da torre usada na travessia do rio Amazonas (Fonte: Doile e Nascimento, 2010)

Nos trechos de várzea, ou seja, áreas inundáveis durante o ano sendo de difícil acesso, foram utilizadas técnicas especiais de engenharia para a realização das fundações e as chamadas pontes brancas para o transporte de materiais. Devido as atividades topográficas e supressão da vegetação, houve perda de área e remoção de indivíduos de espécies da flora. Devido a este impacto ambiental, o projeto foi realizado em conjunto a NBR-5422/85 (Júnior e Gopfert, 2010).

## **4. AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO BRASIL**

Este capítulo é dedicado à revisão bibliográfica sobre os temas relevantes à realização deste trabalho aplicado ao caso Brasileiro. São apresentados, de forma sucinta, os critérios considerados na avaliação da sustentabilidade de projetos de Linhas de Transmissão (LT) no Brasil, e métodos de avaliação.

### **4.1 Critérios fundamentais no Brasil**

As linhas de transmissão são utilizadas para transportar a energia elétrica, em alta tensão, originada por usinas hídricas para os grandes centros urbanos ou industriais. No entanto, a transmissão de energia vai muito além do transporte da energia elétrica garantindo também a interligação entre diferentes regiões e deste modo contribuindo para a gestão eficiente do sistema elétrico do país. Como as hidrelétricas no Brasil são instaladas em bacias hidrográficas, as linhas de transmissão tem o propósito importante de interligar o parque energético, fazendo com que a energia elétrica produzida em uma região com maior volume pluviométrico de chuva seja aproveitado em outra região do país. Na Região Norte, principalmente, na Região Amazônica que não está interligada com o resto do país, através do Sistema de Interligação Nacional (SIN), a geração de energia elétrica é de origem da queima do óleo combustível (térmica), sendo que a sua produção de energia elétrica gera um custo elevado e forte impacto ambiental através da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). A Rede Básica de transmissão do SIN, devido à sua grande extensão territorial e à presença de um parque gerador predominantemente hídrico, desenvolveu uma grande variedade de níveis de tensão em função das distâncias envolvidas entre as fontes geradoras e os centros de carga consumidoras. Portanto, a Rede Básica de transmissão do SIN, que compreende as tensões de 230 kV a 750 kV, tem como principais funções:

1. Transmissão da energia gerada pelas usinas para os grandes centros de carga;
2. Integração entre os diversos elementos do sistema elétrico para garantir estabilidade e confiabilidade da rede;
3. Interligação entre as bacias hidrográficas e regiões com características hidrológicas heterogêneas de modo a otimizar a geração hidrelétrica;
4. Integração energética com os países vizinhos.

Destacando as tensões de 230 KV, 345KV, 440KV e 500 KV. A Tabela 4.1 e as Figuras 4.1a e 4.1b a seguir apresentam as distribuições dessas linhas de transmissão do SIN em km.

Tabela 4.1: Extensão das Linhas de Transmissão do SIN em km (Fonte: ONS, 2009)

Tensão kV	2005	2006	2007	2008	2009	Var % 09/08	
230	35.736,50	36.342,50	37.155,50	37.709,90	41.503,50	10,06	43,50%
345	9.579,10	9.579,10	9.772,10	9.772,10	9.783,60	0,12	10,20%
440	6.667,50	6.671,20	6.671,20	6.671,20	6.671,20	-	7,00%
500	26.771,10	29.341,20	29.392,20	31.868,30	33.211,80	4,22	34,80%
600 cc	1.612,00	1.612,00	1.612,00	1.612,00	1.612,00	-	1,70%
750	1.612,00	1.612,00	1.612,00	1.612,00	1.612,00	-	2,80%
SIN	83.049,20	86.228,90	87.285,90	90.316,40	95.464,90	5,7	100%

Nota: 600 cc: A transmissão é em corrente contínua - cc.

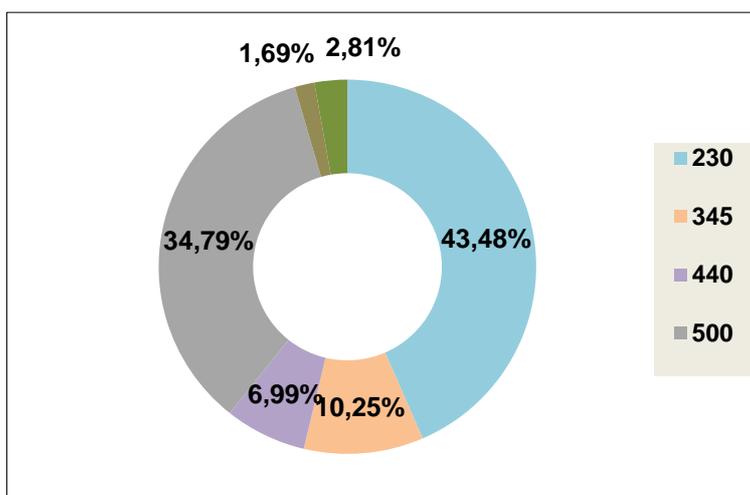


Figura 4.1a: Participação por Nível de Tensão em % (Fonte: ONS, 2009)

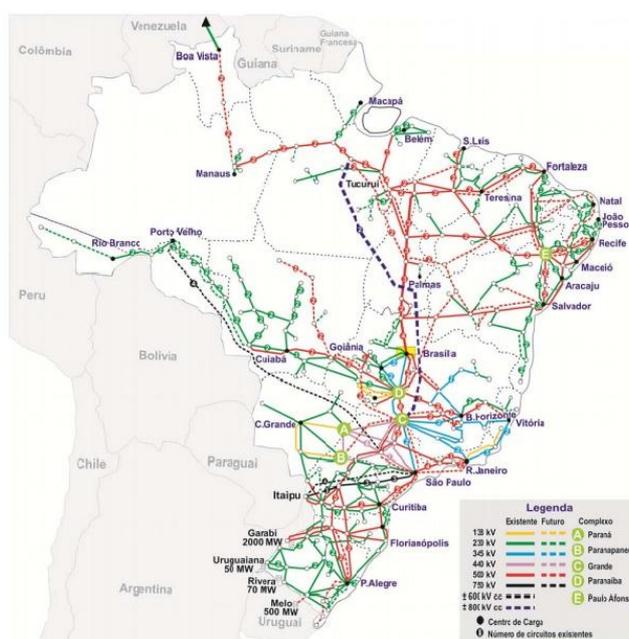


Figura 4.1b: Distribuição das linhas de transmissão no Brasil (Fonte: EPE, 2015).

Com a implantação da linha de transmissão Tucuruí – Macapá – Manaus poderão ser enumerados vários benefícios: diminuição das usinas termelétricas; melhoria da qualidade de vida dos habitantes, principalmente quem mora no interior, longe da capital; melhoria no abastecimento de energia elétrica e promoção o desenvolvimento econômico na cidade. Mas haverá grandes desafios socioambientais em uma região que tem uma biodiversidade riquíssima e a cultura tradicional do povo da Amazônia.

O processo de avaliação da sustentabilidade de um projeto de transmissão deverá ter como objetivo fornecer informações sobre o conjunto de impactos ou interferências causadas pelo sistema de transmissão incluindo linha e subestações. O mapeamento através da ferramenta de geoprocessamento é fundamental para visualizar prováveis interferências e otimizar a localização nos corredores de passagem. Com as mudanças nas leis ambientais e as transformações em curso no setor elétrico, o conceito ambiental é visto como primordial por outros setores da sociedade passível de afetar também a viabilidade econômica do projeto. A implantação da linha de transmissão tem também impactos sociais significativos, sendo frequentemente visto pela sociedade como um projeto promotor do progresso para a localidade, gerando renda, desenvolvimento. Deste modo, a implementação destes projetos afetará todas as dimensões de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Há cinco etapas básicas entre a implantação e a operação do sistema elétrico:

1. Estudo do inventário;
2. Estudo de viabilidade;
3. Estudo de projeto básico;
4. Estudo do projeto executivo/construtivo;
5. Operação do sistema.

Durante essas etapas são efetuados ações para minimizar os impactos ambientais durante a implantação e a fase de operação. A faixa de servidão das futuras linhas de transmissão no Brasil compreenderá 2650 Km<sup>2</sup> em 2021. Da área total da faixa de servidão das futuras linhas de transmissão, aproximadamente 46% (1225 Km<sup>2</sup>) da área afetará diretamente áreas com vegetação nativa, sendo que 35% se localizam no Cerrado, 32% na Amazônia, 23% na Caatinga, 9% na Mata Atlântica, 1% nos Pampas e 0,9% no Pantanal. A maior parte da área total para a expansão da rede de transmissão, corresponde a áreas ocupadas, entre outras, por atividades agricultura, pecuária e áreas urbanas. A Tabela 4.2 e a Figura 4.2 ilustram com mais detalhe a explanação (Biodinâmica Rio, 2009).

Tabela 4.2: Área ocupada pela expansão da LT – Faixa de servidão Km<sup>2</sup> (Fonte: Adaptado Biodinâmica Rio, 2009)

ÁREA DE OCUPAÇÃO	BIOMA						TOTAL
	AMAZÔNIA	CERRADO	MATA ATLÂNTICA	CAATINGA	PAMPAS	PANTANAL	
Vegetação negativa	389,1	422,2	111,0	277,1	14,6	10,9	1224,9
Silvicultura	0,1	9,4	11,0	0,0	1,0	0,0	21,5
Pastagem e agropecuária	312,8	240,0	195,0	272,7	10,0	6,9	1037,6
Agricultura	30,7	97,3	73,1	1,2	14,5	0,1	216,8
Área urbana	1,5	2,9	3,0	0,6	0,4	0,0	8,5
Outros <sup>1</sup>	62,2	68,5	8,3	1,5	0,6	0,2	141,2
<b>TOTAL</b>	<b>796,4</b>	<b>840,3</b>	<b>401,4</b>	<b>553,1</b>	<b>41,1</b>	<b>18,1</b>	<b>2650,5</b>

(1) Inclui água, dunas e áreas não classificadas e/ou degradadas por mineração.

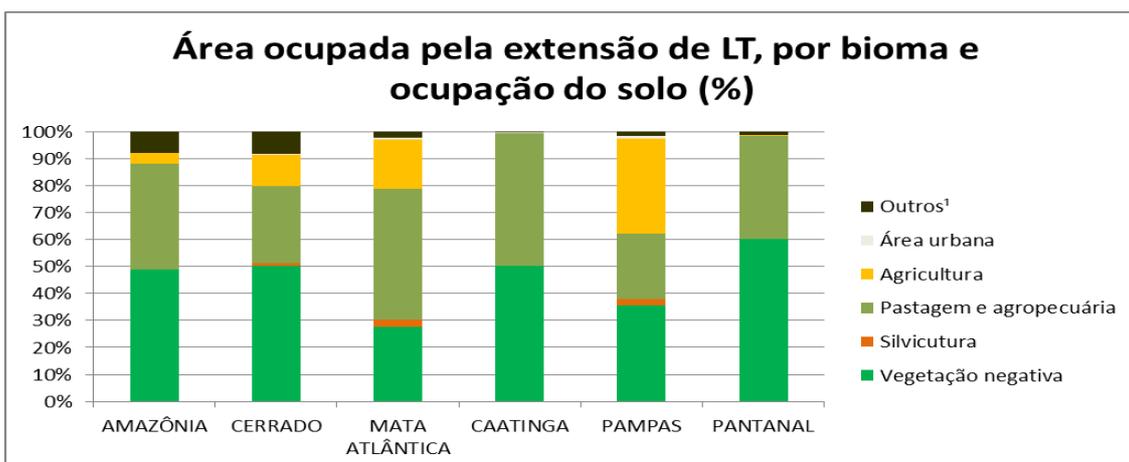


Figura 4.2: Área ocupada pela extensão de LT, por bioma e ocupação do solo (%) (Fonte: Adaptado Biodinâmica Rio, 2009/2012)

Portanto, um estudo mais detalhado deverá ser feito para otimizar as atividades de supressão de vegetação. Uma análise da sustentabilidade da expansão da rede de transmissão revelou que as principais áreas de interesse socioambiental (áreas protegidas, áreas consideradas prioritárias para conservação da biodiversidade e assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA) que poderão ser afetadas são as indicadas na Tabela 4.3. As principais interferências ocorrem em áreas classificadas como prioritárias para a conservação da biodiversidade, cerca de 800km<sup>2</sup> ou 72% do total, seguidas de assentamentos do Incra (16%) e Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável (10%). A Figura 4.3 mostra a proporção das interferências potenciais em áreas de interesse socioambiental por bioma (EPE, 2012).

Tabela 4.3: Interferência de novos LT em áreas de interesse socioambiental – km<sup>2</sup> (Fonte: Adaptado Biodinâmica Rio, 2009)

TIPO DE ÁREA	BIOMA						TOTAL
	AMAZÔNIA	CERRADO	MATA ATLÂNTICA	CAATINGA	PAMPAS	PANTANAL	
UC PI	1,0	0,0	1,0	0,0	0,2	0,0	2,2
UC US	29,6	47,2	27,3	8,7	0,9	0,0	113,7
UC*	0,0	0,2	0,2	0,9	0,0	0,0	1,3
TERRA INDÍGENA	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
ASSENTAMENTO DO INCRA	152,5	14,4	5,3	7,1	0,2	0,1	179,6
APCB	309,9	314,0	83,0	71,7	15,6	4,6	798,8
<b>TOTAL</b>	<b>504,7</b>	<b>375,6</b>	<b>116,8</b>	<b>88,4</b>	<b>16,9</b>	<b>4,7</b>	<b>1107,4</b>

Obs: \* Categoria não informada. APCB: Área de Proteção de Conservação de Biodiversidade. UC PI- Unidade de conservação de Proteção Integral. UC US - Unidade de conservação de uso sustentável

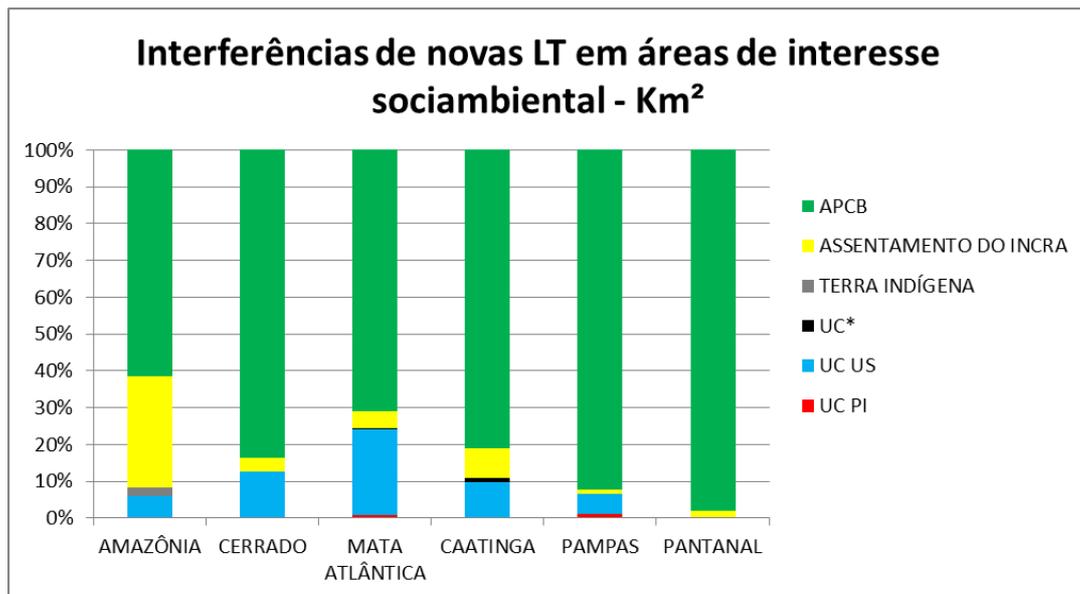


Figura 4.3: Interferência de novas LT em áreas de interesse socioambiental - km² (Fonte: Adaptado Biodinâmica Rio, 2009)

Em relação às terras indígenas e unidades de conservação, há pequena influência da faixa de servidão. Onde pode ocorrer grande interferência são em Áreas Prioritárias para Conservação de Biodiversidade - APCB, pois são áreas que podem ser transformadas em Unidade de Conservação - UC pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA.

Segundo a EPE (2010b) foram definidos critérios para empreendimentos de transmissão em relação as seguintes áreas atravessadas pelos corredores de passagem, como: Unidade de Conservação e zona de amortecimento, cavidades naturais, terra indígenas, áreas com vegetação nativa, áreas alagadas, áreas com relevo montanhoso, assentamento de terras pelo INCRA e áreas urbanas. Os critérios fundamentais para avaliar a sustentabilidade de uma linha de transmissão listam-se:

1. Vegetação nativa;
2. Silvicultura;
3. Pastagem e agropecuária;
4. Agricultura;
5. Área urbana;
6. Unidade de conservação de Proteção Integral;
7. Unidade de conservação de uso sustentável;
8. Terra indígena;
9. Assentamento de terra;
10. Área de Proteção e Conservação da Biodiversidade – APCB;
11. Aeródromos

12. Empregos gerados.

#### 4.2 Métodos de avaliação de sustentabilidade no Brasil

Existem atualmente várias ferramentas para avaliar a sustentabilidade. No entanto, o conceito sustentabilidade tem ainda associados critérios que se consideram sujeitos a algumas subjetividade na sua avaliação dependendo das condições socioeconômicas, diferenças culturais ou ideológicas. Na avaliação de sustentabilidade recorre-se geralmente a métodos que permitam associar vários indicadores com suas respectivas dimensões (sociais, econômicas, ambientais, culturais, etc.), sendo que esses indicadores podem ser quantitativos e qualitativos. É necessário que os indicadores sejam bastante concisos e claros e que permitam a agregação nas suas respectivas dimensões conduzindo a uma avaliação final ou ordenação das diferentes opções.

Atualmente existe uma grande quantidade de métodos para avaliar a sustentabilidade de projetos, municípios ou setores industriais. Destacamos os seguintes métodos:

- Ecological Footprint Method (Pegada ecológica);
- Cálculo e análise do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM);
- Nota Técnica DEA – 21/10 – Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de UHE e LT.

Para cada método, descreve-se a seguir sua contextualização:

**Ecological Footprint Method** : A ferramenta desenvolvida por Wackernagel e Riss em 1996, tem como objetivo sustentar um sistema. A metodologia baseia-se na contabilização dos fluxos de materiais e energia que atuam em um processo de entrada e saída de um sistema econômico e transformam os fluxos em áreas correspondentes em terra ou área já existente no ecossistema para assegurar a sustentabilidade. Assim, o Ecological Footprint representa a área do ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma determinada população ou sistema. O método representa a apropriação de uma determinada população sobre a capacidade de carga do sistema total (Wackernagel e Riss, 1996; Chambers et al., 2000; Bellen, 2005).

Uma aplicação desta ferramenta foi realizada por Gomez et al (2009) para avaliar o perfil do consumo consciente dos estudantes do curso de Administração da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE a partir de perguntas estruturadas (foram acrescentados dados demográficos como idade e renda) e entrevistas. Os dados foram coletados e analisados através de um software da pegada ecológica individual e coletiva. Depois os resultados foram comparados com a pegada ecológica do Brasil (2,4 hectares) e do planeta (2,2 hectares). Os resultados apontam à falta de consciência ambiental dos alunos entrevistados (4,5 hectares), cuja pegada ecológica está acima da pegada nacional, ou seja, quase o dobro. O resultado dos entrevistados se aproxima ao de Portugal (4,6 hectares) . As categorias que compõe o cálculo da pegada ecológica são terreno (agrícola, pastagens, oceanos, florestas, energia fósseis e construídos) e consumo (alimentação, habitação, energia, bens de consumo, transporte, etc.). Cada categoria é convertida em área de terreno por meio de fatores calculados. Por exemplo,

o cálculo na categoria de alimentação, dividindo o consumo de uma dada cultura agrícola, expressando a variável em tonelada, pela produtividade da terra, expressando a variável em toneladas por hectare. Somam-se as pegadas parciais de cada categoria, obtendo-se um valor que representa uma área produtiva. Comparando a área produtiva com as áreas existentes, analisa-se a biocapacidade de compensação do impacto causado (Gomez et al, 2009).

**Cálculo e análise do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM):** A metodologia de Martins e Cândido (2012) tem como objetivo avaliar os níveis de sustentabilidade de cada município através da construção de índices de desenvolvimento sustentável, tendo como fonte primária a coleta de dados em locais específicos. Através da escolha das 6 dimensões: sociais, econômicas, demográfica, político-institucional, ambiental e cultural, proposta por Waquil et al.(2006), buscando de forma completa caracterizar o espaço geográfico brasileiro. Nesse método é necessário definir quando o indicador se apresenta como relação positiva ou negativa:

- O indicador se apresenta como relação positiva: quando verificado que, quanto maior o indicador melhor será o índice, e quanto menor o indicador, pior será o índice;
- O indicador se apresenta como relação negativa quando: verificado que, quanto maior o indicador, pior será o índice, quanto menor o indicador, melhor será o índice.

Como foi contextualizado o tipo relação positiva ou negativa que os indicadores podem apresentar com o desenvolvimento sustentável, levam a diferentes unidades de medida. Desta forma surge a necessidade de os indicadores serem transformados em índices, que possibilitem a agregação nas suas respectivas dimensões para a mensuração do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM). Os cálculos para fazer essa transformação são:

Quando a relação é positiva:  $I = (x-m)/(M-m)$  (equação 01);

Quando a relação é negativa:  $I = (M-x)/(M-m)$  (equação 02)

Onde:

(I = índice calculado para cada estado e município);

(x = valor de cada variável em cada estado e município);

(m = valor mínimo identificado no município);

(M = valor máximo identificado no município).

Após a transformação de cada indicador em índices, é realizada a agregação desses índices por dimensão, através da média aritmética, chegando-se ao IDSM social, demográfico, econômico, político-institucional, ambiental e cultural. O IDSM final será calculado através

da média aritmética dos IDSM das dimensões. Para classificar esses índices referentes a cada indicador, ao IDSM das dimensões e ao IDSM final, é utilizado um conjunto de cores que correspondem a uma escala definida, que caracteriza os níveis de sustentabilidade para cada localidade, conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Classificação e representação dos índices em níveis de sustentabilidade (Fonte: Martins e Cândido, 2012)

ÍNDICE (0 - 1)	COLORAÇÃO	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE
<b>0,0000 - 0,2500</b>		<b>CRÍTICO</b>
<b>0,2501 - 0,5000</b>		<b>ALERTA</b>
<b>0,5001 - 0,7500</b>		<b>ACEITÁVEL</b>
<b>0,7501 - 1,0000</b>		<b>IDEAL</b>

A metodologia foi aplicada aos estados brasileiros, cujo objeto é verificar os níveis de sustentabilidade. A partir do cálculo da cada índice para cada estado brasileiro, agregando-se através de uma média aritmética todos os índices para a composição do IDSM por dimensão social, demográfica, econômica, político-institucional, ambiental e cultural para cada estado brasileiro foi calculado o percentual para cada nível de sustentabilidade em relação a cada dimensão para o conjunto de estados. Os resultados são apresentados na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Representação percentual dos níveis de sustentabilidade por dimensão para os estados brasileiros. (Fonte: Martins e Cândido, 2012)

Representação do nível de sustentabilidade	Social	Demográfica	Econômica	Político-Institucional	Ambiental	Cultural
Ideal	3.70	0,00	3.70	0.00	3.70	3.70
Aceitável	48.15	33.33	33.33	3.70	55.56	7.41
Alerta	48.15	66.77	48.16	85.19	40.74	14.81
Crítico	0.00	0.00	14.81	11.11	0.00	74.08
Sem informação	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Com os cálculos do IDSM por dimensão para cada estado, realizou-se uma nova agregação, calculando a média aritmética (desses índices) por dimensão para a composição do IDSM final de cada estado. O calculo percentual para cada nível de sustentabilidade (ideal, alerta, crítico e sem informação) em relação ao IDSM final para o conjunto de estados do Brasil apresenta-se na tabela 4.6.

Tabela 4.6: Representação percentual dos níveis de sustentabilidade final para os estados do Brasil (Fonte: Martins e Cândido, 2012)

Representação do nível de sustentabilidade (%)	Percentual de estados do Brasil (%)
<b>Ideal</b>	<b>0.00</b>
<b>Aceitável</b>	<b>25.93</b>
<b>Alerta</b>	<b>74.07</b>
<b>Crítico</b>	<b>0.00</b>
<b>Sem informação</b>	<b>0.00</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>

Conforme resultados obtidos, foi verificado que nenhum estado brasileiro apresentou nível ideal de sustentabilidade; apenas 25,93% apresentaram aceitável; enquanto 74,07% evidenciaram nível de alerta. É relevante ressaltar que nenhum estado revelou nível crítico, mostrando que o Brasil tem perspectivas positivas de melhorar sua sustentabilidade pelos órgãos governamentais federais, estaduais e municipais, adotando políticas que reconheçam as diferenças regionais como forma de valorizar e melhorar as potencialidades e riquezas locais, a partir da introdução das condições adequadas para o processo de desenvolvimento local. O nível de sustentabilidade dos estados federativos do Brasil, pode ser visualizada no mapa a seguir (Figura 4.4) pela representatividade do IDSM final para todos os estados do Brasil.

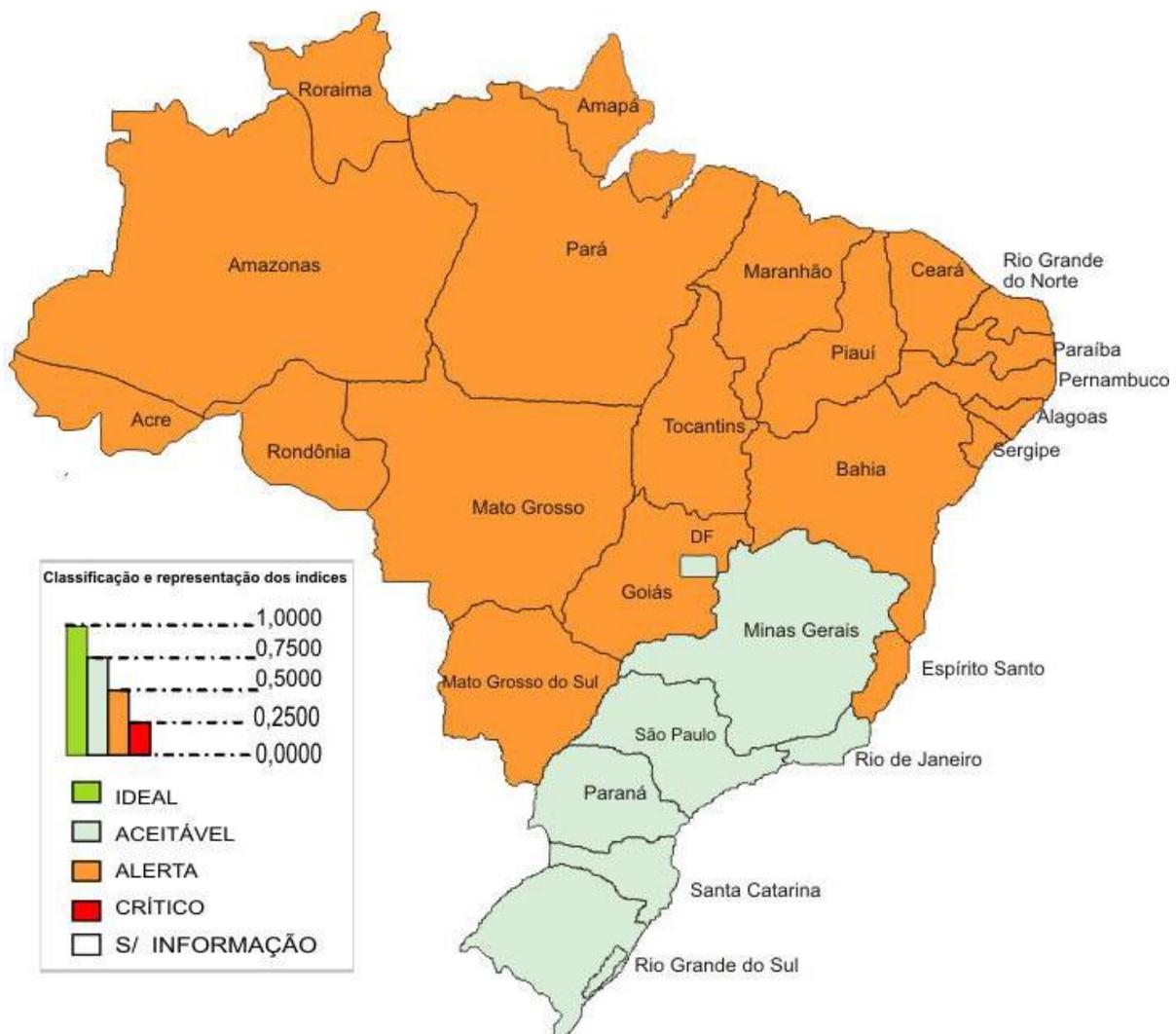


Figura 4.4: Nível de sustentabilidade dos estados federativos do Brasil.  
Fonte: (Martins e Cândido, 2012)

A Figura 4.4 demonstra que a Região Sul e Sudeste possuíam níveis de sustentabilidade mais satisfatórios do que as Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, mostrando as desigualdades regionais existentes no Brasil. É possível verificar a adequação das atuais políticas públicas por todas as esferas governamentais, visando definir num futuro próximo, novas políticas públicas, de acordo com as necessidade e características evidenciadas por cada estado, no

sentido de melhorar os níveis de sustentabilidade por meio de melhores resultados na sustentabilidade: social, demográfica, ambiental, político-institucional, ambiental e cultural.

**Nota Técnica DEA – 21/10 – Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de UHE e LT”, publicada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2010b):** Esta metodologia da EPE tem como objetivo avaliar os impactos positivos e negativos da implantação da LT. A avaliação se faz na dimensão socioeconômica e na dimensão ambiental (meio físico e biótico), compondo assim o desenvolvimento sustentável.

Para Ferreira, Cassiolato e Gonzales (2009), o indicador é uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotado de significado particular e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação. É um resumo metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado.

Os critérios adotados para selecionar os indicadores não se prenderam apenas à sua importância, mas a existência de dados e a qualidade das informações para ser possível uma avaliação criteriosa e confiável (EPE, 2010b). Segundo a EPE, foram definidos 11 indicadores, classificados seis deles na dimensão ambiental e cinco na dimensão socioeconômica conforme apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Dimensão Ambiental e Socioeconômica (Fonte: (Adaptado EPE, 2010b)

Indicadores Selecionados			
Dimensão	Indicadora	Temas	Dados Necessários
Ambiental	Extensão do corredor	Terra	Extensão do corredor(km)
	Presença e/ou proximidade de UCs no corredor da LT	Biodiversidade	Identificação e posicionamento de Unidades de Conservação próximas ou dentro do corredor, por categoria de UC
	Presença de APCB no corredor	Biodiversidade	Identificação e posicionamento de APCB no corredor, por categoria de APCB
	Presença de áreas de formações florestais no corredor	Terra	Identificação e quantificação das áreas de formações florestais no corredor (km2)
	Presença de áreas de vegetação secundária no corredor	Terra	Identificação e quantificação das áreas de vegetação secundária no corredor (km2)
	Presença de áreas de savana e/ou estepe no corredor	Terra	Identificação e quantificação das áreas de savana no corredor (km2)
Socioeconômica	Presença e/ou proximidade de Terra(s) Indígena(s) no corredor	População	Identificação e posicionamento de Terras Indígenas próximas ou dentro do corredor
	Presença de assentamento(s) do INCRA no corredor	População	Identificação e posicionamento de assentamentos do INCRA no corredor
	Presença de áreas urbanas no corredor	População	Identificação e quantificação das áreas de áreas urbanas no corredor (km2)
	Presença de áreas de agropecuária e silvicultura no corredor	Quadro Econômico	Identificação e quantificação das áreas de áreas de agropecuária e silvicultura no corredor (km2)
	Empregos diretos a serem gerados na fase de implantação da linha	Quadro Econômico	Número de empregos diretos a serem gerados na fase de implantação da linha

Conforme a NT DEA 21/10, cada indicador é submetido a uma média aritmética simples, onde o mesmo é indexado a uma classificação. A NT DEA 21/10 considerou 5 classes de intervalos: desde “Muito baixa” até “Muito Alta”. Entre esses extremos são atribuídos 3 níveis intermediários: “Baixa”, “Média” e “Alta”. O indicador de sustentabilidade de uma LT assume valores entre “0” e “1”. Atribuindo para “0” – **“Muito baixa sustentabilidade”**. A outra extremidade assume valor **“1”- “Muito alta sustentabilidade”** conforme ilustrado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Classificação dos indicadores de Sustentabilidade  
(Fonte: Adaptado de EPE, 2010b)

Indicador (i)	Classificação
$i \leq 0,2$	Muito Baixa
$0,2 < i \leq 0,4$	Baixa
$0,4 < i \leq 0,6$	Média
$0,6 < i \leq 0,8$	Alta
$0,8 < i \leq 1,0$	Muito Alta

Para calcular o Indicador Ambiental (IA) da LT usa-se a média aritmética simples aos valores atribuídos aos indicadores classificados na dimensão ambiental. De forma análoga para valores atribuídos aos Indicadores na dimensão socioeconômica para determinar o Indicador Socioeconômico (ISE). Para se obter o índice de sustentabilidade da LT calcula-se a média aritmética simples de IA e ISE. Colocando em um mesmo plano cartesiano o IA e o ISE, o diagrama é dividido em 5 regiões e em cada região é indicado o grau de sustentabilidade da LT. Uma LT será considerada de “Muito Alta Sustentabilidade” quando os seus indicadores ambientais e socioeconômicos forem ambos superiores 0,8. No outro extremo do diagrama uma LT será considerada de “Muito baixa Sustentabilidade” quando os seus indicadores forem inferiores a 0,2. A escala encontra-se ilustrada na Figura 4.5.

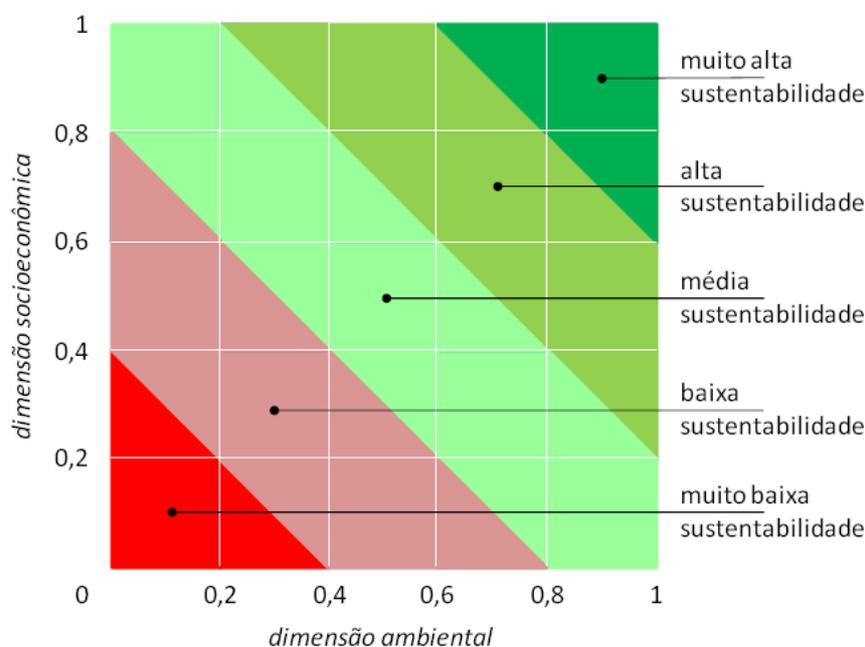


Figura 4.5: Índice de Sustentabilidade (Fonte: EPE, 2010)

#### 4.2.1 Indicadores considerados na metodologia da EPE na avaliação da sustentabilidade de LT

Na metodologia EPE as dimensões ambiental e socioeconômica analisam-se de acordo com o conjunto de indicadores listados na Tabela 4.7. Estes agora serão detalhados indicando o processo de quantificação e como este dá origem a uma classificação da sustentabilidade do projeto.

Na dimensão Ambiental são considerados indicadores descritos em seguida:

1. Extensão do Corredor: o indicador tem como finalidade avaliar o impacto negativo causado pela liberação da área para a implantação de uma LT. A implementação de um sistema de LT requer a definição de uma faixa de servidão de 50m a 90m, cujo objetivo é limitar o uso do solo na presença de certo tipo de vegetação e evitar, também, interferências de Unidades de Conservação – UC, Terras Indígenas – TI, Áreas de florestas nativas e centros urbanos. As classes do indicador de extensão do corredor são definidas a partir dos menores impactos na implantação quanto menor for a extensão do corredor da LT (EPE, 2010b). A Tabela 4.9 mostra como é feita a mensuração da sustentabilidade no indicador de extensão do corredor.

Tabela 4.9: Classes do indicador extensão de corredor (Fonte: EPE, 2010b)

<b>Intervalos (valores em km)</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 50</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>50 &lt; i \leq 100</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>100 &lt; i \leq 300</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>300 &lt; i \leq 600</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 600</math></b>	<b>Muito baixa</b>

2. Presença e/ou proximidades de Unidades de Conservação (UC): o objetivo desse indicador é avaliar a interferência da largura do corredor de uma linha de transmissão, que pode variar entre 10 km e 20 km. Classificam-se direta e indiretamente interferências de corredores com UC. Interferências diretas são divididas em integral e parcial. Considera-se interferência integral quando a largura do corredor é 10 km, e se insere dentro da área protegida. Considera-se interferência parcial quando 50% da sua largura, em km, atravessa a área protegida. Considera-se interferência indireta quando o corredor se localiza próximo das áreas protegidas, ou seja, considerando sempre como critério a distância de 10 km de aproximação da área legalmente protegida. Portanto, o indicador de proximidade e/ou presença em UC tem como critério as distâncias, entre os limites do corredor e a UC. A LT será classificada “muito baixa” quando necessariamente atravessar uma UC de proteção integral (EPE, 2010b). A Tabela 4.10 ilustra os valores limites das classes de sustentabilidade no indicador de interferência em UC.

Tabela 4.10: Classes do indicador presença e/ou proximidade de UC (Fonte: Adaptada de EPE, 2010b)

<b>Classes</b>	<b>Intervalos das Classes</b>
Muito Alta	Corredor distante 10km ou mais de UC de proteção integral
Alta	Corredor contém UC de uso sustentável, mas o trajeto da LT pode ser desviado da UC
Média	Corredor contém UC de proteção integral, mas o trajeto da LT pode ser desviado da UC
Baixa	Corredor contém UC de uso sustentável e a LT necessariamente a atravessará
Muito Baixa	Corredor contém UC de proteção integral e a LT necessariamente a atravessará

3. Presença e/ou proximidade de Área(s) Prioritária(s) para a Conservação da Biodiversidade (APCB): uma APCB é, potencialmente, uma área para futura constituição de uma UC. O objetivo desse indicador de interferência em APCB é medir os efeitos negativos da interferência de LT. Considera o somatório das áreas de APCBs inseridas no corredor e quanto maior a fração da área do corredor interferindo em APCB, menor é a classe de sustentabilidade atribuída ao indicador (EPE, 2010), conforme ilustrado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Classes do indicador presença e/ou proximidade de APCB (Fonte: adaptada de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b> (valores em km <sup>2</sup> )	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 50</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>50 &lt; i \leq 100</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>100 &lt; i \leq 150</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>150 &lt; i \leq 200</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 200</math></b>	<b>Muito baixa</b>

4. Presença de formações florestais: o indicador tem por objetivo comparar os projetos quanto a sua potencial interferência em florestas, decorrente da eliminação de vegetação para a implantação da LT e para a abertura de estradas de acesso. As classes do indicador foram estabelecidas considerando que quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da LT e maior o impacto potencial do projeto (EPE, 2010b). A Tabela 4.12, apresenta a gradação de sustentabilidade estabelecida para efeito de avaliação desse indicador.

Tabela 4.12: Classes do indicador presença de formações florestais % de área do corredor correspondente a áreas de formações florestais (Fonte: (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 20\%</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>20\% &lt; i \leq 40\%</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>40\% &lt; i \leq 60\%</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>60\% &lt; i \leq 80\%</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 80\%</math></b>	<b>Muito baixa</b>

5. Presença de vegetação secundária: o indicador tem por objetivo comparar os projetos quanto a sua potencial interferência nesse tipo de vegetação, decorrente da eliminação de vegetação para a implantação da LT e para a abertura de estradas de acesso. As classes do indicador foram estabelecidas considerando que quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da linha e maior o impacto potencial do projeto. A Tabela 4.13 mostra critérios para as classes de sustentabilidade estabelecidas para esse indicador.

Tabela 4.13: Classes do indicador presença de vegetação secundária (% ) de área do corredor correspondente a áreas de vegetação secundária (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 1\%</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>1\% &lt; i \leq 2,5\%</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>2,5\% &lt; i \leq 5\%</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>5\% &lt; i \leq 10\%</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 10\%</math></b>	<b>Muito baixa</b>

6. Presença de áreas de savana e/ou estepe: o indicador tem por objetivo comparar os projetos quanto a sua potencial interferência nesse tipo de vegetação, decorrente de desmatamentos para a implantação da LT e para a abertura de estradas de acesso. As classes do indicador foram definidas com base no percentual de área do corredor em que ocorre savana e/ou estepe (EPE, 2010b). O critério adotado considera que quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da linha e, maior o impacto potencial do projeto (EPE, 2010b). A Tabela 4.14 apresenta o critério para efeito de avaliação de sustentabilidade desse indicador.

Tabela 4.14: Classes do indicador presença de áreas de savana e/ou estepe (%) de área do corredor correspondente a áreas de savana e/ou estepe (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 20\%</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>20\% &lt; i \leq 40\%</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>40\% &lt; i \leq 60\%</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>60\% &lt; i \leq 80\%</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 80\%</math></b>	<b>Muito baixa</b>

Na dimensão socioeconômica são considerados 5 indicadores descrito em seguida:

7. Presença de áreas de agropecuária e silvicultura: o indicador tem como finalidade medir o potencial da LT de afetar essas atividades econômicas rurais. Quando da definição do traçado da LT, é necessário considerar aspectos importantes à produtividade dos campos atravessados, como também a estrutura fundiária local, tendo como objetivo não desarticular o sistema agrícola instalado. As classes do indicador foram estabelecidas com base no percentual de área do corredor que corresponde à agropecuária e silvicultura. Quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso da terra, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da linha, todavia, maior o impacto potencial do projeto (EPE, 2010b). Na Tabela 4.15 mostram-se os critérios para as classes de sustentabilidade estabelecidas para esse indicador.

Tabela 4.15: Classes do indicador presença de áreas de agropecuária e silvicultura % de área do corredor correspondente a áreas agropecuária e/ou silvicultura (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 20\%</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>20\% &lt; i \leq 40\%</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>40\% &lt; i \leq 60\%</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>60\% &lt; i \leq 80\%</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 80\%</math></b>	<b>Muito baixa</b>

8. Presença e/ou proximidade de Terra Indígena (TI): o objetivo desse indicador é avaliar se a TI atravessada pelo corredor ocupa toda a largura deste, não restando assim área livre para a passagem da LT, dentro do corredor da LT em implantação. Corredor distante 10 km ou menos de uma TI, é classificada como tendo sustentabilidade “alta” no que concerne ao impacto. A classe “média” é atribuída àqueles corredores que atravessam uma TI, porém existe área livre dentro do corredor para que a futura LT seja desviada. A situação de maior interferência é aquela onde a futura LT precisará atravessar a TI, sendo a esta atribuída sustentabilidade “muito baixa” (EPE, 2010b). A Tabela 4.16 apresenta os critérios estabelecidos para efeito de avaliação desse indicador.

Tabela 4.16: Classes do indicador presença e/ou proximidade de TI (Fonte: adaptado de EPE, 2010)

<b>Classes</b>	<b>Intervalos das Classes</b>
<b>Alta</b>	Corredor distante 10km ou menos de terra indígenas
<b>Média</b>	Corredor atravessando terra indígena, mas a futura linha poderá ser desviada da TI
<b>Muito Baixa</b>	Se a futura linha necessariamente atravessará TI

9. Presença de assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA: o objetivo desse indicador é avaliar o assentamento atravessado pela extensão do corredor da LT e se o mesmo ocupa toda a largura do assentamento, não restando assim área livre para a passagem da LT dentro do corredor em estudo. No caso de corredor que atravessa um assentamento, mas onde existe área livre dentro do corredor para que a futura LT seja desviada, a sustentabilidade é classificada como “baixa”. A maior interferência é aquela onde a futura LT precisará atravessar o projeto de assentamento, sendo-lhe atribuída

sustentabilidade “muito baixa” (EPE, 2010b). Na Tabela 4.17 estão indicados os critérios estabelecidos para efeito de avaliação desse indicador.

Tabela 4.17: Classes do indicador presença de assentamentos do INCRA (Fonte: adaptado de EPE, 2010)

<b>Classes</b>	<b>Intervalos</b>
<b>Baixa</b>	Se o corredor contém áreas de assentamento(s), mas a futura linha poderá ser desviada dele(s)
<b>Muito Baixa</b>	Se a futura LT necessariamente atravessará assentamento(s)

10. Presença de áreas urbanas: o objetivo do indicador é identificar a área e evitá-la, tanto pelo impacto que a linha causa no meio urbano, quanto pela pouca disponibilidade na área de local livre para futuras instalações de LT. Em áreas densamente povoadas, já se estuda a possibilidade de implantação de LT subterrâneas, sendo que, o custo associado a esse tipo de linha é elevado, inviabilizando frequentemente a sua implantação. Nas classes do indicador foram definidas como critério o percentual do corredor que corresponde à presença de áreas urbanas. Quanto maior o percentual do corredor ocupado por essa área, menor a probabilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da LT, maior o impacto potencial do empreendimento e menor a sustentabilidade. Na Tabela 4.18 apresenta-se o critério estabelecido para efeito de avaliação desse indicador (EPE, 2010b).

Tabela 4.18: Classes do indicador presença de áreas urbanas (%) de área do corredor correspondente a áreas urbanas (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i \leq 1\%</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>1\% &lt; i \leq 2,5\%</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>2,5\% &lt; i \leq 5\%</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>5\% &lt; i \leq 10\%</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i &gt; 10\%</math></b>	<b>Muito baixa</b>

11. Empregos gerados diretos: o objetivo do indicador é mensurar a quantidade de empregos gerados pela implantação da LT. O cálculo do número de empregos gerados é determinado em função da extensão da linha prevista. Para cada km de linha, estima-se a geração de três empregos diretos na fase de construção. Nas linhas previstas para circuito duplo, cada km é multiplicado por seis para a obtenção do número de empregos diretos gerados. As classes do indicador foram definidas tendo como critério o total de empregos gerados pela implantação da LT. Quanto maior o número de empregos gerados, maior a classificação de sustentabilidade, uma vez que este número é positivo para a região atravessada pela LT. A Tabela 4.19 apresenta o critério estabelecido para efeito de avaliação desse indicador (EPE, 2010b).

Tabela 4.19: Classes do indicador dos números de empregos gerados diretamente (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalos</b>	<b>Classificação</b>
<b><math>i &gt; 5000</math></b>	<b>Muito alta</b>
<b><math>2500 &lt; i \leq 5000</math></b>	<b>Alta</b>
<b><math>1000 &lt; i \leq 2500</math></b>	<b>Média</b>
<b><math>500 &lt; i \leq 1000</math></b>	<b>Baixa</b>
<b><math>i \leq 500</math></b>	<b>Muito baixa</b>

## **5. SUSTENTABILIDADE DA LINHA DE TRANSMISSÃO TUCURUÍ-MANAUS –LOTE ORIXIMINÁ A CARIRI.**

Neste capítulo, será apresentada a aplicação do estudo de caso. O estudo de caso escolhido foi um trecho da Linha de Transmissão 500 KV Tucuruí – Manaus: Oriximiná – Cariri. Composto pelas 3 cidades paraenses e 9 cidades amazonenses, incluindo a capital Manaus-AM, destacando-se a biodiversidade que existe nessa região.

### **5.1 Seleção de critérios e métodos**

Os critérios para a escolha dos indicadores de sustentabilidade a serem utilizados neste estudo de caso procurou seguir a abordagem de Martins e Cândido (2012), tendo como objetivo procurar em cada um dos indicadores selecionados, os seguintes itens:

- a) ser significativo para a realidade investigada e para o enfoque da pesquisa;
- b) ser relevante para as tomadas de decisões que podem orientar os nossos governantes;
- c) refletir as mudanças temporais;
- d) permitir um enfoque integrado e sistêmico;
- e) utilizar variáveis mensuráveis;
- f) ser de fácil interpretação e comunicação;
- g) ter uma metodologia bem definida, coesa, transparente e objetiva aos propósitos da investigação e da realidade de hoje.

Além desses critérios, o motivo principal para a escolha dos indicadores foi a disponibilidade de todos os dados serem de fontes confiáveis e terem por base uma metodologia específica para avaliar a sustentabilidade de uma Linha de Transmissão em uma determinada região do Brasil. As fontes primárias a “NOTA TÉCNICA DEA 21/10 - Metodologia para avaliação da Sustentabilidade socioeconômica e ambiental de Usina Hidrelétrica - UHE e Linha de Transmissão - LT” (EPE, 2010b) e o Estudo de Impacto Ambiental – EIA (Manaus Transmissora/ Biodinâmica Rio, 2009), permitem assegurar que os indicadores EPE (2010b) previamente apresentados se adequam aos critérios referidos, sendo assim considerados nesta avaliação. Adicionalmente, como auxílio na transformação do indicador para índice foi utilizado como modelo de cálculo, representado através da equação 1, do método Cálculo e análise do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios - IDSM (Martins e Cândido, 2012).

## 5.2 Implementação da metodologia proposta

O objetivo é identificar os pontos positivos e negativos causados pela implantação da Linha de Transmissão. Essa avaliação é direcionada em duas dimensões: dimensão ambiental (meio físico e biótico) e a dimensão socioeconômica, compondo assim, o conceito de desenvolvimento sustentável.

### 5.2.1 Dimensão Ambiental

A avaliação do empreendimento, que corresponde ao trecho Oriximiná a Cariri, será iniciada pela dimensão ambiental, abordando os seguintes indicadores:

1. **Extensão do corredor:** Pretende avaliar a implantação da linha de transmissão em relação a sua área de servidão. A faixa de servidão tem como objetivo criar uma área de segurança, proibindo construções habitacionais e o uso do solo para atividades econômicas e de forma pré-definida às alturas de alguma vegetação próximo a faixa de servidão, como é mostrada na Figura 5.1. Deve evitar, também, áreas indígenas e unidades de conservação.



Figura 5.1: Faixa de servidão da LT 500 KV próximo a estrada AM-010 – Manaus - Itacoatiara (Fonte: Viana, 2016)

A definição das classes do indicador de extensão do corredor parte da hipótese que os impactos ambientais do empreendimento serão menores quanto menor for a extensão da Linha de transmissão.

As linhas de transmissão de Oriximiná a Cariri, distam uma extensão de 556,30 km. De acordo com a Tabela 4.8, corresponde a um intervalo de classe ( $300\text{km} < i \leq 600\text{km}$ ), classificando a extensão do corredor de 556,30 km da LT 500 KV a uma classe de sustentabilidade baixa.

Fazendo uma adaptação ao método de cálculo do IDSM, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_1$  = índice da extensão do corredor em km;

$i = 556,30$  km (Indicador de extensão do corredor da LT 500KV)

$m = 300$  km (valor mínimo de extensão do corredor de uma LT)

$M = 600$  km (valor máximo de extensão do corredor de uma LT)

$$I_1 = (i-m)/(M-m) \text{ equação 01}$$

$$I_1 = (556,30 - 300)/(600 - 300) = \mathbf{0,85} \text{ (Índice da extensão do corredor da LT 500 KV)}$$

**2. Presença e/ou proximidades de Unidades de Conservação (UC):** Tem como objetivo avaliar a interferência da largura ou faixa de servidão do corredor de uma linha de transmissão dentro ou próxima de uma área de Unidade de Conservação – UC. As UC's são consideradas barreiras para se evitar ocupação desordenada e predatória de ambientes naturais. Destacando como exemplo no município de Nhamunda, em torno das áreas de influência da linha de transmissão 500KV Oriximiná – Cariri, existem 6 (seis) UC's a menos de 10 km do trecho preferencial, como mostra a Figura 5.2. Na tabela 5.1 a seguir estão mencionados as Unidades de Conservação – UC's classificadas por categorias em seus municípios onde a LT 500 KV se aproxima em km.

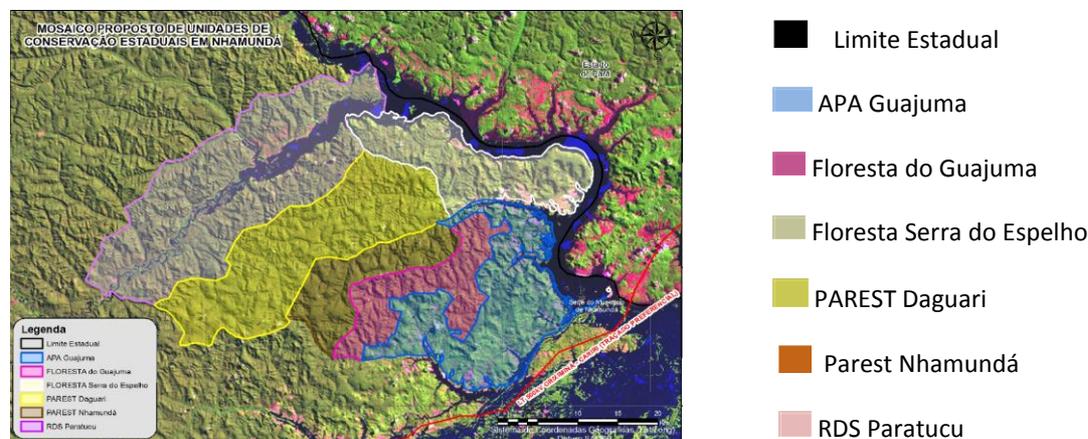


Figura 5.2: Unidades de Conservação em Nhamundá (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Tabela 5.1: Unidades de Conservação nos Municípios por categoria (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

NOME	ÂMBITO/ÓRGÃO GESTOR	CATEGORIA	ÁREA (ha)	MUNICÍPIO(S)	MENOR DISTÂNCIA À LT (km)
Flona Saracá – Taquera	Federal /ICMBio	US	429.600	Oriximiná, Terra Santa e Faro	0,03
<b>APA do Nhamundá</b>	<b>Estadual /IPAAM</b>	<b>US</b>	<b>195.900</b>	<b>Nhamundá e Parintins</b>	<b>Atravessada em 24,9km</b>
PAREST Nhamundá	Estadual /IPAAM	PI	28.370	Nhamundá	1,2
RDS do Uatumã Estadual	Estadual /IPAAM	US	424.430	São Sebastião do Uatumã e Itapiranga	9,1
APA Margem Esquerda do Rio Negro Setor Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim	Estadual /IPAAM	US	56.793	Manaus	9,9
APA Tarumã-Ponta Negra	Municipal /SEMMA	US	22.600	Manaus	2,4
RPPN Norikatsu Miyamoto	Municipal /Particular	US	77	Manaus	1,7
CEU das Cachoeiras do Tarumã *	Municipal /SEMMA	PI	409	Manaus	7,7
Jardim Botânico Adolpho Ducke	Municipal /SEMMA	PI	500	Manaus	10,7
Reserva Florestal Walter Egler *	Federal /INPA	US	709	Rio Preto da Eva	Atravessada em 0,08km
Reserva Florestal Adolpho Ducke*	Federal /INPA	US	10.000	Manaus	2,1

Legenda: NOME: **APA** – Área de Proteção Ambiental; **PAREST** – Parque Estadual; **FLONA** – Floresta Nacional; **RDS** – Reserva de Desenvolvimento Sustentável; **RPPN** – Reserva Particular do Patrimônio Natural; **CEU** – Corredor Ecológico Urbano. **ÂMBITO / ÓRGÃO GESTOR**: ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; **IPAAM** – Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas; **INPA** – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; **SEMMA** – Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **CATEGORIA**: **PI** – Proteção Integral; **US** – Uso Sustentável. Nota: (\*) Essas áreas protegidas municipais, embora não sejam UCs, são Espaços Territoriais Especialmente Protegidos (de PI ou US) integrantes do SMUC – Sistema Municipal de Unidades de Conservação.

Portanto, o indicador de proximidade e/ou presença em UC tem como critério a distância, entre o limite do corredor da LT 500 KV e a UC. Verifica-se que a Unidade de Conservação - UC APA do Nhamundá (195.900 ha) em negrito na tabela 5.1, nos municípios de Nhamundá e Parintins, é atravessada pela LT 500KV por 24,9 km de extensão. Este é considerado o mais crítico, devido a sua extensão ser maior que as outras UC's por onde atravessa a LT. Segundo o indicador, uma interferência direta e integral ocorre quando a largura do corredor de uma Linha de Transmissão de 10 km se insere dentro (100%) da Unidade de conservação – UC. Quando a interferência é direta e parcial, considera-se 50%. A largura do corredor da LT 500 KV é 10km, e se insere dentro (100%) da área de UC APA do Nhamundá, classificando o

indicador presença e/ou proximidades de Unidades de Conservação (UC) a uma sustentabilidade baixa.

Através do método de cálculo do IDSM, transforma indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível mensurar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_2 =$  Índice de proximidade e/ou presença em UC

$i = 100\%$  (Indicador de proximidade e/ou presença em UC)

$m = 0,0\%$  (valor mínimo de interferência de proximidade e/ou presença em UC)

$M = 100\%$  (valor máximo de interferência de proximidade e/ou presença em UC)

$I_2 = (i-m)/(M-m)$  (equação 01)

$I_2 = (100 - 0,0)/(100 - 0,0) = 1,0$  (**Índice de proximidade e/ou presença em UC**)

**3. Presença e/ou proximidade de Área(s) Prioritária(s) para a Conservação da Biodiversidade - APCB:** Como comentado no capítulo 2, esta é uma área com grande potencial para se tornar uma futura Unidade de Conservação – UC. O objetivo é medir os efeitos negativos em relação à interferência que a linha de transmissão irá causar a essas áreas. Conforme textualizado no capítulo 4.2, quanto maior a fração da área do corredor interferindo em APCB, menor é a classe de sustentabilidade atribuída ao indicador. Observando a Tabela 5.2, temos cinco áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, ou seja, apresentam características com potencial para o estabelecimento de Unidades de Conservação de Proteção Integral ou de Uso Sustentável. Elas são interceptadas pelas Áreas de Influência da linha de transmissão.

Tabela 5.2: Área de biodiversidade (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

NOME	ÁREA (km <sup>2</sup> )	IMPORTÂNCIA	PRIORIDADE	PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UC's	PRESEÇA DE ESPÉCIES DE INTERESSE	ÁREA DA APCB (km <sup>2</sup> ) INSERIDAS NO CORREDOR DA LT
Rio Amazonas (Am 222)	18.080	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Não	*	8,06
Mosaico do Baixo Uatumã/ Amazonas II (Am 210)	5.507	Muito Alta	Extremamente Alta	Sim (Uso Sustentável e Mosaicos/Corredores)	*	7,50
Várzea Médio Amazonas (Am 188)	22.200	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Sim (Uso Sustentável e Mosaicos/Corredores)	*	6,04
Manaus Presidente Figueiredo – Itacoatiara (Am 199)	20.070	Extremamente Alta	Extremamente Alta	Sim (Proteção Integral)	Sim (sauim-de-coleira)	11,07

Nota: (\*) Nessas áreas não foram identificadas espécies de interesse (raras, endêmicas e ameaçadas).

Considerando o somatório das áreas de APCB's inseridas no corredor da Linha de Transmissão, como mostra a Tabela 5.2 acima. Conforme o indicador 3 da Tabela 4.10 é ilustrado na Tabela 5.3 a sua classe escolhida. A sua sustentabilidade é muito alta.

Tabela 5.3: Indicador de presença e/ou proximidade de APCB

Intervalo i em km <sup>2</sup>	Classificação
<b>i = 32,67 km<sup>2</sup> ≤ 50 km<sup>2</sup></b>	<b>Muito alta</b>

Aplicando o método de cálculo do IDSM, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_3$  = Índice de presença e/ou proximidade de APCB

$i = 32,67 \text{ km}^2$  (Indicador de presença e/ou proximidade de APCB)

$m = 0,0 \text{ km}^2$  (valor mínimo de interferência de presença e/ou proximidade de APCB)

$M = 50 \text{ km}^2$  (valor máximo de interferência de presença e/ou proximidade de APCB)

$I_3 = (i-m)/(M-m)$  (equação 1)

$I_3 = (32,67 - 0,0)/(50 - 0,0) = 0,65$  (Índice de presença e/ou proximidade de APCB)

**4. Presença de formações florestais:** Esse indicador tem como objetivo diminuir o impacto ambiental referente à interferência da faixa de servidão (62 m) da Linha de Transmissão 500KV nas áreas com presenças de formações florestais, ou seja, a eliminação dessas florestas, como mostra a Figura 5.3.



Figura 5.3: Supressão da vegetação na faixa de servidão (Fonte: Eletrosul Centrais Elétricas S.A., 2002).

O critério estabelecido é o seguinte: quanto maior o percentual da área do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da Linha de Transmissão 500 KV Oriximiná a Cariri, e maior o impacto potencial do projeto (EPE, 2010b). Conforme o Estudo de Impacto Ambiental – EIA, usando

como referência a extensão do corredor em 556,30 km e a faixa de servidão em 62 m, chega-se a uma área total de aproximadamente 34,49km<sup>2</sup> para a linha de transmissão Oriximiná a Cariri. Observa-se que a superfície total da faixa de servidão é ocupada por 54,79% em floresta Ombrófila Densa, floresta Aluvial (localmente chamada de igapó) e formações pioneiras. As Figuras 5.4, 5.5 e 5.6, mostram exemplos dessas florestas e formações pioneiras, respectivamente.

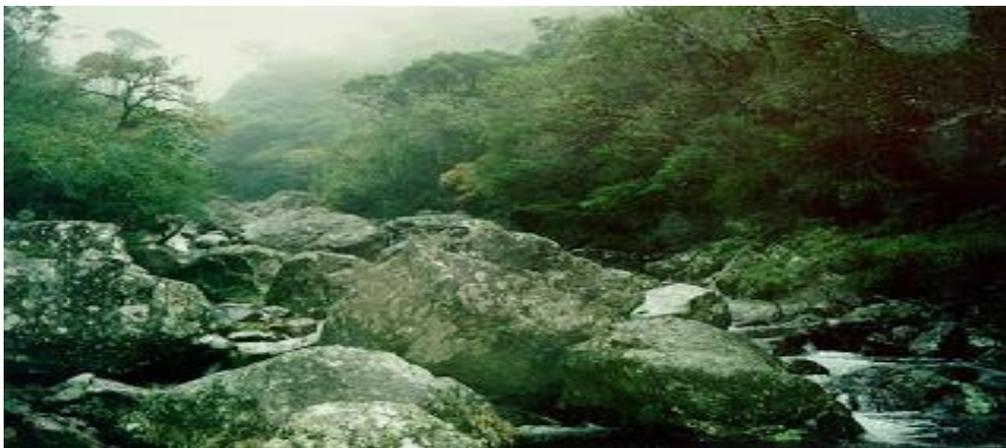


Figura 5.4: Floresta Ombrófila Densa (Fonte: Vegetação do Brasil, 2010)

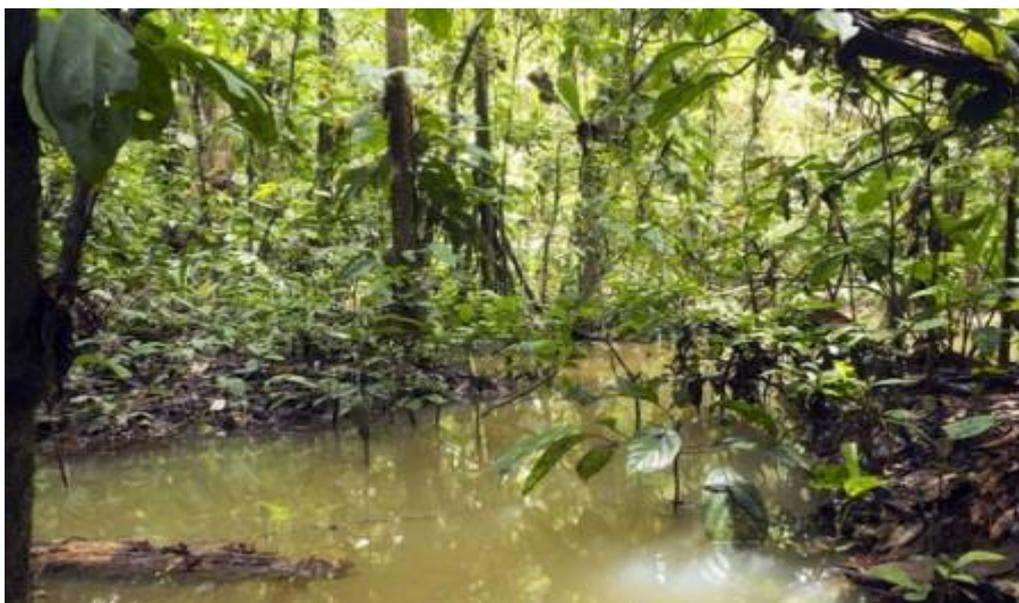


Figura 5.5: Floresta Densa Aluvial – Chama de Igapó (Fonte: Read,2012)



Figura 5.6: Formações pioneiras (Fonte:Vegetação do Brasil, 2010)

Tabela 5.4: Presença de áreas de formações florestais no corredor (Fonte: adaptado em Biodinâmica Rio, 2009)

Classe de Cobertura Vegetal	Extensão (km)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
Floresta Ombrófila Densa	269,1	16,68	48,36
Floresta Ombrófila Aluvial ou igapó	12,3	0,76	2,21
Formações Pioneiras (APP)	23,5	1,46	4,22
<b>LT Oriximiná a Cariri</b>	<b>556,30</b>	<b>34,49</b>	<b>54,79</b>

Pelo critério estabelecido pelas classes do indicador presença de formações florestais no capítulo 2, o percentual (%) de área do corredor ocupado áreas de formações florestais, é de **54,79%**. Conforme o indicador 4 (Tabela 4.11) é ilustrado na Tabela 5.5 a sua classe escolhida. A sua sustentabilidade é média.

Tabela 5.5: Formação florestais (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

Indicador $i = 54,79\%$	Classificação
$40\% < 54,79\% \leq 60\%$	<b>Média</b>

Aplicando o método de cálculo do IDS<sub>M</sub>, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_4$  = Índice de Presença de formações florestais

$i = 54,79\%$  (Indicador de presença de formações florestais)

$m = 40\%$  (valor mínimo de presença de formações florestais)

$M = 60\%$  (valor máximo de presença de formações florestais)

$$I_4 = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 01)}$$

$$I_4 = (54,79 - 40)/(60 - 40) = 0,73 \text{ (Índice de presença de formações florestais)}$$

**5. Presença de áreas de vegetação secundária no corredor:** O objetivo desse indicador é verificar o grau de interferência que esse empreendimento vai causar em relação a eliminação dessa vegetação para a implantação da linha de transmissão de 500 KV Oriximiná a Cariri. Pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2010b), quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da linha, e maior o impacto potencial do projeto. Conforme mostram os critérios para as classes estabelecidas para esse indicador e conforme o levantamento feito através da Biodinâmica Rio (2009), a presença de área de vegetação secundária que corresponde à área do corredor da linha de transmissão é de 6,4 km<sup>2</sup>, ou seja, correspondendo aproximadamente a 19% da área total da linha de transmissão, cujo valor é de 34,49km<sup>2</sup>, conforme é mostrado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Presença de área de vegetação secundária no corredor (Fonte: adaptado de EPE, 2009)

Classe de Cobertura Vegetal	Extensão (km)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
Vegetação secundária	<b>103</b>	<b>6,4</b>	<b>19</b>
LT Oriximiná a Cariri	556,30	34,49	100

Conforme o indicador 5 (Tabela 4.12) é ilustrado na Tabela 5.7 a sua classe estratificada. A sua classe é muito baixa.

Tabela 5.7: Classes do indicador presença de vegetação secundária de área do corredor correspondente a áreas de vegetação secundária (Fonte: adaptado de EPE, 2009)

Indicador	i = 19%	Classificação
i > 10%	19% > 10%	<b>Muito baixa</b>

Aplicando o método de cálculo do IDSM, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_5 =$  Índice de presença de vegetação secundária

$i = 19\%$  (Indicador de presença de vegetação secundária)

$m = 0,0\%$  (valor mínimo de presença de vegetação secundária)

$M = 100\%$  (valor máximo de presença de vegetação secundária)

$$I_5 = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 1)}$$

$$I_5 = (19 - 0,0)/(100 - 0,0) = 0,19 \text{ (Índice de presença de vegetação secundária de área do corredor correspondente as áreas de vegetações secundária)}$$

**6. Presença de áreas de savana e/ou estepe:** É um indicador que tem a finalidade de comparar os projetos quanto a sua potencial interferência nesse tipo de vegetação, decorrente de desmatamentos para a implantação da linha de transmissão de 500KV Oriximiná a Cariri. Pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2010b), quanto maior o percentual do corredor ocupado por esse tipo de uso do solo, menor a possibilidade de ser evitada essa interferência durante a implantação da linha, e maior o impacto potencial do projeto. Conforme a pesquisa bibliográfica através do Biodinâmica Rio (2009), a presença de vegetação cerrado dentro da área do corredor da linha de transmissão é de 2,30 km<sup>2</sup>, ou seja, 6,68% da área total da linha de transmissão, cujo valor é de 34,49km<sup>2</sup>, conforme se mostra na Tabela 5.8.

Tabela 5.8: Área do corredor da linha de transmissão (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

<b>Classe de Cobertura Vegetal</b>	<b>Extensão (km)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Cerrado	37,2	2,30	6,68
LT Oriximiná - Cariri	556,30	34,49	100

Conforme o indicador 6 (Tabela 4.13) é ilustrado na Tabela 5.9 a sua classe estratificada a seguir. A sua classe é muito alta.

Tabela 5.9: Classes do indicador presença de áreas de savana e/ou estepe (%) de área do corredor correspondente a áreas de savana e/ou estepe (Fonte: adaptado de EPE, 2009)

<b>Indicador</b>	<b>i = 6,8%</b>	<b>Classificação</b>
i ≤ 20%	6,8% ≤ 20%	Muito Alta

Aplicando o método de cálculo do IDSM, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_6$  = Índice de presença de áreas de savana e/ou estepe

$i$  = 6,8% (Indicador de presença de áreas de savana e/ou estepe)

$m$  = 0,0% (valor mínimo de presença de áreas de savana e/ou estepe)

$M$  = 20% (valor máximo de presença de áreas de savana e/ou estepe)

$$I_6 = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 01)}$$

$I_6 = (6,8 - 0,0)/(20 - 0,0) = 0,34$  (Índice de presença de vegetação secundária de área do corredor correspondente as áreas de vegetações secundária )

Após a transformação dos indicadores em índices, agregam-se os valores dos índices através da média aritmética, obtendo-se o Indicador Ambiental - IA, conforme a Nota Técnica DEA –

21/10 – Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de UHE e LT” (EPE, 2010b), textualizada no tópico 4.2 e mostrado na tabela 5.10.

$IA = (I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6)/6 = (0,85+1,0+0,65+0,73+0,19+0,34)/6 = 0,62$  (Conforme tabela 4.8, o nível de sustentabilidade na Dimensão Ambiental é Alta).

Tabela 5.10: Dimensão Ambiental (Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

Dimensão	Critério	Índice
<b>Ambiental</b>	I <sub>1</sub> - Extensão do corredor	0,85
	I <sub>2</sub> - Presença e/ou proximidade de UCs no corredor da LT	1,0
	I <sub>3</sub> - Presença de APCB no corredor	0,65
	I <sub>4</sub> - Presença de áreas de formações florestais no corredor	0,73
	I <sub>5</sub> - Presença de áreas de vegetação secundária no corredor	0,19
	I <sub>6</sub> - Presença de áreas de savana e/ou estepe no corredor	0,34
<b>IA</b>	<b>Média aritmética</b>	0,62

### 5.2.2 Dimensão Socioeconômica

Será em seguida avaliada a Linha de Transmissão 500 KV, que corresponde ao trecho Oriximiná a Cariri, calculando os 5 (cinco) indicadores detalhados no capítulo 4.2.

**7. Presença de áreas de agropecuária e silvicultura:** Este indicador tem como finalidade mensurar o impacto econômico que a linha de transmissão causará nas atividades rurais. Ou seja, quanto maior o percentual da área ocupada pela linha de transmissão 500 KV Oriximiná a Cariri nas terras rurais, maior o impacto do empreendimento. Conforme os critérios para classes estabelecidas nesse indicador, o percentual (%) de área do corredor da linha de transmissão que atravessa as terras rurais corresponde às áreas de terras de agropecuária e silvicultura, como mostra a Tabela 5.11 a seguir.

Tabela 5.11: Impacto econômico (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

<b>Uso Antrópico</b>	<b>Extensão (km)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Pastagem/Agricultura	96,8	6,0	17,3
LT 500KV	556,30	34,49	100

Conforme o indicador 7 (Tabela 4.14) é ilustrado na Tabela 5.12 a sua classe escolhida. A sua classe é muito alta.

Tabela 5.12: Classes do indicador presença de áreas de agropecuária e silvicultura % de área do corredor correspondente a áreas agropecuária e/ou silvicultura ((Fonte: adaptado de EPE, 2010b)

<b>Intervalo</b>	<b>i = 17,3%</b>	<b>Classificação</b>
$i \leq 20\%$	$17,3\% \leq 20\%$	Muito alta

Fonte: EPE, 2010 (adaptado)

Observando as classes do indicador 7, verifica-se que quanto maior o percentual (%) da área ocupada pelo corredor da LT nas terras utilizadas para agropecuária e silvicultura, pior a classificação em relação ao nível de sustentabilidade. Aplicando o método de cálculo do IDSM, para transformar indicador em índice, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_7$  = Índice de presença de áreas de agropecuária e silvicultura.

$i = 17,3\%$  (Indicador de presença de áreas de agropecuária e silvicultura)

$m = 0,0\%$  (valor mínimo de presença de áreas de agropecuária e silvicultura)

$M = 20\%$  (valor máximo de presença de áreas de agropecuária e silvicultura)

$I_7 = (i-m)/(M-m)$  (equação 01)

$I_7 = (17,3 - 0,0)/(20 - 0,0) = 0,86$

**8. Presença e/ou proximidade de Terra Indígena (TI):** A finalidade deste indicador é verificar qual a classificação, em termos de sustentabilidade, que o empreendimento tem com a aproximação ou atravessando a LT pelas terras indígenas. De acordo com a Tabela 5.13 observa-se a localização e a quantidade populacional indígena, próximo a Linha de Transmissão - LT, sendo que nenhuma Terra Indígena – TI foi atravessada pela Linha de Transmissão 500KV Oriximiná – Cariri.

Tabela 5.13: Localização e a quantidade populacional indígena (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

<b>Terras Indígenas – TI</b>	<b>Municípios</b>	<b>Povos</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>População/Ano</b>	<b>Distância mínima ao traçado da LT</b>
Rio Urubu	Itacoatiara (AM)	Mura	27.354	374/1998	10,8km
Paraná do Arauató	Itacoatiara (AM)	Mura	5.915	103/1998	32,2km
Nhamundá/Mapuera	Oriximiná (PA) Faro (PA) Nhamundá (AM) Urucará (AM)	Katxuyana Hixkaryana Katuena Waiwai	1.049.520	2.218/2002	105,4km
Andirá Marauí	Aveiro (PA) Itaituba (PA) Barreirinha (AM) Maués (AM) Parintins (AM)	Sateré- Mauwé	788.528	7.376/2002	84,1km
Trombetas Mapuera	Caroebe (RR) São João da Baliza (RR) Faro (PA) Oriximiná (PA) Nhamundá (AM) Urucará (AM)	Hixkaryana Katuena Waiwai	3.970.420	500/2006	140,4km
Parque Indígena do Tumucumaque	Laranjal do Jarí (PA) Alenquer (PA) Óbidos (PA) Almeirim (PA) Oriximiná (PA)	Aparai Katxuyana Tiriyó Wayana	3.071.070	1.49/2003	240,9km

A terra indígena mais próxima da Linha de Transmissão 500 KV Oriximiná – Cariri, como mostra a Tabela 5.12 é o Rio Urubu (distância mínima de 10,8km do traçado da LT), pertencente ao município de Itacoatiara, no estado do Amazonas. A Figura 5.7, apresenta a etnia Mura no município de Itacoatiara. Tribo indígena próximo ao rio Urubu. É a que fica mais próxima da Linha de Transmissão.



Figura 5.7: Etnia Mura (fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Tabela 5.14: Classes do indicador presença e/ou proximidade de TI (Fonte: adaptado em EPE, 2010b)

Classes	Intervalos das Classes	TI escolhida
Alta	Corredor distante 10km ou menos de terra indígenas	Rio Urubu (10,8km)

Observando o indicador 8 (Tabela 4.15), verifica-se que o corredor da LT está distante 10 km ou menos de terra indígenas, o nível de sustentabilidade é alta. Seguindo o método de cálculo do IDSMM, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor ao atribuir a este índice pela equação 1.

Dados:

$I_8$  = Índice de presença e/ou proximidade de TI

$i$  = 10,8 km (Indicador de presença e/ou proximidade de TI)

$m$  = 0,0 km (valor mínimo de presença e/ou proximidade de TI)

$M$  = 10km (valor máximo de presença e/ou proximidade de TI)

$$I_8 = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 01)}$$

$$I_8 = (10,8 - 0,0)/(10 - 0,0) = 1,08$$

### 9. Presença de assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA:

O objetivo é mensurar o impacto que o empreendimento vai causar ao assentamento de terra no momento que a LT de transmissão Oriximiná – Cariri atravessar sua área de terra. Nesse indicador incorporam-se dois critérios para avaliar a sustentabilidade da linha de transmissão Oriximiná – Cariri, referente a extensão do corredor que atravessa a área de assentamento. No primeiro critério a classificação é “baixa” se o corredor da linha de transmissão atravessar um assentamento, mas se existir área livre dentro do corredor, caso seja necessário, poderá ocorrer desvio da futura linha de transmissão. O segundo critério é classificado “muito baixo” caso não haja como desviar da área de assentamento a futura linha de transmissão. Próximo ao empreendimento foram identificados as seguintes populações entornos da LT Oriximiná – Cariri:

a) Comunidades Ribeirinhas: são famílias que vivem nas margens dos rios, como é mostrada nas Figuras 5.8 e 5.9. São descendentes de índios. São chamadas de caboclos – termo usado para identificar pessoas que vivem na área rural da Amazônia. Suas economias são de subsistência, ou seja, vivem da agricultura ou pecuária, que só serve para consumo próprio. A LT passará entorno de 10km das comunidades.

b) Comunidades Quilombolas: são grupos étnico-raciais e com ancestralidade negra. Essas comunidades, como se mostra na Figura 5.10, tem direito de propriedades de terras conforme a constituição de 1988 ([http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/povos\\_e\\_comunidades\\_tradicionais/quilombolas](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/povos_e_comunidades_tradicionais/quilombolas), data: 22/03/15). De todos os municípios por onde a LT vai passar, o município de Oriximiná – PA, é o único que tem Terra Quilombola – TQ, num total de 25 comunidades. A comunidade mais próxima da LT é a Água Fria, entorno de 15,2 km. As demais terras quilombolas variam entre 18,3 km a 104 km da LT. Todas as TQ's receberam títulos de reconhecimento de domínio das terras pelo INCRA. Segundo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, pelo Estudo de Impacto Ambiental – EIA (Biodinâmica Rio, 2009), não é visto nenhum impacto nas TQ's em relação a implantação da LT Oriximiná – Cariri.



Figura 5.8: Comunidade Cabezeira Castanhal, em Oriximiná (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)



Figura 5.9: Comunidade Gato (casa ACS Gilmara), em Oriximiná (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

c) Populações Indígenas: Essas populações foram comentadas no indicador Presença e/ou proximidade de terra(s) indígena(s) no corredor.



Figura 5.10: Comunidade Quilombola (Fonte: Centro de Estudos e Defesa do Negro do Pará, 2014)

Resumindo teremos em destaques as comunidades e suas respectivas distâncias em relação a Linha de Transmissão como descrito na Tabela 5.15.

Tabela 5.15: Destaques as comunidades e suas respectivas distâncias

Comunidades	Distância (km) próxima da Linha de Transmissão
Ribeirinhas	Comunidade Gato (casa ACS Gilmara) 10km
Quilombolas	Água Viva (15,2 km); Demais terras (18,0 km a 104,0 km)
Indígenas	TI Rio Urubu (10,8km)

Observando o indicador 9 (Tabela 4.16), verifica-se que o corredor da LT dista 10 km das Terras Ribeirinhas. É a comunidade mais crítica que se próxima da Linha de Transmissão como mostra a Tabela 5.16 a seguir, obtendo a classificação: Baixa sustentabilidade.

Tabela 5.16: Classes do indicador presença de assentamentos do INCRA (Fonte: adaptado de EPE, 2010)

Classes	Intervalos	DISTÂNCIA MÍNIMA (km) DAS TERRAS RIBEIRINHAS A LT*	COMUNIDADE RIBEIRINHA
Baixa	Se o corredor contém áreas de assentamento(s), mas a futura linha poderá ser desviada dele(s)	i = 10 km	Comunidade Gato (casa ACS Gilmara) (ORIXIMINÁ – PA)

\* A LT não atravessa as áreas de assentamentos.

Seguindo o método de cálculo do IDSM, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor ao atribuir a este índice pela equação 1:

Dados:

$I_9$  = Índice de presença de assentamentos do INCRA

$i$  = 10 km (Indicador de presença de assentamentos do INCRA)

$m$  = 0,0 km (valor mínimo de presença de assentamentos do INCRA)

$M$  = 10km (valor máximo de presença de assentamentos do INCRA)

$$I_9 = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 1)}$$

$$I_9 = (10 - 0,0)/(10 - 0,0) = 1,0$$

**10. Presença de áreas urbanas:** O objetivo do indicador é identificar a área e evitando, assim, o impacto que a linha causa no meio urbano. Quanto maior o percentual do corredor ocupado por essa área, menor a probabilidade de evitar essa interferência durante a implantação da LT e o impacto em relação à sustentabilidade do empreendimento a ser implantado é maior.

Conforme o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, através de um levantamento *in loco* e usando o recurso da entrevista com as lideranças dos municípios e comunidades ribeirinhas, situadas aproximadamente de 1 km a 10 km da diretriz da linha de transmissão, observando as tendências de crescimento dos municípios e dessas comunidades em relação a implantação da LT espera-se traçar um desenvolvimento sustentável, onde poderá haver um equilíbrio social e econômico e ambiental das áreas de influência da futura Linha de Transmissão 500KV

Oriximiná – Cariri. Serão apresentados a seguir os 12 municípios por onde a LT atravessará seus perímetros. Os vetores de expansão de cada município visualizam-se em cada uma das Figuras 5.11 a 5.21. Alerta-se que nem todos os municípios apresentam vetor de crescimento. Os municípios são:

**Oriximiná:** A LT passará em área rural, onde existem várias fazendas de gados e sítios com várias culturas e exploração de madeiras: agroextrativismo familiar. Os vetores de crescimento estão concentrados em todas as zonas urbanas. A sede do governo municipal está distante 10,74 km da LT. A LT 500KV Oriximiná – Cariri atravessará o município em 82,70km. Portanto, trata-se de um município, como mostra a figura 5.11 com grande potencial de expansão urbana.

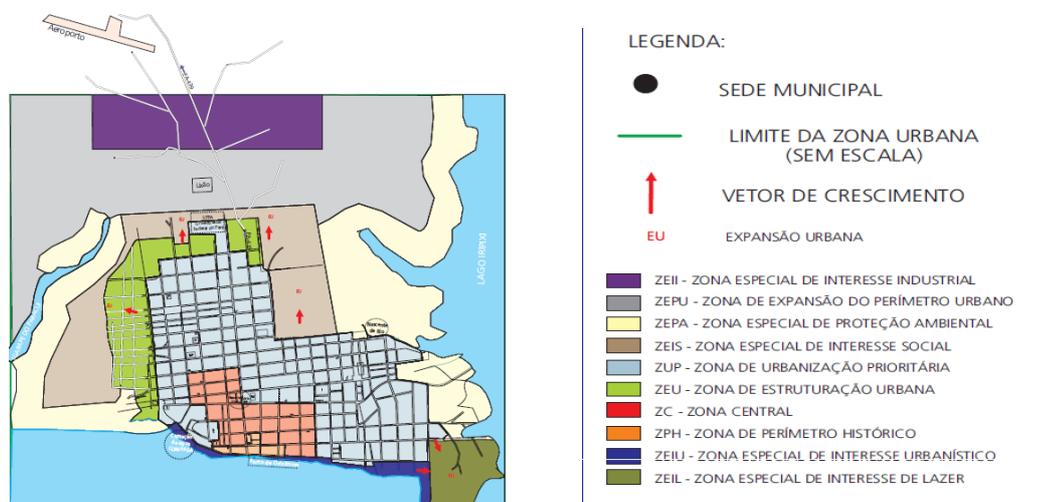


Figura 5.11: Cidade de Oriximiná (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Terra Santa, município do estado do Pará, a linha de transmissão passa pela área rural, entorno da área de amortecimento da FLONA Saracá-Taquera. Logo, cruza a rodovia estadual PA-441 numa região de pastagens. Todavia, o empreendimento cruza a área de amortecimento da FLONA desde o município de Oriximiná, próximo do lado norte da lagoa Sapucaá, em 38,07 km. Os vetores de crescimento do município estão centrados em suas extremidades, na Zona Urbana Controlada (ZUC) e na Zona Urbana de Expansão e Qualificação (ZUEQ), conforme a Figura 5.12.

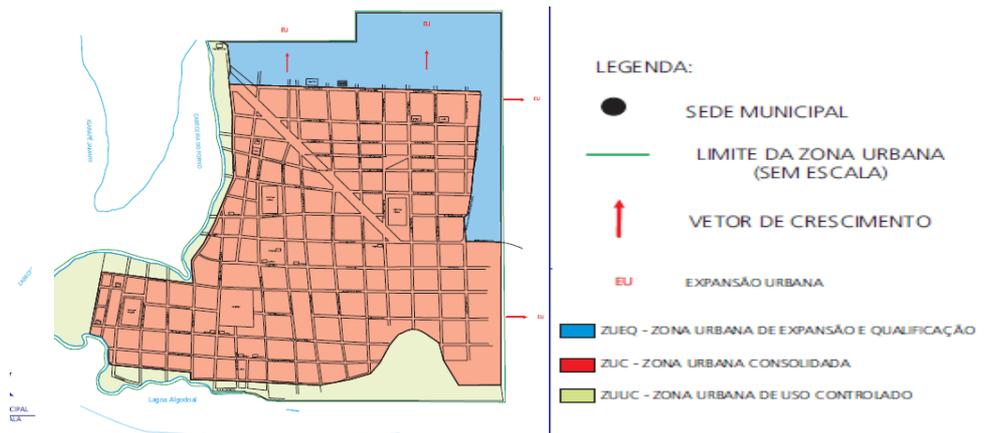


Figura 5.12: Cidade de Terra Santa (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Faro, município do estado do Pará, a linha de transmissão de 500KV Oriximiná –Cariri, passa por área rural em uma extensão de 13km. Portanto, conforme dados coletados pela Biodinâmica Rio (2009), não foi citada nenhuma comunidade nas proximidades da linha de transmissão. A área pelo qual passa o empreendimento é identificada como uma gleba do INCRA. A região identificada como Serra (próxima ao km 120 da futura LT) apresenta um crescimento incipiente, em que algumas casas têm a característica de serem de madeira e de palha (“tapiris”). De acordo com a Figura 5.13, observa-se que o potencial de expansão e de crescimento do município se encontra limitado (Biodinâmica Rio, 2009).



Figura 5.13: Cidade de Faro (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

No município de Nhamundá, interior do estado do Amazonas, a implantação do empreendimento atravessa a região do Cutipanã por 41,7 km, numa extensão de terra que, durante a época das chuvas (inverno amazônico), se transforma numa ilha. Nessa área, há sete comunidades ribeirinhas que se interceptam por estradas em péssimo estado de trafegabilidade. A linha de transmissão cruza ao todo 276 famílias. A sede da prefeitura municipal de Nhamundá situa-se numa pequena ilha (Ilha das Cotias), onde restam poucas áreas disponíveis para o crescimento urbano. Conforme a Figura 5.14, há potencial de expansão urbana (Biodinâmica Rio, 2009).



Figura 5.14: Cidade de Nhamundá (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

No município de Parintins, interior do estado do Amazonas, o empreendimento passa por uma extensão de 48,9 km, onde há várias comunidades, sendo as Vilas do Caburi e do Mocambo as mais destacadas no município. Possuem tendência de crescimento de suas áreas urbanizadas justamente na direção da linha de transmissão. Os vetores situam-se a uma distância de aproximadamente 4 a 5km. A zona de expansão urbana está situada entorno do lago do Areal e do Aterro Sanitário, controlado pela prefeitura municipal como indicado na Figura 5.15 (Biodinâmica Rio, 2009).



Figura 5.15: Cidade de Parintins (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Urucará (AM), município do estado do Amazonas, o traçado da linha de transmissão passa por área rural, atravessando comunidades que têm produção agropecuária, áreas produtoras de guaraná orgânico para exportação, e madeireiras. O município é atravessado por uma extensão de 49,90km. As principais comunidades são: Paraíso, Divino Espírito Santo, Sol Nascente e Buçuzal, localizadas no lago Carará-Açu, encontram-se ainda, Boa Esperança e São Miguel, e próximo à fronteira com o município de Parintins, a Comunidade Socoroca. O crescimento urbano ocorre em duas áreas: acima da Estrada do Matadouro e entre as Estradas do Amanari e UR 1 (ramais de acesso às comunidades rurais de Urucará a partir da cidade de Urucará) como apresentado na Figura 5.16.



Figura 5.16: Cidade de Urucará (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em São Sebastião do Uatumã, município do estado do Amazonas, não há tendência de crescimento de ocupação de áreas próximas à linha de transmissão, onde a mesma se localiza em áreas de pastagem (Fazenda Amanda, próxima à travessia do rio Uatumã) e de floresta. Os vetores de crescimento urbano ocorrem no sentido norte, em direção aos bairros da Paz e das Pedreiras, onde será instalado um polo moveleiro, cujas instalações já estão em fase de conclusão. A extensão da LT 500kV Oriximiná – Cariri que atravessa o município é de 10,30 km., como descrito na Figura 5.17 (Biodinâmica Rio, 2009).

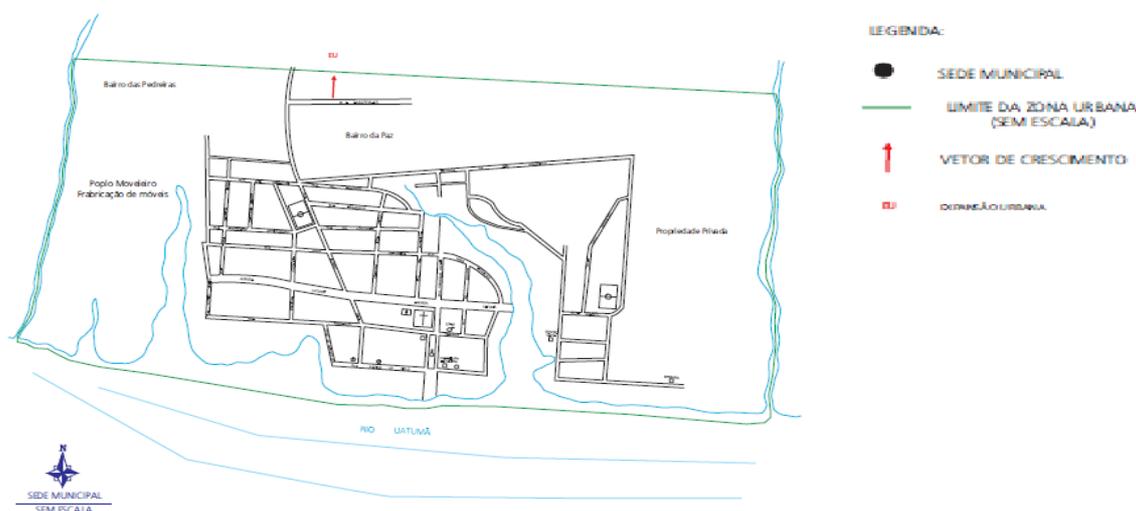


Figura 5.17: Cidade de São Sebastião do Uatumã (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Itapiranga, município do estado do Amazonas, a linha de transmissão atravessa a área da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Uatumã, em trecho próximo ao rio Uatumã. O crescimento da área urbana residencial tende a ocorrer em direção à Rodovia estadual AM-363 (Estrada da Várzea), entorno da Avenida Terra Nova e da Rua Tereza da Costa, em 39,8 km, conforme a Figura 5.18 (Biodinâmica Rio, 2009).



Figura 5.18: Cidade de Itapiranga (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Silves, município do estado do Amazonas, conforme dados do Biodinâmica Rio (2009), o empreendimento passará por área rural em uma extensão de 80,8 km. A sede do município de Silves é uma pequena ilha, a Ilha de Saracá. O vetor principal de crescimento do município ocorre ao longo da Rodovia estadual AM-363, em áreas que desenvolvem a agricultura, a agropecuária e a piscicultura, entorno das comunidades Sagrado Coração de Jesus, São João e Nossa Senhora de Aparecida como apresentado na Figura 5.19.



Figura 5.19: Cidade de Silves (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Itacoatiara, município do estado do Amazonas, a implantação da LT atravessou somente áreas rurais, em uma extensão de 57,60 km. Entretanto, no rio Urubu, onde passa a LT, há potencial de ocupação de áreas próximas à LT. O crescimento urbano de Itacoatiara segue no sentido da Rodovia estadual AM-010. Segundo Biodinâmica Rio (2009) foi verificada, através da pesquisa de campo, a tendência de expansão da área urbana do distrito de Lindoia

em direção aos ramais (estradas vicinais da AM-010), no sentido sul (oposto à diretriz), conforme ilustrado na Figura 5.20.

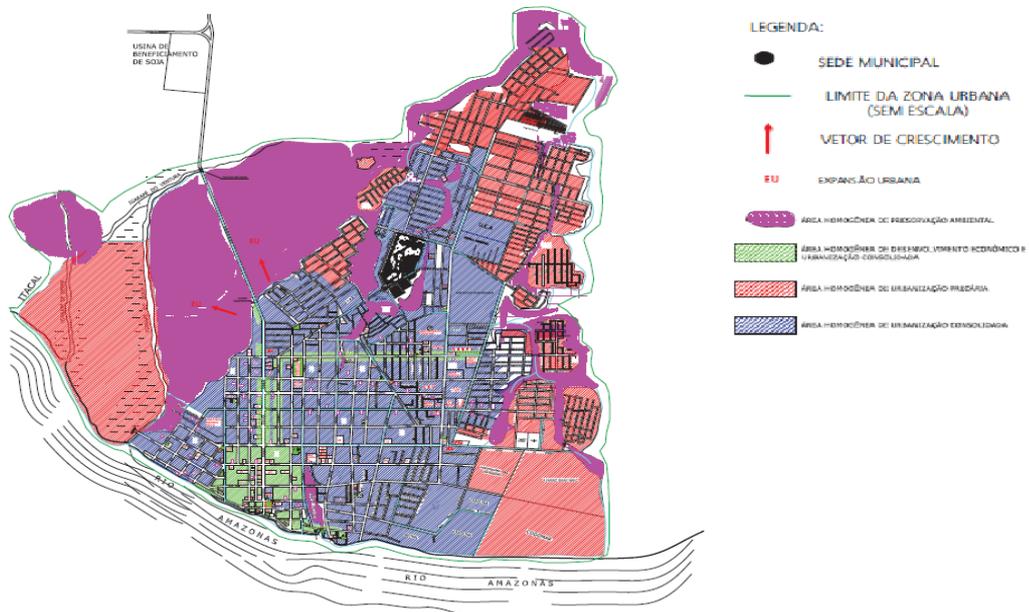


Figura 5.20: Cidade de Itacoatiara (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Rio Preto da Eva, município do Estado do Amazonas, o projeto da Linha de transmissão tangenciou a estrada estadual AM-010, justamente onde a cidade se desenvolve. O núcleo central do município cresceu ao longo dessa rodovia, como mostra a Figura 5.21, e seu vetor de crescimento residencial continua ocorrendo na direção do município de Itacoatiara. Observou-se um vetor de expansão urbana em direção ao empreendimento, cuja LT atravessa o município em 59,50 km. Trata-se de um empreendimento imobiliário de casas. Ressalta-se que a região ainda tem fortes características rurais. Entretanto, é um lugar de ocupação recente, que se encontra a cerca de 4km da diretriz da futura LT (Biodinâmica Rio, 2009).

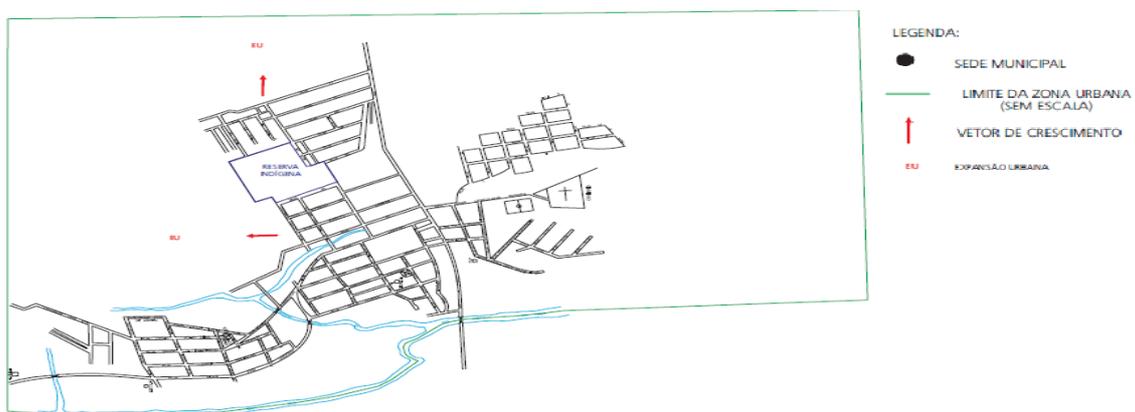


Figura 5.21: Cidade de Rio Preto da Eva (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Em Manaus, capital do estado do Amazonas, o vetor de crescimento da cidade segue na direção norte, onde se pretende instalar a linha de transmissão e a Subestação Cariri. Entretanto, o grande potencial de ocupação nas proximidades do empreendimento é de tendência industrial. As zonas de expansão urbana de Manaus estão localizadas nas proximidades da UES Tarumã, UES Bolívia, na UES Colônia Antônio Aleixo, em direção à UES Distrito II. A extensão da LT 500kV Oriximiná – Cariri que irá atravessar a capital amazonense é de 59,50km, de acordo com a figura 5.22 (Biodinâmica Rio, 2009).



Figura 5.22: Cidade de Manaus (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Observando o indicador 10 (Tabela 4.17) verifica-se que em nenhuma das cidades citadas acima a linha de transmissão atravessou as suas áreas urbanas. A classe escolhida de indicador assume uma classificação muito alta, conforme a Tabela 5.17 a seguir.

Tabela 5.17: Área Urbana

Intervalo	$i = 0,0\%$	Classificação
$i \leq 1\%$	$0,0\% \leq 1\%$	Muito alta

Seguindo o método de cálculo do IDSM, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor ao atribuir a este índice pela equação 1:

Dados:

$I_{10}$  = Índice de presença de áreas urbanas

$i = 0,0\%$  (Indicador de presença de áreas urbanas)

$m = 0,0\%$  (valor mínimo de presença de áreas urbanas)

$M = 1\%$  (valor máximo de presença de áreas urbanas)

$$I_{10} = (i-m)/(M-m) \text{ (equação 1)}$$

$$I_{10} = (0,0 - 0,0)/(1,0 - 0,0) = 0,0$$

**11. Empregos gerados:** O objetivo desse indicador é quantificar os números de empregos gerados diretamente durante a implantação da Linha de Transmissão Oriximiná – Cariri. Considera-se que quanto maior o número de empregos gerados diretamente, maior a classificação, uma vez que este número é positivo para a região atravessada pela LT.

A Tabela 5.18 a seguir apresenta os municípios e a quantidade de trabalhadores de outras regiões e trabalhadores locais/regiões vizinhas, que foram utilizados no empreendimento. A obra foi dividida, em cada trecho, em canteiros independentes, ou seja, 10 canteiros principais e 8 canteiros secundários. A totalidade de mão de obra efetiva, somando os profissionais especializados e não especializados, foi de 1800 pessoas. A mão de obra especializada abrangeu 70%, sendo constituída por profissionais dos quadros permanentes das empreiteiras, que vieram de outras regiões. Esses profissionais especializados são: encarregados, chefes de turmas, montadores, eletricitas, mecânicos, etc. Os 30% restantes são empregados semiespecializados (ajudante de mecânico, pedreiro, carpinteiro, etc) e não especializados (serventes e braçais), que foram contratados da própria localidade e regiões vizinhas. A previsão para o término da construção da LT 500KV Oriximiná – Cariri, incluindo a Subestação Oriximiná e a implantação das novas Subestações Itacoatiara (Silves) e Cariri (Manaus) foi de 22 meses. O pico máximo de mão de obra ocorreu no 6º mês da construção, se estendendo-se entre 10 a 12 meses. A partir desse período começou a desmobilização da mão de obra de forma bem lenta.

Tabela 5.18: Distribuição da M.D.O. nos canteiros independentes por um período de 22 meses (Fonte: adaptado de Biodinâmica Rio, 2009)

<b>CANTEIROS DA LT 500 KV ORIXIMINÁ – CARIRI E DAS SUBESTAÇÕES</b>	<b>M.D.O* DE OUTRAS REGIÕES</b>	<b>M.D.O* DO LOCAL/REGIÕES VIZINHAS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>CANTEIROS PRINCIPAIS DA LT</b>			
Oriximiná (cidade)/PA	242	108	360
Terra Santa (cidade)/PA	76	32	108
Faro (cidade) /PA	50	22	72
Cutipanã (comunidade)/PA	76	32	108
Urucará (cidade)/AM	38	16	54
São Sebastião do Uatumã (cidade)/AM	63	27	90
Itapiranga (cidade)/AM	88	40	128
Lindóia – Itacoatiara (cidade)/AM	76	32	108
Rio Preto da Eva (cidade)/AM	88	38	126
Manaus (junto à SE Cariri)/AM	252	108	360
<b>Subtotal Canteiros Principais da LT (A)</b>	<b>1059</b>	<b>455</b>	<b>1514</b>
<b>Canteiros Secundários / Móveis da LT</b>			
Travessia do Rio Trombetas (área rural – km 26)/Oriximiná	13	5	18
Casinha (Lago do Sapucaá – (comunidade km 60)/Oriximiná	13	5	18
Nhamundá (escritório - cidade)	2	1	3
Sagrado Coração de Jesus do Aduacá (comunidade)/Parintins	10	4	14
Caburi (vila - município de Parintins)	10	4	14
Mocambo (comunidade – distrito do Mocambo do Arari)/Parintins	13	5	18
Paurá (comunidade)/Urucará	10	4	14
Sol Nascente – Lago Carará Açú (comunidade de Urucará)	6	3	9
<b>Subtotal Canteiros Secundários da LT (B)</b>	<b>77</b>	<b>31</b>	<b>108</b>
<b>Canteiros Subestações – SE’s</b>			
Subestação Itacoatiara (Silves/AM)	62	27	8
Subestação Cariri (Manaus/AM)	62	27	8
<b>Subtotal Canteiros das SE’s (C)</b>	<b>124</b>	<b>54</b>	<b>178</b>
<b>TOTAL (A + B +C)</b>	<b>1260</b>	<b>540</b>	<b>1800</b>
<b>PERCENTAGEM (%)</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

\* M.D.O: Mão-De-Obra.

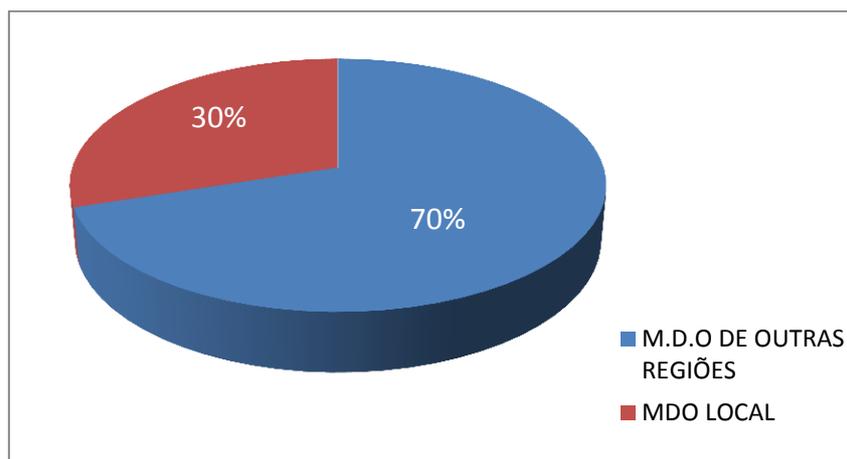


Figura 5.23: Percentual da M.D.O utilizada na obra da LT 500KV Oriximiná – Cariri (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

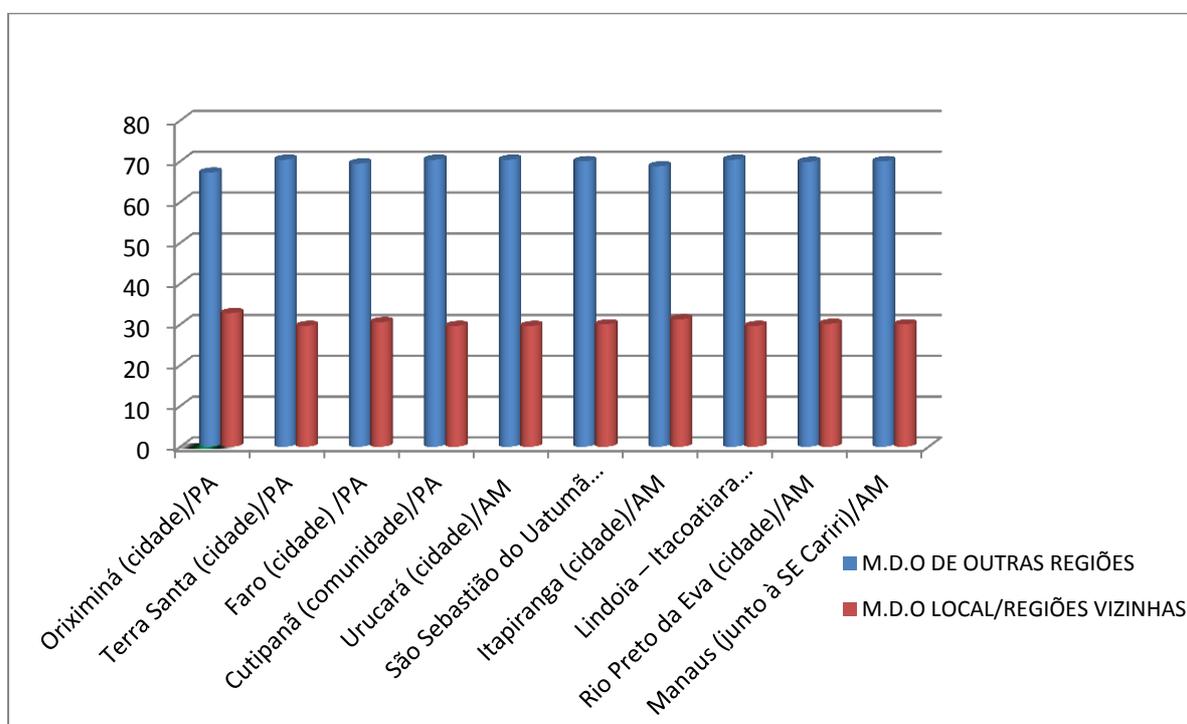


Figura 5.24: Canteiros principais da LT 500kv Oriximiná – Cariri, M.D.O (%) (Fonte: Biodinâmica Rio, 2009)

Pela Tabela 5.18 a mão de obra total foi de 1800. Observando o indicador 11 (Tabela 4.18) a classe de intervalo escolhida é mostrada na tabela 5.19, cuja classificação é média.

Tabela 5.19: Emprego gerado diretamente (Fonte: adaptado de EPE, 2010)

Intervalo	$i = 1800$	Classificação
$1000 < i \leq 2500$	$1000 < 1800 \leq 2500$	Média

Conforme o método de cálculo do IDSM, mencionado no capítulo 4.2, é possível determinar um valor para este índice pela equação 1.

Dados:

$I_{11}$  = Índice de emprego gerado diretamente

$i$  = 1800 (Indicador de emprego gerado diretamente)

$m$  = 1000 (valor mínimo de emprego gerado diretamente)

$M$  = 2500 (valor máximo de emprego gerado diretamente)

$I_{11} = (i-m)/(M-m)$  (equação 1)

$I_{11} = (1800 - 1000)/(2500 - 1000) = 0,53$

Após a transformação dos indicadores Socioeconômicos em índices, procede-se agora à agregação destes índices através da média aritmética, obtendo-se o Índice Socioeconômico - ISE, conforme ilustrado na Tabela 5.20:

$ISE = (I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11})/5 = (0,86 + 1,08 + 1,0 + 0,0 + 0,53)/5 = 0,69$  (Conforme tabela 4.8, o nível de sustentabilidade na Dimensão Socioeconômico é Alta).

Tabela 5.20: Dimensão Socioeconômica (Fonte: EPE, 2010)

DIMENSÃO	CRITÉRIO	ÍNDICE
<b>Socioeconômico</b>	Presença de áreas de agropecuária e silvicultura	0,86
	Presença e/ou proximidade de Terra Indígena (TI)	1,08
	Presença de assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)	1,0
	Presença de áreas urbanas	0,0
	Empregos gerados	0,53
<b>ISE</b>	<b>Média aritmética</b>	0,69

### 5.3 Índice Global de Sustentabilidade - IGS da LT Tucuruí – Manaus: Oriximiná - Cariri

Para se obter o Índice Global de Sustentabilidade - IGS da LT, será calculada a média aritmética simples entre IA e ISE conforme capítulo 4.2. Dados: IA = 0,62 e ISE = 0,69. Calcula-se:

$IGS = (IA + ISE)/2 = (0,62 + 0,69)/2 = 0,655$ . O índice de alta sustentabilidade é obtida através da tabela 4.8 e figura 4.5, respectivamente. Na tabela 5.21 a seguir é mostrado o resultado.

Tabela 5.21: Índice Global de Sustentabilidade

DIMENSÃO	ÍNDICE	COR	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE
IGS	0,655		Alta

Analisando os dados do estudo de caso elaborados neste capítulo, com base no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Biodinâmica Rio, 2009) da LT Oriximiná - Cariri, em 500kV, bem como após a aplicação da Nota Técnica DEA – 21/10 – Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de UHE e LT” (EPE, 2010b) no processo da implantação da referida linha, pode-se recomendar que novos programas e planos de ações são fundamentais e urgentes para a minimização e gerenciamento dos aspectos e impactos nas dimensões ambientais, socioeconômicos ocorridos neste tipo de empreendimento.

Em relação ao Índice Ambiental o resultado foi um índice de 0,62, ou seja, ficou com nível de sustentabilidade Alta. No entanto, contribuem para este índice vários indicadores com nível de sustentabilidade alta, nomeadamente: Extensão do corredor (índice 0,85), Presença de vegetação secundária (índice 1,0) e Presença e/ou proximidade de UC's (índice 0,65), Presença de formações florestais no corredor (índice 0,73) (Biodinâmica Rio, 2009). Os principais aspectos negativos em relação a esses índices são apresentados a seguir:

1. Início e/ou aceleração de processos erosivos;
2. Interferência com áreas de autorização e concessões minerais;
3. Interferência com o patrimônio paleontológico;
4. Interferência com o patrimônio espeleológico ;
5. Alteração da rede de drenagem;
6. Perda de área e remoção de indivíduos de espécies da flora;
7. Fragmentação de área de vegetação floresta nativa;
8. Alteração no número de indivíduos da fauna no entorno da LT;
9. Mudança na estrutura das comunidades faunísticas;
10. Acidentes com a fauna alada (aves);
11. Interferência sobre a Unidade de Conservação – UC.

Em relação ao índice socioeconômico o resultado foi um índice de 0,69, ou seja, ficou um nível de sustentabilidade alta. Destacam-se de seguida os principais pontos positivos causados pela implementação da LT (Biodinâmica Rio, 2009):

1. Dinamização da economia regional: Atender o fornecimento de energia elétrica para capital e sede municipais e localidades do estado do Amazonas.
2. Criação de expectativas favoráveis na população: Iluminação, Alimentos gelados, água gelada, e TV para residenciais.
3. Aumento da oferta de empregos: Na primeira fase da construção de linha de transmissão, conforme acordo firmado com o governo e as empresas, serão contratados mão de obra local como: pintores, mecânico, eletricista etc.
4. Setor de construção civil. Expansão demográfica da Amazônia, principalmente nas regiões por onde a linha de transmissão vai passar.
5. Atender as empresas de todos os portes, inclusive artesanais.
6. Setor de serviço. Atender as demandas ligadas à educação, saúde, comércio, serviços administrativos, turismo e outros.
7. Expansão das atividades agrícolas e agroflorestais: Uso de tecnologias para criação de animais e iluminação rural e lazer.

Como pontos negativos, ou seja, interferências causada pela implementação desta LT deverão ser referidos (Biodinâmica Rio, 2009):

1. Criação de expectativas desfavoráveis na população: Depois da fase construtiva da linha de transmissão de 500 KV, parte de mão de obra será desmobilizada da obra e interferência na localidade, como abertura de estradas e explosão demográfica;
2. Interferência no dia a dia da população;
3. Aumento do transporte terrestre e fluvial;
4. Pressão sobre a infraestrutura de serviços essenciais;
5. Interferência sobre o uso e ocupações das terras;
6. Alteração da paisagem local;
7. Interferência com bens do patrimônio arqueológico nacional.

Observa-se que a implantação da linha de transmissão Oriximiná – Cariri produziu mais impacto durante a sua fase de construção. Os índices mais expressivos são da dimensão ambiental. São os responsáveis pela supressão da vegetação, tanto na implementação como na operação da LT, tendo como Índice Ambiental – IA 0,62, ou seja, nível alta de sustentabilidade. Todavia, deve dar-se mais importância e cuidado à supressão da vegetação para esse tipo de empreendimento, principalmente quando a região envolvida é a floresta amazônica. Em relação ao Índice Socioeconômico – ISE, que atingiu valor 0,69, nível de sustentabilidade alta, destacamos a chegada da energia elétrica às comunidades, provocando na população uma expectativa otimista. De fato, com a energia em suas casas, espera-se melhoria de infraestrutura nas suas cidades e geração de mais emprego.

## 6. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do trabalho, buscou-se compreender o funcionamento dos sistemas de transmissão de eletricidade, conhecer todos os componentes e equipamentos necessários para construção de linhas de transmissão em corrente contínua, fazer um levantamento dos fatores que têm de ser observados para a elaboração do projeto e execução resultando numa avaliação de sustentabilidade que deverá contribuir para a minimização de efeitos negativos para a sociedade e ambiente.

O sistema elétrico brasileiro tem apresentado um crescimento considerável nos últimos tempos, e a prospecção de desenvolvimento para os próximos anos é muito promissora. Se vê na região Norte uma atraente alternativa para suprir essa crescente demanda, e é de comum acordo entre os estudiosos desse sistema, que a transmissão da energia produzida para os grandes centros consumidores quando feita em corrente contínua, apresenta melhor custo benefício.

O desenvolvimento sustentável vem amadurecendo desde o final do século XX nos diversos segmentos da sociedade, como nas empresas públicas, privadas e órgãos não governamentais. Este tema abrange as dimensões ambientais, sociais e econômicas, pelo que se revela complexa a sua análise de forma integrada. A região Amazônica sempre foi e será uma fronteira socioeconômica do Brasil, desde a década de 1960, época do governo militar, cujo objetivo era desenvolver a região e interligar com o resto do país. Atualmente, a matriz energética da região norte é termoelétrica a óleo diesel nas seguintes capitais: Manaus/Am, Macapá/AP, Rio Branco/AC, Porto Velho/RO e o estado de Roraima, com exceção da sua capital, Boa Vista, que é energizada pelo sistema elétrico da Venezuela.

Com a interligação da Linha de transmissão 500KV Oriximiná (Pará) – Cariri (Manaus), a capital do Amazonas e suas regiões metropolitanas serão beneficiadas por uma energia limpa, vinda da usina hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará. A matriz energética de Manaus é composta por usinas termoelétrica a gás natural (vinda do município de Coari), produtoras independentes de energias e a hidrelétrica de Balbina (vinda do Município de Presidente Figueiredo). Segundo os estudos elétricos e de viabilidade técnica e econômico – R1, as vantagens obtidas com a interligação da cidade de Manaus as outras regiões do país pelo Sistema de Interligação Nacional – SIN são significativos e associadas à redução drástica do dióxido de carbono lançado na atmosfera, eliminação do derramamento de óleo nos rios, possibilidade de redução do ICMS. Mas há o outro lado da moeda, os impactos ambientais e socioeconômicos do projeto de transmissão. Foram identificados na dimensão ambiental 11 impactos negativos: 5 sobre o meio físico e 6 sobre o meio biótico, na dimensão socioeconômico identificaram-se 9 impactos negativos e 3 impactos positivos. Destacam-se como sendo de alto grau de significância o impacto negativo “supressão da vegetação nativa, e o impacto positivo “fornecimento de energia elétrica às comunidades”. Apesar da obtenção de um índice de sustentabilidade alta (0,65), no que diz respeito à etapa de transmissão de energia elétrica analisada, torna-se necessário encontrar um equilíbrio entre a vertente socioeconômica e a vertente ambiental.

O consumo de recursos deve ser racional e a quantificação dos impactos gerados ao longo da implementação e operação da Linha de Transmissão 500KV Oriximiná – Cariri é fundamental para garantir o ciclo da vida do ecossistema. Os sistemas de transmissão de energia de grande porte apresentam relativa flexibilidade locacional, podendo atravessar grande diversidade de ambientes naturais e antropizados. Nesse contexto, é fundamental que ocorra a internalização dos aspectos ambientais, desde as etapas preliminares de planejamento, principalmente quando se trata de um empreendimento de grande porte localizado numa região protegida e de interesse Mundial, como é o caso da Região Amazônica. A crescente intensidade das pressões exercidas sobre os ecossistemas desse bioma causa apreensão pela ameaça que representa à biodiversidade e à manutenção de florestas e do estoque de água doce.

O traçado da linha de transmissão Oriximina-Cariri foi concebido com base em uma visão abrangente, integrando os aspectos de engenharia, construtivos e socioambientais. Além de superar os desafios de engenharia relacionados com a travessia de extensas áreas alagadas e de rios de grande porte e a ausência de infraestrutura logística, era preciso também minimizar as interferências em áreas de vegetação nativa, unidades de conservação, terras indígenas e áreas de proteção permanente, presentes em grande quantidade na região.

Caso não seja possível avaliar com precisão os custos ambientais que serão incorridos, não haverá garantias de que as estimativas de custos realizadas serão suficientes para executar com qualidade todas as medidas necessárias, a correta implantação do empreendimento, em especial em regiões com elevado grau de complexidade socioambiental. Desta forma, por todos os motivos explicados, considera-se que projetos de linha de transmissão serão empreendimentos viáveis do ponto de vista ambiental e social desde que devidamente planejado, com todas as licenças ambientais necessárias e com programa ambiental acompanhado de programas sociais.

A avaliação de sustentabilidade no setor elétrico é um tema comum a diferentes estudos em diferentes países, no entanto a aplicação a linhas de transmissão está ainda pouco explorada representando assim uma importante área de investigação. Destacam-se duas temáticas relacionadas particularmente relevantes numa ótica de investigação futura: a implementação da metodologia proposta a outras linhas de transmissão no Brasil avaliando de que modo as características de cada região e os processos de planejamento afetam a avaliação final e a implementação de metodologias participativas para aferir a percepção da população relativamente aos diferentes efeitos destes projetos identificados mas não quantificados ou valorados como a interferência nas atividades sociais e econômicas da população, alterações da paisagem ou contributo para o desenvolvimento local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amazonas Distribuidora de Energia S/A (2011). Relatório Administrativo 2011. Disponível: <http://docplayer.com.br/3835941-Amazonas-distribuidora-de-energia-s-a-relatorio-de-administracao-2011-indice.html>. acesso: 09.12.2015

Andrade, F.M. (2012). Uma Análise preliminar do mercado de energia elétrica no sistema isolado de Manaus. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2012. <http://bdt.d.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/467/1/Fabiola%20Milane%20Nobre%20Andrade.pdf>. Acesso: 04.06.2015.

ANEEL (2012a). Nota Técnica nº 092/2012-SRG/ANEEL. [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/107/documento/nt\\_092\\_pac\\_e\\_plano\\_de\\_operacao\\_ccc\\_2013\\_-\\_pre-ap\\_v02\\_-\\_gjab.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/107/documento/nt_092_pac_e_plano_de_operacao_ccc_2013_-_pre-ap_v02_-_gjab.pdf). Acesso: 25.09.13.

ANEEL (2012b). Nota Técnica nº /014/2012-SRG-SER/ANEEL. Disponível: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/022/documento/nt\\_014\\_plano\\_de\\_operacao\\_ccc\\_2012.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/022/documento/nt_014_plano_de_operacao_ccc_2012.pdf). Acesso: 01.04.16

ANEEL. (2008). Edital 004/2008, de março de 2008. [www.aneel.gov.br/aplicacoes/editais\\_transmissao/documentos/EDITAL\\_004\\_2008\\_31mar2008\\_FINAL.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_transmissao/documentos/EDITAL_004_2008_31mar2008_FINAL.pdf). Acesso em 26.09.2015.

Bellen, Hans. M.V. (2005). Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

Biodinâmica Rio LTDA (2009). Estudo de Impacto Ambiental da Linha de Transmissão 500KV. Oriximiná- Cariri, 2009.

Brasil (2015). Cartilha da comissão tripartite permanente de negociação do setor elétrico no estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br>. Acesso em 17 de out de 2015.

Centro de Estudo e Defesa do Negro do Para, 2014. Disponível: <http://www.cedenpa.org.br/As-comunidades-quilombolas-que>. Acesso: 07. 08.2015

Chambers, N.; Simmons, C; Wackernagel, M. (2000). Sharing nature's interest: ecological footprint as an indicator of sustainability. Reino Unido e Estados Unidos: Earthscan Publications Ltd, 2000.

Doile, G. N. S.; Nascimento, R. L. (2010). Linhão de Tucuruí – 1800 km de integração Nacional. T & C Amazônia, ano III, número 18, I semestre de 2010, página 58-63.

ELETROSUL CENTRAIS ELÉTRICAS S/A. Departamento de Meio Ambiente e Patrimônio Imobiliário. Projeto básico ambiental. Florianópolis, 2002. Não publicado.

Ferreira, H.; Cassiolato, M.; Gonzalez, R. (2009). Como Elaborar Modelo Lógico de Programas: um roteiro básico. Nota Técnica. Brasília: IPEA, 2009.

EPE (2009) PDE. 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da Demanda de Energia Elétrica do Sistema Interligado Nacional 2009-2013. Rio de Janeiro, Abr. 2009.

EPE (2010a). Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2019 (versão para Consulta Pública). Rio de Janeiro: EPE, 2010. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129_1.pdf). Acesso: 03.04.2016.

EPE (2010b). Série Estudos do meio ambiente. Nota técnica DEA 21/10. Metodologia para avaliação da Sustentabilidade socioeconômica e ambiental de UHE e LT. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>. Acesso: 20.07.2013.

EPE (2015). Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2015. Disponível: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>. Acesso: 07.09.16

Gómez, C.; Castillo, L.; Santos L. (2009). Ecological footprint method como ferramenta para avaliar o perfil do consume consciente. Revista Alcance. 16 (3), 321-338.

GTON (2008). Grupo Técnico Operacional da Região Norte. Programa mensal de operação dos sistemas isolados. Maio de 2008. Disponível em: <https://www.eletrabras.com/elb/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B5B340A5E-D302-4EA7-8407-3223E532194E%7D&ServiceInstUID=%7B0935FE18-D0D5-4F86-86CD-E90163C6FB38%7D>. Acesso: 19.08.16.

GTON (2013). Grupo Técnico Operacional da Região Norte. Plano Anual de Sistemas Isolados para 2013. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/>. Acesso: 25.04.16.

GTON (2015). Grupo Técnico Operacional da Região Norte. Plano Annual de Sistemas Isolados para 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br>. Acesso: 25.04.16.

Ibama (2013a). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Publicado em 20.03.2013. Disponível: <http://www.ibama.gov.br/publicadas/linhao-do-tucuruui-recebe-licenca-de-operacao-do-ibama>. Acesso: 07.09.16.

Ibama (2013b). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Publicado em 20.03.2013. Disponível: <http://www.ibama.gov.br/publicadas/linhao-do-tucurui-recebe-licenca-de-operacao-do-ibama>. Acesso: 07.09.16.

Júnior, J. S. N. ; Gopfert, L. C. (2010). Impacto Ambiental pela Implantação da Linha de Transmissão 500KV Oriximiná – Cariri. Escola Politécnica. Rio de Janeiro. Fevereiro/2010 . Disponível: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001740.pdf>. Acesso: 19.06.2016

Kaltenborn, B.; Bjerke, T., (2002). Associations between environmental value orientations and landscape preference. *Landscape Urban Plan.* 59, 1–11.

Lins, C; Ouchi, H.C. (2007). Sustentabilidade corporativa. *Energia Elétrica*. Janeiro de 2007. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.

Maurício, Paulo. (2015). Amazonas Atual.com.br. Publicado em 16.07.2015. Acesso disponível: <http://amazonasatual.com.br/mpf-pede-cancelamento-de-licencas-de-trecho-do-linhao-de-tucurui-em-manaus/>.

Martins, M. F.; Cândido, G.A. (2012). Índice de Desenvolvimento Sustentável para para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. *Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 03- 19, jan./abr. 2012.

Oliveira, R. R. de; Zaú, A. S. (1998). Impactos da instalação de linhas de transmissão sobre ecossistemas florestais. *Floresta e Ambiente*. v.5, n. 1, p. 184-191, 1998.

ONS, (2009). Disponível: [http://www.ons.org.br/download/biblioteca\\_virtual/publicacoes/dados\\_relevantes\\_2009/07-Extensao-das-Linhas-de-Transmissao-do-SIN-km.html](http://www.ons.org.br/download/biblioteca_virtual/publicacoes/dados_relevantes_2009/07-Extensao-das-Linhas-de-Transmissao-do-SIN-km.html). Acesso: 10/04/2016.

ONS, (2015). NT-0011/2015 - Necessidade da permanência das usinas térmicas de manaus em em 2015. Disponível: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/013/documento/nt\\_011-2015-ons.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/013/documento/nt_011-2015-ons.pdf). Acesso: 13/03/16.

Read, Morley (2012), *Info Escola – Navegando e aprendendo*. Disponível: <http://www.infoescola.com/biomas/igapo/>. Acesso: 07.09.16

Soini, K.; Aakkula, J. (2007). Framing the biodiversity of agricultural landscape: the essence of local conceptions and constructions. *Land Use Policy* 24, 311–321.

Soini, K., Pouta, E., Salmiovirta, M., Uusitalo, M., Kivinen, T. (2011). Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission line. *Land Policy* 28, 294-305.

Solar Volt (2014). <http://www.solarvoltenergia.com.br/quais-sao-os-paises-pioneiros-em-investimentos-na-energia-solar/>. 15 de dezembro de 2014. Acesso: 19/06/2016

Tobouti, A. K., Santos, V. L. P. (2014). Impactos Ambientais causados na implantação de linha de transmissão no Brasil. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol. 4, n° 3, pág. 184 – 199.

Vegetação do Brasil (2010). Disponível: <http://vegetdobrasil.blogspot.com.br/2010/04/floresta-ombrofila-densa.html>. Acesso: 07.09.16  
Viana, E.G. (2016). Faixa de servidão da LT 500 KV próximo a estrada estadual AM-010 – Manaus – Itacoatiara.

Vieira, I.S. (2009). Expansão do sistema de transmissão de energia elétrica no Brasil. Distrito Federal. ENE/FT/UnB. Engenharia Elétrica. Disponível: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/4034>. Acesso: 15.06.14.

WAQUIL, P.D.; SHNEIDER, S.; FILEPPI, E.E.; CONTERATO, M.A.; SPECHT, S. Avaliação de Desenvolvimento Territorial em Quatro Territórios Rurais no Brasil. Porto Alegre: UFRGS, 2006.