

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RICARDO MARINO KÜHL

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE  
BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL  
PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DO PARÁ

DM 03/2017

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RICARDO MARINO KÜHL

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE  
BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL  
PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DO PARÁ

DM 03/2017

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RICARDO MARINO KÜHL

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE  
BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL  
PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DO PARÁ

Dissertação submetida à Banca  
Examinadora do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Elétrica da  
UFPA para a obtenção do Grau de Mestre  
em Planejamento Energético na área de  
Sistemas de Energia.

UFPA / ITEC / PPGEE  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2017

---

Kühl, Ricardo Marino, 1991

Geração de energia elétrica a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma: uma abordagem sustentável para a recuperação de áreas degradadas no Estado do Pará / Ricardo Marino Kühl.- 2017

Orientadora : Brígida Ramati Pereira da Rocha

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2017.

1. Energia – fontes alternativas. 2.Dendê . 3. Reaproveitamento (sobras, refugos, etc.). 4. Energia elétrica – produção. 5. Reflorestamento. I. Título.

CDD 23. ed. 621.042

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

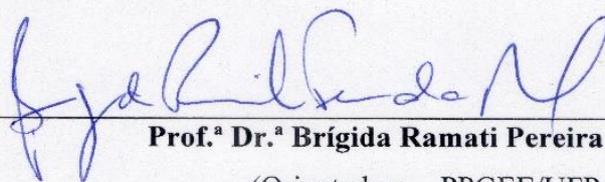
**“GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE  
BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO ESTADO DO PARÁ”**

AUTOR: RICARDO MARINO KUHL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, SENDO  
JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA.

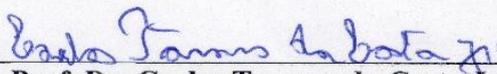
APROVADA EM: 16/01/2017

**BANCA EXAMINADORA:**



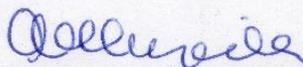
**Prof.ª Dr.ª Brígida Ramati Pereira da Rocha**

(Orientadora – PPGEE/UFPA)



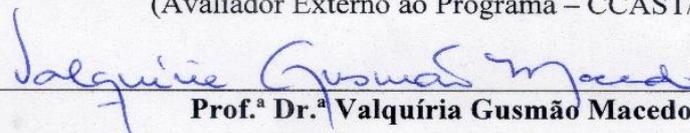
**Prof. Dr. Carlos Tavares da Costa Junior**

(Avaliador Interno – PPGEE/UFPA)



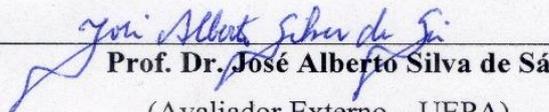
**Prof. Dr. Arthur da Costa Almeida**

(Avaliador Externo ao Programa – CCAST/UFPA)



**Prof.ª Dr.ª Valquíria Gusmão Macedo**

(Avaliadora Externa ao Programa – FEE/UFPA)



**Prof. Dr. José Alberto Silva de Sá**

(Avaliador Externo – UEPA)

**VISTO:**



(Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA)

**A MEMÓRIA DE MINHA AMADA MÃE MARIA  
HELENA MARINO KÜHL. AO MEU AMADO PAI  
CARLOS ROBERTO KÜHL E IRMÃO FELIPE  
MARINO KÜHL, FONTES DE MINHA INSPIRAÇÃO.**

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Pará, pela estrutura fornecida durante este curso, bem como, a todos os que permitiram este trabalho ser realizado.

A professora Brigida Ramati Pereira da Rocha, pela orientação, estímulo, pelos ensinamentos de vida e pela confiança em mim depositada.

Ao professor José Alberto Silva de Sá, pelo apoio nesta caminhada.

Ao meu pai, Carlos Roberto Kühl, pelo amor, carinho, apoio e incentivo incondicional, sem os quais não teria conseguido trilhar este caminho.

Ao meu irmão Felipe Marino Kühl, pelo carinho, apoio, incentivo e pela amizade.

À minha namorada Fernanda Cunha Lopes, por todo carinho, amor, suporte emocional, além de todos os momentos de descontração, e alegria que me proporcionou para que fosse possível finalizar este trabalho

À minha madrastra Iara, pelo apoio, amizade e incentivo.

À minha família, minhas amadas avós, Marina e Aparecida, a todos os meus tios, tias, primos e primas, que sempre me apoiaram mesmo distantes.

À família Lopes, Tio João, Tia Gregória, Carol e Igor, Bia e Arthur, além do Fausto e da Tânia, por me acolherem como membro da família, pelo carinho, afeto, amizade e por tudo o que fizeram e fazem por mim.

Ao meu amigo Rafael Muniz, por todos os ensinamentos, por ter me apresentado a Professora Brigida, e aberto meus olhos para o mundo da geração de energia através da biomassa e dos resíduos.

A todos os meus amigos, mas principalmente, Vitor, Salomão, Renato, Maria Eduarda, Alana, Amanda, André, Carol, Emilson, Magno, Patrick, Kenji e Rod pelo o apoio, e pela amizade, fundamentais durante os momentos mais tensos desta caminhada.

A todos os estimados amigos que conquistei na empresa Terra Meio Ambiente LTDA., pelo apoio, pelos “puxões de orelha”, pelos ensinamentos técnicos e de vida e acima de tudo pela confiança. Levarei sempre com carinho a lembrança dos momentos que passei na empresa.

A todos os professores que auxiliaram e moldaram minha formação, desde a Escola Carlitos, em São Paulo, o Colégio Moderno, a UFRA e UFPA, em Belém.

E a todos que estiveram ao meu lado de forma direta ou indireta, contribuindo para a realização deste trabalho e de minha formação.

Todos vocês foram essenciais ao longo de minha vida.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>21</b>
3.1	CONCEITOS AMBIENTAIS	21
3.1.1	ELEMENTO CARBONO (C)	21
3.1.1.1	Considerações Gerais	21
3.1.1.2	Ciclo Biogeoquímico do Carbono	22
3.1.2	EFEITO ESTUFA	25
3.1.2.1	Composição de Gases da Atmosfera	25
3.1.2.2	Gases de Efeito Estufa de Origem Natural	26
3.1.2.3	Gases de Efeito Estufa de Origem Antropogênica	27
3.1.2.4	Fontes de Emissões dos Gases de Efeito Estufa	32
3.1.3	PROTOCOLO DE KYOTO E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)	33
3.1.3.1	Emenda de Doha ao Protocolo de Kyoto	36
3.1.3.2	Acordo de Paris	36
3.1.3.3	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL	37
3.1.4	AGENDA 21	38
3.1.4.1	Agenda 21 e a Energia	39
3.1.5	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	40
3.1.5.1	Indicadores de Sustentabilidade	41
3.1.6	SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS ENERGÉTICOS	49
3.2	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS (RAD)	52
3.2.1	CONCEITO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	52
3.2.2	CONCEITO DE RECUPERAÇÃO	53
3.2.3	PLANTIO CONSORCIADO	54
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO DENDÊ/PALMA DE ÓLEO	57
3.3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	57
3.3.2	CARACTERÍSTICAS DO DENDEZEIRO	58
3.3.3	CARACTERÍSTICAS DO CULTIVO E COLHEITA	61
3.3.3.1	Fixação de CO <sub>2</sub> nos Plantios de Dendê	64
3.3.4	EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE DENDÊ E SEUS SUBPRODUTOS	65
3.3.5	USOS DOS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO DO DENDÊ	67
3.4	PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS NO SETOR ENERGÉTICO	68
3.4.1	CONCEITO	68
3.4.2	ETAPAS OU COMPONENTES BÁSICOS DO PIR	70
3.4.3	IMPLEMENTAÇÃO E USOS	73
3.4.4	GERENCIAMENTO PELO LADO DA OFERTA (GLO)	77
3.4.5	GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA (GLD)	78

3.4.6	BARREIRAS .....	80
3.4.6.1	Tendência ao Suprimento.....	80
3.4.6.2	Barreiras Estruturais.....	80
3.4.6.3	Barreiras de Informações .....	81
3.4.6.4	Barreiras Econômicas.....	82
3.4.6.5	Barreiras Políticas .....	84
3.4.6.6	Barreiras Institucionais.....	84
<b>4</b>	<b><u>METODOLOGIA .....</u></b>	<b><u>86</u></b>
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	86
4.2	SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	88
4.3	SELEÇÃO DA CULTURA.....	88
4.4	ESTIMAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CACHOS DE FRUTOS FRESCOS DE DENDÊ EM ÁREAS DEGRADADAS .....	88
4.5	ESTIMAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS .....	89
4.6	SELEÇÃO DO RESÍDUO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	89
4.7	ESTIMATÇÃO GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	90
4.8	ANÁLISE DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DO CICLO PRODUTIVO DO DENDÊ .....	91
<b>5</b>	<b><u>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</u></b>	<b><u>93</u></b>
5.1	SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA CULTURA.....	93
5.2	POTENCIAL DE CULTIVO EM ÁREAS DEGRADADAS .....	98
5.2.1	NÚMERO DE INDIVÍDUOS.....	98
5.2.2	PRODUÇÃO DE CACHOS DE FRUTO FRESCO .....	100
5.2.3	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DERIVADOS DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA 101	
5.2.3.1	Cachos Vazios .....	101
5.2.3.2	Fibras.....	103
5.2.3.3	Cascas.....	104
5.2.3.4	Efluente Líquido.....	107
5.3	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	108
5.3.1	GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS .....	109
5.4	POTENCIAL DE FIXAÇÃO E EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UM PLANTIO DE DENDÊ 114	
<b>6</b>	<b><u>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</u></b>	<b><u>118</u></b>
<b>7</b>	<b><u>REFERÊNCIAS .....</u></b>	<b><u>122</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1-1 – Esquema representando o ciclo do carbono no domínio rápido .....	25
Figura 3.1-2 - Espectro de Absorção para Vários Gases entre o Topo da Atmosfera e a Superfície da Terra. ....	27
Figura 3.1-3 - Total de emissões antropogênicas anuais de GEE (GtCO <sub>2</sub> eq/ano) por grupos de gases, período decenal de 1970 a 2010. ....	29
Figura 3.1-4 - Total de emissões antropogênicas anuais de GEE (GtCO <sub>2</sub> eq/ano) por setor econômico, 2010. ....	30
Figura 3.3-1 – Dendzeiro, suas inflorescências, frutos e sementes. ....	58
Figura 3.3-2 – Sistema radicular de um dendzeiro. ....	59
Figura 3.3-3 – Inflorescências do dendê: (a/c) Inflorescência feminina; (b/d) Inflorescência masculina. ....	60
Figura 3.3-4 – Tipos de frutos de palma de óleo: (a) Dura; (b) Pisífera/Psífera; e (c) Tenera. ....	61
Figura 3.3-5 – Esquema demonstrativo do espaçamento para cultivo de palma de óleo. ....	62
Figura 3.3-6 – Fluxograma de massa referente a extração do óleo de palma e de palmiste. ....	66
Figura 3.4-1 – Diagrama do Processo PIR. ....	73
Figura 3.4-2 – Diagrama do PIR com as principais atividades de uma concessionária. ....	75
Figura 4.1-1 – Fluxograma da metodologia. ....	87
Figura 5.1-1 - Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal – Nível de Manejo B. ....	95
Figura 5.1-2 - Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal – Nível de Manejo C. ....	96
Figura 5.2-1 – Número de Indivíduos por Classe e Nível de Manejo. ....	100
Figura 5.2-2 – Produção potencial de Cachos de Fruta Fresco. ....	100
Figura 5.2-3 –Resíduos potencialmente gerados a partir do Processo de Beneficiamento do óleo de palma. ....	106
Figura 5.2-4 – Produção potencial de Efluente Líquido. ....	108
Figura 5.3-1 – Volume de Biogás sintetizado a partir do Efluente Líquido. ....	110
Figura 5.3-2 – Volume de gases (Metano e Dióxido de Carbono) no Biogás. ....	112
Figura 5.3-3 – Energia gerada a partir do Biogás. ....	113
Figura 5.4-1 – Comparativo entre as emissões e a redução de CO <sub>2</sub> . ....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1-1 - Porcentagem dos Gases Atmosféricos.....	26
Tabela 3.1-2 – Tempo de Vida dos Gases na Atmosfera .....	31
Tabela 3.1-3 – Indicadores estabelecidos pela OLADE.....	50
Tabela 3.1-4 – Indicadores estabelecidos pelo Projeto Brasil Sustentável e Democrático. ....	51
Tabela 3.2-1 – Culturas alimentares usualmente plantadas em consórcio com a Palma de Óleo. ....	56
Tabela 3.3-1 – Potencial de fixação de CO <sub>2</sub> no plantio de dendê. ....	64
Tabela 4.4-1 - Características do Cultivo de Dendê.....	89
Tabela 4.5-1 – Geração de Resíduos do Cultivo de Dendê.....	89
Tabela 4.7-1 – Potencial de geração de energia elétrica a partir do efluente do processo de beneficiamento de dendê.....	91
Tabela 4.8-1 – Dados de Fixação e Emissões de CO <sub>2</sub> , em um plantio de dendê. ....	92
Tabela 5.1-1 - Características dos níveis de manejo. ....	93
Tabela 5.1-2 - Características das Classes dos Zoneamentos Agroecológicos. ....	94
Tabela 5.1-3 – Áreas das classes de zoneamento para produção de palma de óleo no estado do Pará..	97
Tabela 5.1-4 – Áreas das classes de zoneamento para produção de palma de óleo no estado do Pará..	98
Tabela 5.2-1 – Número de Indivíduos por Classe e Nível de Manejo. ....	99
Tabela 5.2-2 – Produção potencial de Cachos de Fruto Fresco. ....	101
Tabela 5.2-3 – Resíduos (Cachos Vazios) potencialmente gerados.....	102
Tabela 5.2-4 – Resíduos (Fibras) potencialmente gerados.....	103
Tabela 5.2-5 – Resíduos (Casca) potencialmente gerados. ....	105
Tabela 5.2-6 – Resíduos (Efluente Líquido) potencialmente gerados. ....	107
Tabela 5.3-1 – Volume de Biogás produzido a partir do Efluente Líquido. ....	109
Tabela 5.3-2 – Volume dos gases Metano e Dióxido de Carbono no Biogás. ....	111
Tabela 5.3-3 – Volume de Metano no Biogás, de acordo com a classe. ....	111
Tabela 5.3-4 – Energia Gerada a partir do Biogás, de acordo com a classe e nível de manejo. ....	113
Tabela 5.4-1 – Quantidade de CO <sub>2</sub> fixado pelo cultivo de dendê em 25 anos. ....	114
Tabela 5.4-2 – Quantidade de CO <sub>2</sub> emitido pelo cultivo de dendê em 25 anos. ....	115
Tabela 5.4-3 – Emissões evitadas com a utilização do efluente líquido para produção do biogás. ....	116

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>APA</b>	Áreas de Proteção Ambiental
<b>APP</b>	Áreas de Preservação Permanente
<b>C</b>	Carbono
<b>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub></b>	Glicose
<b>CaCO<sub>3</sub>(s)</b>	Carbonato de Cálcio
<b>CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	Dolomita
<b>CF</b>	Código Florestal
<b>CFC</b>	Clorofluorcarbono
<b>CFF</b>	Cachos de Fruto Fresco
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CNUMAD</b>	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>eq</b>	Dióxido de Carbono equivalente
<b>CO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	Íon carbonato
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional de Meio Ambiente
<b>CSD</b>	<i>Commission on Sustainable Development</i> (em português, Comissão para o Desenvolvimento Sustentável)
<b>DS</b>	Desenvolvimento Sustentável
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (em português, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)
<b>FeCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de Ferro
<b>FFB</b>	Fresh Fruits Bunches (em português, Cachos de Fruto Fresco – CFF)
<b>FOLU</b>	<i>Forestry and Other Land Use</i> (em português Silvicultura e outros usos do solo)
<b>gC</b>	Grama de Carbono
<b>GD</b>	Geração Distribuída
<b>GEE</b>	Gases de Efeito Estufa
<b>GLD</b>	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
<b>GLO</b>	Gerenciamento pelo Lado da Oferta
<b>GtCO<sub>2</sub>eq.</b>	Giga-tonelada de dióxido de carbono equivalente
<b>GWh</b>	Gigawatt-hora
<b>H</b>	Hidrogênio
<b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(aq)</b>	Ácido carbônico
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Água
<b>ha</b>	Hectare

<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Ânion bicarbonato
<b>HDL</b>	<i>High Density Lipoprotein</i> (em português, Lipoproteína de Alta Densidade)
<b>He</b>	Hélio
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>ind.</b>	Indivíduos
<b>IPCC</b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (em português, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
<b>IV</b>	Infravermelho
<b>kg</b>	Quilograma
<b>km<sup>2</sup></b>	Quilometro quadrado
<b>kWh</b>	Quilowatt-hora
<b>LDL</b>	<i>Low Density Lipoprotein</i> (em português, Lipoproteína de Baixa Densidade)
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>MDA</b>	Ministério de Desenvolvimento Agrário
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
<b>Mg.CO<sub>2</sub>eq.</b>	Megagrama de dióxido de carbono equivalente
<b>Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup></b>	Megagrama de dióxido de carbono equivalente por hectare
<b>MME</b>	Ministério de Minas e Energia
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>NMB</b>	Nível de Manejo B
<b>NMC</b>	Nível de Manejo C
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrogênio
<b>O</b>	Elemento Oxigênio
<b>O<sub>2</sub></b>	Gás Oxigênio
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozônio
<b>OLADE</b>	<i>Organización Latino Americana de Energia</i> (em português, Organização Latino-americana de Energia)
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PCH</b>	Pequena Central Hidrelétrica
<b>PgC</b>	Petagrama de Carbono
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>PIR</b>	Planejamento Integrado de Recursos
<b>RL</b>	Reserva Legal
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoreto de enxofre
<b>SNUC</b>	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Enxofre
<b>t</b>	Toneladas
<b>tCO<sub>2</sub>eq.</b>	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
<b>ton.</b>	Toneladas

<b>TWh</b>	Terawatt-hora
<b>USDA</b>	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)
<b>WCED</b>	<i>World Commission on Environment and Development</i> (em português, Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento)
<b>WEC</b>	<i>World Energy Council</i> (em português, Conselho Mundial de Energia)
<b>ZAE-Dendê</b>	Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo da Cultura de Palma de Óleo na Amazônia

## RESUMO

O desmatamento, principalmente verificado, na região Amazônica, tem diminuído, entretanto as áreas desmatadas, por ações antrópicas, como o avanço da agricultura, ou pela abertura de pastos, ainda são um empecilho, visto que o processo de resiliência, demanda tempo para agir estas áreas. Neste viés, o Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo da Cultura de Palma de Óleo na Amazônia (ZAE-Dendê), avaliou as áreas degradadas na Amazônia Legal, visando o plantio de dendê para recupera-las, através das melhores práticas. O presente trabalho vai além, avaliando: a implantação da dendeicultura como forma de recuperação de áreas degradadas no estado do Pará; a geração de energia a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma; bem como analisando o potencial de redução de dióxido de carbono por meio desta cultura. A metodologia utilizada para tal avaliação, perpassou pela seleção das áreas degradadas do estado do Pará como área de estudo, e a quantificação, baseada em referenciais teóricos, da produção de cachos de frutos frescos por hectare, a quantidade de resíduos produzida, a energia gerada a partir dos resíduos e o valor de fixação e emissão de CO<sub>2</sub>. Os resultados obtidos, concernente as emissões e a fixação de CO<sub>2</sub>, evidenciaram que a dendeicultura tem potencial de redução deste gás de efeito estufa, variando de 180 a 500 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq., retirados da atmosfera em um ciclo produtivo (25 anos), além de evitar a emissão de 550 a 2.204 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. Já o potencial de geração de energia elétrica, verificada a partir da digestão anaeróbia do efluente líquido, varia de 212 a 531 TWh durante o ciclo produtivo do dendê. Estes dados atestaram a capacidade do dendê, por meio de seus resíduos, em tornar-se uma alternativa energética, bem como uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas. Este trabalho, portanto, evidencia-se como um subsídio para a elaboração de um Planejamento Integrado de Recursos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas Degradadas. Dendê. Resíduos. Geração de Energia. Dióxido de Carbono.

## ABSTRACT

*The deforestation, mainly verified in the Amazon region, has declined, but deforested areas, due to anthropic actions such as agriculture, or pastures opening, are still a hindrance, since the resilience process requires time to act. In this bias, the Agroecological Zoning, Production and Management of Oil Palm Culture in Amazon (ZAE-Dendê), evaluated the degraded areas in the Legal Amazon, aiming the palm plantation to recover them, based on the best practices. The present work goes beyond, evaluating the implantation of palm oil as a way of recovering degraded areas in Pará; the power generation from palm oil processing residues; as well as analyzing carbon dioxide reducing potential. The methodology used, covered the selection of degraded areas in Pará as the study area. Based on theoretical references some data were consolidate: the production of fresh fruits bunches (FFB) per hectare, the amount of waste per tonne of FFB, power generated from the residues and CO<sub>2</sub> value fixation and emission. The results related to the CO<sub>2</sub> emissions and fixation showed that the palm oil culture has the potential to reduce a range from 180 to 500 million tons of CO<sub>2</sub>eq., in addition to avoiding emission of 550 to 2,204 million tons of CO<sub>2</sub>eq., in a production cycle (25 years). The power generation potential verified from the anaerobic digestion of the liquid effluent range from 212 to 531 TWh during a palm oil production cycle. These data attests palm oil residues to become an alternative energy resource, as well as an alternative to degraded areas recovery. Therefore, this work is a subsidy for an Integrated Resource Planning elaboration.*

**KEYWORDS:** *Degraded areas. Palm oil. Waste. Power generation. Carbon dioxide.*

# 1 INTRODUÇÃO

---

No que diz respeito ao novo modelo desenvolvimentista alicerçado pelo tripé proposto pelo conceito de sustentabilidade, é digno que se ressalte que novas perspectivas de produção e consumo serão instauradas (GOLDEMBERG; LUCON, 2006/2007). Nesta nova ordem mundial elenca-se como primordial adotar uma ótica diferente no tocante ao consumo e a geração de resíduos, além de uma preocupação acerca do meio ambiente. Devido a ascensão deste debate o modelo de desenvolvimento vigente tem sido questionado, principalmente no que diz respeito à irresponsabilidade, acerca da exploração dos recursos naturais.

Outro fator proeminente gira em torno do aumento da demanda energética mundial, fato que vem exigindo da sociedade soluções para a produção de energia que contemplem não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas sobretudo as questões sociais e ambientais, como preconiza o desenvolvimento sustentável (SACHS, 2007). Uma destas questões no contexto global é o efeito estufa causado por gases emitidos principalmente pelo desmatamento de áreas florestadas e pela combustão de combustíveis fósseis.

O desmatamento de florestas, principalmente verificado no Brasil, na região Amazônica, tem diminuído (INPE, 2016), entretanto as áreas desmatadas, seja por ações antrópicas como o avanço da agricultura, como abertura de pastos, ou queimadas naturais, ainda são um empecilho, visto que o processo de resiliência, necessita de tempo para recuperar a área.

No que diz respeito, especificamente a expansão das áreas para cultivo, a dendeicultura tem evidenciado crescimento nos últimos anos na Amazônia Brasileira, e tal atividade no passado já incorreu no desmatamento para seu estabelecimento como cultura de sucesso. Tendo em vista a disseminação da palma de óleo no estado do Pará, Ramalho Filho (2010), explorou a utilização das áreas degradadas na Amazônia Legal, para o cultivo do dendê, consorciada com outras culturas, uma importante ferramenta para promover a recuperação destas áreas, bem como envolver a comunidade.

A expansão da área cultivada com a palma de óleo (dendzeiro) nas áreas já desmatadas da Amazônia é reconhecidamente uma excelente alternativa para a produção de óleo para fins alimentares e energéticos, constituindo suporte tanto para o projeto governamental de ampliação e diversificação da matriz energética brasileira, quanto para a criação de empregos e o aumento da renda da população envolvida nessa atividade. Por outro lado, propicia um melhor

aproveitamento das áreas desmatadas e, como consequência, diminui a pressão sobre as áreas de florestas nativas.

O zoneamento agroecológico do dendê, corresponde à identificação, caracterização e delimitação cartográfica de unidades ambientais reconhecíveis na paisagem natural, as quais foram classificadas em função de sua aptidão para o cultivo sustentável de tal espécie. O ZAE-Dendê confrontou as informações cartográficas, com as exigências ecofisiológicas da cultura e com a oferta ambiental da área onde se pretende cultivá-la.

No formato em que foi apresentado, o zoneamento agroecológico do dendê, elaborado por Ramalho Filho (2010), fornece elementos para a implantação e a expansão da cultura em bases sustentáveis, seja para uma agricultura de grande ou de pequena escala, reunindo todo o conhecimento validado e disponível para a implantação e o manejo eficientes e sustentáveis de lavouras de palma de óleo em áreas com diferentes níveis de aptidão agrícola e variados aportes tecnológicos.

Dentro deste viés, e tomando como base a proposição realizada no Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo da Cultura de Palma de Óleo na Amazônia (ZAE-Dendê), elaborado pela EMBRAPA-Solos, esta dissertação avançou, no sentido de propor e avaliar o potencial do uso dos resíduos provenientes do processo de beneficiamento do dendê, cultivados nas áreas degradadas levantadas por Ramalho Filho (2010), para a geração de energia elétrica.

Para obter os valores referentes a geração de energia elétrica, primeiramente foram analisadas as áreas no ZAE-Dendê, e posteriormente selecionaram-se as mais propícias para a inserção da cultura. Conseqüentemente estimou-se a quantidade de indivíduos por hectare, a produção de cachos de frutos frescos (CFF), bem como a quantidade de resíduos (cachos vazios, fibras do mesocarpo, cascas e efluente líquido) gerados durante o processo de beneficiamento do dendê. Logo, determinou-se qual dos resíduos seria utilizado para a geração de energia elétrica. Decorrente desta análise foi possível estimar o volume de biogás gerado, e a quantidade de metano presente neste, doravante calculou-se a geração de energia elétrica advinda do biogás.

Uma preocupação desta dissertação foi de realizar uma análise do potencial de geração de energia elétrica, por meio de uma fonte alternativa e não usual, no Brasil, aproveitando os resíduos culturais do dendê. Este ponto foi o cerne do trabalho visto que, por meio dos dados

levantados, sopesou-se esta dissertação como uma forma de subsidiar um eficiente e eficaz Planejamento Integrado de Recursos (PIR).

Este trabalho é composto de seis itens. O Item 1, apresenta introdução que discorre sobre a dissertação, as motivações e a delimitação do estudo. No Item 2 abordam-se os objetivos desta dissertação. No Item 3 apresenta-se uma revisão bibliográfica relativa ao elemento carbono e seu ciclo biogeoquímico, evidencia o efeito estufa, Protocolo de Kyoto, a Agenda 21, além de caracterizar desenvolvimento sustentável, e apresentar o conceito de sustentabilidade enquadrando-o para o setor energético. Uma análise sobre as características do dendê e do Planejamento Integrado de Recursos (PIR), também foi realizada no item 3.

No Item 4 descreve-se a metodologia utilizada neste trabalho.

No Item 5 são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

No Item 6 são apresentadas as conclusões desta dissertação.

## **2 OBJETIVOS**

---

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a implantação da dendeicultura como forma de recuperação de áreas degradadas no estado do Pará, e geração de energia a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma, bem como a avaliação do potencial de redução de dióxido de carbono por meio desta cultura.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar as áreas degradadas para implantação do plantio de dendê.
- Avaliar o potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa residual do cultivo de dendê em áreas degradadas no estado do Pará.
- Levantar os valores médios de fixação, emissão e redução de CO<sub>2</sub> em cultivos de dendê.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

---

#### 3.1 CONCEITOS AMBIENTAIS

##### 3.1.1 ELEMENTO CARBONO (C)

###### 3.1.1.1 Considerações Gerais

Dentre os elementos mais abundantes no Universo, encontra-se o Carbono, representado pela letra C, de acordo com Schlesinger (1997), bem como os relatórios do IPCC, sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, este elemento ocupa a quarta posição entre os mais abundantes, atrás apenas de Hidrogênio (H), Hélio (He) e Oxigênio (O). É possível encontra-lo:

“[...] na biosfera, nas moléculas orgânicas com estado reduzido gerado na fotossíntese, nos solos como matéria orgânica, na litosfera como combustíveis fósseis e depósitos (rochas sedimentares), nos oceanos [...], como carbonato de cálcio das conchas e na atmosfera como monóxido de carbono, CO (gás traço presente na atmosfera), CO<sub>2</sub> (conexão entre os diversos reservatórios de carbono), e CH<sub>4</sub> (forma mais reduzida de carbono, produzido durante a fermentação da matéria orgânica)” (TONELLO, 2007, p. 22).

No que diz respeito ao carbono elementar, este pode ser encontrado na natureza em três formas alotrópicas: amorfo, grafite e diamante. Verificam-se também três isótopos: 12, 13 e 14, dos quais o último é radioativo. Os átomos de carbono na forma não elementar podem assumir estados de oxirredução que variam de -4 a +4. “O estado de valência mais comum é +4, no CO<sub>2</sub> e formas da família dos carbonatos (*i.e.*: CaCO<sub>3</sub>(s), CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e FeCO<sub>3</sub>) e também as formas dissolvidas na água (*i.e.*: H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(aq), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>)” (TONELLO, 2007, p. 22).

No que tange outras formas de valência, enaltecem-se o monóxido de carbono (CO), gás traço presente na atmosfera com estado de oxidação +2, já o carbono em sua forma mais reduzida, assume a seguinte fórmula CH<sub>4</sub>, comumente conhecido como metano, este é produzido durante a fermentação da matéria orgânica, e apresenta o estado de oxidação -4 (TONELLO, 2007).

Portanto, é possível compreender que o ciclo do carbono, se baseia em uma sequência de reações de oxirredução, além de se constatar um alto grau de complexidade devido envolvimento de todas as formas de vida da Terra, bem como os reservatórios inorgânicos e os processos de troca entre os mesmos (TONELLO, 2007; IPCC, 2014a; IPCC, 2014b). Tonello, (2007, p. 23), discorre sobre a relevância da biosfera para a determinação das características do ciclo do carbono, “tais como; a disponibilidade do carbono como CO<sub>2</sub> no ar, carbonatos na crosta de terra, íons carbonato no mar, compostos orgânicos na biota terrestre”.

Destaca-se nos relatórios do IPCC (2014a) e IPCC (2014b) que dentre os gases compostos por carbono, dois deles, o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e o Metano (CH<sub>4</sub>), são primordiais para a intensificação do efeito estufa, e conseqüentemente influenciam o aquecimento global, temáticas que serão abordadas em itens subsequentes. Entretanto anteriormente é importante conhecer o ciclo biogeoquímico do carbono, objetivando agregar conhecimento sobre tal elemento.

### 3.1.1.2 Ciclo Biogeoquímico do Carbono

Os processos opostos que norteiam o ciclo biogeoquímico do carbono mundial, são a respiração e a fotossíntese (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006). A fotossíntese é um mecanismo pelo qual as plantas sintetizam compostos orgânicos utilizando a luz como fonte de energia. Esta energia fixada por meio da fotossíntese é armazenada em compostos orgânicos os quais são utilizados no metabolismo celular da planta (MARENCO et. al, 2014).

O ciclo do carbono é predominantemente gasoso, além de ser um processo complexo que interliga a atmosfera, hidrosfera e a biota por meio de um composto, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Begon, Townsend, Harper (2006) discorrem sobre a participação da litosfera no ciclo do carbono, historicamente, segundo eles, com um pequeno papel desempenhado, relativo aos combustíveis fósseis como reservatórios de carbono. Estes elementos tornam-se parte preponderante do ciclo do carbono nos séculos recentes, devida intervenção antrópica.

No que tange o início do ciclo, considera-se a absorção do CO<sub>2</sub> pela vegetação terrestre como fonte de carbono, para o processo de fotossíntese, já para a vegetação aquática a fonte de carbono advém dos carbonatos dissolvidos na água, com intuito de realizar o mesmo processo. A liberação do gás oxigênio (O<sub>2</sub>) culmina como produto do processo de fotossíntese, e passa a ser utilizado pelos animais, incluindo o ser humano e microrganismos, no processo de respiração dos mesmos. Este processo é responsável pela liberação do carbono novamente para a atmosfera e hidrosfera.

A reação da fotossíntese pode ser expressa como, a Equação 1, uma simplificação de um conjunto de reações químicas:



**Equação 1**

A liberação da molécula de CO<sub>2</sub> é dada por meio da respiração, um processo inverso ao da fotossíntese, no qual também há liberação de energia, resultante da realização de atividades dos organismos (Equação 2).



Conseqüentemente abordar-se-á o ciclo biogeoquímico do dióxido de carbono, visto que este é foco deste estudo. Ademais, salienta-se que no estudo elaborado por Ciaís et al. (2013) há descrito e exemplificado outros ciclos biogeoquímicos (metano e nitrogênio).

### 3.1.1.2.1 *Ciclo Biogeoquímico do Dióxido de Carbono*

As propriedades radiativas da atmosfera são fortemente influenciadas pela abundância de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), cujo aumento substancial ocorreu a partir do início da Era Industrial (começando no ano de 1750), devido principalmente às emissões antropogênicas (CIAIS et al., 2013). “Os GEE representam a fase gasosa dos ciclos biogeoquímicos globais, que controlam os fluxos e transformações complexas dos elementos entre os diferentes componentes do Sistema Terrestre (atmosfera, oceano, terra, litosfera) por processos bióticos e abióticos” (CIAIS et al., 2013, p. 470, tradução própria). No que tange grande parte dos referidos processos, nota-se a dependência dos mesmo em relação ao ambiente, sendo assim as mudanças climáticas, bem como os impactos humanos nos ecossistemas, a exemplo do uso da terra e a mudança no uso da terra, são fatores que alteram as concentrações atmosféricas dos gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

Vale destacar que o CO<sub>2</sub> atmosférico representa a principal fase atmosférica do ciclo global do carbono, sendo que este ciclo pode ser analisado como uma série de reservatórios de carbono, no Sistema Terrestre, conectados entre si devido o fluxo de carbono. De acordo com, Ciaís et al. (2013) é possível identificar dois domínios no ciclo global do carbono. O primeiro é considerado um domínio rápido, no qual há grande fluxos de troca de carbono, além de grandes reservas com renovação relativamente rápida (CIAIS et al., 2013). Neste domínio inserem-se a atmosfera, os oceanos, os sedimentos oceânicos de superfície, e na terra, a vegetação, o solo e as águas doces.

No que tange o tempo de rotatividade ou de reposição dos reservatórios, eles são definidos como a massa do reservatório de carbono, dividida pelo fluxo de troca, variando de alguns anos

para a atmosfera terrestre, a décadas e milênios para os principais reservatórios de carbono relativos a vegetação e ao solo, além dos vários domínios do oceano (CIAIS et al., 2013).

O segundo domínio abordado por Ciaís et al. (2013) é considerado de lenta reposição do carbono a, visto que trata-se dos enormes depósitos de carbono encontrados em rochas e sedimentos que trocam carbono com o domínio rápido por meio de emissões vulcânicas de CO<sub>2</sub>, intemperismo químico, erosão e formação de sedimentos no fundo do mar (SUNDQUIST, 1986; CIAIS et al., 2013; IPCC, 2014a; IPCC, 2014b).

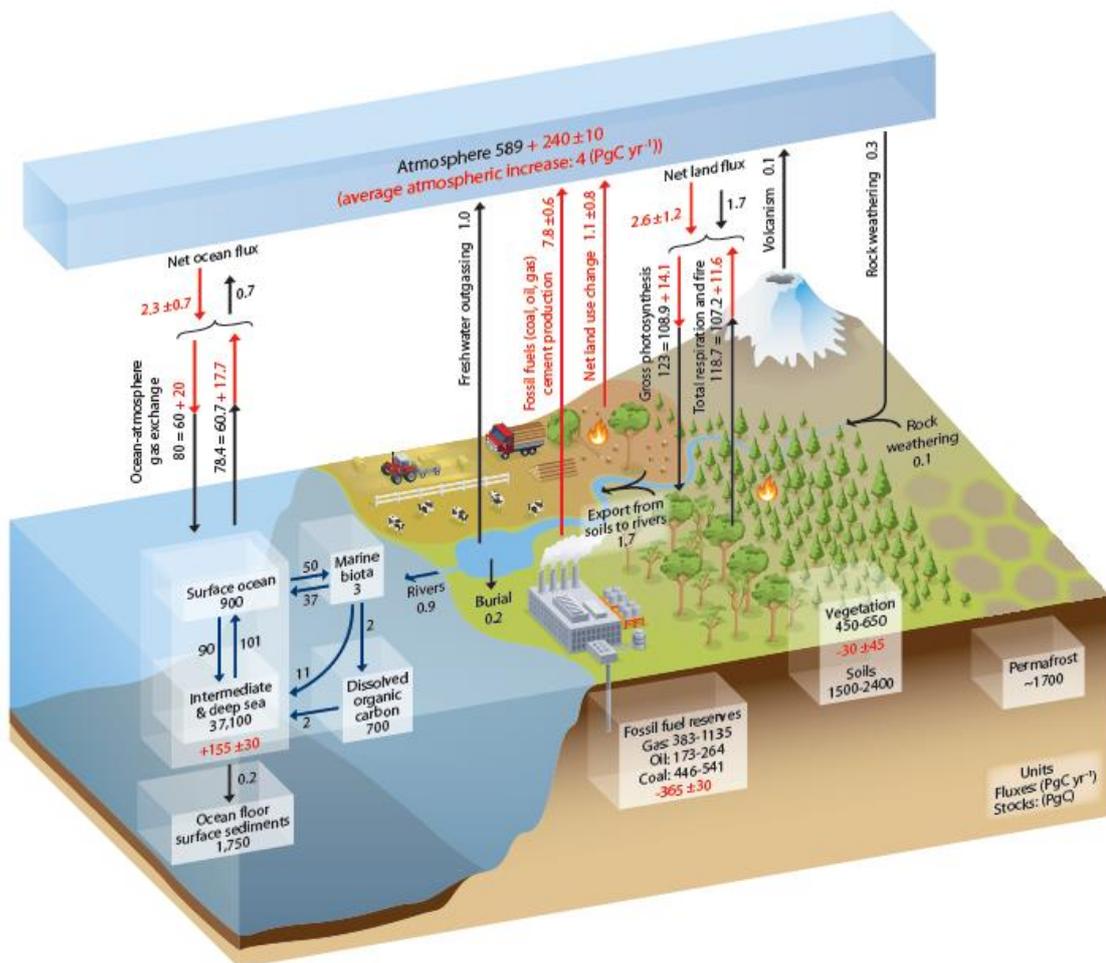
Concernente aos tempos de rotatividade ou reposição dos reservatórios (principalmente os geológicos) do domínio lento são de 10.000 anos ou mais. Ciaís e colaboradores informam que:

Os fluxos de troca natural entre o domínio lento eo rápido do ciclo do carbono são relativamente pequenos ( $<0,3 \text{ PgC yr}^{-1}$ ,  $1 \text{ PgC} = 10^{15} \text{ gC}$ ) e podem ser assumidos como aproximadamente constantes no tempo (vulcanismo, sedimentação) ao longo dos últimos séculos, embora a erosão e os fluxos dos rios possam ter sido modificados pelas mudanças induzidas pelo homem no uso da terra (RAYMOND, COLE, 2003). (CIAIS et al., 2003, p. 470)

Na Figura 3.1-1 apresenta-se o esquema referente ao ciclo do carbono global, representando do domínio rápido. Os números representam a massa do reservatório, também chamada de 'estoques de carbono' em PgC ( $1 \text{ PgC} = 10^{15} \text{ gC}$ ) e fluxos de troca anual de carbono (em  $\text{PgC yr}^{-1}$ ). Os números na coloração preta, bem como as setas, demonstram a massa de massa de reservatório e fluxos de troca estimados para o período anterior à Era Industrial, por volta de 1750 (CIAIS et al., 2003). No que diz respeito as reservas de combustíveis fósseis são do GEA (2006) e são consistentes, segundo Ciaís et al. (2013), com os números usados pelo IPCC WGIII para cenários futuros.

As setas e os números vermelhos na Figura 3.1-1 indicam fluxos anuais antropogênicos médios durante o período de tempo 2000-2009, representando principalmente as emissões advindas: do CO<sub>2</sub> do combustível fóssil e do cimento; e mudança de uso da terra. As setas e números vermelhos, também simbolizam a captação de CO<sub>2</sub> antropogênico pelo oceano e pelos ecossistemas terrestres, comumente chamados de "sumidouros de carbono" (CIAIS et al., 2003). Nesta ótica, os números vermelhos destacados nos reservatórios apontam as alterações cumulativas de carbono antrópico durante o Período Industrial 1750-2011.

Figura 3.1-1 – Esquema representando o ciclo do carbono no domínio rápido



Fonte: Ciaia et al. (2013, p. 471).

### 3.1.2 EFEITO ESTUFA

#### 3.1.2.1 Composição de Gases da Atmosfera

A atmosfera terrestre é composta naturalmente por uma série de gases, dentre eles destacam-se o vapor d'água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ozônio ( $\text{O}_3$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). Os gases supracitados, são responsáveis pelo mecanismo de aquecimento normal do planeta, tal processo é conhecido como efeito estufa. Destaca-se que além dos gases mencionados, existem outros presentes na atmosfera, entretanto, encontrados em quantidade traço, isto é, em concentrações muito pequenas, mesmo assim, contribuem para o efeito estufa. Dentre os gases presentes na atmosfera em concentrações traço, enaltece-se o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ).

A Tabela 3.1-1 apresenta a concentração dos gases componentes da atmosfera, bem como com suas respectivas porcentagens de acordo com o volume.

**Tabela 3.1-1 - Porcentagem dos Gases Atmosféricos.**

<b>GASES</b>	<b>VOLUME (%)</b>
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	78,08
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	20,95
Argônio (Ar)	0,93
Vapor d'água	0 – 4
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0,035
Neônio (Ne)	0,0018
Hélio (He)	0,0005
Criptônio (Kr)	0,0001
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,00017
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	0,00003
Hidrogênio	0,00005
Xenônio (Xe)	0,00009
Ozônio (O <sub>3</sub> )	0,000004
Clorofluorcarbono (CFC)	0,00000001

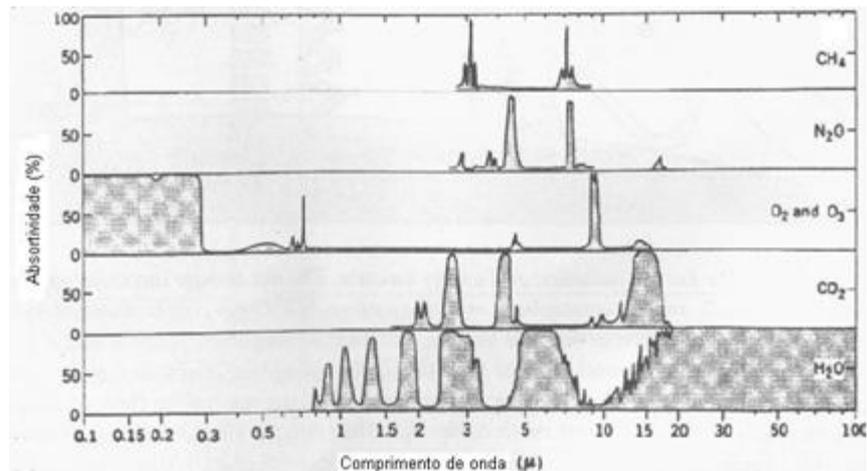
Fonte: Ahrens (1991), Barry & Chorley (1995).

### **3.1.2.2 Gases de Efeito Estufa de Origem Natural**

É necessário inicialmente, ao abordar os gases de efeito estufa, realizar a seguinte análise, o efeito estufa é um fenômeno natural determinado pela capacidade dos gases atmosféricos de reter calor. A radiação solar que adentra na atmosfera terrestre, é absorvida devido a presença dos gases que não são transparentes à radiação infravermelha.

Tal explanação é necessária, visto que, alguns dos gases atmosféricos, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), são transparentes à radiação de ondas curtas, porém fortes absorvedores da radiação de ondas longas na banda do infravermelho emitida pela superfície da terra (Figura 3.1-2). A absorção das ondas em IV pelo CO<sub>2</sub> evita que parte da radiação emitida pela superfície retorne para o espaço, mantendo assim, o aquecimento do planeta, caracterizando assim o Efeito Estufa.

**Figura 3.1-2 - Espectro de Absorção para Vários Gases entre o Topo da Atmosfera e a Superfície da Terra.**



Fonte: WMO (2002).

O efeito estufa na Terra é garantido pela quantidade dos gases que compõe a atmosfera, como o vapor d'água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). Destes gases, o  $\text{CO}_2$  representa aproximadamente 76% do efeito estufa global, dos quais 11% advém do  $\text{CO}_2$  emitido pelo FOLU (*Forestry and Other Land Use*, em português Silvicultura e outros usos do solo), o metano ( $\text{CH}_4$ ) representa 16% dos GEE, o óxido nitroso corresponde a 6%, e os gases fluorados (em inglês *F-gases*) 2%, (IPCC, 2014a). Enaltece-se que a ausência destes gases na atmosfera acarretaria na dissipação da radiação emitida pela Terra no espaço, impossibilitando a existência de vida no mesmo.

### 3.1.2.3 Gases de Efeito Estufa de Origem Antropogênica

É necessário salientar que o acréscimo da concentração dos gases constituintes do efeito estufa natural, com destaque para o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), é devido às atividades humanas. Tal acréscimo é evidenciado na Figura 3.1-3, divulgada pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, em português, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) em 2014, na qual verifica-se que a quantidade de  $\text{CO}_2$  emitida passou de 72% em 1970, para 76% em 2010, enquanto a concentração na atmosfera passou de 27  $\text{GtCO}_2\text{eq.}$ , para 49 ( $\pm 4,5$ )  $\text{GtCO}_2\text{eq.}$

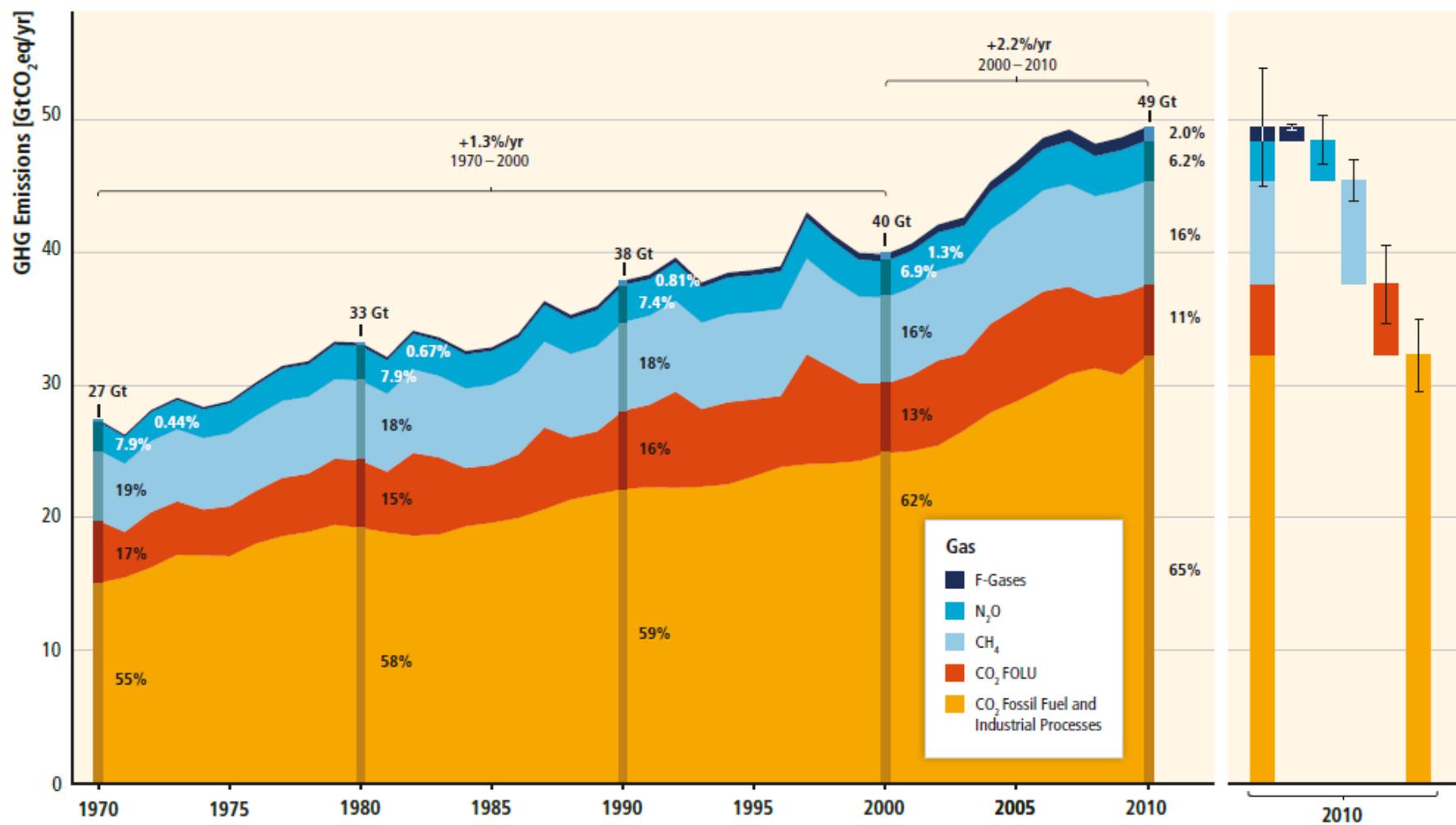
Na Figura 3.1-3 destaca-se (ao lado direito) para o ano de 2010, as incertezas associadas, com intervalo de confiança de 90%, indicadas pelas barras de erro. Estas incertezas são derivadas das estimativas da concentração dos gases individualmente, tanto que no relatório divulgado pelo IPCC em 2014, são divulgados os percentuais de incerteza para cada gás mencionado na Figura 3.1-3. Segundo relatório *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*:

As emissões globais de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão de combustíveis fósseis são conhecidas dentro de um limite de até 8% de incerteza (intervalo de confiança de 90%). As emissões de CO<sub>2</sub> do FOLU têm incertezas muito grandes associadas, na ordem de  $\pm 50\%$ . A incerteza para as emissões globais de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e *F-gases* foi estimada em 20%, 60% e 20%, respectivamente. (IPCC, 2014a, p. 07, tradução nossa)

Ainda acerca da Figura 3.1-3, é Apesar de um número crescente de políticas de mitigação das mudanças climáticas, as emissões anuais de GEE cresceram em média 01 giga-tonelada equivalente de dióxido de carbono (GtCO<sub>2</sub>eq), isto é 2,2% por ano de 2000 a 2010, comparado com 0,4 GtCO<sub>2</sub>eq, ou 1,3%, por ano no período de 1970 a 2000 (IPCC, 2014a).

No que tange as emissões antropogênicas, o dióxido de carbono se destaca como o principal gás de efeito estufa, responsável por cerca de 76%, isto é 38 ( $\pm 3,8$ ) GtCO<sub>2</sub>eq./ano, em 2010. Os aproximadamente 24% restantes dividem-se entre: o metano (CH<sub>4</sub>) cuja concentração atmosférica perfaz 15,6% ( $7,8 \pm 1,6$  GtCO<sub>2</sub>eq./ano); o óxido nitroso com 6,2% ( $3,1 \pm 1,9$  GtCO<sub>2</sub>eq./ano) de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); e 2% ( $1,0 \pm 0,2$  GtCO<sub>2</sub>eq./ano) a partir de gases fluorados (Figura 3.1-3). Anualmente, desde 1970, cerca de 25% das emissões antropogênicas de GEE têm sido na forma de gases não-CO<sub>2</sub> (IPCC, 2014a).

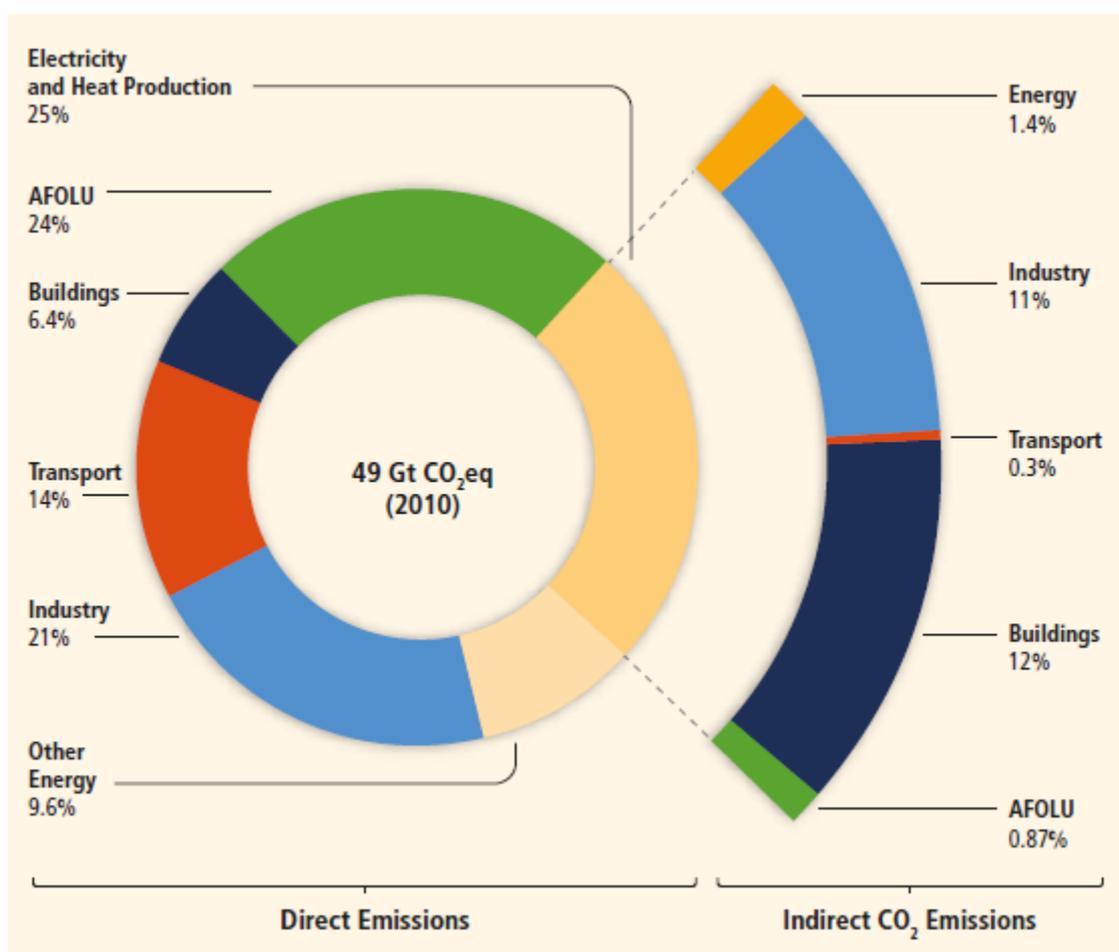
Figura 3.1-3 - Total de emissões antropogênicas anuais de GEE (GtCO<sub>2</sub>eq/ano) por grupos de gases, período decenal de 1970 a 2010.



Fonte: IPCC (2014a).

Outro ponto relevante para a compreensão do efeito estufa, gira em torno da sapiência de quais setores da economia contribuem, e qual sua contribuição para os GEE. Na Figura 3.1-4, evidencia-se o percentual relativo aos setores econômicos, dentre os quais o setor energético, responsável pela produção de calor e eletricidade responde por cerca de 35% (17 GtCO<sub>2</sub>eq.) das emissões anuais de GEE. As emissões provenientes da Agricultura, Silvicultura e outros usos da terra perfazem 24% (12 GtCO<sub>2</sub>eq.), as emissões industriais representam 21%, isto é, 10 GtCO<sub>2</sub>eq., o setor de transportes contribui com 14% das emissões de gases de efeito estufa, o equivalente a 7 GtCO<sub>2</sub>eq., e por fim o setor de construção com 6,4% das emissões de GEE (3,2 GtCO<sub>2</sub>eq.)

**Figura 3.1-4 - Total de emissões antropogênicas anuais de GEE (GtCO<sub>2</sub>eq/ano) por setor econômico, 2010.**



Fonte: IPCC (2014a).

Apesar do efeito estufa ser o mecanismo responsável pela manutenção da temperatura no planeta Terra, a concentração elevada dos gases constituintes da atmosfera, resultaram em um aumento da temperatura média do planeta. Tal modificação ocasiona e ocasionará profundos efeitos, sobre o clima, como: o aumento do índice

pluviométrico; aumento da frequência e rigor dos furacões e tempestades tropicais; aumento do nível dos oceanos, conforme discorrem Esparta e Moreira (2002). Estas são algumas das alterações climáticas mensuráveis, sendo assim existem efeitos imprevisíveis relacionados ao efeito estufa, entretanto é possível afirmar que a elevação da temperatura do planeta afetará o equilíbrio de diversos ecossistemas.

Os efeitos provocados pelo aumento da temperatura média da Terra, resultaram em diversas reuniões intergovernamentais, visando a elaboração e estabelecimento de políticas públicas, para a mitigação dos impactos causados, bem como tomadas de decisões, entre governos e comunidade científica objetivando evitar tal catástrofe inerente às mudanças climáticas. Todavia, para determinarmos o quão significativo é a contribuição de um para o efeito estufa, necessita-se analisar alguns fatores, dentre eles o tempo de vida dos gases na atmosfera, evidenciado na Tabela 3.1-2.

**Tabela 3.1-2 – Tempo de Vida dos Gases na Atmosfera**

GASES	FÓRMULA QUÍMICA	TEMPO DE VIDA
<b>Dióxido de Carbono</b>	CO <sub>2</sub>	100 - 300 anos
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	12 anos
<b>CFC-11</b>	CCl <sub>3</sub> F	45 anos
<b>CFC-12</b>	CCL <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	100 anos
<b>Óxido Nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	121 anos

Fonte: BLASING (2016).

Como é notório na Tabela 3.1-2, o dióxido de carbono é o principal gás, no que tange tempo de vida na atmosfera, podendo atingir 300 anos para se dissipar. Outro gás que se destaca, positivamente, quando analisado o tempo de vida atmosférico é o metano, que possui um período curto de permanência na atmosfera, entretanto, sua significativa está atrelada ao grande poder de absorção do calor irradiado pela Terra, um poder 23 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2014a).

Além de conhecer o tempo de vida dos elementos, bem como o poder de absorção do dióxido de carbono e do metano, faz-se necessário conhecer as fontes de emissões dos gases de efeito estufa. Tal análise permite que as ações incidam de maneira mais precisa nas causas do efeito estufa, tornando as medidas mais eficientes.

#### 3.1.2.4 Fontes de Emissões dos Gases de Efeito Estufa

O dióxido de carbono, gás naturalmente presente na atmosfera, é um importante fator na fotossíntese (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006). As principais fontes de CO<sub>2</sub> na atmosfera são naturais oriundas da respiração de plantas e animais cuja contribuição perfaz 93% do total, já as fontes antropogênicas (queimadas florestais e combustão de matéria orgânica de origem vegetal) representam 2%, e a queima de combustíveis fósseis (óleo, carvão mineral, gás natural) equivale a 5% (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006). Os processos de fotossíntese e absorção de CO<sub>2</sub> pelos oceanos eliminam 95% do CO<sub>2</sub> emitido por processos naturais cada um contribuindo igualmente (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006; IPCC, 2014b). Sendo assim, apenas 5% de todo o gás carbônico emitido não é reciclado.

O metano, por sua vez, é formado pela decomposição de compostos orgânicos por bactérias metanogênicas, na ausência de oxigênio ou por combustão incompleta nas mudanças no uso do solo (cultivo de arroz em áreas alagadas, queima de biomassa florestal e resíduos agrícolas, inundação de áreas florestadas em reservatórios) e áreas pantanosas; criação de animais ruminantes (dejetos), utilização energética (produção, armazenagem, queima de carvão mineral, produção e transporte de gás natural), aterros e tratamento de esgoto (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006; IPCC, 2014a, IPCC, 2014b). Os processos naturais de eliminação do metano fazem com que boa parte desapareça em reações químicas na atmosfera, e pequena fração seja absorvida por microrganismos no solo.

No que diz respeito ao dióxido de enxofre presente na atmosfera, este é proveniente principalmente das queimas de carvão e derivados do petróleo, devido à presença de compostos sulfurados nesses combustíveis. O carvão é muito usado como fonte de energia para indústria e para produção de eletricidade. No Brasil, entretanto, o uso do carvão é bastante limitado, e a principal fonte de dióxido de enxofre é a queima de derivados de petróleo em indústrias e automóveis (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006; IPCC, 2014a, IPCC, 2014b).

O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) também é formado nas combustões de carvão e derivados do petróleo, o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) é produzido na desnitrificação dos solos em condições anaeróbicas, combustão, queima de biomassa e utilização de fertilizantes (BEGON, TOWNSEND, HARPER, 2006).

Já os clorofluorcarbonos (CFCs) que também contribuem com o aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), são produzidos pela indústria química, como gases refrigerantes (ar condicionado, refrigeradores) e propelentes de aerossóis, e constituem os mais poderosos gases que provocam o efeito estufa, apesar de estarem presentes em quantidades mínimas, não existindo nenhum mecanismo natural que os elimine da atmosfera (IPCC, 2014a, IPCC, 2014b).

A presença excessiva desses gases na atmosfera pode estar intensificando o efeito estufa. Modelagens do aquecimento global preveem um aumento de 1° a 3,5°C na temperatura global e uma elevação do nível do mar de 15 a 90 cm até 2100 (IPCC, 1996). Para ano de 2100, foram realizadas modelagens acerca das emissões de GEE considerando seis cenários distintos (IPCC, 2014).

### **3.1.3 PROTOCOLO DE KYOTO E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)**

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada pelo Brasil na Rio-92, estabeleceu que os países desenvolvidos ou em transição para uma economia de mercado, deveriam liderar as ações no combate ao aquecimento global e retornar seus níveis de emissões de GEE por volta do ano 2000 aos níveis verificados em 1990.

No Brasil, o Programa de Mudança do Clima nasce após a ratificação pelo Brasil da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em fevereiro de 1994. A estratégia do Programa foi definida pelo governo brasileiro, em especial pelos Ministérios da Ciência e Tecnologia e das Relações Exteriores, visando o atendimento dos compromissos iniciais do Brasil na Convenção.

O preâmbulo da Convenção sobre Mudança do Clima (ONU, 1992, p. 03) reconhece que "mudança do clima da Terra e seus efeitos negativos são uma preocupação comum da humanidade" e que:

[...] a natureza global da mudança do clima requer a maior cooperação possível de todos os países e sua participação em uma resposta internacional efetiva e apropriada, conforme suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e respectivas capacidades e condições sociais e econômicas. (ONU, 1992, p. 03)

Também é observado que:

[...] a maior parcela das emissões globais, históricas e atuais, de gases de efeito estufa é originária dos países desenvolvidos, que as emissões per capita dos

países em desenvolvimento ainda são relativamente baixas e que a parcela de emissões globais originárias dos países em desenvolvimento crescerá para que eles possam satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento. (ONU, 1992, p. 03)

Também é reconhecida pela Convenção que

[...] o grau de efetivo cumprimento dos compromissos assumidos sob esta Convenção pelas Partes, países em desenvolvimento, dependerá do cumprimento efetivo dos compromissos assumidos sob esta Convenção pelas Partes, países desenvolvidos, no que se refere a recursos financeiros e transferência de tecnologia, e levará plenamente em conta o fato de que o desenvolvimento econômico e social e a erradicação da pobreza são as prioridades primordiais e absolutas das Partes, países em desenvolvimento. (ONU, 1992, p. 11)

Os principais compromissos dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, são descritos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no Artigo 4, parágrafo 1, que estabelece obrigações comuns para todas as Partes, levando em conta as responsabilidades comuns, porém diferenciadas dos países e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, entre outros. Os principais compromissos de acordo com Relatório da Convenção-Quadro das Nações Unidas são:

Elaborar, atualizar periodicamente, publicar e tornar disponível para a Conferência das Partes inventários de emissões antrópicas por fontes e de remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (trata de substâncias que destroem a camada de ozônio, adotado em setembro de 1987);

Formular, implementar, publicar e atualizar regularmente programas nacionais e, conforme o caso, regionais, que incluam medidas para mitigar a mudança do clima, bem como medidas para permitir adaptação adequada à mudança do clima;

Promover e cooperar para o desenvolvimento, aplicação e difusão, inclusive transferência, de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam as emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em todos os setores pertinentes, inclusive nos setores de energia, transportes, indústria, agricultura, silvicultura e tratamento de resíduos;

Promover e cooperar em pesquisas científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e outras, em observações sistemáticas e no desenvolvimento de bancos de dados relativos ao sistema climático, cuja finalidade seja esclarecer e reduzir ou eliminar as incertezas ainda existentes em relação às causas, efeitos, magnitude e evolução no tempo da mudança do clima e as consequências econômicas e sociais de diversas estratégias de resposta;

Promover e cooperar na educação, treinamento e conscientização pública em relação à mudança do clima, e estipular a mais ampla participação nesse processo, inclusive a participação de organizações não governamentais. (ONU, 1992, p. 07-09)

A Conferência do Clima de 1996, em Genebra, culminou com a declaração dos países participantes relacionada ao comprometimento da redução dos gases de efeito

estufa. Entretanto apenas em dezembro de 1997, em Kyoto, no Japão, estabeleceu-se um protocolo, conhecido posteriormente como Protocolo de Kyoto, no qual as nações industrializadas acordaram em reduzir as emissões relativas aos cinco principais gases do efeito estufa de origem antrópica - dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) e os CFC's- em 5% em relação aos níveis de 1990.

Na Quarta Conferência das Partes, realizada em Buenos Aires, Argentina, no ano seguinte, estabeleceu-se um processo regulamentador de três mecanismos cujo objetivo era auxiliar os países a cumprirem suas metas de redução de emissões. O prazo para a regulamentação destes mecanismos foi de dois anos, findando na Sexta Conferência das Partes, ocorrida no ano 2000.

Acerca dos mecanismos supracitados, destaca-se que dentre estes incluía-se a implementação conjunta de projetos, o comércio de emissões aplicados entre os países desenvolvidos e o mecanismo de desenvolvimento limpo envolvendo países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em novembro de 2001, em Marrocos, o Acordo de Marraqueche na Sétima Conferência das Partes, finaliza com sucesso a regulamentação dos mecanismos e, em particular do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), os aspectos substantivos da contabilização de créditos, bem como a regulamentação das regras de conformidade.

No que diz respeito ao Protocolo de Kyoto, o Brasil em junho de 2002 ratificou o acordo. Já em setembro do mesmo ano, a ONU (Organização das Nações Unidas) realizou a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (também conhecida como Rio+10), em Joanesburgo, na África do Sul, objetivando avaliar a mudança global sofrida posteriormente a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (também conhecida como a Cúpula da Terra, ou Rio-92).

A conferência Rio+10, deve ser destacada, pelo seguinte avanço, a intenção de adesão de Rússia e Canadá ao Protocolo de Kyoto. Tal situação permitiu o protocolo entrar em vigor, visto que, era necessário que os países responsáveis por mais de 55%, das emissões dos gases de efeito estufa se comprometessem com o Protocolo de Kyoto.

### **3.1.3.1 Emenda de Doha ao Protocolo de Kyoto**

Em Doha, Qatar, no mês de dezembro de 2012, a Emenda de Doha ao Protocolo de Kyoto foi adotada, esta alteração incluiu, as autorizações para as Partes do Protocolo de Kyoto que concordaram em assumir compromissos num segundo prazo, de 1 de Janeiro de 2013 a 31 de Dezembro de 2020.

Outro ponto abordado nesta reunião, que culminou na conhecida Emenda de Doha, foi a revisão da lista de gases do efeito de estufa. Outras alterações ao Protocolo de Kyoto, dizem respeito a vários artigos deste que se referiam especificamente a questões relativas ao primeiro período de compromisso, os quais foram atualizados para constar o segundo período de compromisso.

### **3.1.3.2 Acordo de Paris**

O Acordo de Paris baseia-se na Convenção e, pela primeira vez, coloca todas as nações numa causa comum para empreender esforços ambiciosos para combater as alterações climáticas e adaptar-se aos seus efeitos, com um apoio reforçado para ajudar os países em desenvolvimento a fazê-lo. Como tal, ele traça um novo curso no esforço global do clima.

O objetivo central do Acordo de Paris é reforçar a resposta global à ameaça das alterações climáticas mantendo um aumento da temperatura global neste século bem abaixo de 2 graus Celsius. Além disso, o acordo visa fortalecer a capacidade dos países de lidar com os impactos das mudanças climáticas. Para atingir estes objetivos ambiciosos, serão implementados fluxos financeiros adequados, um novo quadro tecnológico e um quadro reforçado de capacitação, apoiando assim a ação dos países em desenvolvimento e dos países mais vulneráveis, em conformidade com os seus próprios objetivos nacionais. O Acordo prevê igualmente uma maior transparência das ações e do apoio.

O Acordo de Paris exige que todas as Partes envidem os seus melhores esforços através de "contribuições determinadas a nível nacional" (em inglês NDC) e que reforcem estes esforços nos anos seguintes. Isto inclui requisitos para que todas as Partes informem regularmente sobre as suas emissões e sobre os seus esforços de implementação.

Ficou estabelecido que em 2018, as Partes realizarão um balanço referente aos esforços coletivos, para verificar o progresso no que diz respeito ao objetivo estabelecido no Acordo de Paris. Neste momento, serão informados também a preparação das contribuições determinadas nacionalmente.

Outro ponto de destaque no que se refere o Acordo de Paris, estabelecido entre o dia 30 de novembro e 11 de dezembro de 2015, é que haverá uma avaliação global a cada 5 anos, cujo intuito é avaliar o progresso coletivo, bem como ações individuais das Partes.

De acordo com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no dia 24 de novembro de 2016, 113 Partes das 197 envolvidas ratificaram o Acordo.

### **3.1.3.3 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL**

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL é um mecanismo de flexibilidade definido pelo Artigo 12 do Protocolo de Kyoto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Tal mecanismo objetiva assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável, e consequentemente contribuam para o objetivo final da Convenção, de modo a assistir às Partes incluídas no Anexo I, para que estas cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões como versa o Artigo 3 do Protocolo de Kyoto.

Segundo Miguez (2000), o MDL é o mecanismo mais interessante para o Brasil, pois permite a certificação de projetos de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, bem como a posterior venda de certificados para serem utilizados pelos países desenvolvidos como modo suplementar para que estes venham a cumprir suas metas.

De acordo com o estabelecido no Protocolo de Kyoto o objetivo central do MDL é alcançar o desenvolvimento sustentável e a mitigação das mudanças climáticas. Desta forma, para que seja possível a culminação destes objetivos, há uma grande preocupação, no que tange a elegibilidade dos projetos, de maneira a identificar se os mesmos respondem satisfatoriamente aos objetivos do MDL. Considerando estas premissas, os projetos devem apresentar um programa de redução de emissões de GEE, devidamente acompanhados de planos de desenvolvimento sustentável, para serem elegíveis.

Destaca-se que o MDL é uma oportunidade para as companhias brasileiras desenvolverem projetos de redução de emissões, principalmente a partir do uso de

energias renováveis, e de aumento de eficiência energética. Na implementação dos projetos, há a possibilidade da transferência de tecnologia e recursos externos de empresas dos países que constam no Anexo I, os quais são interessados nos certificados de redução (ESPARTA, MOREIRA, 2002).

### **3.1.4 AGENDA 21**

Agenda 21, ou Programa 21, é um dos cinco documentos acordados durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (CNUMAD), realizado no Rio de Janeiro, Brasil em 1992. Foi assinado por 179 chefes de estados e constitui um projeto de desenvolvimento sustentável para aplicação no Século XXI. Por meio deste documento, propuseram-se as bases para um desenvolvimento sustentável, bem como a cooperação mundial visando apoiar uma política ambiental e de desenvolvimento.

O objetivo geral da Agenda 21 tangia a preparação do mundo para confrontar os desafios deste século, o compromisso político para o desenvolvimento socioeconômico e cooperação na esfera ambiental, de modo a promover, no planeta, um novo padrão desenvolvimentista, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, os pilares do Desenvolvimento Sustentável, preconizado por Gro Harlem Brundtland em 1987.

É digno que se ressalte que os signatários da Agenda 21 comprometeram-se com a realização de campanhas e programas de desenvolvimento, baseados em critérios de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Tais campanhas deveriam atingir principalmente os municípios, pois a metodologia preconizada pela Agenda privilegia a ação local, o cerne da Agenda 21, trata de se utilizar de ações locais para atingir nível global de atuação, considerando a soma dos esforços locais. As agendas 21 locais são na verdade um programa em que cada localidade diz como vai desenvolver e qual a sua cota de contribuição para a mitigação dos problemas ambientais nacionais e globais (CEDEC, 1998).

O capítulo 28 da Agenda 21 Global recomenda a elaboração de Agendas Locais, para que no nível dos municípios as suas autoridades, lideranças comunitárias, agricultores, organizações da sociedade civil, empresários possam articular e implementar as ações do desenvolvimento sustentável, identificadas e negociadas em processo público e participativo. Um ponto positivo acerca da Agenda 21-Local, versa

sobre a possibilidade de ser desenvolvida por comunidades rurais ou na escala de bairros e até de bacias hidrográficas. Estas características atribuídas a Agenda 21-Local objetivam que seja de conhecimento geral, dentre os participantes, o que deve ser feito para promover qualidade de vida e um desenvolvimento digno e ecologicamente saudável. A Agenda 21 se estimulada pode servir como instrumento e processo participativo do planejamento e concretização do desenvolvimento sustentável.

As agendas locais devem ser implementadas visto que a partir destas experiências, possibilitará a incorporação de soluções, as quais farão parte dos programas dos governos municipais, estaduais e federal. Quando as comunidades conseguirem a sustentabilidade econômica, ambiental e social, elas estarão no caminho para alcançar melhores condições de saúde, educação, transporte e saneamento básico, entre outros direitos sociais.

#### **3.1.4.1 Agenda 21 e a Energia**

O Capítulo 9 da Agenda 21 global ressalta a energia como essencial para o desenvolvimento social e econômico e para uma melhor qualidade de vida. No que diz respeito aos padrões de geração e consumo de energia a nível global, estes não poderão ser sustentados, caso não haja modificações tecnológicas, e em contrapartida haja aumento da demanda energética, destaca-se que considerando este cenário, um dos impactos ambientais destacáveis é o aumento de emissões atmosféricas, ocasionando o agravamento no efeito estufa, e o aquecimento global.

Sendo assim é notória:

A necessidade de controlar as emissões atmosféricas de gases que provocam o efeito estufa, bem como de outros gases e substâncias, deverá basear-se cada vez mais na eficiência, produção, transmissão, distribuição e consumo da energia, e em uma dependência cada vez maior de sistemas energéticos ambientalmente saudáveis, sobretudo de fontes de energia novas e renováveis. Todas as fontes de energia deverão ser usadas de maneira a respeitar a atmosfera, a saúde humana e o meio ambiente como um todo. (SILVA, 2003, p. 25)

No que tange a Agenda 21 Brasileira, esta sagrou o conceito de sustentabilidade ampliada e progressiva. Sobre a sustentabilidade ampliada, esta imbuí a sustentabilidade permeando todas as dimensões da vida, a vertente econômica, social, territorial, científica e tecnológica, a vertente política e a cultural. Por sua vez, a sustentabilidade progressiva pondera que “[...] não se deve aguçar os conflitos a ponto de torná-los inegociáveis, e sim, fragmentá-los em fatias menos complexas, tornando-os administráveis no tempo e no espaço [...]” (SILVA, 2003, p. 25).

Acerca da Agenda 21 Brasileira, é digno de menção o objetivo 4 da plataforma das 21 ações prioritárias, no qual, é possível verificar o destaque dado para a energia como fator essencial para promover o desenvolvimento. De acordo com Silva (2003), a capacidade de gerar e consumir energia é o fator que fornece o nível de progresso tecnológico de uma civilização.

Eleva-se que dentre as ações e recomendações inerentes a Agenda 21 Brasileira, constam: o desenvolvimento e incorporação de tecnologia de fontes renováveis de energia, sopesando as disponibilidades e necessidades regionais e locais; promover recursos financeiros e humanos para pesquisa e desenvolvimento de opções para a produção de energia renovável, priorizando a utilização uso de fontes alternativas e renováveis de energia. Estes pontos supracitados devem notadamente ser implantados no meio rural e nas localidades urbanas isoladas, promovendo a universalização do acesso à energia elétrica (SILVA, 2003; MUNIZ, 2015).

### **3.1.5 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A preocupação acerca do meio ambiente tem-se tornado crescente, concomitantemente o modelo de desenvolvimento vigente tem sido questionado no que diz respeito à irresponsabilidade, acerca da exploração dos recursos naturais. Tendo tais fatores em vista, vislumbrou-se a necessidade de incorrer um planejamento, para orientar a evolução da sociedade.

O planejamento supracitado é embasado no conceito denominado, Desenvolvimento Sustentável (DS), este conceito recebeu notoriedade em 1987, por meio da divulgação do Relatório Brundtland, também conhecido como Nosso Futuro Comum (JACOBI, 2003), durante a reunião da WCED (*World Commission on Environment and Development*). Neste relatório, apresentou-se pela primeira vez tal conceito, nas seguintes palavras “tal desenvolvimento pode ser definido, simplesmente, como uma abordagem para o progresso, que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987, p. 01, tradução própria).

O conceito de Desenvolvimento Sustentável foi trabalhado e discutido desde a reunião em Tóquio, em 1987, sendo aprimorado durante os anos, como é abordado por Mikhailova (2004), Ciegis, Ramanauskiene, Martinkus (2009), United Nations (2014).

Tal aprimoramento é avaliado como favorável, no que diz respeito à utilização e disseminação do conceito, bem como fomentação de debate sobre o mesmo, entretanto avalia-se como negativo a grande quantidade de conceitos que surgiram desde então, como aborda Krama (2008).

Jacobi discorre que o desenvolvimento sustentável é um processo:

[...] no qual, de um lado, as restrições mais relevantes estão relacionadas com a exploração dos recursos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e o marco institucional. De outro, o crescimento deve enfatizar os aspectos qualitativos, notadamente os relacionados com a equidade, o uso de recursos – em particular da energia – e a geração de resíduos e contaminantes. Além disso, a ênfase no desenvolvimento deve fixar-se na superação dos déficits sociais, nas necessidades básicas e na alteração de padrões de consumo, principalmente nos países desenvolvidos, para poder manter e aumentar os recursos-base, sobretudo os agrícolas, energéticos, bióticos, minerais, ar e água. (2003, p. 195).

O grande desafio atribuído ao conceito de desenvolvimento sustentável implica em “captar o conceito de DS ao mesmo tempo em que transmite essa concepção para os atores da sociedade de uma maneira mais clara” (KRAMA, 2008, p. 24), permitindo assim, a sociedade “[...] definir limites às possibilidades de crescimento e delinear um conjunto de iniciativas que levem em conta a existência de interlocutores e participantes sociais relevantes e ativos por meio de práticas educativas e de um processo de diálogo informado [...]” (JACOBI, 2003, p. 195).

Desta forma é possível diagnosticar que “a diferença está, em cada país, nas atitudes de governos, empresas, instituições e cidadãos perante os desafios do desenvolvimento sustentável” (MIKHAILOVA, 2004, p. 36). Com o passar dos anos e com o aprimoramento do conceito, indicadores foram criados para mensurar o grau de Desenvolvimento Sustentável, e de Sustentabilidade, de sistemas, processos, empresas, municípios, estados e países.

#### **3.1.5.1 Indicadores de Sustentabilidade**

No que tange a CSD (*Comission on Sustainable Development*) das Nações Unidas apresenta uma lista de indicadores de sustentabilidades e metodologia que estão disponíveis para uso em todos os países do mundo. Outro instrumento que disponibiliza indicadores de sustentabilidade é a ISO 37120/2014. As diretrizes e metodologia dos indicadores são estudadas em quatro dimensões: social, ambiental, econômica e institucional.

### **3.1.5.1.1 Indicadores de Dimensão Social**

No que diz respeito a essa dimensão, as pessoas e suas qualidades de vida são reconhecidas como o cerne da questão. A equidade nesta dimensão envolve o grau de justiça e inclusive como são distribuídos os recursos, oportunidades oferecidas, e decisões tomadas (SILVA, 2003). Além de considerar o fornecimento de oportunidades, emprego e serviços sociais, bem como acesso à educação, saúde e justiça

Este pensamento pode ser pertinente tanto para comunidades, quanto para nações e para as relações entre elas. No que tange os assuntos significantes relacionados à realização de patrimônio líquido social, destacam-se a diminuição da pobreza; geração de emprego e distribuição de renda; a questão relativa aos gêneros, a questão étnica e inclusive de idade, provendo a possibilidade de igual acesso a recursos financeiros e recursos naturais a todas as classes; além da oportunidade de interação.

Este último ponto é digno de destaque, pois “pessoas empobrecidas podem se sentir impotentes e isoladas, face a problemas penetrantes e sistemáticos relacionados a sustentos inseguros, desnutrição e saúde inadequada, ignorância, insegurança civil ligada a violência e discussão, e corrupção” (SILVA, 2003, p. 27-28). Vale destacar que ao abordar a questão da pobreza na zona rural, tem-se que a concentração de pessoas nestas condições ocorre em terras marginais, ocasionando a exploração deste recurso, possibilitando a degradação da terra.

Silva (2003) discorre sobre os indicadores referentes a Dimensão Social, informando que:

Os indicadores no conjunto da essência cobrem as questões de pobreza, desigualdade de renda, desemprego, e igualdade de gênero. Eles representam questões de prioridade para países e a comunidade internacional. Eles são medidos pela população vivendo abaixo do nível de pobreza, índice de Gini<sup>1</sup> de renda inadequada, taxa de desemprego, e razão entre o número de trabalhadores homens e mulheres. (SILVA, 2003, p.28)

Outro ponto que se deve destacar é a saúde, este quesito é intimamente ligado ao desenvolvimento sustentável, principalmente quando se aborda o fornecimento de água e saneamento ambiental. No que diz respeito a uma nutrição adequada e uma provisão de comida segura, além de condições de vida sem poluição, e o controle de doenças, e bem

---

<sup>1</sup> O índice de Gini que varia de zero a um, é um indicador da igualdade ou desigualdade de uma distribuição. Quando igual a zero, significa a situação teórica de igualdade. Quando igual a um, ocorre situação máxima de desigualdade.

como o acesso a serviços de saúde, são fatores contribuintes para formação e manutenção de populações saudáveis (SILVA, 2003). Entretanto o inverso do supracitado também molda as características de uma população, portanto, a pobreza, falta de informação e educação, desastres naturais e induzidos pelo homem, e rápida urbanização podem acentuar problemas de saúde (SILVA, 2003).

É notório que nos últimos anos o controle da poluição e serviços relativos a proteção da saúde ambiental e humana, não mantiveram o mesmo ritmo do crescimento econômico. Uma das consequências atrelada a uma saúde ineficiente e deficitária é a produtividade diminuída, esta afirmação pode ser exemplificada, ao utilizar o setor rural como exemplo, considerando o intenso trabalho no setor agrícola. Sendo assim é importante verificar que o Desenvolvimento Sustentável não poderá ser alcançado, enquanto uma elevada proporção da população for afetada por um sistema de saúde precário.

É digno que se mencione que o crescimento econômico e o desenvolvimento são fatores positivos para a dimensão social, entretanto é importante que contribuam para o provimento de melhores condições de saúde, como melhores instalações de cuidado médico, principalmente no que diz respeito aos países mais pobres (SILVA, 2003). Já nos países que possuem renda média e alta, melhorias adicionais também são possíveis, como a manutenção de um ambiente limpo, tal fato é relevante para a saúde dos cidadãos e o bem-estar. Todavia é preciso ter em mente que o crescimento econômico também pode causar degradação ambiental, quando associado a um consumo impróprio e desenfreado, pode influenciar na saúde humana adversamente.

A Agenda 21, preconiza também sobre a necessidade de a educação ser um processo vitalício, sendo que este é amplamente aceito como uma condição prévia fundamental para a realização de desenvolvimento sustentável. É necessário compreender o papel crítico que a educação contempla, permitindo avaliar as necessidades básicas humana, e reconhecendo a capacidade de construção, acesso a informação, e fortalecimento da ciência.

A educação deve ser considerada e compreendida como um fator inerente ao desenvolvimento, visto que é um processo pelo qual os seres humanos e sociedades podem alcançar seu potencial pleno.

Silva, discorre sobre a educação sobre o seguinte aspecto:

É vital às atitudes de pessoas de forma a alcançar consciência ética, valores, habilidades, e comportamento consistente com a meta de construir uma sociedade mais sustentável. Desta maneira, as pessoas são melhor equipadas para participar em tomadas de decisão que adequadamente e sucessivamente são endereçadas a questões ambientais e desenvolvimento. (SILVA, 2003, p. 29)

Considera-se outro indicador da Dimensão Social, e componente essencial do desenvolvimento sustentável, a habitação adequada. A disponibilidade de habitação adequada contribui substancialmente a povoações mais seguros, mais equitativos, produtivos, e mais saudáveis. Tais fatores, condicionam a vida, especialmente em áreas urbanas, nas quais há influências diretas de acordo com a concentração populacional excessiva, planejamento e recursos financeiros inadequados, e desemprego.

No que tange a segurança, a prevenção de crime e justiça criminal são uma parte integrante do processo de desenvolvimento, no qual a sociedade civil, bons governantes, e democracia encontram na promoção da justiça uma condição essencial para estabilidade social, segurança, paz, direitos humanos, e desenvolvimento sustentável a longo prazo. A manutenção de um clima estável e seguro é necessário apoiar as metas de erradicação de pobreza, investimento econômico, administração ambiental, igualdade de gênero, participação, e rendimentos sustentáveis (SILVA, 2003).

Considerando a Dimensão Social, verifica-se que a população é uma referência contextual, para o desenvolvimento sustentável, principalmente para os tomadores de decisão, que devem abordar o inter-relacionamento entre pessoas, entre pessoas e o ambiente e o desenvolvimento. A mudança da população, segundo Silva (2003, p. 30), “é um sinal significativo para países que tentam reduzir pobreza, alcançar o progresso econômico, melhorar a proteção ambiental, e promover um consumo e produção mais sustentável”.

Outro ponto acerca da população que se torna um importante fator é a urbanização, tal processo é uma tendência mundial, a qual o vislumbre de tornar uma localidade urbana, denota o crescimento econômico e desenvolvimento da mesma. Entretanto deve-se ressaltar que a migração da zona rural para zona urbana, resulta em inchaço populacional na zona urbana, geração de subempregos, formação de aglomerados urbanos, estes, geralmente em áreas ecologicamente sensíveis e passíveis de desastres naturais, bem como a precariedade de serviços básicos. É digno que se ressalte, que a

procura por melhores condições de vida na zona urbana, incorre em gerar desemprego na zona rural, bem como serviços de baixa qualidade na mesma, sendo assim, é necessário que se implementem programas mais efetivos e atraentes para o desenvolvimento da zona rural.

#### **3.1.5.1.2 Indicadores de Dimensão Ambiental**

Sobre os indicadores da Dimensão Ambiental, tem-se que os principais pontos analisados, são as emissões atmosféricas, ensejando a análise da qualidade do ar, as características do solo, das águas, tanto dos oceanos quanto água doce, e a diversidade biológica, representada pela fauna e pela flora. Doravante abordar-se-á cada fator supracitado.

Ao avaliar as questões atmosféricas, deve-se destacar a mudança climática como ponto principal, bem como os fatores que a norteiam, como a emissão de gases, a acidificação, a depleção da camada de ozônio e a alteração da qualidade do ar, principalmente em áreas urbanas. Dentre estes a emissão de gases de efeitos estufa, como o metano, dióxido de carbono, CFC's, entre outros, são os principais causadores do agravamento do efeito estufa, que culmina no aquecimento global, desencadeado uma série de efeitos adversos ao planeta, em todas dimensões (social, ambiental, econômica, institucional). Deve-se compreender, que os impactos associados a atmosfera, interferem diretamente na saúde humana, ambiental e ecossistêmica, além de gerar prejuízos econômicos. É claro que os efeitos adversos são causados, principalmente a longo prazo, entretanto são considerados globais, e irreversíveis.

Sobre o solo, geralmente o que se considera e se prioriza, é o espaço físico, ou seja, a disponibilidade de terras, e a topografia da superfície, entretanto é digno que se ressalte, que o solo compreende também, os recursos naturais inerentes, como depósitos minerais, disponibilidade hídrica (aquíferos, erosão e assoreamento), comunidades de microrganismos que dependem do solo, bem como plantas e animais. Considerando todos estes fatores, tem-se que o uso insustentável do solo, tende a afetar, tanto atmosfera, quanto os recursos hídricos, e conseqüentemente o ser humano.

Outra questão que se avalia, acerca do uso do solo é a escassez de terras de qualidade, tendo em vista a produção primária de biomassa, objetivado a conservação, este ponto ocorre devido as necessidades humanas de expandir as fronteiras agrícolas,

tendo este setor (agricultura) um papel central no que tange o uso da terra de modo sustentável e produção alimentícia. Deve-se destacar que não é fácil a manutenção de um setor agrícola competitivo e atuante, no que diz respeito a produção visando atingir a segurança alimentar, e ainda administrar o uso de terra de forma sustentável, todavia, é o desafio que se apresenta para a agricultura na atualidade, manter os padrões produtivos com um menor grau de impacto ao solo.

Não obstante o desmatamento de áreas de vegetação primária, ou áreas com elevado grau de regeneração, para a implantação de pastos, o uso indevido e imprudente de defensivos agrícolas, bem como a exploração madeireira, são pontos que devem ser avaliados quando se analisa a qualidade do solo.

Acerca das águas, primeiramente destacar-se-ão os oceanos e mares, que representam aproximadamente 71% (IPCC, 2014b) da superfície terrestre. Estes ecossistemas altamente produtivos, reciclam substâncias químicas nutrientes e água, deve-se destacar que os oceanos são grandes reservatórios de CO<sub>2</sub>, portanto de acordo com Watson et al. (2009), o aumento das concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ar (dado como pressões parciais, pCO<sub>2</sub>, em µatm) provoca o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> no oceano superior, gerando a acidificação do mesmo, implicando em consequências para a biota oceânica. Além da pressão ambiental sofrida pelos oceanos devido aumento da poluição atmosférica, salienta-se a exploração humana de recursos pesqueiros, bem como o estabelecimento de cidades nas costas, afetando dinâmicas naturais da fauna.

A água “doce” é essencial à vida humana, aos ecossistemas, e ao desenvolvimento econômico. O suprimento de água doméstica, a produção de alimentos (irrigação), pesca, processos industriais, geração de energia elétrica (hidrelétricas), navegação e recreação, são os usos possíveis para se dar a água. Deve-se destacar a existência de uma relação entre as questões globais de saúde, pobreza, mudanças climáticas, desmatamento, desertificação, e uso da terra, os quais estão diretamente associados com o recurso de água e sua administração (SILVA, 2003). Tal afirmação é corroborada com o relatório do IPCC, que versa:

Os fatores não-climáticos, como o aumento populacional, o desenvolvimento econômico, a urbanização e o uso da terra ou as mudanças geomorfológicas naturais, também desafiam a sustentabilidade dos recursos, diminuindo o suprimento de água ou aumentando a demanda. Neste contexto, a adaptação às alterações climáticas no setor da água pode contribuir para melhorar a disponibilidade de água. (IPCC, 2014b, p. 234, tradução própria)

No Brasil, é digno que se destaque a atuação do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, por meio de resoluções para manter padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos (CONAMA 430/2011), bem como os parâmetros de qualidade das águas superficiais (CONAMA 357/2005) e águas subterrâneas (CONAMA 396/2008). Entre outros mecanismos legais como a Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde que versa sobre os parâmetros de potabilidade da água.

Por último, mas não menos importante, a diversidade biológica é um dos fatores que deve ser considerado ao avaliar os aspectos ambientais. Deve-se destacar que a compreensão acerca da diversidade biológica não consiste apenas em variedade entre espécies, mas também a diversidade genética intraespecífica, além de considerar os habitats, comunidades, relações interespecíficas e intraespecíficas, e os ecossistemas, em suas mais variadas formas. Silva (2003, p. 33) informa que a “biodiversidade de genes, espécies, e ecossistemas contribuem com produtos essenciais e serviços ao bem-estar humano”. Sendo assim, infere-se que a manutenção da biodiversidade assegura à Terra a manutenção dos processos ecológicos naturais, que sustentam a vida no planeta.

É necessário compreender que com a perda ou degradação da biodiversidade, impactos negativos, serão associados a economia, a sociedade, tanto culturalmente quanto em aspectos de saúde, além de haverem implicações ecológicas severas. Tal afirmação pode ser entendida visto que a segurança alimentar (garantia do alimento), a estabilidade climática, a garantia de água “doce” e as necessidades da saúde humana estão diretamente interligados com a manutenção e uso/exploração da biodiversidade (SILVA, 2003).

#### ***3.1.5.1.3 Indicadores de Dimensão Econômica***

No que tange a Dimensão Econômica, avalia-se inicialmente o comércio, e o nível de investimentos, como fatores de destaque para amparar o crescimento econômico. Outros pontos que devem ser considerados para transformar o crescimento econômico compatível com o desenvolvimento sustentável, são a melhoria de acesso aos mercados e a transferência de recursos financeiros e tecnológicos. Enaltece-se que a diminuição das dívidas é um ponto crítico para auxiliar os países considerados em desenvolvimento a aderir as premissas do DS.

Todavia outros aspectos devem ser levados em conta, como a pobreza, a exploração e exploração de recursos naturais, em conjunto com um consumo desenfreado, perfazendo

a necessidade de haver uma maior produção, que por sua vez eleva a exploração dos recursos naturais. Desta forma, é possível identificar um ciclo danoso ao meio ambiente, à população e até mesmo ao crescimento econômico. Este ciclo pode ser considerado um dos maiores desafios enfrentados pelo desenvolvimento sustentável, visto que para o crescimento econômico compactuar com os pilares da sustentabilidade, deverá conduzir “a patrimônio líquido social e não contribuir à degradação ambiental” (SILVA, 2003, p. 33).

É notório que nos países considerados desenvolvidos, os padrões de insustentabilidade de consumo e produção, são a principal causa da depleção continuada de recursos naturais e deterioração do ambiente global. Outro ponto que se reconhece é a impossibilidade de manter os níveis de consumo de países industrializados em escala global. Para mitigar os impactos derivados do consumo desenfreado, deve haver uma mudança no que diz respeito aos estilos de vida, adaptando-se a modos de vida sustentável, necessitando, porém de esforços conjuntos entre o governo, produtores e consumidores.

#### **3.1.5.1.4 Indicadores de Dimensão Institucional**

Acerca das dimensões do desenvolvimento sustentável, verifica-se a necessidade de instrumentos legais e políticos apropriados, objetivando embasar institucionalmente, encorajar e implementar o DS. Destaca-se que a implementação de estratégias de desenvolvimento sustentável, bem como tratados internacionais devem contribuir para a melhoria das condições socioeconômicas e ambientais, além de integrá-las. A integração entre os fatores sociais, econômicos e ambientais, é uma característica fundamental para a implementação do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

Neste viés, a Agenda 21 sugere que estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável sejam adotadas, e cujas metas são assegurar desenvolvimento econômico socialmente responsável e ambientalmente viável, isto é, “protegendo o ambiente e a base de recurso natural para gerações futuras” (SILVA, 2003, p. 34). Entretanto há de se mensurar o progresso de um país em direção ao DS, este progresso é diretamente verificado pela capacidade das pessoas e instituições. Sendo assim pode-se inferir que a capacidade de um país pode ser quantificada, de acordo com o “lado humano, científico tecnológico, organizacional, institucional, e capacidades de recurso” (SILVA, 2003, p. 34).

No que tange especificamente a capacidade institucional, esta aumenta o planejamento participativo, bem como a implementação, e o monitoramento relacionado ao desenvolvimento sustentável. Silva (2003, p. 34) informa que “os sistemas de comunicação, acesso às informações disponíveis, o apoio para ciência e tecnologia, e a prevenção e mitigação de desastres naturais são todos os elementos da capacidade institucional de um país”.

A ciência e tecnologia são essenciais para que o desenvolvimento sustentável ocorra de modo célere, permitindo assim, melhores tomadas de decisão, devido uma melhor e maior compreensão dos processos ecológicos e sociais, elevando assim a eficiência de utilização de recursos naturais. Outro ponto que será exacerbado, gira em torno da avaliação dos sistemas, tanto as condições atuais, como as futuras, permitindo uma análise mais fidedigna, e possibilitando melhores soluções. Deste modo é possível verificar que a capacidade institucional é um meio significativo para facilitar a mobilização no sentido do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

### **3.1.6 SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS ENERGÉTICOS**

É preciso compreender, primeiramente, que toda forma de energia impacta positivamente e/ou negativamente, tanto o meio ambiente, quanto a população. Entretanto, de acordo com Silva (2003, p. 29) “[...] nem sempre são reconhecidos por aqueles que avaliam os sistemas de energia, [...] a existência, magnitude, e extensão destes impactos”.

No que tange um dos objetivos em sistemas de energia é a mitigação dos impactos negativos, relativo ao uso de energia sobre a natureza e aos seres humanos. É digno que se ressalte a importância das fontes de energias renováveis, concernente ao potencial de redução das emissões dos gases de efeito estufa. E aliado as fontes renováveis de energia, deve-se haver um planejamento, para avaliar as potencialidades, analisar as opções e colocar em prática as decisões tomadas, com monitoramento constante e revisões contínuas.

Silva exagera o panorama sobre a utilização de fontes renováveis de energia.

O planejamento deve ser um contínuo processo interativo que primeiro avalia exigências de energia consistente com objetivos de desenvolvimento humanos sustentáveis e as preferências de estilo de vida da população inteira. Estes objetivos e as preferências deveriam então ser procurados por um sistema de fornecimento que seja autônomo, seguro, e justo e isso limita muito os

possíveis custos socioeconômicos. Os sistemas de fornecimento e consumo têm que tentar maximizar os efeitos positivos nos sistemas sociais e econômicos, e minimizar os efeitos negativos. A implementação dos planos resultantes requererá preparação de projetos concretos, planejamento de políticas satisfatórias, e ter um sistema efetivo e eficiente de controle de gerenciamento.

Em suma o que Silva (2003) discute gira em torno dos indicadores de desenvolvimento sustentável que foram destacados no item 3.1.5, verificando a necessidade de um planejamento, bem como inserção de políticas para auxiliar a proliferação deste tipo de projeto. A disseminação de tecnologias alternativas e renováveis para geração de energia elétrica tem como objetivo central a mitigação dos impactos ambientais advindos das emissões de gases de efeito estufa, bem como o acesso à energia por pessoas em regiões isoladas.

Entretanto, ainda um gargalo existente sobre a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável, é como mensurá-la. Para tal, a *Organización Latino Americana de Energia* – OLADE, estabeleceu indicadores, subdivididos em indicadores de dimensão econômica, dimensão social, e dimensão de recursos e meio ambiente, evidenciados na Tabela 3.1-3.

**Tabela 3.1-3 – Indicadores estabelecidos pela OLADE.**

<b>INDICADORES DE DIMENSÃO ECONÔMICA</b>
Autossuficiência energética: sustentabilidade associada à baixa participação de importações na oferta energética;
Robustez frente a mudanças externas: sustentabilidade associada a baixo efeito de exportações energéticas no PIB;
Produtividade energética: relação PIB/energia consumida, o inverso da intensidade energética.
<b>INDICADORES DE DIMENSÃO SOCIAL</b>
Cobertura elétrica: porcentagem de lugares eletrificados;
Cobertura das necessidades energéticas básicas: consumo de energia útil residencial,
<b>INDICADORES DA DIMENSÃO DE RECURSOS E MEIO AMBIENTE:</b>
Pureza relativa do uso da energia: relacionada com emissões de CO <sub>2</sub> ;
Uso de energias renováveis;
Estoque de recursos fósseis e lenha.

Fonte: Silva (2003).

A nível de Brasil, o Projeto Brasil Sustentável e Democrático, propôs cinco indicadores, cujo objetivo era avaliar as condições de sustentabilidade. Estes indicadores foram divididos em categorias, destacadas na Tabela 3.1-4.

**Tabela 3.1-4 – Indicadores estabelecidos pelo Projeto Brasil Sustentável e Democrático.**

<b>INDICADORES PBSD</b>
<b>Energia e equidade</b>
Uso da lenha e carvão vegetal para cocção: mostra uma evidência das condições de iniquidade em relação a uma parte da população que tem acesso a fontes de energias mais seguras e eficientes;
Taxa de eletrificação dos domicílios;
Posse de equipamentos eletrodoméstico (rádio, televisão, geladeira e máquina de lavar): considerado como bens duráveis básicos para assegurar um padrão mínimo de qualidade de vida;
Carência energética: elaboração de uma cesta básica energética (eletricidade + combustíveis para cocção e transportes) para satisfazer as necessidades básicas de uma família;
Gastos energéticos em função da renda familiar: avalia o nível de comprometimento de renda com gastos na satisfação das necessidades energéticas.
<b>Energia e meio ambiente</b>
Emissões de CO <sub>2</sub> por fontes energéticas: avalia o nível de emissões emitidas na geração de energia pelos combustíveis fósseis;
Participação das fontes renováveis na oferta energética: importante estratégia para atingir benefícios ambientais.
<b>Energia e emprego</b>
Geração de emprego e renda: é o termômetro da atividade econômica além de fortalecer a economia local, particularmente nas áreas rurais.
<b>Energia e eficiência</b>
Uso eficiente de energia: indicador da produção de bens e serviços que atendam às necessidades humanas e garantam um adequado padrão de vida.
<b>Energia e democracia</b>
Participação ativa da sociedade no processo de decisão: indicador de imposição de desenvolvimento.

Fonte: Silva (2003).

Uma discussão acerca dos indicadores relativos ao setor energético é realizada por Borges (2009), destacando os indicadores nas diversas dimensões supramencionadas. E a partir destas informações, é possível determinar que no setor energético, o modelo de sustentabilidade demanda mudanças significativas, tanto, no que diz respeito a geração quanto à distribuição e uso de energia. Acerca das mudanças, no Brasil, deve-se ter em mente a necessidade de uma maior utilização dos recursos renováveis, permitindo construir uma matriz energética robusta e diversa, para que paulatinamente, decresça a dependência dos combustíveis fósseis. Tal raciocínio é análogo para a matriz energética mundial, que em 2015, ainda depende em 85,99% de combustíveis fósseis (WEC, 2016).

É necessário ressaltar que a introdução das energias renováveis representa um desafio, principalmente quando se aborda a inserção deste tipo de tecnologia para eletrificação no meio rural. Tal desafio pode ser considerado mais complexo para a zona rural, pois os sistemas solar, eólico e biomassa, necessitam de uma participação ativa do usuário, devido a compreensão do funcionamento e manutenção da tecnologia.

Sobre esta temática, Silva discorre que:

As comunidades e/ou usuários devem ter um papel preponderante no processo de eletrificação. Não dispondo de capacidade técnica autônoma, ela necessita de um grupo técnico que terá um papel importante, desde a concepção e instalação, até o acompanhamento dos projetos implantados. A participação das Organizações Não Governamentais, que atuam na capacitação e no acompanhamento de projetos, permite o envolvimento de entidades e /ou técnicos com experiências comprovadas na área do desenvolvimento rural (2003, p. 38).

É perceptível através das experiências nacionais e internacionais, particularmente, que a disseminação da eletrificação rural por meio das energias renováveis, é complexa, devido a obrigatoriedade de se antecipar e resolver problemas de cunho técnico, econômico, infraestrutural, logístico e social (SILVA, 2003).

Mediante as informações evidenciadas, com intuito de caracterizar o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade de um sistema, é perceptível a nítida necessidade de considerar diversos fatores, distintos, porém complementares, como a dimensão política, social, econômica e ambiental. Estas vertentes objetivam a elaboração de planejamentos, com análises das possibilidades atuais e futuras, visando a implementação do desenvolvimento sustentável em sistemas energéticos.

## **3.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS (RAD)**

### **3.2.1 CONCEITO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

No que diz respeito ao conceito de degradação, este é geralmente associado a efeitos ambientais negativos ou adversos, decorrentes principalmente de atividades ou intervenções antrópicas (TAVARES, 2008). Apesar de ser um conceito muito utilizado, sua definição varia de acordo com a atividade em que os efeitos são gerados, bem como em função do campo do conhecimento no qual são identificados e avaliados.

Exemplificando o supramencionado, o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA (1990), define que a degradação de uma área ocorre quando: (i) a vegetação nativa, bem como a fauna são destruídas, removidas ou expulsas; (ii) a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e (iii) a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados.

Sendo assim pode-se inferir que a degradação ambiental é um processo que ocorre quando há perda das características físicas, químicas e biológicas. Portanto, entende-se

que o conceito de degradação é relativo, embora esteja sempre associado à alteração ambiental adversa gerada, na maioria das vezes, por atividades humanas (TAVARES, 2008).

### 3.2.2 CONCEITO DE RECUPERAÇÃO

De maneira similar as conceituações de áreas degradadas e degradação, a literatura técnica e os textos da legislação ambiental brasileira, em vários níveis também deixam dúvidas e contradições sobre as definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes, e em outros, como sinônimos.

Um ponto que deve ser destacado, gira em torno da utilização dos termos recuperação, reabilitação e restauração, de modo geral, referem-se ao caminho inverso à degradação. Em 19 de julho de 2000, sancionou-se a Lei Federal nº 9.985 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, nesta legislação o artigo 2º estabelece alguns conceitos, dentre os quais destacam-se os incisos XIII e XIV que seguem:

[...] XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

[...]

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original. [...] (Lei Federal nº 9.985/2000)

Desta forma é possível verificar que a recuperação de áreas degradadas, visa reestabelecer um ecossistema, promovendo-o a uma condição de não degradação, podendo ser diferente da condição original do ambiente selecionado.

A proposta deste trabalho, baseia-se no ZAE-Dendê elaborado pela EMBRAPA-Solos (RAMALHO FILHO, 2010) estudo o qual define as ações a serem implementadas, em toda a Amazônia Legal, de modo mais integrado possível, por meio de um detalhamento do tipo de atividade, bem como as espécies que ocuparão cada gleba (FREITAS et al., 2010).

Freitas e colaboradores, (2010) destacam a necessidade de externar durante o processo de tomada de decisão o local das glebas onde serão implantados os palmares, ou da localização de usinas de extração de óleo de palma, local aonde se considera a

implantação das usinas para aproveitamento energético dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma.

As propostas indicadas pelo ZAE-Dendê incluem o aproveitamento de terras esgotadas, a recuperação de áreas degradadas, a manutenção de áreas de preservação da flora e da fauna e a viabilidade de sistemas de irrigação em áreas com restrições climáticas.

Além destas necessidades, Freitas e colaboradores (2010), destacam pontos relevantes para uma estruturação bem definida de uma recuperação das áreas degradadas da Amazônia Legal por meio do plantio de Palma de Óleo. Seguem os pontos destacados pelos autores.

- [...] – seleção de variedades de palma de óleo mais indicadas para a região e produção de mudas de qualidade;
- avaliação da fertilidade dos solos das glebas selecionadas, com base em caracterização analítica para uma aplicação adequada de corretivos e adubos;
- revolvimento mínimo do solo, de preferência com mobilização apenas nas linhas de plantio ou somente com a abertura de covas;
- plantio em nível e em quincôncio<sup>2</sup>;
- aproveitamento dos resíduos disponíveis;
- manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas;
- monitoramento frequente de indicadores econômicos e ambientais. [...]

No que tange a necessidade de informações complementares sobre a implantação de palmares, estas podem ser encontradas tanto em publicações nacionais (MÜLLER, 1980; VIÉGAS, MÜLLER, 2000; RAMALHO FILHO, 2010) quanto em publicações internacionais (HARTLEY, 1970; FAO, 1990; CORLEY, THINKER, 2003; FAIRHURST, HÄRDTER, 2003; SYAHRINUDIN, 2005).

### **3.2.3 PLANTIO CONSORCIADO**

No que diz respeito aos sistemas de produção para a palma de óleo na Amazônia, é possível analisá-los de acordo com as abordagens de Homma, Furlan Junior e Carvalho (2000) e Ramalho Filho (2010). Estes autores em conjunto com Monteiro et al. (2006) e Rocha (2007) informam sobre a possibilidade de definir modelos de produção agrícola consorciada com a palma de óleo e culturas alimentares.

---

<sup>2</sup> Quincôncio: plantio na forma de triângulo equilátero, mantendo a distância entre plantas de 9m e uma distância entre linhas de 7,8m.

Segundo Ehlers (1999), sistemas alternativos de produção que aumentem a rentabilidade e melhorem a qualidade de vida no meio rural, além de promover a preservação da capacidade produtiva do solo em longo prazo, são questões de interesse por parte dos agricultores.

Rocha et al. (2010, p. 127) discorrem que “o cultivo de palma de óleo atende às premissas de que nas condições edafoclimáticas da Amazônia deve-se cultivar espécies perenes por oferecerem maior proteção do solo, causarem menor impacto ao ambiente e melhor se adaptarem a sua baixa fertilidade natural”.

No que tange as práticas adotadas na cultura de palma de óleo, uma destaca-se como fundamental para favorecer a recuperação de uma área degradada, Rocha e colaboradores expõem tais práticas:

[...] a utilização de leguminosas para a cobertura do solo ou a associação com culturas de ciclo curto no período pré-produtivo, aliadas ao aspecto de cultura perene permitem uma perfeita cobertura do solo, possibilitando, ainda, sua implantação em áreas degradadas, com as vantagens de se ter um sistema altamente produtivo, intensiva e permanentemente valorizado. (ROCHA et al., 2010, p. 127)

Sendo assim, a adoção de práticas de cultivos intercalares representa uma forma de aumento de produtividade e de lucro por unidade de área (ALVIM, VIRGENS, ARAÚJO, 1989; RODRIGO et al., 2001; ALVES, 2003; RAMALHO FILHO, 2010). Tais práticas permitem uma maior estabilidade edáfica (solo), biológica e econômica (ROCHA et al., 2010).

Fageria, (1989), Olasantan, Ezumah e Lucas, (1996), Hooks e Johnson,(2003), Iijima et al., (2004), Humphries et al. (2004) e Ramalho Filho (2010), destacam os principais objetivos ao consorciar a palma de óleo e outras culturas como:

- Maximizar a utilização dos recursos ambientais e da área;
- Proporcionar uma melhor distribuição temporal de renda;
- Diversificar a produção;
- Equacionar o controle de pragas, doenças e plantas invasoras;
- Minimização do uso de insumos (*i.e.*: fertilizantes e defensivos agrícolas);
- Proporcionar maior proteção contra a erosão; e
- Promover equilíbrio ecológico.

Rocha et al. (2010, p. 128) atribuem a eficiência dessa prática, diretamente, aos sistemas e culturas envolvidas, “havendo a necessidade da complementação entre ambas para que o sistema seja apontado como uma prática mais vantajosa do que o monocultivo”.

Acerca dos tipos de plantas de cobertura, destacam-se especialmente as leguminosas, cobrindo os amplos espaços intercalares entre as plantas de palma de óleo, além de promover o aporte de nitrogênio no solo. Ao analisar os pequenos e médios produtores, Rocha e colaboradores (2010, p. 128) informam que “[...] é economicamente interessante associar a palma de óleo a outros cultivos que ajudem na amortização dos custos de implantação da cultura principal e garantam rendimentos nos anos iniciais [...]”, como feijão, milho, banana, abacaxi e mandioca.

Tendo como base os dados referentes a densidade de indivíduos de palma de óleo é de 143 plantas/ha, e cuja disposição ocorre em forma de triângulo equilátero de 9,00 m de lado, isto equivale a um espaçamento de 7,80 m entre as linhas de plantio e 9,00 m entre plantas. Nessa condição, inúmeras são as possibilidades que se tem de combinar culturas nas entrelinhas da palma de óleo, apesar de se propor que as culturas consorciadas sejam plantadas com um afastamento mínimo de 1,00 m das plantas de palma de óleo, vislumbrando a preservação da cultura principal.

A Tabela 3.2-1 evidencia algumas culturas utilizadas em consórcio com a palma de óleo, com os respectivos valores de espaçamento, o número de linhas possível por entrelinha de palma, a tipologia da fileira, e o número de plantas e ou covas por cultura alimentar.

**Tabela 3.2-1 – Culturas alimentares usualmente plantadas em consórcio com a Palma de Óleo.**

	ESPAÇAMENTO	NÚMERO DE LINHAS POR ENTRELINHA	TIPO DE FILEIRA	NÚMERO DE PLANTAS/COVAS
<b>Feijão</b>	0,50 m x 0,30 m	13	Fileira Simples	47.667 plantas
<b>Mandioca</b>	1,00 m x 1,00 m	5	Fileira Simples	5.500 plantas
<b>Milho</b>	1,00 m x 0,40 m	7	Fileira Simples	19.250 plantas
<b>Banana</b>	3,00 m x 2,00 m	2	Fileira Simples	1.110 covas
<b>Abacaxi</b>	0,60 m x 0,60 m x 1,00 m	4	Fileira Duplas	7.334 plantas

Fonte: Rocha et al. (2010).

Deve-se destacar que Smith et al. (1992) afirmam que a cultura da palma de óleo é recomendada para a recuperação de áreas degradadas em regiões tropicais, os autores

utilizam o exemplo de regiões da África e da Ásia, respectivamente Sumatra e Indonésia. Tal afirmação atesta a viabilidade da recuperação de áreas degradadas propostas por Ramalho Filho (2010).

### **3.3 CARACTERIZAÇÃO DO DENDÊ/PALMA DE ÓLEO**

#### **3.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O dendê é o fruto de uma palmeira africana (*Elaeis guineensis*), também pode ser chamada de palma ou dendezeiro. Seu desenvolvimento é vinculado aos climas quentes e úmidos das regiões tropicais, tendo sido introduzido no Brasil por escravos africanos no litoral baiano (MARZULLO, 2007; MACEDO et al, 2010). Ao contrário do que muitos pensam, o extrativismo do dendê se deu desde sua introdução no Brasil, entretanto, o plantio comercial dessa oleaginosa iniciou-se na década de 60 no estado do Pará, mediante iniciativa estatal, apoiada por instituições francesas. De modo célere houve a expansão do cultivo comercial de dendê para o estado do Amazonas e da Bahia (SANTOS, 2008; MACEDO et al, 2010).

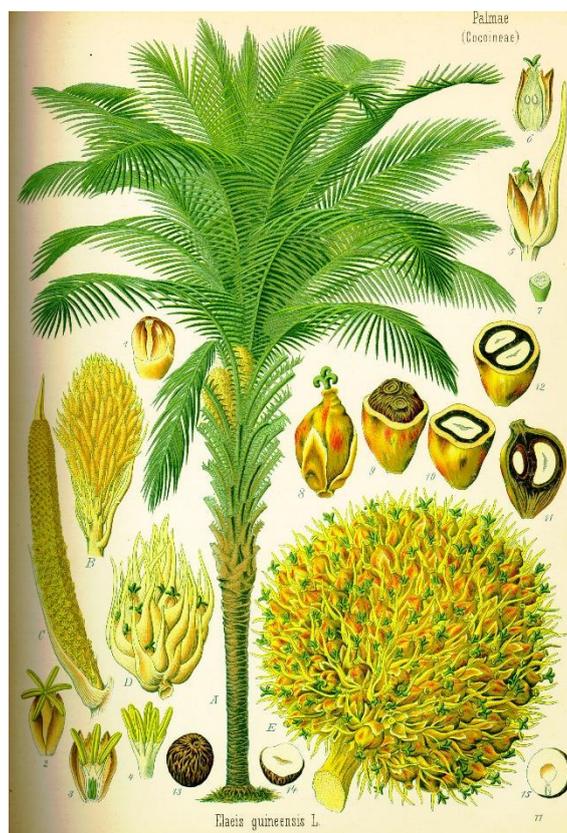
Segundo Becker (2010), corroborado por Carvalho (2012), deste fruto pode ser extraído óleo tanto da polpa (óleo de dendê ou de palma) como da semente/amêndoa (óleo de palmiste). No que tange o valor comercial agregado a cada tipo de óleo, o óleo de palma possui um valor mais elevado para a indústria alimentícia, visto que o mesmo é naturalmente livre de gordura trans, e pode ser utilizado para produção de alimentos (*i.e.*: biscoitos, margarinas, óleo de cozinha, cremes vegetais, e outros produtos alimentícios), além de poder ser utilizado na produção de detergentes e cosméticos (SANTOS, 2008; MACEDO et al, 2010). De acordo com os dados *United States Department of Agriculture* – USDA, em 2016, a Malásia e a Indonésia juntas são responsáveis por aproximadamente 85% da produção mundial de óleo de palma (USDA, 2016) sendo que parte desse percentual, destina-se à indústria europeia de biodiesel.

Entretanto antes de adentrar as características produtivas do dendê, deve-se conhecer suas características, bem como as características de cultivo, colheita, e por fim adentrar as características produtivas do óleo de dendê, ou óleo de palma, bem como a produção do biodiesel.

### 3.3.2 CARACTERÍSTICAS DO DENDEZEIRO

O dendezeiro, como evidenciado na Figura 3.3-1, é uma planta oleaginosa, tal vegetal é uma monocotiledônea e pertencente à família das Arecaceae (PÁDUA, 2012). O *Elaeis guineensis* pode atingir 15 m de altura e seu ciclo de vida é perene (FEROLDI, CREMONEZ, ESTEVAM, 2014). Devido ser uma cultura perene e de ciclo longo (25 anos) e por possuir um cultivo manual, destaca-se a contribuição no tocante ao desenvolvimento social, com a geração de empregos (PÁDUA, 2012).

**Figura 3.3-1 – Dendezeiro, suas inflorescências, frutos e sementes.**

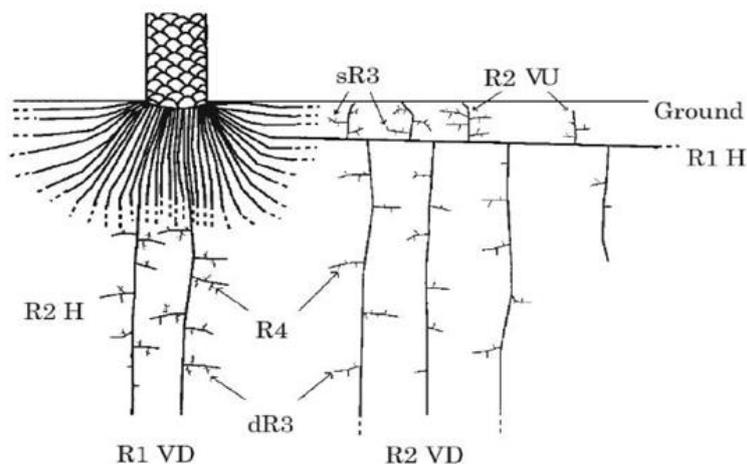


Fonte: Feroldi, Cremonez, Estevam (2014).

O dendezeiro é caracterizado por apresentar um sistema radicular fasciculado, isto é, não possuem uma raiz principal, todas são semelhantes (Figura 3.3-2), devida esta morfologia radicular, o dendezeiro adapta-se bem em solos profundos, visto que segundo Feroldi, Cremonez e Estevam (2014) a maior parte das raízes encontram-se entre 20 e 60 cm de profundidade. Outras características do solo as quais tal oleaginosa se adapta bem são descritas por Ramalho Filho (2010) como um solo com textura argilosa, uma boa drenagem e com pH entre 4,5 e 6, ou seja, um solo com pH mais ácido. “As características químicas do solo são menos limitantes que as físicas, pela fácil adaptabilidade da cultura

às medidas corretivas, desde que tomadas com precaução” (FEROLDI, CREMONEZ, ESTEVAM, 2014, p. 3801).

**Figura 3.3-2 – Sistema radicular de um dendezeiro.**



Legenda: **R1 VD** = raízes primárias com crescimento vertical voltado para baixo; **R1 H** = raízes primárias com crescimento horizontal; **R2 VD** = raízes secundárias com crescimento vertical voltado para baixo; **R2 VU** = raízes secundárias com crescimento vertical voltado para cima; **R2 H** = raízes secundárias geralmente com crescimento horizontal; **sR3** = raízes terciárias superficiais; **dR3** = raízes terciárias profundas; **R4** = raízes quaternárias.

Fonte: Jourdan, Michaux-Ferrière, Perbal (2000).

Devido sua característica monoica<sup>3</sup>, isto é, o dendezeiro apresenta tanto inflorescências masculinas, quanto femininas na mesma planta (RAMALHO FILHO, 2010). Nesta situação, uma das inflorescências desenvolve-se mais em detrimento da outra, Vargas (1978), destaca que as condições climáticas exercem influência nesta formação, visto que em períodos chuvosos há maior formação inflorescências femininas, enquanto nos períodos mais secos, há o favorecimento da proliferação de inflorescências masculinas. Em ambos os casos, as inflorescências são cobertas abundantemente por flores e frutos, como é evidenciado na Figura 3.3-3.

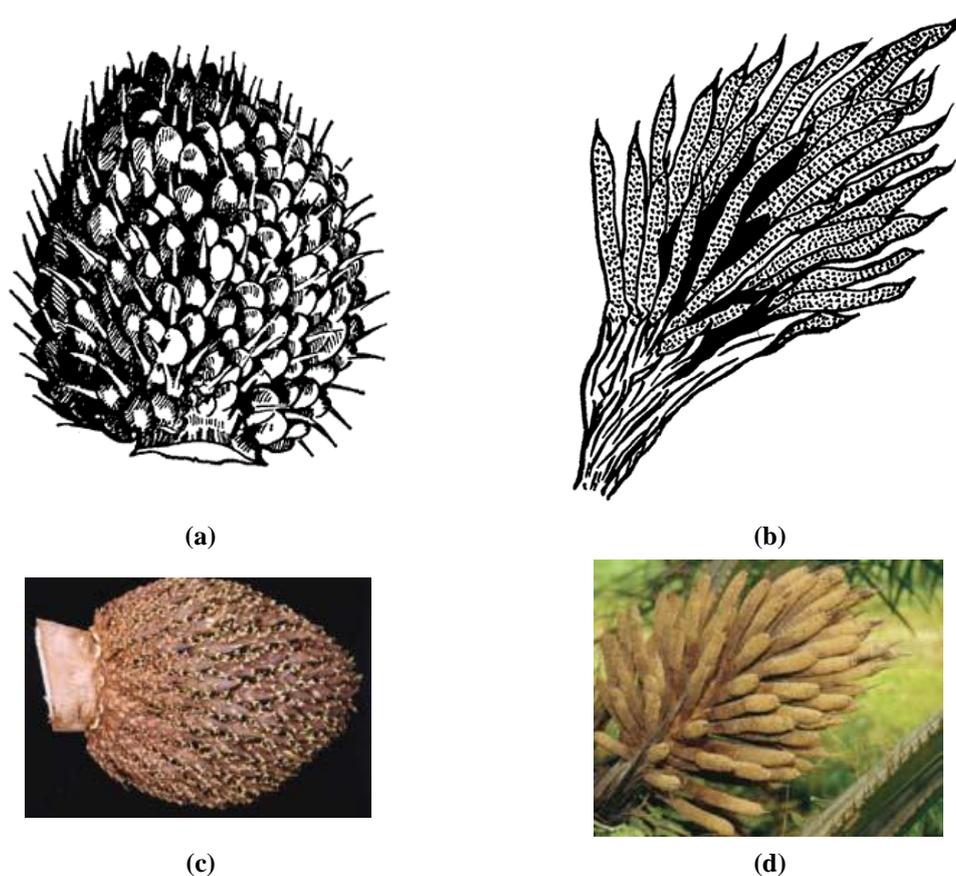
A polinização dos dendezeiros, é análoga as leguminosas de clima temperado, cuja característica monoica, como a da palma favorece a polinização entomófila<sup>4</sup>, como salientado por Conceição e Muller (2000), sendo que o principal exemplar da polinização do dendê, bem como de 80% da polinização das leguminosas (McGREGOR, 1976) é a abelha (*Apis mellifera* L.). Por sua vez o inseto que se destaca pela fecundação de

<sup>3</sup> Monoica, refere-se a uma espécie em que cada indivíduo apresenta órgãos sexuais dos dois sexos.

<sup>4</sup> Polinização entomófila, é a polinização assistida por insetos.

dendezeiros, é o besouro originário de Camarões (África), *Elaeidobius kamerunicus*, (HARUN & NOOR, 2002; (MOURA, CIVIDANES, SANTOS FILHO, 2008)).

Figura 3.3-3 – Inflorescências do dendê: (a/c) Inflorescência feminina; (b/d) Inflorescência masculina.



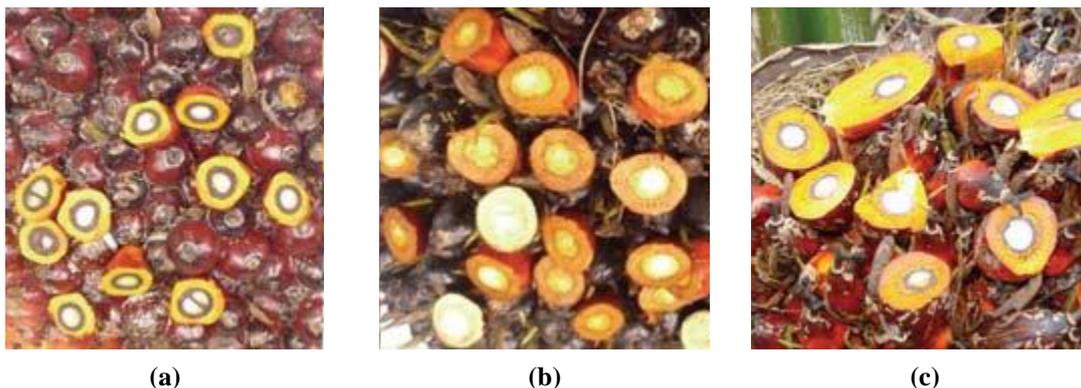
Fonte: (a/b) FAO (1990); (c/d) Ramalho Filho (2010).

Segundo Portela (2007) e Ramalho Filho (2010), existem três variedades de dendê caracterizadas na literatura, as mesmas são classificadas de acordo com a espessura do endocarpo<sup>5</sup>:

- **Pisífera/Psifera:** com fruto marcante pela ausência de casca protetora da amêndoa (Figura 3.3-4a);
- **Dura:** que apresenta casca com pelo menos 2 mm de espessura (Figura 3.3-4b); e
- **Tenera:** com espessura da casca inferior a 2 mm, resultante do inter cruzamento das variedades anteriores (Figura 3.3-4c).

<sup>5</sup> Endocarpo é a região do fruto que protege a semente.

**Figura 3.3-4 – Tipos de frutos de palma de óleo: (a) Dura; (b) Pisífera/Psífera; e (c) Tenera.**



Fonte: Ramalho Filho (2010).

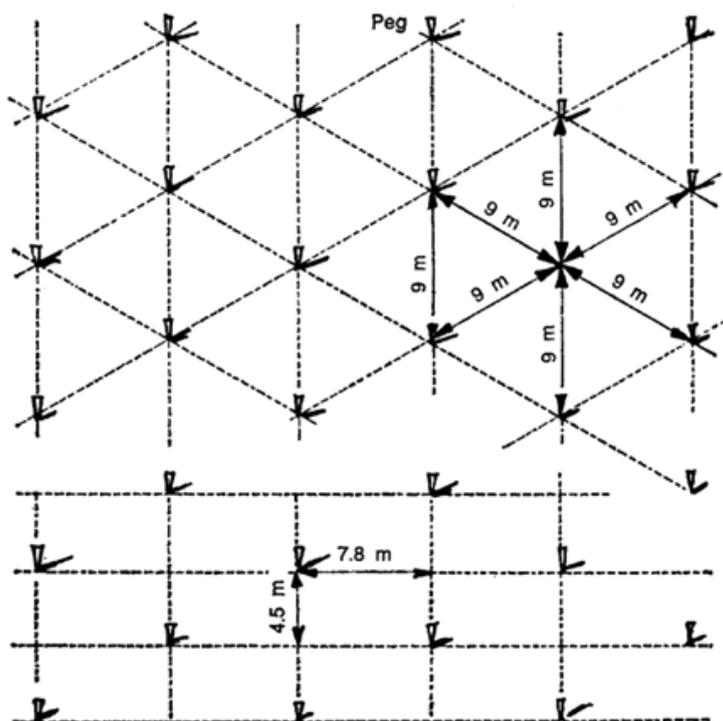
De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011), de 20 a 22% do óleo de palma concentra-se no mesocarpo, enquanto o óleo de palmiste, advindo da amêndoa pode atingir um teor de 55% de óleo. Tal fato conforme destacam Feroldi, Cremones e Estevam (2014, p. 3802), “comprova a superioridade em relação ao teor na cultura da soja em diversas linhagens, que varia entre 16,58 e 20,75%”. Estes dados confirmam segundo os autores, em corroboração com Barbosa et al., (2007); Espindola, Cavalcante e Gonçalves (2008), um alto potencial para produção de biodiesel para o dendê através do óleo de palma e palmiste.

### **3.3.3 CARACTERÍSTICAS DO CULTIVO E COLHEITA**

No que diz respeito ao potencial produtivo da palma de óleo, verifica-se que tal cultura, segundo Corley (2009) será responsável por suprir a demanda mundial de óleo vegetal no futuro. Lody (2009) e Favaro (2011) destacam que o dendezeiro quando comparado com outras oleaginosas apresenta a maior produção de óleo por unidade de área (hectare).

Acerca do plantio da palma destaca-se a necessidade, deste ocorrer em terrenos com baixa declividade (inferior a 10%), este procedimento tende a facilitar os tratos e manejo da cultura, cujo espaçamento entre as mudas deve ser de 9m x 7,8m baseando-se nos vértices de um triângulo equilátero de aresta 9 m (FAO, 1990; MDA, 2007), conforme evidenciado na Figura 3.3-5. Tal espaçamento permite que em 1 hectare haja uma população de 143 indivíduos (FAO, 1990; RAMALHO FILHO, 2010; FAVARO, 2011; CASSOL et al., 2016). Outra característica relativa ao cultivo, salientada por Müller (1980), é que se recomenda para a época de plantio coincidir com o período de chuvas.

Figura 3.3-5 – Esquema demonstrativo do espaçamento para cultivo de palma de óleo.



Fonte: FAO (1990).

O consórcio do óleo de palma com leguminosas, é recomendado, ambientalmente, visando o combate a plantas daninhas, reduzir a compactação e erosão do solo entre as fileiras de dendê, contribuem para a fixação de nitrogênio (MÜLLER, 1980; MDA, 2007; RAMALHO FILHO, 2010). Tal recomendação impacta também o meio econômico, por meio da possibilidade de geração de renda, para o produtor, atrelada a venda das culturas consorciadas, além de reduzir custo com a amortização dos sistemas consorciados (RAMALHO FILHO, 2010).

Rocha et al. (2007) discorrem sobre o efeito positivo no desenvolvimento vegetativo da palma de óleo, ao ser intercalada com outras culturas na fase pré-produtiva, quando comparado com o sistema de monocultivo. Os benefícios agregados a tal prática, são principalmente os resíduos da adubação, bem como a matéria orgânica residual das culturas consorciadas (ROCHA et al., 2007d). Já no âmbito social, o consórcio de culturas com a palma de óleo, além de fornecer renda, é provedor de alimentos, favorecendo a subsistência dos produtores.

Bastos et al. (2001) e Lody (2009), informam sobre as necessidades pluviométricas e de temperatura, consideradas ideais para o alto desempenho da planta, no tocante à produção de óleo. As características destacadas pelos autores são as seguintes:

- Pluviosidade: acima de 2.000 mm ao ano, sendo considerado 2.500 mm o ideal;
- Temperatura Média: entre 24 e 28°C;
- Temperatura Máxima/ Mínima: 33°C/ 18°C;
- Luminosidade: acima de 1.800 horas/ano de radiação solar.

No que tange o tempo necessário para o crescimento e início da produção, Favaro (2011, p. 30), expõe que “[...] as plantas oriundas de plantações comerciais se tornam produtivas a partir do terceiro ou quarto ano de plantio (quando se inicia a produção dos cachos e dos frutos), e continuam a produzir por pouco mais de 20 anos”. Segundo Becker (2010) corroborado por Favaro (2011), a produção do dendzeiro relaciona-se com a idade do mesmo, com crescimento até atingir 08 anos, momento no qual a planta atinge a maturidade, e estabiliza a produtividade até os 12 anos, posteriormente verifica um decréscimo gradual. Neste período, entre os 8 e os 12 anos da cultura, é possível que cada hectare produza 21 toneladas de fruto ao ano, e de acordo com Silva (1997) apresentando um rendimento de 22% de óleo bruto, isto equivale a aproximadamente 4,8 toneladas de óleo.

Becker (2010) discorre que a colheita deve ocorrer quando houver o amadurecimento do fruto, tal fato é explicado por Müller (1980), pois neste momento inicia-se a liberação de ácidos graxos, fato que geralmente compromete a qualidade do óleo. Barreto (2008), é corroborado por Feroldi, Cremonez e Estevam (2014, p. 3803) que explicam comprometimento supracitado, devido “[...] a liberação de ácidos graxos livres que ocorre pela ação enzimática podendo inviabilizar a produção de biodiesel por facilitar a formação de sabão [...]”.

Entretanto antes da colheita, deve-se destacar a etapa de manutenção do plantio. Sobre esta etapa Carvalho (2012, p. 40) informa que

[...] são feitas operações periódicas, como coroamento<sup>6</sup>, adubação, roçagem e rebaixamento da leguminosa de cobertura, controle de pragas e doenças, controle de plantas invasoras, poda e colheita. [...]. Até o terceiro ano, esse processo geralmente é feito de forma manual e depois é feito com produtos químicos. Produtores familiares geralmente só realizam o coroamento manual, que é feito algumas vezes no ano.

No que tange a roçagem e o rebaixamento das leguminosas, Macedo, Rocha e Lima (2010) expõe que são utilizadas roçadeiras mecânicas acopladas a um trator, isto nos

---

<sup>6</sup> O coroamento é a limpeza da área em torno da planta, este processo é realizado para que se evite competição entre o dendê e alguma planta invasora, bem como o ataque de pragas.

primeiros anos de plantio, posteriormente a roçagem é realizada manualmente. Manual, é a forma como se realiza o controle de pragas e doenças, bem como de plantas invasoras em plantações de dendê, há a possibilidade do uso de agrotóxico para tal finalidade, caso seja identificada a necessidade.

Outro procedimento realizado de modo manual é a colheita, todavia neste momento, manipula-se um instrumento que permita o corte do cacho. A periodicidade da colheita, gira em torno de dez em dez dias, durante todo o ano (RAMALHO FILHO, 2010). Sobre o transporte dos cachos colhidos, o mesmo é realizado por tratores adaptados quando o plantio pertence a grandes ou médias empresas, ou por tração manual no caso de agricultores familiares (CARVALHO, 2012).

### 3.3.3.1 Fixação de CO<sub>2</sub> nos Plantios de Dendê

Todo plantio, durante seu ciclo de vida, fixa o dióxido de carbono na parede celular, durante o processo de fotossíntese. Desta forma é possível quantificar a fixação deste elemento durante o ciclo de uma determinada planta. Ao comparar estudos cujo objetivo era determinar o potencial de fixação de um plantio de palma de óleo (Tabela 3.3-1), constatou-se que a fixação varia de  $129,30 \pm 40,3$  Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> a 230 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.3-1 – Potencial de fixação de CO<sub>2</sub> no plantio de dendê.**

AUTORES	FIXAÇÃO DE CO <sub>2</sub> (Mg.CO <sub>2</sub> eq.ha <sup>-1</sup> ) *
Cassol et al. (2016)	151,85
Silva, Stella, Varkulya (2003)	203,34**
Germer, Sauerborn (2008)	129,30 ± 40,3***
Syahrinudin (2005)	230
<b>MÉDIA</b>	<b>178,62</b>

\* Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> equivale a t.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>.

\*\* Maior percentual de raízes considerado no cálculo.

\*\*\* Consideraram a vegetação de sub-bosqueno cálculo.

Fonte: Silva, Stella, Varkulya (2003); Syahrinudin (2005); Germer, Sauerborn (2008); Cassol et al. (2016).

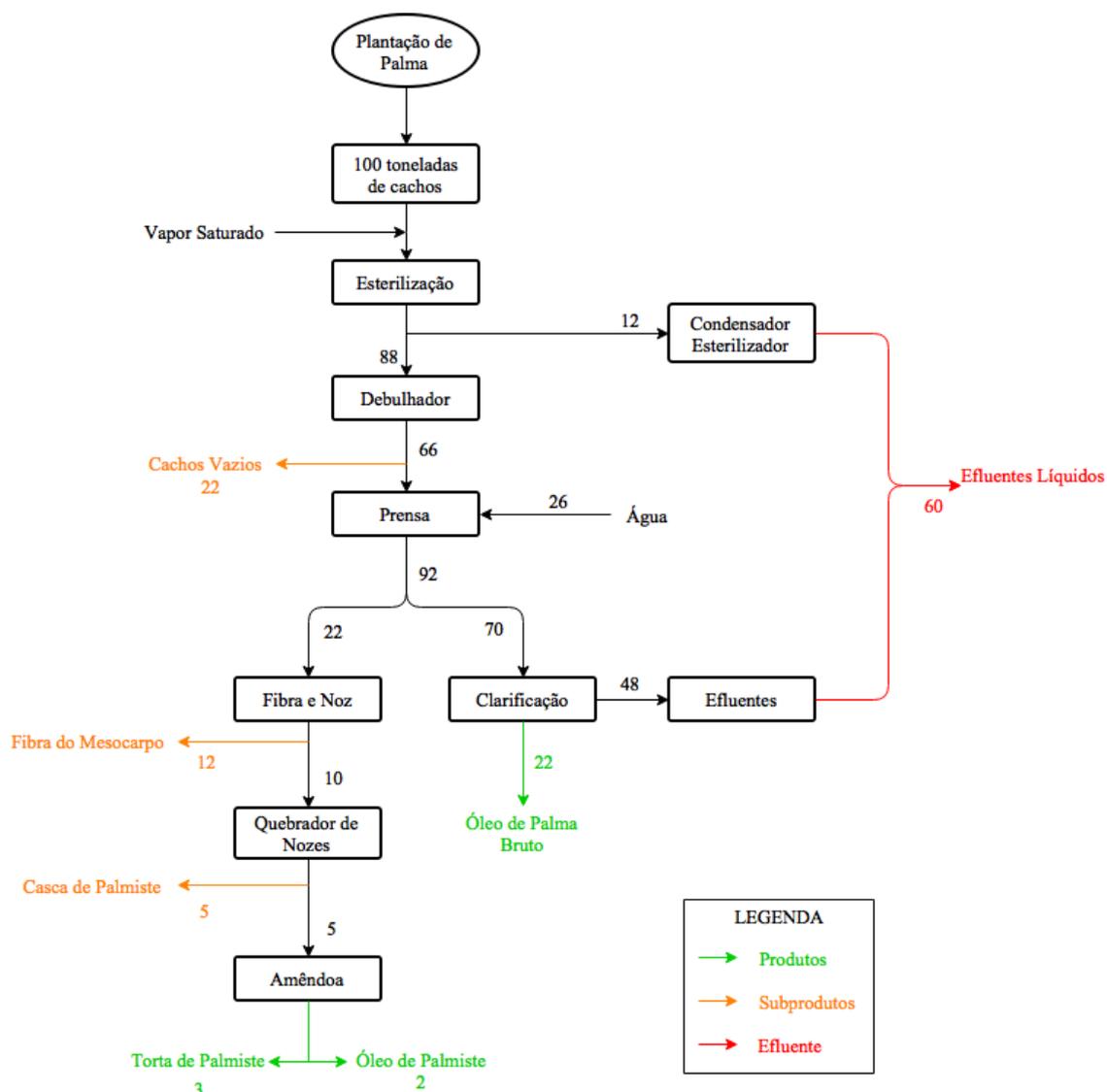
Ao avaliar o potencial estabelecido pelos autores, é plausível valorar uma média, alicerçando-se nos resultados evidenciados na Tabela 3.3-1, desta forma, obteve-se um Potencial de Fixação de CO<sub>2</sub> para o dendê de 178,62 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>. Sendo assim, a análise que se faz, acerca do plantio de dendê é que cada hectare plantado tem a capacidade de fixar 178,62 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de produção, ou seja, em 25 anos (CASSOL et al. 2016).

Posteriormente a colheita, verifica-se a necessidade da extração do óleo de dendê/ óleo de palma, e do óleo de palmiste, tais processos serão explanados no item subsequente.

### **3.3.4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE DENDÊ E SEUS SUBPRODUTOS**

No que tange a extração do óleo de dendê, diferentes métodos podem ser empregados, entretanto o mecânico, por prensagem e esmagamento dos frutos tem sido o mais reportado (SLUSZZ & MACHADO, 2006; MDA, 2007; RAMALHO FILHO, 2010). Todavia, conseguintemente, analisar-se-á o processamento industrial dos cachos de dendê, também chamadas de usinas de beneficiamento ou usinas extratoras de óleo. KALTNER et al. (2004), desenvolveram um trabalho, que exemplificava em um fluxograma de massa, os fluxos e processos necessários para se obter a máxima extração dos óleos de palma e de palmiste, evidenciado na Figura 3.3-6.

Figura 3.3-6 – Fluxograma de massa referente a extração do óleo de palma e de palmiste.



Fonte: Adaptado de KALTNER et al. (2004).

A partir da observação da Figura 3.3-6, deve-se destacar que o processo de beneficiamento produz, a partir de 100 toneladas de CFF<sup>7</sup>, aproximadamente 22 toneladas de óleo de palma bruto, 2 toneladas de óleo de palmiste e de 3 toneladas de torta de palmiste. Além dos produtos é digno que se ressalte a biomassa residual, considerada como subprodutos, gerada durante o processo de beneficiamento: 22 toneladas de cachos vazios, 12 toneladas de fibra do mesocarpo, e 5 toneladas de casca. KALTNER et al. (2004) consideraram que das 100 toneladas de cachos de frutos processados, são produzidas 55 -60 toneladas de efluente líquido.

<sup>7</sup> Em um plantio comercial de dendê a produtividade máxima é de 25 toneladas de CFF por hectare (SUFRAMA, 2003).

Sendo assim, por meio destes dados, verifica-se que a cada 100 toneladas de CFF, 22 toneladas de óleo de palma bruto são produzidas, ao passo que se obtém 39 toneladas de biomassa residual (FAVARO, 2011). Portanto, pode-se dizer que analogamente, para cada tonelada de Cachos de Frutos Frescos processados, serão produzidos 220 kg de óleo de palma, 20 kg de óleo de palmiste, 30 kg de torta de palmiste. Além dos “resíduos”: 220 kg cachos vazios, 120 kg de fibra, 50 kg de casca e 650 kg de efluente líquido.

### 3.3.5 USOS DOS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO DO DENDÊ

Concernente ao uso dos produtos advindo do processo de beneficiamento do dendê, destaca-se que o óleo de dendê, é benéfico para a alimentação humana por apresentar redução do colesterol sérico sanguíneo (LDL) e aumento do índice de HDL, além de possuir características oxidantes cuja exploração ocorre com intuito de prevenir doenças cardíacas e câncer. Ong e colaboradores (2012) afirmam também a presença de outras substâncias, consideradas fitonutrientes (*i.e.*: tocoferol, carotenoide e esteróis).

Feroldi, Cremonez e Estevam (2014) apontam que tanto o óleo de palma quanto o óleo de palmiste possuem como componentes fundamentais ácidos graxos. Para o óleo de palma enaltecem-se os ácidos palmítico, oleico e linoleico, enquanto para o óleo de palmiste, o ácido láurico. Sambanthamurthi, Sundram e Tan (2000) razoam que aproximadamente 90% do óleo de palma no mundo são destinados para propósitos alimentícios.

Todavia, a necessidade de estabelecer uma matriz energética sustentável, proporciona a expansão dos horizontes relativos, principalmente aos biocombustíveis. Desta forma, pode-se destacar como uma das formas de uso do óleo de palma bruto, obtido como produto (Figura 3.3-6) para a síntese de biodiesel. Carvalho (2012, p. 49) “assume que no Brasil todo biodiesel de óleo vegetal é produzido por transesterificação<sup>8</sup>”.

Ainda em se tratando dos produtos do beneficiamento dos CFF, evidencia-se que a torta de palmiste, tem possibilidade de ser empregada como adubo orgânico (KALTNER et al. (2004); FAVARO, 2011). Outro aproveitamento admissível para a torta de palmiste é a incorporação do mesmo na ração animal, devido teor proteico entre 15 e 18% (FAVARO, 2011)

---

<sup>8</sup> É possível encontrar detalhadamente o processo de transesterificação em Carvalho (2012).

Já, no que tange a utilização dos subprodutos do cultivo, os cachos vazios são comumente destinados como adubo orgânico e/ou para a cogeração de energia na usina de processamento de frutos (KALTNER et al. (2004); FEROLDI, CREMONEZ e ESTEVAM, 2014). Assim como os cachos vazios, as cascas do palmiste, são enviadas como combustível às caldeiras para geração de vapor, devido alto valor energético, ou podem ser empregues como matéria-prima para produção de carvão ativado (KALTNER et al. (2004); SLUSZZ e MACHADO, 2006). Posteriormente a extração do óleo, a polpa do dendê, apresenta fibras com alto valor energético, e são utilizadas como combustível na caldeira de geração de vapor como é apresentado no estudo da Kaltner et al. (2004) corroborado por Sluszz e Machado (2006).

É digno de destaque que o efluente líquido gerado durante o processo de beneficiamento, “é rico em matérias orgânicas e após tratamento adequado, retorna ao campo como adubo orgânico” (KALTNER et al. (2004), p. 32).

### **3.4 PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS NO SETOR ENERGÉTICO**

#### **3.4.1 CONCEITO**

Ao longo dos anos a necessidade de criação de uma nova forma de planejamento, calcada nas questões do desenvolvimento sustentável, de caráter social e ambiental, tornou-se cada vez mais necessária. Nesse caso, para que esta nova abordagem de planejamento fosse fortalecida, a apresentação dos benefícios, para o executor e para os demais envolvidos, incluindo a sociedade, é de fundamental importância. Também seria preciso um foco na melhor opção, de maneira a diminuir os impactos ambientais no processo de suprimento de energia elétrica (REIS, GALVÃO, CARVALHO, 1998).

Desta forma, compreendeu-se que para a proposição de um plano com gerenciamentos definidos, far-se-ia necessário evidenciar os caminhos para tal aplicação. Esse fato ocorreu no momento em que as preocupações relativas ao desenvolvimento sustentável dentro dessas novas abordagens surgiam. Vislumbrando seguir a abordagem proposta pelo DS, e atingir os objetivos traçados pautados pela equidade social, ambiental e econômica, surge o Planejamento Integrado de Recursos, o qual foi inicialmente proposto como abordagem de gerenciamento para os países desenvolvidos, neste caso, mais necessitados de oferta de energia (DESHUN, YOUHONG, AIMING, 1997; MANCA, 2008).

Neste sentido verifica-se que a aplicação do PIR se fundamentou na busca pela diminuição do custo social dos serviços de energia, além de adiar ou evitar a construção de grandes plantas geradoras (DESHUN, YOUHONG, AIMING, 1997; REIS, UDAETA, 1995; MANCA, 2008). Anteriormente a adoção do Planejamento Integrado de Recursos, os planejadores/tomadores de decisão, não visavam a geração de energia baseando-se no consumidor final, além de não considerar os usos finais dos serviços (MANCA, 2008). Outros pontos irrelevantes neste momento giravam em torno de melhorias em eficiência energética, devido potencial redução do consumo, e não eram “entendidas como um tipo de recurso energético” (MANCA, 2008, p. 09).

Udaeta conceitua PIR como:

[...] o processo no sentido de um exame de todas as opções possíveis e factíveis no percurso do tempo e da geografia, isto, na procura de responder a problemática da energia (no sentido do bem-estar), selecionando as melhores alternativas, com a finalidade de garantir a sustentabilidade socioeconômica [...]. (UDAETA, 1997, p. 80)

Corroborando o raciocínio de Udaeta, os autores Reddy e Sumithra (1996) discutiram que o Planejamento Integrado de Recursos é uma forma de planejamento, a qual se alicerça na necessidade de gerar energia para atender a sociedade, avaliando tanto o fornecimento de eletricidade, quanto o nível de atendimento adequado de serviços.

No que diz respeito às metas do PIR, estas abordam questões mais complexas, conforme abordam Bauer e Eto (1992), que destacam a participação em negócios competitivos, o gerenciamento de risco, a contabilização de externalidades (sociais e ambientais), e a alternância de combustíveis entre gás e eletricidade, além de estimular um planejamento de menor custo e o uso do GLD.

Acerca das ações de planejamento, deve-se enfatizar, que estas objetivam a compatibilização das políticas energéticas, do nível micro ao macro, isto é, desde o nível regional dos municípios até o nível global da Federação (MANCA, 2008). Tal abrangência visa otimizar o aproveitamento da matriz nacional, bem como a eficiência do setor energético (REIS, 2011).

Manca (2008, p. 10) expõe que o PIR aplicado ao setor energético “pode ser descrito como um método através do qual se estima a demanda de serviços de energia durante o período de planejamento”. A este período incorporam-se os custos baixos de oferta, bem como medidas eficientes nos usos finais, além de associar preocupações como a equidade

social e a proteção ambiental, entre outras metas específicas de cada localidade (BAJAY, LEITE, 2004; D'SA 2005).

Assim sendo, conceitualmente, o PIR é um ferramental neutro, a qual coaduna em um mesmo patamar, tanto de condições, quanto de expectativas, as opções do lado da oferta e as opções do lado da demanda (UDAETA, 1997; MANCA, 2008). Bajay (2004) informa que tal abordagem permite congrega, na seleção dos investimentos a serem feitos, preocupações e prioridades de todos os envolvidos, abrangendo o governo, órgão regulador, grupos ambientalistas e o próprio consumidor. Deste modo, o PIR passa a escolher o melhor feixe de opções, levando em consideração os aspectos técnicos, econômico-financeiros e socioambientais. “Em uma formulação mais ampla, considerando todo o espectro energético, o resultado indicaria a aplicação da energia para um desenvolvimento sustentado” (UDAETA, 1997, p. 83).

Vislumbrando uma melhor alocação dos recursos, o Planejamento Integrado dos Recursos, pondera o uso racional dos serviços de energia; a conservação de energia como recurso energético; o enfoque dos "usos finais" para determinar o potencial de conservação, os custos e benefícios envolvidos na sua implementação; a maior eficiência energética e adequação ambiental; além de realizar a análise de incertezas associadas com os diferentes fatores externos e as opções de recursos (REDDY & SUMITHRA (1997); UDAETA, 1997; SHRESTHA & MARPAUNG (2006); MANCA, 2008).

O PIR diferencia-se do planejamento tradicional na classe e na abrangência dos recursos considerados, na inclusão no processo de planejamento dos proprietários e usuários dos recursos, nos organismos envolvidos no plano de recursos e nos critérios de seleção dos recursos.

### **3.4.2 ETAPAS OU COMPONENTES BÁSICOS DO PIR**

De acordo com Reis (2011) o processo de planejamento integrado de recursos deve seguir essencialmente algumas etapas ou componentes básicos, entretanto deve-se destacar que particularidades ocorrerão devido as características da região, bem como o tipo de entidade, a qual se responsabilizará pelo PIR. Desta forma Reis e Udaeta (1995), Udaeta (1997) e Reis (2011), explicitam os principais pontos que devem ser levados em consideração, em cada momento, tanto em curto, quanto em longo prazo, do plano preferencial.

### ● **Identificação dos objetivos do plano**

Momento no qual se delineará o PIR, por meio dos objetivos, considerando a eficiência econômica, bem como a determinação de peso para a oferta e a demanda como recursos, preponderando a minimização dos riscos, por meio de uma avaliação dos impactos ambientais, das questões sociais, entre outros fatores (REIS, 2011).

### ● **Estabelecimento da previsão da demanda (pré-GLD, sendo GLD o gerenciamento pelo lado da Demanda)**

Neste passo distingue-se os fatores tecnológicos, econômicos e sociais, que podem ou não influenciar a demanda. Devem ser elaboradas, nesta ocasião, diversas previsões devido à incerteza acerca do futuro (REIS, 2011). Outro ponto chave ao analisar esta componente tange a compatibilização dos usos finais considerados nos programas GLD com aqueles da previsão da demanda (UDAETA, 1997; REIS, 2011).

### ● **Identificação dos recursos de suprimento e demanda**

Segundo Reis (2011) deve-se identificar separadamente cada recurso factível, seja ele já estabelecido no plano de obras, seja um recurso potencial, que poderão influenciar potência e/ou energia tanto do lado da oferta quanto do lado da demanda.

### ● **Valoração dos recursos de suprimento e demanda**

Reis (2011) explana que a cada recurso deve ter atributos, quantitativos e/ou qualitativos, os quais devem ser coerentes com os objetivos formulados. Udaeta (1997, p. 88) informa que “a avaliação e medição dos recursos deve ser multicriterial (para não estarem somente referidos em termos dos custos). Deve também utilizar-se figuras demérito tais como gráficos mostrando custos unitários em função de magnitudes do recurso, etc”.

### ● **Desenvolvimento de carteiras de recursos integrados**

Para cada previsão da demanda devem ser propostas carteiras constituídas pela combinação de recursos de oferta e demanda, cobrindo o mesmo período no futuro, de 15 a 20 anos (REIS, 2011).

### ● **Avaliação e seleção das carteiras de recursos**

As carteiras de recursos propostas, as quais responderão pela previsão, devem ser comparadas atributo por atributo, em função dos objetivos definidos pelo PIR. Caso haja um mínimo de recursos, que esteja presente em todas as carteiras, este mínimo poderá ser incluído no PIR sem análise adicional. Já os recursos não comuns a todas as carteiras de recursos poderão intervir atendendo alguma das previsões totais.

#### ● **Plano de ação**

Na composição do plano de ação deverá constar o detalhamento dos passos relativos a aquisição dos recursos, estabelecidos para um curto prazo. Além disto, é necessário a inclusão de especificações sobre o modus de ajuste à evolução da demanda, considerando ou não este dentro da previsão). Por fim, deve-se evidenciar os critérios projetados, bem como os de monitoração dos recursos de considerável incerteza, como por exemplo os impactos de mercado e custos totais (REIS, UDAETA, 1995; UDAETA, 1997; REIS, 2011).

#### ● **Interação público-privada (com a sociedade)**

Considerada parte relevante, a sociedade deverá ser envolvida no processo PIR, atuando e colaborando diretamente, por meio de: fóruns informativos; workshops; audiências públicas; e outras, visando a escolha dos métodos que melhor se aplicam ao PIR da concessionária (REIS, GALVÃO, CARVALHO, 1998). Outro ponto importante, diz respeito a interação entre a sociedade e as concessionárias (REIS, 2011).

#### ● **Introdução e participação do regulador**

A participação do ente regulador é destacada como fundamental em todas as fases de elaboração do PIR, com a finalidade de revisar e tecer comentários, para melhor preparação do PIR.

#### ● **Introdução e implantação das políticas governamentais**

O PIR deverá se desenvolvido em concordância com a legislação e as políticas de estado, além de normas de eficiência, controle de poluentes e fatores de risco, e qualquer outra norma que se aplique aos objetivos estabelecidos no PIR.

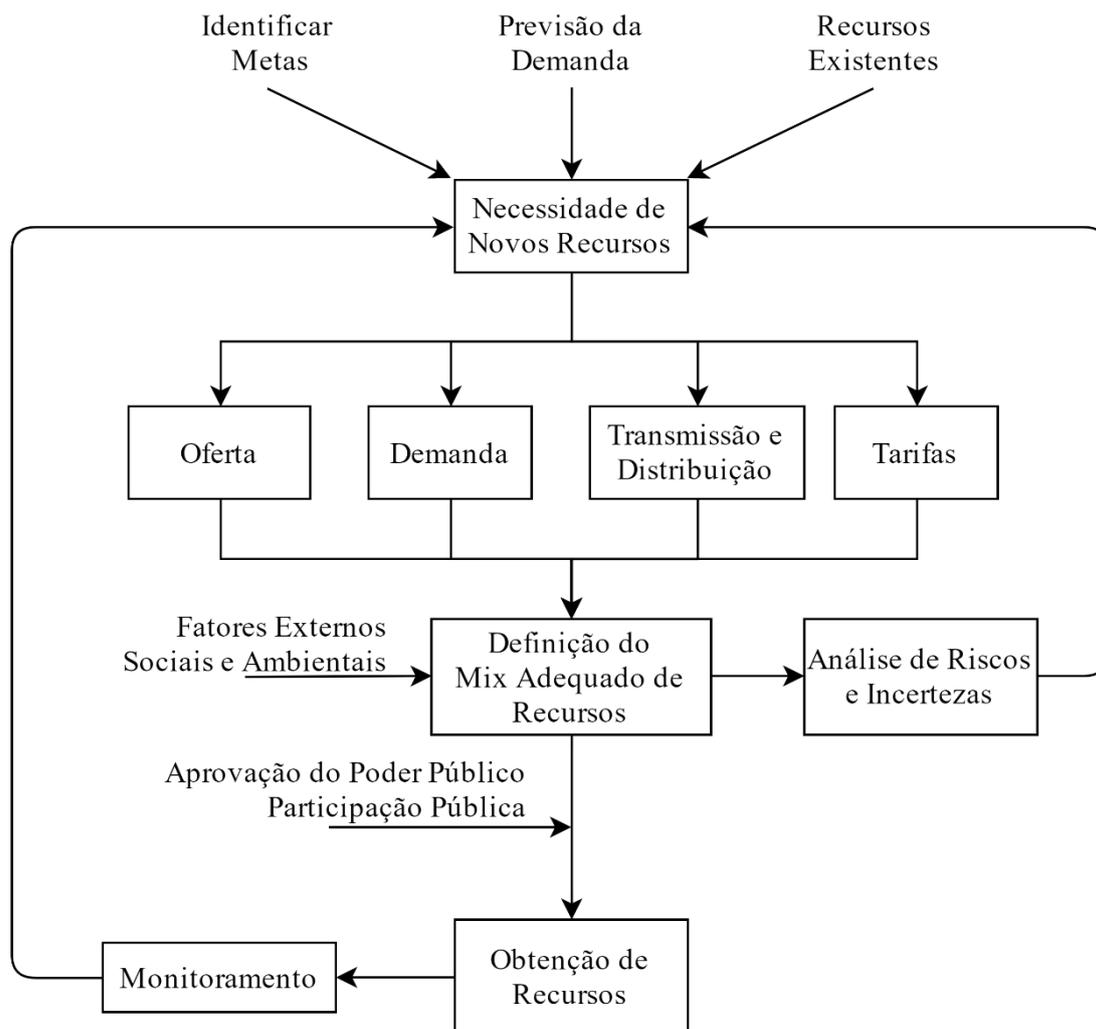
#### ● **Revisões da Regulamentação**

O processo de revisões deve ser implementado junto ao plano de ação, em forma periódica, estabelecida no PIR, geralmente ocorrendo a cada dois anos, permitindo

resposta oral e/ou escrita da sociedade. O processo de consulta à sociedade, e a revisão programada, servem para a promoção de inclusões, ajustes e alterações, essenciais para a melhoria contínua do planejamento.

Isto em suma permitirá de estabelecer o PIR como um processo dinâmico e retroalimentado, conforme pode ser verificado no diagrama evidenciado na Figura 3.4-1.

**Figura 3.4-1 – Diagrama do Processo PIR.**



Fonte: Adaptado de Udaeta (1997).

### 3.4.3 IMPLEMENTAÇÃO E USOS

No que tange o uso e implementação do Planejamento Integrado de recursos, o marco histórico é considerado o final dos anos 80 e início dos anos 90 (MANCA, 2008). Este período foi marcado pela implementação do PIR por concessionárias, com a proposição de atualizações metodológicas comumente utilizadas. Manca (2008, p. 12) expõe que “[...] o PIR nesse contexto, fortaleceu-se de maneira que melhorias fossem

contempladas no que diz respeito a diversidade e flexibilidade das questões avaliadas, apoiadas, nesse momento, por um forte apelo ambiental”.

Os países dignos de destaque, como principais executores do PIR, entre o final da década de 80 e início de 90, são Estados Unidos, Canadá e Dinamarca, cuja ampla aplicação ocorreu nos setores de gás canalizado e eletricidade (MANCA, 2008). Jannuzzi (2006) discorre que a utilização de tal tipologia de planejamento foi alicerçada, devido PIR ser a melhor alternativa visando agregar o interesse de vários atores envolvidos, e ainda considerando as questões sociais e ambientais.

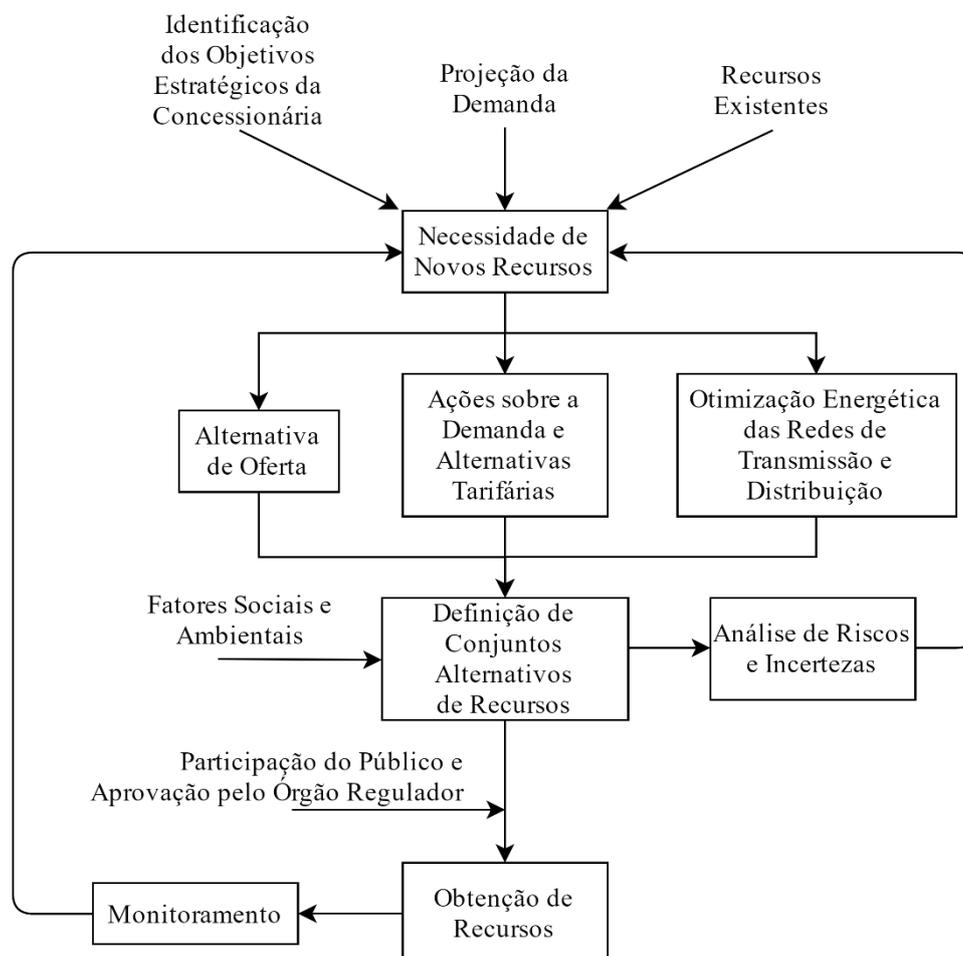
O fortalecimento do PIR, como ferramenta de planejamento, proporcionou uma ampla disseminação em diversos países Uadeta (1997) e Gimenes (2004) revisaram vários trabalhos em âmbito mundial com a descrição das principais práticas e finalidades do PIR em localidades distintas, das quais salientam-se as práticas a seguir:

- Áustria – busca, na base do PIR, estimular metodologia que proporcione serviços de energia à população com um custo mínimo viável
- Polônia – promoção do conceito do PIR através de manuais, planos e projetos pilotos de demanda para cidades de pequeno porte e comunidades rurais
- Peru – aplicação do PIR visando analisar os custos, impactos ambientais e implicações de políticas energéticas de longo prazo
- *Rhode Island* – planejamento integrado para as concessionárias de energia elétrica e gás
- China – Estudo de longo prazo para cenários energético-ambientais
- *Pacificorp* – EUA – visa suprir a demanda futura de energia a menores custos
- *Idaho Power Company* – EUA – duas metas principais fazem parte do PIR local: manter o poder da Idaho a fim de atender a demanda nos próximos 10 anos; assegurar que os recursos selecionados sejam de melhor custo efetivo, baixo risco e atendam a demanda dos consumidores
- Minnesota – EUA – estabelecimento de políticas públicas priorizando energias renováveis no processo de planejamento
- Brasil – PIR proposto pela CEMIG para o gerenciamento da demanda em horário de pico. Nos setores acadêmicos e institutos de pesquisa, vem se desenvolvendo estudos em Planejamento Integrado de Recursos, onde são citados o GEPEA e o PSE.
- EUA – planejamento em que se consideram os riscos, a diversidade de alternativas e a inserção ambiental visando suprir a demanda
- Canadá – busca por projetos que levem em consideração o suprimento de energia dentro do contexto de desenvolvimento sustentável

- Alemanha – visa reduzir o custo da energia para os diversos setores, reduzir a necessidade de construir grandes usinas e diminuir os impactos ambientais
- Espanha – aumentar sua competitividade no mercado de energia e melhorar seu lucro

Manca (2008, p. 15) afirma que “no setor de eletricidade, as concessionárias podem se valer do PIR para realizar o planejamento de energia elétrica”, corroborado por Reis (2011). A Figura 3.4-2 apresenta as atividades que devem ser seguidas quando uma concessionária faz uso deste planejamento.

**Figura 3.4-2 – Diagrama do PIR com as principais atividades de uma concessionária.**



Fonte: Adaptado de Jannuzzi (2006).

Tal abordagem de planejamento vem sendo sendo implementada em nível nacional e até mesmo para setores de serviços específicos (conforme apresentado na Figura 3.4-2 para as concessionárias). Deve-se ter em mente que existem diversas razões para o fortalecimento e implantação do PIR em aplicações para aglomerados de países, como por exemplo um planejamento transnacional, ou aplicações regionais, isto é, um PIR

direcionado a um município, estado, ou uma região (UDAETA, 1997; MANCA, 2008; REIS, 2011).

Graebera, Fecherb e Gonah (2005) enfatizam que as principais motivações para o desenvolvimento de um planejamento integrado com esta visão regional e/ou transnacional, estão baseadas nos seguintes itens:

- a) Aproveitamento de recursos em diferentes regiões;
- b) Aproveitamento dos fatores relacionados a picos de demandas diferentes em diversas regiões;
- c) Compartilhamento de reservas entre vários países;
- d) Aumento da confiança no suprimento;
- e) Diminuição nos preços dos serviços e redução da degradação ambiental.

Acerca da implementação do Planejamento Integrado de Recursos deve-se atentar para que este seja implementado de acordo com alguns critérios, os quais foram descritos por Jannuzzi (2006), dentre eles destacam-se os critérios a seguir:

- a) Compilação de dados confiáveis sobre padrões de demanda por usos finais de eletricidade;
- b) Alternativas tecnológicas e curvas de carga (tratamento da demanda por serviços e não kWh);
- c) Definição de cenários e projeção de demanda nos serviços de energia;
- d) Cálculo dos impactos nos custos e na carga elétrica das alternativas de gerenciamento da demanda; e
- e) Comparação dos custos e impactos ambientais.

No âmbito da geração de energia elétrica a partir do efluente líquido do processo de beneficiamento do dendê, plantado em áreas degradadas, pode-se estimular um PIR de caráter indicativo<sup>9</sup>, envolvendo os setores elétricos, a agricultura e a área ambiental (recuperação de áreas degradadas, e destinação de resíduos ambientalmente correta). Para

---

<sup>9</sup> O planejamento indicativo permite a proposição de metas de desenvolvimento para o setor, alinhadas com as políticas energéticas vigentes. Em conformidade com o espírito do planejamento indicativo, estas metas têm que ser flexíveis, e devem passar por um processo de reavaliação de modo periódico, estas metas devem refletir os interesses da sociedade (BAJAY, CARVALHO, 1998). Tal fato implica na redução das incertezas, bem como na adoção de novos parâmetros e métodos que supram a complexidade que envolve a indústria de energia (CAIO, BERMANN, 1998).

um bom planejamento neste viés, devem ser estipuladas metas que visem à promoção de projetos economicamente viáveis, de baixo risco regulatório, com mínimos impactos ambientais, além de programas integrados de conservação de energia (BAJAY, 2004).

#### **3.4.4 GERENCIAMENTO PELO LADO DA OFERTA (GLO)**

É notório que a partir do aumento do nível de serviços de energia, o aumento da oferta, bem como melhorias, no tocante a eficiência, serão exigidas. No que tange o setor de eletricidade, D'Sa (2005) discorre que os aumentos na oferta incluem, expansão da capacidade de geração e melhorias na utilização da capacidade já existente, as quais podem ser obtidas por meio de diversos recursos, bem como através de estações de transmissão centralizadas ou locais (MANCA, 2008).

Manca (2008, p. 16-17) explora que “as tecnologias voltadas para o suprimento quase sempre necessitaram de grandes investimentos, baseados em projetos centralizados de geradores, sem considerar os custos ambientais e levando em conta apenas o setor financeiro”. Por sua vez, as formas descentralizadas de ofertar energia, isto é, por meio da participação dos produtores independentes e cogeração, são alternativas viáveis, para complementar a matriz energética nacional, somando-se ao modelo centralizado. Deshun, Youhong e Aiming (1997), aborda a possibilidade de uma maior participação das fontes renováveis, com a substituição paulatina, das fontes tradicionais, pelo uso do gás, da energia solar e eólica.

No que tange ao Gerenciamento pelo Lado da Oferta (GLO), Reis, Galvão e Carvalho (1998) conceituam-no como um procedimento que objetiva a identificação de todas as possibilidades/alternativas de suprimento disponíveis, incluindo novas tecnologias e novas abordagens, concernente a gestão de recursos.

Em consideração às questões ambientais, devem ser impostos limites para garantia da conservação ambiental. Para este fim, deve-se incentivar a uma análise profunda acerca da produção de energia centralizada, a partir de carvão vegetal, gás natural e energia hidráulica, além de difundir e fomentar a participação de fontes descentralizadas, com preferência para as energias renováveis, como gaseificação e pirólise de biomassa, biogás, Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs e a energia eólica e solar).

Manca (2008, p. 17) discorre que os “investimentos para promoção da energia de origem renovável ganha força, na medida em que ocorrem melhorias nas tecnologias de produção, por fontes alternativas e aparece a preocupação com a sustentabilidade”. De acordo com Alnatheer (2005), a utilização de recursos locais, ou seja, disponíveis em um dado local de geração, acarreta uma diversidade de impactos positivos, na vertente ambiental, social, econômica e energética, este último alcançado devido maior segurança na provisão de energia.

O autor Cobas (2000) conceitua geração distribuída (GD) como sendo qualquer unidade de geração de eletricidade, seja em pequena ou média escala, cuja localização se dá próxima aos consumidores, um sistema de GD, pode estar conectado à rede de distribuição, ou diretamente ao consumidor. Isto posto, verifica-se que a geração distribuída, não se estabelece apenas no âmbito da geração isolada, entretanto dispensa linhas de transmissão ou grandes plantas geradoras centralizadas. Rodrigues (2002) ainda acrescenta que uma maior diversificação das tecnologias empregadas para produção de energia pode ser feita em virtude dos requerimentos específicos da carga ou da disponibilidade dos recursos energéticos locais.

No que diz respeito a GD, o Ministério de Minas e Energia (MME, 2016) estabelece que as centrais de cogeração devem ser instaladas nos locais de uso final da energia, ou pelo próprio cliente, ou através de empresas/investidores para produzirem nas suas instalações o biogás, ou a energia térmica necessária (vapor, calor, frio). Para isso é importante fomentar seu uso mais intenso.

#### **3.4.5 GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA (GLD)**

Acerca do Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), Camargo (1998) explana que este mecanismo consiste na adoção de equipamentos mais eficientes e mudanças de atitudes por parte dos consumidores em relação aos diversos usos e gastos. Outra forma de GLD, se dá por meio de atividades direcionadas ao consumidor, e cujo objetivo é gerenciar o consumo (GALVÃO et al., 1998), desta forma procura-se a preservação dos recursos energéticos. Manca (2008, p. 18) informa que o GLD “pretende garantir um suprimento de energia, sem que haja, [...], necessidade de altos investimentos em obras de grande porte”.

O GLD é um programa direcionado a encorajar os consumidores a um uso racional dos recursos. Sendo assim, os praticantes adotam medidas administrativas e incentivos financeiros, como forma de garantir a utilização de tecnologias de conservação e controle de carga, e com o propósito de manter os níveis de serviços de energia com a diminuição do consumo de eletricidade e da potência demandada (DESHUN et al, 1997). Kozloff et al. (2000) exemplificam que o controle de carga pode ser compreendido como um subconjunto, formado por diversas ações imediatas e temporárias, realizadas pela concessionária ou pela operadora do sistema, visando a redução da demanda de energia elétrica nos de ponta.

Dentre as diversas medidas cabíveis, cada qual com uma finalidade para o gerenciamento de carga, uma das ferramentas utilizadas para tal, é o sistema tarifário (JANNUZZI et. al., 2001). Tal sistema é relevante, visto que é um mecanismo que garantam uma tarifa diferenciada em períodos de maior e menor consumo, alterando desta forma, a demanda no horário de pico. O sistema tarifário é uma política praticada pelo setor energético, responsável pelo aporte de recursos.

Todas as medidas que vislumbram prover maior eficiência no aproveitamento de recursos energéticos para um atendimento a um maior número de consumidores, sem que seja necessário ampliar a oferta (MANCA, 2008). Intrínseco a este conceito, a eficiência energética torna-se um recurso, visto que garante um uso menor de energia para a realização de um mesmo serviço (JANNUZZI, 2000).

No que diz respeito a eficiência energética, Geller (2003) informa que para se obter resultados concretos, são necessárias uma série de medidas, dentre as quais, destaca-se principalmente: (i) a adequação de uma infraestrutura que permita o uso maximizado dos equipamentos disponíveis; (ii) no setor de energia, uma importante medida é a adoção de selos de eficiência energética.

Sabe-se que a consolidação de programas de eficiência energética, em todas as esferas governamentais necessitam de um tempo para atingir a maturação, entretanto é possível através de regulações e financiamento para pesquisa e desenvolvimento fomentar o GLD, ferramenta a qual tem potencial para surtir índices significativos de economia de energia.

### **3.4.6 BARREIRAS**

Apesar de todas as vantagens explanadas a acerca do Planejamento Integrado de Recursos, deve-se destacar que existem barreiras no que concerne a elaboração dos planos, dentre as quais destacam-se: (i) a tendência de suprimento; (ii) as barreiras estruturais; (iii) barreiras informacionais/ de informação; (iv) barreiras econômicas; (v) barreiras políticas; e (vi) barreiras institucionais. Conseqüentemente, tais entraves para a elaboração do PIR, serão discutidos.

#### **3.4.6.1 Tendência ao Suprimento**

Acerca da tendência de suprimento, discorre-se sobre a convicção da necessidade de aumentar a capacidade de geração, aumenta a quantidade ofertada (MANCA, 2008). Entretanto, D'Sa (2005) enfatiza que as medidas de redução de consumo baseadas na eficiência, em sua maioria programas energéticos, são desconsiderados.

Ricardo da Silva Manca (2008, p. 21) discorre que “[...] para o setor de eletricidade, a condução de programas visando o suprimento de energia elétrica, insere o forte domínio do paradigma com base no suprimento de forma centralizada, onde a tomada de decisão é baseada no ofertar de forma centralizada [...]”, portanto sendo avesso às fontes descentralizadas e GLD (REDDY, 2005).

Neste contexto, a participação de fontes renováveis de energia e as medidas de conservação são prejudicadas por outras barreiras como a infraestrutura local, muitas vezes defasada, a baixa qualidade dos serviços e a falta de informação por parte dos consumidores e fornecedores (UDAETA, 1997; MANCA, 2008).

#### **3.4.6.2 Barreiras Estruturais**

Geller (2003) demonstra que em relação às fontes renováveis, no que tange a infraestrutura de fornecimento, existem fatores regionais limitantes. A evolução de uma tecnologia dentro de uma determinada localidade, é fruto de uma estrutura inicial que permita a promoção de um processo de adaptação tecnológica mais célere (GELLER, 2003; MANCA, 2008).

Acerca dos potenciais das diversas fontes alternativas, sabe-se que estes encontram-se dispersos em regiões específicas, fato que estabelece nichos de mercado também específicos (MANCA, 2008). Outro fato relativo às barreiras estruturais, gira em torno de

uma baixa demanda, a qual acaba por inviabilizar, muitas vezes, uma produção local de equipamentos e a importação para aproveitamento desse tipo de energia (GELLER, 2003; MANCA, 2008). Tal fato influencia empresas a não investirem em tecnologias ainda não consolidadas em um determinado país, de modo que se cria um obstáculo ao crescimento das fontes alternativas de energia.

Concernente a eficiência energética, Manca (2008, p. 22) afirma que “[...] em alguns países, principalmente naqueles em desenvolvimento, não existe uma estrutura tecnológica adequada para uma maior aplicabilidade de programas de eficiência”. Nessas regiões, ainda existe uma carência de equipamentos eficientes, já que poucas são as fornecedoras que fazem uso de medidas de eficiência energética (GELLER, 2003). A falta de equipamentos para os consumidores e o elevado preço, contribuem para uma menor escala de uso nessas localidades (MANCA, 2008).

Ricardo da Silva Manca ainda abordando a questão estrutural, informa que:

[...] Algumas tecnologias renováveis ainda são tratadas, de fato, como “alternativas”, estando à margem das fontes convencionais. Existe, portanto, uma falta de padronização e de controle da qualidade desses equipamentos, o que coloca no mercado produtos mal dimensionados, aumentando a desconfiança e a tecnologia fica sem credibilidade [...]. (2008, p. 22)

Faz-se necessário utilizar esses obstáculos para aprender, e auxiliar o processo de maturação da tecnologia voltada para o aproveitamento de fontes pontuais de energia, além de diminuir os erros e, por conseguinte, maior rapidez no processo de difusão dos equipamentos (MANCA, 2008; UDAETA, 2012). Em um país, extenso como o Brasil, a adoção maciça de uma tecnologia é algo extremamente complexo, devido as distâncias continentais. No que tange o aproveitamento de recursos pontuais na oferta e demanda, as localidades distantes tendem a ficar prejudicadas e conseqüentemente fora do processo de adaptação e participação no plano (MANCA, 2008).

#### **3.4.6.3 Barreiras de Informações**

Segundo Reddy (2005), a base fundamental para o fortalecimento de um Planejamento Integrado de Recursos aloca-se nas informações, entretanto agências e órgãos governamentais tendem a não disseminar as informações. Conforme Souza (2003), a ideia de que os recursos são infinitos é uma visão extremamente difundida na sociedade, e cuja consequência é a cultura do desperdício. Manca (2008, p. 23) discorre

que “a falta de compreensão dos benefícios sociais proporcionados pelo uso racional constitui-se como uma barreira que deve ser vencida”.

Ao avaliar o setor de eletricidade, principalmente em relação às fontes renováveis, ainda existe uma carência de informação que estimule seu uso. Sendo assim se os consumidores possuíssem mais conhecimento acerca dos benefícios proporcionados pelo uso de fontes alternativas e renováveis de energia, poderia haver maior fomento de tais tecnologias (GELLER, 2003; MANCA, 2008). Já no que tange os fornecedores dados confiáveis referentes aos potenciais de cada região, são basais para que se localize, dimensione e instale adequadamente os sistemas de energia renovável.

Além da falta de profissionais capacitados para atuar em questões relacionadas à eficiência energética, existem os problemas relacionados à aceitação por parte dos consumidores, que ocorrem principalmente devido à falta de informação sobre: economia de energia, diminuição dos gastos, período de retorno dos investimentos nos equipamentos, entre outros benefícios (GELLER, 2003). Desta forma verifica-se que a falta de informação por parte dos consumidores pode impedir uma visão mais clara das vantagens do uso de produtos energeticamente eficientes (MANCA, 2008).

Tal discussão evidencia a relevância da participação da sociedade acerca do processo de planejamento, configurando-se como um dos atores atuantes nas ações de um plano, e não apenas sendo objeto do mesmo (UDAETA, 1997; GELLER, 2003; MANCA, 2008).

#### **3.4.6.4 Barreiras Econômicas**

No que tange as barreiras econômicas, Souza (2003) define-as como uma sucessão de fatores, os quais são discriminados a seguir:

1. Baixos custos da produção de energia de forma convencional;
2. Altos custos dos equipamentos de maior eficiência;
3. Falta de apoio governamental;
4. Subsídios concedidos aos combustíveis convencionais fósseis que dificultam a adoção de tecnologias limpas.

Manca (2008, p. 24) discorre que “[...] quanto menor o custo da energia para a sociedade, maior a aceitação das tarifas para a mesma”. Acerca da geração tradicional,

deve-se informar que além dos incentivos financeiros, não são contabilizados os custos inerentes ao processo total de produção de energia, mais especificamente os custos ambientais e sociais, o que, segundo Manca (2008, p. 25) “[...] deixa de refletir o preço real da energia que chega ao consumidor”.

Além disso, ao analisar o gerenciamento pelo lado da demanda, há a possibilidade dos consumidores e empresas não disporem do capital necessário para implantação de um projeto de eficiência energética, além de poder não haver financiamento para este (MANCA, 2008). Apesar das medidas de efficientização energética serem muito importantes, ainda há controvérsias por parte das concessionárias, visto que o lucro destas advém quando há maior consumo de eletricidade (MANCA, 2008). Deste modo, a eficiência energética pode representar menor lucro para as concessionárias, desde que esta não receba incentivos financeiros para tais medidas.

Manca discorre que:

Os interesses financeiros dos responsáveis pela adoção de medidas de eficiência energética nem sempre estão alinhados com os interesses dos que se beneficiariam com estas medidas.

Como exemplo, muitas instalações prediais são construídas e renovadas e, muitos produtos adquiridos com base no menor preço inicial e não no menor custo da vida útil. Em relação aos consumidores, estes optam pela compra de aparelhos de menor custo. Para as empresas o custo com energia elétrica não representa grandes valores, o que diminui a valorização da eficiência energética, já que para que seja administrado um programa mais eficiente, o investidor precisa antever vantagens, considerando menores incertezas. (MANCA, 2008, p. 25)

As tecnologias de energia renovável tornam-se mais competitivas com o passar do tempo, principalmente devidos aspectos da crise ambiental vivida atualmente. Entretanto, ainda é fundamental oferecer financiamento de médio longo prazo, com baixa taxa de juros e longo período de empréstimo (MANCA, 2008).

Conclui-se, portanto, ser de fundamental importância, a elaboração de políticas direcionadas não só à sociedade como um todo, mas que de forma pontual, crie mecanismos de mercado para que, independente de classes de renda ou entidades envolvidas, as barreiras possam ser quebradas, facilitando assim, um planejamento confiável e robusto (UDAETA, 1997; MANCA, 2008; UDAETA, 2012).

### 3.4.6.5 Barreiras Políticas

Como concluiu-se analisando as barreiras supramencionadas, o apoio governamental é essencial para que haja o fortalecimento e implementação de planejamentos como o PIR. Para tanto enaltece-se a necessidade da criação de políticas públicas que incentivem a adoção de gerenciamentos eficientes por parte das concessionárias e da população em geral (GELLER, 2003; MANCA, 2008).

Ricardo da Silva Manca, baseado e Geller (2003) explana que:

Muitos governos dão preferência às fontes de combustíveis fósseis e às tecnologias de geração de eletricidade convencionais ao invés das tecnologias de energia renovável devido principalmente, à tradição, familiaridade, tamanho, força econômica e influência política das indústrias de energia convencional (MANCA, 2008, p. 26).

Deve-se destacar que os interesses comerciais e indústrias criam grandes obstáculos à difusão de medidas mais eficientes, evidenciando a necessidade de implementações de políticas públicas que embasem a disseminação de tecnologias alternativas de energias, medidas de eficiência energética e emissões de CO<sub>2</sub>.

### 3.4.6.6 Barreiras Institucionais

Para que um processo como o PIR tenha sucesso torna-se necessária a participação de vários atores, de diferentes departamentos referentes devem contribuir conjuntamente no planejamento (MANCA, 2008; UDAETA, 2012). Apesar disso, D'Sa (2005) expõe que a falta de integração entre os departamentos governamentais impede a elaboração de um planejamento integrado coeso e eficiente. Manca (2008, p. 26) expõe que tal fato “[...] ocorre porque muitas vezes departamentos importantes para um PIR, como o ambiental e o de energia, trabalham de forma isolada”.

Manca (2008, p. 27) expõe que “a falta de instrumentos governamentais (legislação, marcos regulatórios, políticas de preços) aliada à falta de conexão entre os departamentos contribui ainda mais com a ausência de políticas de financiamento das tecnologias de maior eficácia energética”. De acordo com Reddy (2005) no Planejamento Integrado de Eletricidade, os tomadores de decisão do mercado de energia somente assumem responsabilidades no caso do gerenciamento pelo lado da oferta. Sobre este aspecto verifica-se a falta de integração entre as empresas estatais energéticas e as concessionárias de energia, fato que fortalece a ausência de estímulos, bem como o aumento de riscos para os investimentos.

Para que um PIR seja bem-sucedido é preciso que exista uma parceria entre os setores principais como de energia e meio ambiente (GELLER, 2003; MANCA, 2008). Conclui-se, portanto, que se torna fundamental para o sucesso de um plano o diálogo entre diversos setores, de modo que, a partir da difusão de conhecimentos e troca de experiência, haja uma redução nos erros durante a execução do PIR.

## **4 METODOLOGIA**

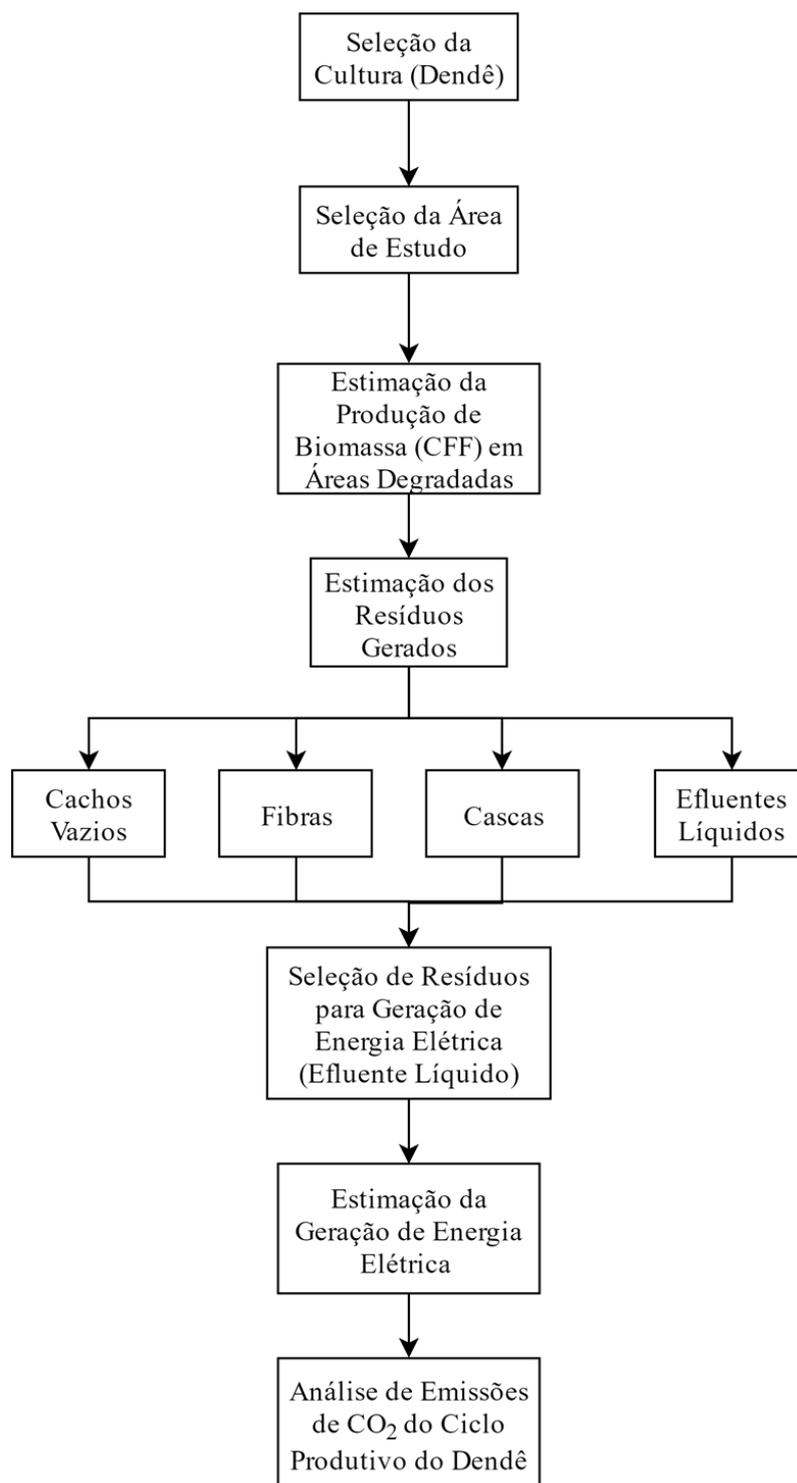
---

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

No que diz respeito a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, informa-se que esta consistiu basicamente no levantamento bibliográfico. As informações averiguadas sobre o carbono, o ciclo do carbono, o efeito estufa, o desenvolvimento sustentável, o Protocolo de Kyoto, a Agenda 21, são exemplos dos dados coletados. Outro ponto de destaque neste trabalho tange a caracterização do dendê/ palma de óleo, as características de cultivo, e colheita, extração de produtos e subprodutos do beneficiamento, os resíduos, os principais usos, bem como as emissões de CO<sub>2</sub> para esta cultura. O levantamento bibliográfico permitiu a aquisição de dados relevantes para a análise realizada neste trabalho.

A metodologia foi estruturada e é possível verifica-la inicialmente no fluxograma evidenciado na Figura 4.1-1.

Figura 4.1-1 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: Elaboração própria.

## **4.2 SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Primeiramente deve-se destacar que o intuito do trabalho consiste na utilização de áreas degradadas, propondo a inserção de um plantio, cujo objetivo seria recuperar a área propriamente dita, além de gerar energia elétrica por meio da biomassa residual da cultura escolhida, e o potencial de fixação de dióxido de carbono, por meio desta cultura. A escolha de áreas degradadas para a realização do estudo, se dá pela incoerência de propor o plantio de uma cultura em áreas vegetadas, seja por florestas, em qualquer nível de sucessão ecológica (floresta primárias ou secundárias), bem como em áreas, nas quais, já ocorrem plantios de outras culturas. Desta forma decidiu-se utilizar como área de estudo, as áreas degradadas no estado do Pará, delimitadas por Ramalho Filho (2010).

As áreas degradadas no estado do Pará, foram classificadas por Ramalho Filho (2010), de acordo com o nível de manejo (B e C), e de acordo com as classes (Preferencial, Regular, Marginal e Inapta). De acordo com estas classificações, selecionaram-se as áreas cujas classes atribuídas foram: preferencial e regular; para ambos os níveis de manejo. A estas áreas ainda há a possibilidade de restrições inerentes ao Código Florestal, desta forma aplicou-se uma redução de 50 e 60%, considerando tal aplicação.

Portanto, as áreas degradadas analisadas neste estudo são 100%, 60% e 50% das áreas com nível de manejo B e C de classes Preferencial e Regular.

## **4.3 SELEÇÃO DA CULTURA**

A cultura selecionada para implantação nas áreas degradadas do estado do Pará, foi o dendê. Esta cultura foi selecionada por diversos motivos, dentre eles o crescimento da produção nos últimos anos no estado, bem como a adaptação da oleaginosa às condições edafoclimáticas da região. Outro ponto crucial para a escolha do dendê como, foi a existência do estudo elaborado pela EMBRAPA Solos, em 2010, intitulado, Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia, no qual é proposto o cultivo do dendê em áreas degradadas na Amazônia Legal.

## **4.4 ESTIMAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CACHOS DE FRUTOS FRESCOS DE DENDÊ EM ÁREAS DEGRADADAS**

Para estimar o potencial de cultivo do dendê, na área de estudo levantou-se uma série de dados, de modo que caracterizassem o plantio desta oleaginosa. Dentre as informações constatadas, destaca-se a área plantada com dendê no Brasil, o número de

indivíduos por hectare, a produtividade máxima de cachos de fruto fresco (CFF) produzidas por hectare de dendê em um ano (Tabela 4.4-1).

**Tabela 4.4-1 - Características do Cultivo de Dendê.**

VARIÁVEIS/DADOS	REFERÊNCIA	VALOR	UNIDADE
Número de Indivíduos por hectare	FAO (1990) Ramalho Filho (2010)	143	Indivíduos/ hectare
Produtividade Máxima de Cachos de Fruto Fresco por hectare ao ano	SUFRAMA (2003)	25	Toneladas de CFF/hectare/ano
Ciclo Produtivo do Dendê	Ramalho Filho (2010)	25	Anos
Anos Produtivos	Ramalho Filho (2010)	22*	Anos

\* Um ciclo produtivo do dendê dura 25 anos, entretanto os cálculos foram realizados considerando 22 anos produtivos, visto que a primeira colheita ocorre no terceiro anos após o plantio.

Fonte: FAO (1990); SUFRAMA (2003); Ramalho Filho (2010).

A partir destes dados, bem como os valores das áreas degradadas (100%, 60% e 50%) de ambos níveis de manejo (B e C), e classes Preferencial e Regular, estimou-se a produção de Cachos de Frutos Frescos.

#### 4.5 ESTIMAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS

A geração de resíduos está intimamente conectada a produção de CFF, deve-se destacar que o processamento dos CFF, gera quatro tipos de resíduos, são eles: cachos vazios, fibras, cascas e efluente líquido. A estimativa da quantidade gerada de cada resíduo, foi realizada a partir dos dados evidenciados na Tabela 4.5-1, visto que a massa de resíduos é proporcional a cada tonelada de Cachos de Frutos Frescos introduzida para o processamento.

**Tabela 4.5-1 – Geração de Resíduos do Cultivo de Dendê.**

VARIÁVEIS/DADOS	VALOR	UNIDADE
Quantidade de Cachos Vazios por tonelada de CFF processada	220	kg/tonelada de CFF
Quantidade de Fibras por tonelada de CFF processada	120	kg/tonelada de CFF
Quantidade de Cascas por tonelada de CFF processada	50	kg/tonelada de CFF
Quantidade de Efluente por tonelada de CFF processada	650	kg/tonelada de CFF

Fonte: Kaltner et al. (2004).

#### 4.6 SELEÇÃO DO RESÍDUO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A seleção do resíduo que se trabalhará perpassou pela análise do uso individual de cada resíduo, bem como a quantidade gerada de cada resíduo. No que tange a quantidade dos cachos vazios, fibras e cascas, são respectivamente 220 kg, 120, e 50 kg, por tonelada

de CFF processado. Estes resíduos demonstram elevado potencial energético, e sua principal utilização é como substituto do carvão nas caldeiras para geração de vapor.

O efluente líquido, por sua vez, é produzido em 650 kg por tonelada de cachos de fruto fresco processados. Este resíduo pode ser utilizado como adubo orgânico, pulverizado por meio de fertirrigação, entretanto a prática mais comum nos plantios brasileiros é o tratamento do efluente e posterior despejo em corpos hídricos.

Tendo em vista o exposto sobre a utilização dos resíduos, optou-se por utilizar o efluente líquido para a geração de energia elétrica, primeiramente pela quantidade gerada durante o processamento, e em segundo por não ser reinserido no processo, como ocorre com os demais resíduos.

#### **4.7 ESTIMATÇÃO GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Durante o processo produtivo de beneficiamento do dendê, no qual se extrai o óleo de palma bruto, resíduos são gerados, os quais, no Brasil, são inseridos novamente no processo produtivo, substituindo o carvão nas caldeiras. Contudo, parte destes, podem ser reaproveitados de outras maneiras, visando, no caso deste trabalho, a geração de energia elétrica. O resíduo selecionado para a estimação de geração de energia elétrica foi o efluente líquido.

Para tanto, levantaram-se diversos dados da concessionária de energia da Malásia, país que ocupa a segunda posição no ranking de produtores de óleo de palma (dendê), e de área cultivada, perdendo apenas para a Indonésia. A Sarawak Energy, informa que a utilização dos resíduos advindos do processo de extração do óleo do dendê, pode ser utilizado para a geração de energia elétrica.

Destacam-se, na Tabela 4.7-1, dados acerca da energia gerada a partir da digestão anaeróbia dos efluentes líquidos pertencentes ao processo de esterilização dos CFF, e da clarificação do óleo de palma, gerando o biogás.

**Tabela 4.7-1 – Potencial de geração de energia elétrica a partir do efluente do processo de beneficiamento de dendê.**

VARIÁVEIS/DADOS	VALOR	UNIDADE
Volume de Efluente por tonelada de CFF	0,65	m <sup>3</sup> de Efluente /ton. CFF
Volume de Biogás por volume de Efluente	25	m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> de Efluente
Volume de CH <sub>4</sub> no biogás	0,625	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / m <sup>3</sup> biogás
Energia Gerada por m <sup>3</sup> de CH <sub>4</sub>	10	kWh/ m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Eficiência de conversão de turbina a gás	38	%

Fonte: Sarawak Energy <sup>10</sup>(2016).

A estimativa da energia elétrica a ser gerada utilizando o efluente líquido, considerou que para cada tonelada de CFF, 0,65 m<sup>3</sup> de efluente foram gerados, dos quais para cada m<sup>3</sup> de efluente, é possível obter 25 m<sup>3</sup> de biogás. Tendo que para cada m<sup>3</sup> de biogás derivado de efluente líquido, obtém-se 0,625 m<sup>3</sup> de metano, e cada m<sup>3</sup> de metano pode gerar 10 kWh. De posse destes dados, em conjunto com a quantidade de cachos de frutos frescos potencialmente produzidas nas áreas degradadas no estado do Pará, estimou-se a energia elétrica gerada a partir do efluente líquido derivado do processo de beneficiamento do dendê.

#### **4.8 ANÁLISE DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DO CICLO PRODUTIVO DO DENDÊ**

No que diz respeito ao potencial de emissões da referida cultura, um levantamento bibliográfico buscou dados referentes as emissões de CO<sub>2</sub>, bem como alusivos à fixação deste composto na plantação de dendê. Na Tabela 4.8-1, evidenciam-se valores constatados pelos respectivos autores, sobre a quantidade de dióxido de carbono fixada em um ciclo de plantio (25 anos) por hectare.

Ainda analisando a Tabela 4.8-1, destacam-se os dados de emissão de CO<sub>2</sub> em um plantio de dendê, sobre estes dados, Cassol et al. (2016) corrobora com Rodrigues et al. (2014), informando que o balanço entre as emissões e reduções é levemente positivo, tendo em vista que a fixação de CO<sub>2</sub> “sequestrado” pelo crescimento das palmeiras propicia uma redução de emissões apenas 1,1 vezes maior do que a quantidade emitida no ciclo de 25 anos de cultivo. Desta forma Cassol et al. (2016) determina baseado em Rodrigues et al. (2014), que as emissões de CO<sub>2</sub> de uma plantação de dendê, são 90% do montante sequestrado.

<sup>10</sup> Concessionária de energia de Sarawak, maior estado da Malásia, país com a segunda maior produção de dendê do mundo (USDA, 2016).

Tabela 4.8-1 – Dados de Fixação e Emissões de CO<sub>2</sub>, em um plantio de dendê.

AUTORES	FIXAÇÃO DE CO <sub>2</sub> (Mg.CO <sub>2</sub> eq.ha <sup>-1</sup> ) *	EMIÇÃO DE CO <sub>2</sub> (Mg.CO <sub>2</sub> eq.ha <sup>-1</sup> ) ****
Cassol et al. (2016)	151,85	136,67
Silva, Stella, Varkulya (2003)	203,34**	183,01
Germer, Sauerborn (2008)	129,3 ± 40,3***	116,37
Syahrinudin (2005)	230	207
<b>Média</b>	<b>178,62</b>	<b>160,76</b>

\* Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> equivale a t.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>. \*\* Maior percentual de raízes considerado no cálculo. \*\*\* Consideraram a vegetação de sub-bosque no cálculo. \*\*\*\* Considerou-se que as emissões correspondem 90% da fixação.

Fonte: Silva, Stella, Varkulya (2003); Syahrinudin (2005); Germer, Sauerborn (2008); Rodrigues et al (2014); Cassol et al. (2016).

Tendo em vista uma análise mais coesa, utilizar-se-á o valor médio definido tanto para a fixação, quanto para a emissão de dióxido de carbono, em plantio de dendê respectivamente, 178,62 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> e 160,76 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>.

Outro ponto a ser analisado gira em torno das emissões referentes ao efluente durante seu processo de tratamento, isto é, ao ser disposto nas lagoas de estabilização, neste momento o efluente pode emitir de 2,5 a 4,0 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> por ano (NIKANDER, 2008; RSPO, 2009).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA CULTURA

Tal tarefa culminou no encontro do estudo realizado por Ramalho Filho (2010), pela EMBRAPA, no qual gerou o Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palmeira Óleo na Amazônia. Tal trabalho destaca-se por detectar o zoneamento agroecológico das áreas desmatadas da Amazônia Legal, levando em consideração os requerimentos agronômicos básicos para o cultivo da palma de óleo (dendezeiro). O estudo ainda delineou mapas, evidenciando as áreas degradadas que possuem potencial/ aptidão para o cultivo da cultura supramencionada, além de excluir as áreas de mata nativa, reserva legal, ou simplesmente inaptas para o referido cultivo.

Os mapas elaborados por Ramalho Filho (2010), são evidenciados na Figura 5.1-1 e na Figura 5.1-2. Os mapas diferem devido a seguinte questão, cada um exibe áreas com um nível de manejo específico: a Figura 5.1-1 nível de manejo B, e Figura 5.1-2 nível de manejo C. Ramalho Filho e Beek (1995) explicitam as características para cada nível de manejo na Tabela 5.1-1.

**Tabela 5.1-1 - Características dos níveis de manejo.**

NÍVEL DE MANEJO	DESCRIÇÃO
B	Emprega práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio, havendo modesta aplicação de capital e de tecnologias para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas, principalmente, à tração animal. A moto-mecanização, portanto, é mais intensa no preparo inicial do solo e em alguns tipos de tratamentos culturais compatíveis com implementos agrícolas mais simples.
C	Emprega práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico, caracterizando-se pela aplicação intensiva de capital e de tecnologias para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. A moto-mecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Fonte: Ramalho Filho e Beek (1995).

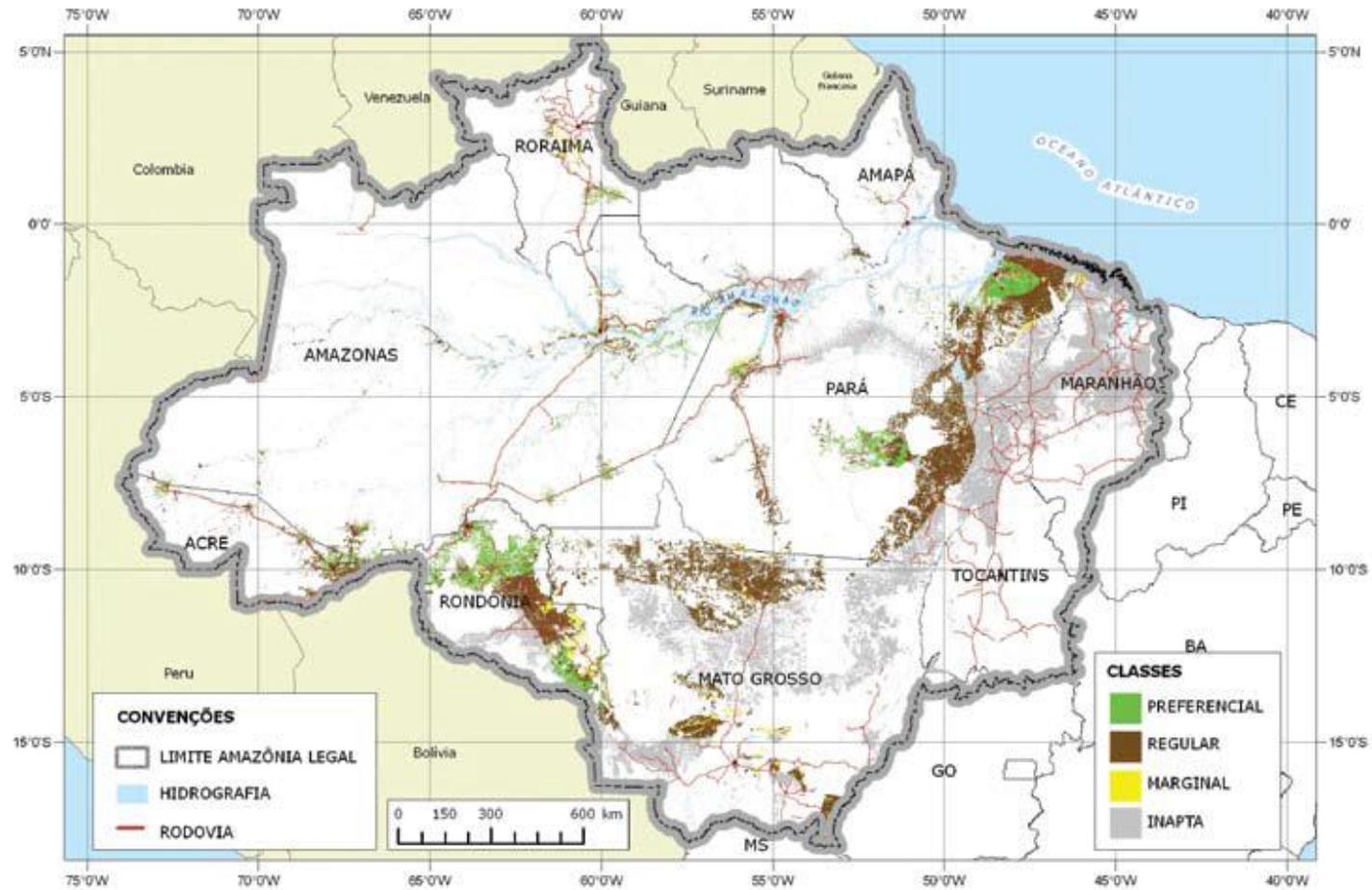
Além do nível de manejo as áreas foram caracterizadas de acordo com Zoneamentos Agroecológicos, classificando-as de acordo com o potencial para a implantação de dendê. As classes caracterizadas foram: Preferencial (P); Regular (R); Marginal (M); Inapta (IN); cujas descrições encontram-se evidenciadas na Tabela 5.1-2.

Tabela 5.1-2 - Características das Classes dos Zoneamentos Agroecológicos.

CLASSE	POTENCIAL PARA A IMPLANTAÇÃO DE DENDÊ	DESCRIÇÃO
<b>Preferencial (P)</b>	<b>Alto</b>	Terras sem limitações significativas para a produção sustentada do dendezeiro. O clima apresenta déficit hídrico menor que 200mm e até três meses secos consecutivos (<50mm). Esse mínimo de restrições não reduz, expressivamente, a produtividade ou os benefícios e não aumenta a necessidade de insumos e práticas mitigadores acima de um nível aceitável.
<b>Regular (R)</b>	<b>Médio a Alto</b>	Terras com limitações moderadas para a produção sustentada do dendezeiro. O clima apresenta déficit hídrico entre 200mm e 350mm, com até três meses secos consecutivos (<50mm). As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios ou elevam a necessidade de insumos e práticas mitigadores para aumenta o rendimento da cultura.
<b>Marginal (M)</b>	<b>Baixo</b>	Terras com limitações fortes para a produção sustentada do dendezeiro. O clima apresenta déficit hídrico entre 350mm e 450mm, com até três meses secos (<50mm). Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios ou, então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.
<b>Inapta (IN)</b>	<b>Muito Baixo</b>	Terras com limitações muito fortes e clima desfavorável que as tornam inadequadas para a produção econômico do dendezeiro.

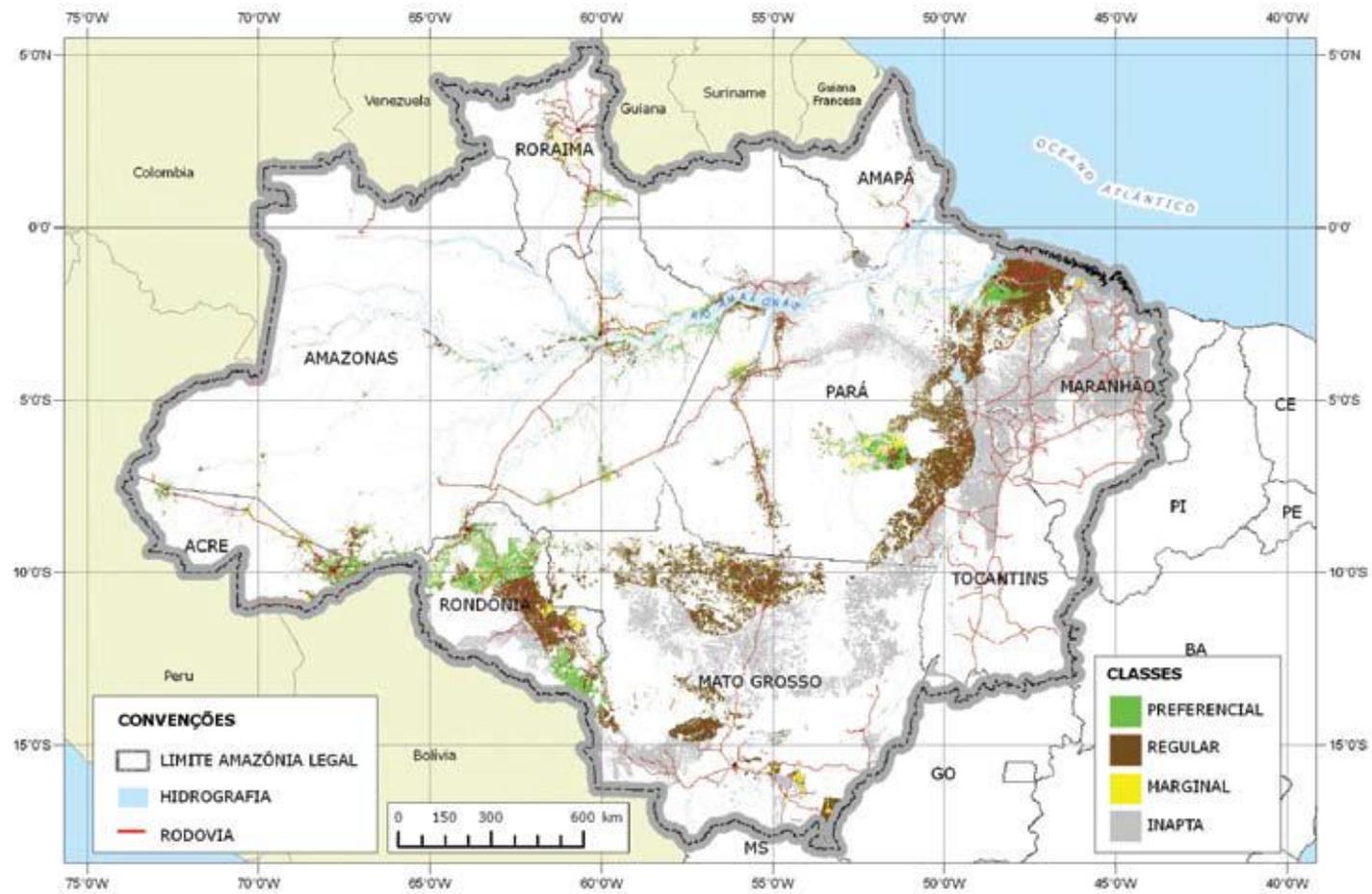
Fonte: Ramalho Filho (2010).

Figura 5.1-1 - Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal – Nível de Manejo B.



Fonte: Ramalho Filho (2010).

Figura 5.1-2 - Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal – Nível de Manejo C.



Fonte: Ramalho Filho (2010).

Posteriormente a delimitação da área de estudo, verificou-se o quantitativo de áreas degradadas levantadas por Ramalho Filho (2010), para o nível de manejo B e C, em todas as classes (Tabela 5.1-3). Como é perceptível o maior percentual de áreas encontra-se na classe “área excluída”, com 81,53% do total, tal fato ocorre devido à grande presença de Áreas de Proteção Ambiental (APA's), Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL), Terras Indígenas, entre outras unidades de conservação.

**Tabela 5.1-3 - Áreas das classes de zoneamento para produção de palma de óleo no estado do Pará.**

CLASSE	UNIDADES	ESTADO DO PARÁ	
		Nível de Manejo B	Nível de Manejo C
Preferencial (P)	Hectares (ha)	2.327.674	1.666.831
	km <sup>2</sup>	23.276,74	16.668,31
	%	1,87%	1,34%
Regular (R)	Hectares (ha)	10.448.374	10.608.430
	km <sup>2</sup>	104.483,74	106.084,30
	%	8,37%	8,50%
Marginal (M)	Hectares (ha)	345.718	810.902
	km <sup>2</sup>	3.457,18	8.109,02
	%	0,28%	0,65%
Inapta (IN)	Hectares (ha)	9.926.744	9.962.347
	km <sup>2</sup>	99.267,44	99.623,47
	%	7,96%	7,98%
Área Excluída*	km <sup>2</sup>	1.017.253,00	1.017.253,00
	%	81,53%	81,53%

\* Diversas unidades de conservação (APA, APP, RL, Terras Indígenas, entre outras).

Fonte: Ramalho Filho (2010).

No que diz respeito às áreas, cujo nível de manejo foi considerado “B”, 1,87%, isto é, 2.327.674 hectares (ou 23.276,74 km<sup>2</sup>) possuem alto potencial de implantação de dendê. Já as áreas cuja classe foi considerada regular, perfazem 8,37% do estado do Pará, ou seja, 10.448.374 ha (104.483,74 km<sup>2</sup>), a classe marginal, responde por apenas 0,28% (345.718 hectares, 3.457,18 km<sup>2</sup>). Por fim, as áreas consideradas inaptas para o plantio de dendê, com nível de manejo B, correspondem a 7,96% da área do estado do Pará, isto é, 9.926.744 hectares, ou 99.267,44 km<sup>2</sup>.

Já para as áreas com nível de manejo C, a classe preferencial, representa 1,34% da área de estudo (1.666.831 hectares ou 16.668,31 km<sup>2</sup>). Por sua vez a classe regular, cujo potencial varia de médio a alto, possui 8,50% das áreas degradadas do estado, o que simboliza 10.608.430 ha. Acerca das áreas classificadas como marginais para o plantio de dendê, 810.902 hectares

(8.109,02 km<sup>2</sup>) foram destacados, abarcando 0,65% do total, enquanto, 7,98% das áreas degradadas (9.962.347 ha ou 99.623,47 km<sup>2</sup>) são consideradas com potencial muito baixo para o cultivo desta oleaginosa.

Ramalho Filho (2010, p. 64) informa sobre a possibilidade destes valores de área reduzirem devido a “[...] aplicação do Código Florestal, para cerca de 50 a 60% por ocasião da implantação da palma de óleo, em decorrência de restrições de ordem ambiental ditadas pela legislação vigente”. Sendo assim, realizou-se a adequação dos valores de área para o estado do Pará, considerando 50% e 60%, todavia, como não é comprovada a necessidade de tal redução, trabalhar-se-ão com os valores da área total destacada, a área com redução em 50% e com redução em 60% (Tabela 5.1-4).

Outro ponto que deve ser levado em consideração, gira em torno, do aproveitamento das áreas degradadas. As áreas classificadas como preferenciais e regulares, serão as utilizadas para este estudo, visto que o cultivo em áreas cujo potencial de implantação de dendê é baixo ou muito baixo, tendem a onerar o produtor em maior grau, inviabilizando assim a produção. Por fim, estabelecem-se os valores evidenciados na Tabela 5.1-4, como parte relevante deste trabalho.

**Tabela 5.1-4 - Áreas das classes de zoneamento para produção de palma de óleo no estado do Pará.**

	% DA ÁREA	PREFERENCIAL (P)		REGULAR (R)		TOTAL	
		Hectares	km <sup>2</sup>	Hectares	km <sup>2</sup>	Hectares	km <sup>2</sup>
Nível de Manejo B	100% da Área	2.327.674	23.276,74	10.448.374	104.483,74	12.776.048	127.760,48
	Redução em 50% da Área	1.163.837	11.638	5.224.187	52.242	6.388.024	63.880,24
	Redução em 60% da Área	931.070	9.311	4.179.350	41.793	5.110.419	51.104,19
Nível de Manejo C	100% da Área	1.666.831	16.668	10.608.430	106.084	12.275.261	122.752,61
	Redução em 50% da Área	833.416	8.334	5.304.215	53.042	6.137.631	61.376,31
	Redução em 60% da Área	666.732	6.667	4.243.372	42.434	4.910.104	49.101,04

Fonte: Adaptado de Ramalho Filho (2010).

## 5.2 POTENCIAL DE CULTIVO EM ÁREAS DEGRADADAS

### 5.2.1 NÚMERO DE INDIVÍDUOS

De posse dos dados das áreas degradadas identificadas no estado do Pará, bem como os valores destas áreas reduzidas em 50 e 60%, devido aplicação do Código Florestal (CF), iniciou-se a análise a partir do número potencial de indivíduos que podem ser cultivados nas áreas

consideradas. Deve-se destacar que para efeito de cálculo, os dados foram separados considerando o nível de manejo e a classe (preferencial ou regular).

Na Tabela 5.2-1, são evidenciados os quantitativos de indivíduos comportados por cada área, desta forma tem-se que a área cujo nível de manejo foi considerado B, caso não seja necessário, redução devido aplicação do Código Florestal, tem potencial para o cultivo de 1.826.974.864 indivíduos. Já caso ocorra redução em 50% da área o total de indivíduos comportados é 913.487.432, enquanto a redução em 60% do total, permitirá o plantio de aproximadamente 730.790.060 indivíduos.

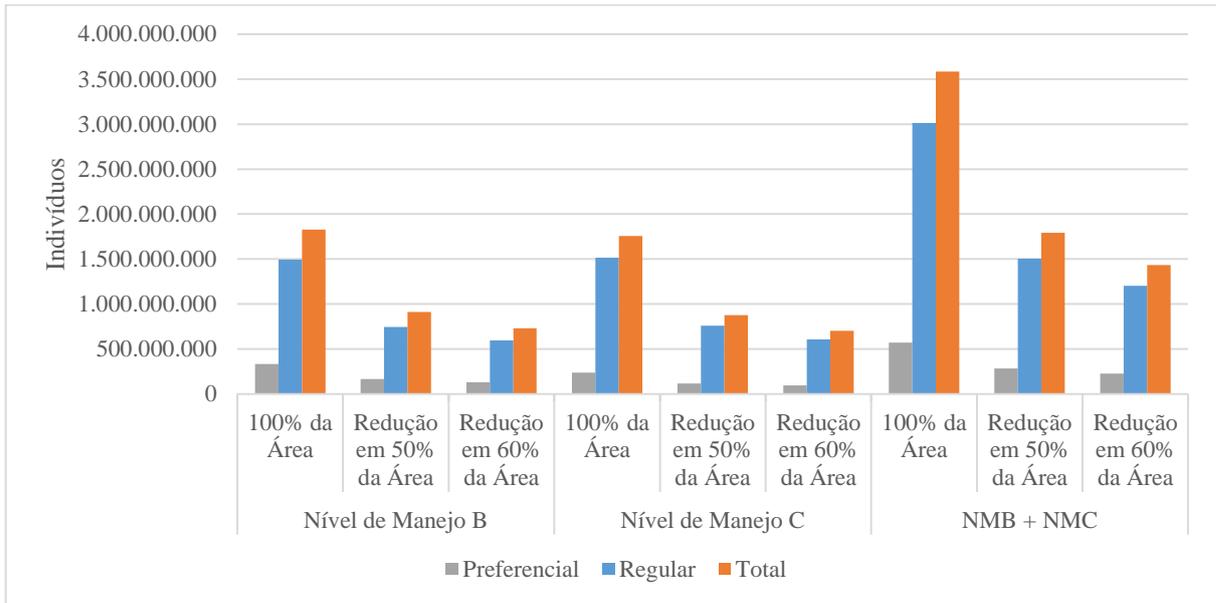
**Tabela 5.2-1 – Número de Indivíduos por Classe e Nível de Manejo.**

CLASSE	% DA ÁREA	NÚMERO DE INDIVÍDUOS		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	332.857.382	1.494.117.482	1.826.974.864
	Redução em 50% da Área	166.428.691	747.058.741	913.487.432
	Redução em 60% da Área	133.143.010	597.647.050	730.790.060
Nível de Manejo C	100% da Área	238.356.833	1.517.005.490	1.755.362.323
	Redução em 50% da Área	119.178.488	758.502.745	877.681.233
	Redução em 60% da Área	95.342.676	606.802.196	702.144.872
NMB + NMC	100% da Área	571.214.215	3.011.122.972	3.582.337.187
	Redução em 50% da Área	285.607.179	1.505.561.486	1.791.168.665
	Redução em 60% da Área	228.485.686	1.204.449.246	1.432.934.932

Fonte: Elaboração própria.

Um ponto importante de se destacar é que ao analisar as classes, há maior área e conseqüentemente, um maior número de indivíduos nas áreas de classe regular (Figura 5.2-1). Este fato ocorre, pois quanto maior a qualidade da área, menor a disponibilidade da mesma para o uso.

**Figura 5.2-1 – Número de Indivíduos por Classe e Nível de Manejo.**

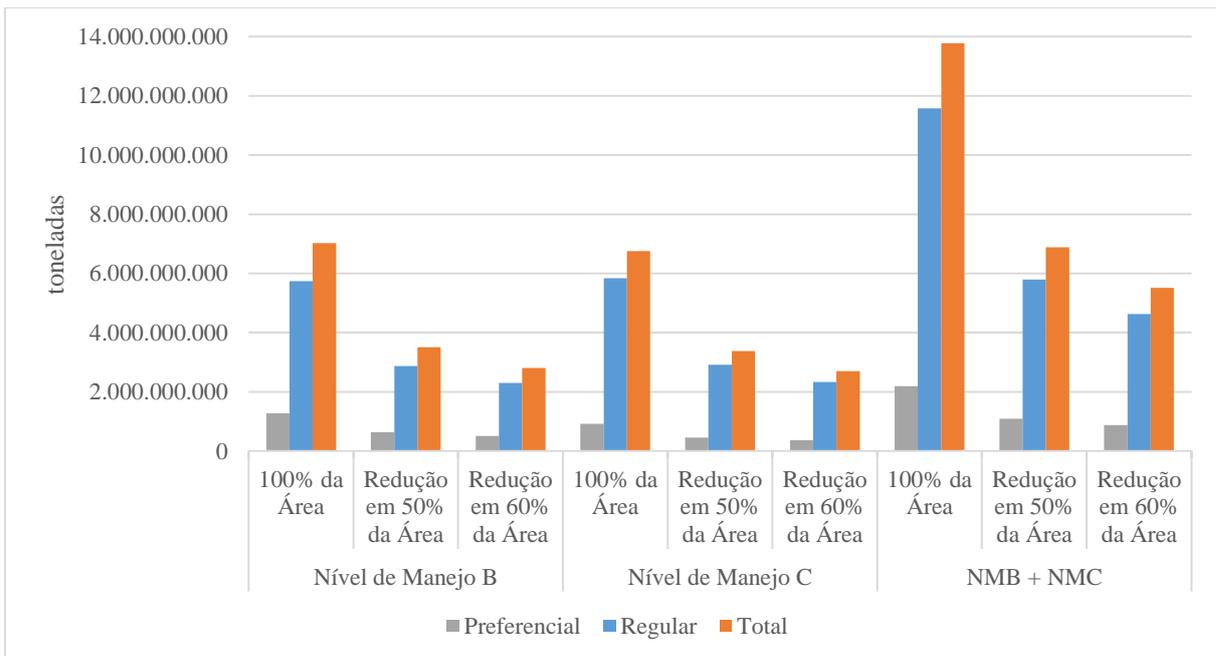


Fonte: Elaboração própria.

**5.2.2 PRODUÇÃO DE CACHOS DE FRUTO FRESCO**

De posse dos dados de área, foi possível conjecturar também, a quantidade de cachos de fruto fresco, que seriam produzidos, caso nas áreas degradadas consideradas houvesse o cultivo de dendê. Verifica-se que novamente as áreas com manejo nível B, e classe regular apresentam maiores quantidades (Figura 5.2-2). Os dados referentes ao quantitativo produzível de CFF, é destacado na Tabela 5.2-2.

**Figura 5.2-2 – Produção potencial de Cachos de Fruta Fresco.**



Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito a quantidade de CFF potencialmente produzíveis nas áreas degradadas do estado do Pará, destacadas neste estudo, verifica-se que as áreas cujo nível de manejo é B, produziriam 7.026.826.400 toneladas de CFF ao fim de um ciclo produtivo (25 anos), tal valor sem reduções na área. Acatando eventuais reduções previstas no CF, reduzindo em 50% ou em 60%, o potencial produtivo de CFF é de respectivamente 3.513.413.200, e 2.810.731.000 toneladas.

Para as áreas identificadas com nível de manejo C, a produção de cachos de fruto fresco é menor, totalizando 6.751.393.550 toneladas em um ciclo, sem alterações do CF, com reduções da área em 50%, a produção potencial seria de 3.375.697.050 toneladas, e caso a redução prevista atingisse os 60%, o total de CFF produzíveis seria de 2.700.557.200 toneladas.

**Tabela 5.2-2 – Produção potencial de Cachos de Fruto Fresco.**

CLASSE	% DA ÁREA	CACHOS DE FRUTO FRESCO (TONELADAS)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	1.280.220.700	5.746.605.700	7.026.826.400
	Redução em 50% da Área	640.110.350	2.873.302.850	3.513.413.200
	Redução em 60% da Área	512.088.500	2.298.642.500	2.810.731.000
Nível de Manejo C	100% da Área	916.757.050	5.834.636.500	6.751.393.550
	Redução em 50% da Área	458.378.800	2.917.318.250	3.375.697.050
	Redução em 60% da Área	366.702.600	2.333.854.600	2.700.557.200
NMB + NMC	100% da Área	2.196.977.750	11.581.242.200	13.778.219.950
	Redução em 50% da Área	1.098.489.150	5.790.621.100	6.889.110.250
	Redução em 60% da Área	878.791.100	4.632.497.100	5.511.288.200

Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.3 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DERIVADOS DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO ÓLEO DE PALMA

Tendo em vista a produção de cachos de fruta frescos, bem como o conhecimento acerca da geração de resíduos oriundos do processo de extração do óleo de palma bruto, quantificou-se os resíduos produzidos a partir do quantitativo de área definido e da produção potencial de CFF. Tais dados serão apresentados de acordo com o tipo de resíduos gerado.

#### 5.2.3.1 Cachos Vazios

Os cachos vazios são o primeiro resíduo gerado durante a etapa de extração do óleo de palma bruto. Basicamente há o despulpamento do dendê para que ocorra a esterilização na sequência, deixando os cachos vazios. Concernente a quantidade de cachos vazios produzidos, verificou-se que para cada tonelada de CFF, são computados 220 kg de cachos vazios (KALTNER et al. 2004), portanto, foi possível prever a quantidade gerada deste resíduo em

caso de aproveitamento das áreas degradadas do estado do Pará, consideradas neste estudo, para o plantio de dendê (Tabela 5.2-3 e Figura 5.2-3).

Verifica-se que as áreas com nível de manejo B, promoveriam uma maior quantidade de cachos vazios. Ao considerar 100% das áreas degradadas identificadas com a classe preferencial e regular por Ramalho Filho (2010), 1.545.901.808 toneladas de cachos vazios seriam produzidos. Ao considerar uma redução de 50% da área estudada, a quantidade deste resíduo passaria para 772.950.904 toneladas, e em caso de redução de 60% da área a massa de resíduo de cachos vazios gerada seria de 618.360.820 toneladas.

**Tabela 5.2-3 – Resíduos (Cachos Vazios) potencialmente gerados.**

CLASSE	% DA ÁREA	CACHOS VAZIOS (TONELADAS)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	281.648.554	1.264.253.254	1.545.901.808
	Redução em 50% da Área	140.824.277	632.126.627	772.950.904
	Redução em 60% da Área	112.659.470	505.701.350	618.360.820
Nível de Manejo C	100% da Área	201.686.551	1.283.620.030	1.485.306.581
	Redução em 50% da Área	100.843.336	641.810.015	742.653.351
	Redução em 60% da Área	80.674.572	513.448.012	594.122.584
NMB + NMC	100% da Área	483.335.105	2.547.873.284	3.031.208.389
	Redução em 50% da Área	241.667.613	1.273.936.642	1.515.604.255
	Redução em 60% da Área	193.334.042	1.019.149.362	1.212.483.404

Fonte: Elaboração própria.

Por sua vez as áreas cujo nível de manejo foi definido como C, apresentariam produção de 1.485.306.581 toneladas, ao se aproveitar a totalidade da área de estudo. Entretanto, a utilização do Código Florestal pode reduzir a massa de resíduos produzidas para 742.653.351 toneladas (redução de 50% da área) e 594.122.584 toneladas (redução de 60% da área).

Geralmente estes resíduos são enviados à caldeira para substituir o carvão utilizado na geração de vapor (KALTNER et al. 2004; RAMALHO FILHO, 2010), entretanto esta prática não é muito comum no estado do Pará, fato que ocasiona o descarte do resíduo inadequadamente sobre o solo. Este descarte inadequado tende a gerar chorume durante o processo de decomposição da matéria orgânica, infiltrando no solo, contaminando-o, e podendo acarretar danos aos lençóis freáticos, além da proliferação de vetores.

Existem outras possibilidades de utilização dos cachos vazios do dendê, como mais simples, cita-se a utilização do mesmo para adubação do solo, ou aproveitamento do mesmo

para geração de energia elétrica necessária para o processo de extração do óleo palma bruto, inserindo na caldeira, como ocorre com as fibras e com as cascas (KALTNER et al. 2004).

### 5.2.3.2 Fibras

Acerca da geração de fibras em um plantio de dendê, destaca-se que Kaltner et al. (2004), informam que para cada tonelada de cachos de fruto fresco, ocorre o descarte de 120 kg de fibra do mesocarpo. Este material é obtido posteriormente a prensagem dos frutos, neste momento ainda há fibras e nozes, os quais são separados, e as nozes seguem parte do processo produtivo para geração do óleo de palmiste. Tendo em vista a produção de CFF, foi possível conjecturar a quantidade de fibras produzidas nas áreas degradadas selecionadas, conforme observa-se na Tabela 5.2-4. A Figura 5.2-3, permite melhor visualização sobre a produção referente ao tipo de manejo e a classificação da área.

A massa de fibras produzida para a área de estudo destacada, será abordada de acordo com o nível de manejo da cultura. Sendo assim as áreas cujo trato cultural necessário é o nível B, apresenta 843.219.168 toneladas de fibras, para 100% da área sendo utilizada, dos quais 153.626.484 toneladas pertenceriam classe preferencial e 689.592.684 toneladas a classe regular. Em caso de redução da área em 50%, a área de classe preferencial geraria 76.813.242 toneladas de fibras, já a área de classe regular 344.796.342 toneladas, totalizando 421.609.584 toneladas de fibras. Alusivo à redução da área em 60% a massa de fibras do mesocarpo diminuiria para 61.450.620 toneladas (classe preferencial), 275.837.100 toneladas (classe regular), perfazendo um total de 337.287.720 toneladas.

**Tabela 5.2-4 – Resíduos (Fibras) potencialmente gerados.**

CLASSE	% DA ÁREA	FIBRAS (TONELADAS)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	153.626.484	689.592.684	843.219.168
	Redução em 50% da Área	76.813.242	344.796.342	421.609.584
	Redução em 60% da Área	61.450.620	275.837.100	337.287.720
Nível de Manejo C	100% da Área	110.010.846	700.156.380	810.167.226
	Redução em 50% da Área	55.005.456	350.078.190	405.083.646
	Redução em 60% da Área	44.004.312	280.062.552	324.066.864
NMB + NMC	100% da Área	263.637.330	1.389.749.064	1.653.386.394
	Redução em 50% da Área	131.818.698	694.874.532	826.693.230
	Redução em 60% da Área	105.454.932	555.899.652	661.354.584

Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito às áreas com nível de manejo determinado como C, apresentariam produção de 843.219.168 toneladas, ao se aproveitar 100% da área de estudo. Entretanto, com

a utilização do Código Florestal, reduzindo a área em 50%, diminuiria o supracitado montante de fibras, para 405.083.646 toneladas. Enquanto a restrição de 60% da área de estudo destacada, acarretaria na produção de 324.066.864 toneladas fibras do mesocarpo do dendê.

As fibras do mesocarpo do dendê são comumente utilizadas, segundo Kaltner et al. (2004), como combustível na caldeira de geração de vapor, devido alto valor energético. Outra informação que estes autores nos passam, gira em torno da autossuficiência referente a geração de energia elétrica necessária para o processo de extração do óleo palma bruto, a qual “[...] pode ser produzida a partir de geração própria, utilizando as fibras e as cascas, subprodutos do processo industrial, como combustível da caldeira para produção de vapor” (KALTNER et al., 2004, p. 30). Destaca-se a necessidade de um grupo motor gerador reserva, exclusivo para o atendimento energético em períodos de baixo consumo, ou em eventuais paralisações de produção.

Destaca-se ainda que existem estudos sobre as fibras do mesocarpo do dendê cuja finalidade é a utilização da mesma na produção de nanomateriais, conforme pode ser analisado nos estudos de Nascimento et al. (2010) e Then et al. (2013).

### **5.2.3.3 Cascas**

As cascas das nozes, ou casca do palmiste, como é mais conhecida, surge após a separação das nozes e da fibra, e quando as nozes passam pelo quebrador de nozes, neste momento é separada a casaca do palmiste da amêndoa. Kaltner et al. (2004), informa que a proporção de cascas geradas é de 50 kg por tonelada de cachos de fruto fresco processados. Os valores referentes a quantidade potencial de cascas geradas é destacado na Tabela 5.2-5, e melhor visualizado na Figura 5.2-3.

As áreas com nível de manejo B, possuem maior expressividade na massa de cascas extraídas, do que as áreas com manejo nível C. Como verifica-se na Tabela 5.2-5, em caso de utilização total das áreas degradadas 351.341.320 toneladas de cascas de palmiste serão extraídas nas áreas com nível manejo B e 337.569.678 toneladas na nas áreas com nível manejo C. Todavia em caso de redução de 50% da área de estudo, devido aplicação do Código Florestal, 175.670.660 toneladas (Nível de Manejo B) e 168.784.853 toneladas (Nível de Manejo C) serão geradas. Ao passo que a diminuição da área em 60% ocasionará um montante menor de cascas, 140.536.550 toneladas e 135.027.860 toneladas, respectivamente os níveis de manejo B e C.

Tabela 5.2-5 – Resíduos (Casca) potencialmente gerados.

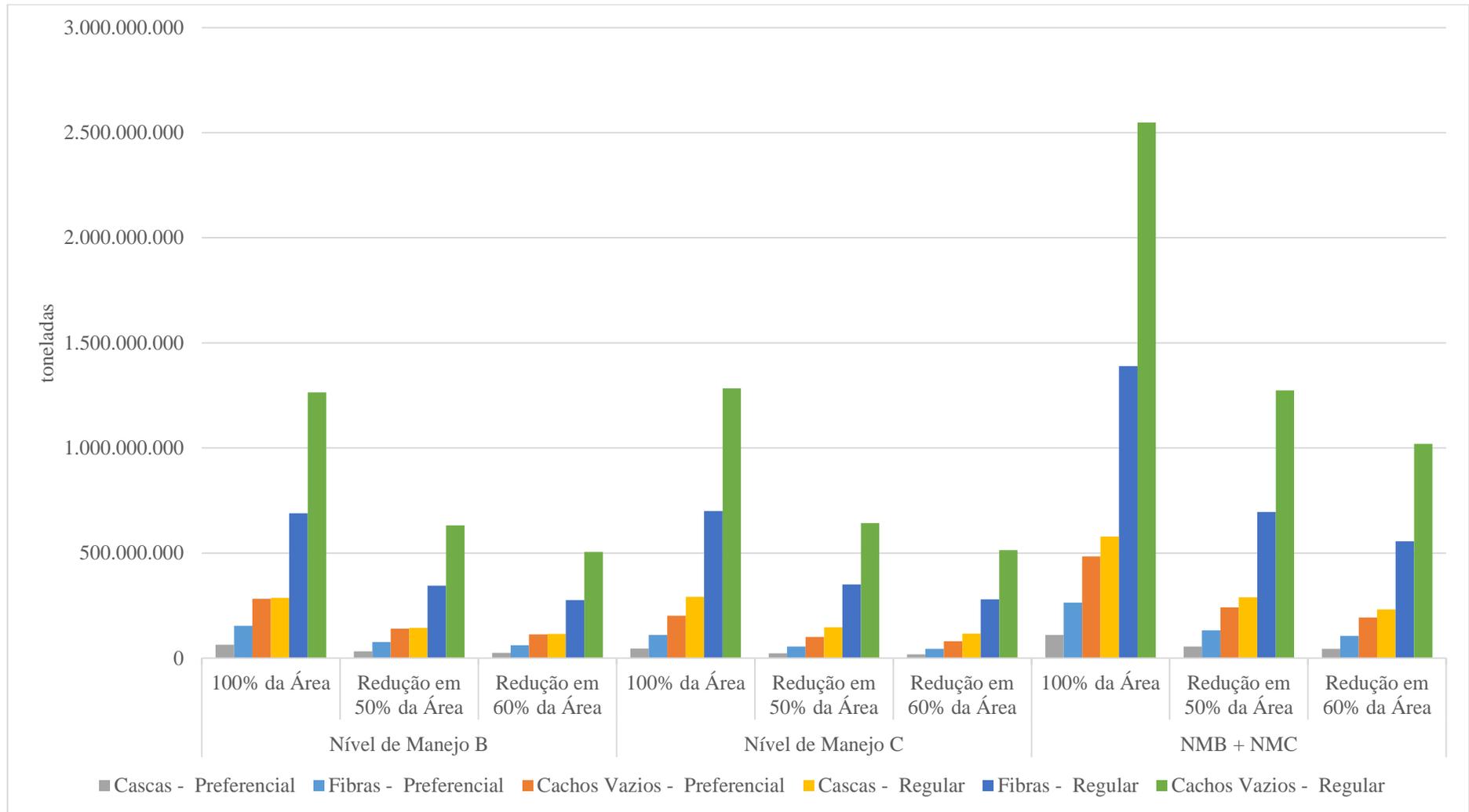
CLASSE	% DA ÁREA	CASCAS (TONELADAS)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	64.011.035	287.330.285	351.341.320
	Redução em 50% da Área	32.005.518	143.665.143	175.670.660
	Redução em 60% da Área	25.604.425	114.932.125	140.536.550
Nível de Manejo C	100% da Área	45.837.853	291.731.825	337.569.678
	Redução em 50% da Área	22.918.940	145.865.913	168.784.853
	Redução em 60% da Área	18.335.130	116.692.730	135.027.860
NMB + NMC	100% da Área	109.848.888	579.062.110	688.910.998
	Redução em 50% da Área	54.924.458	289.531.055	344.455.513
	Redução em 60% da Área	43.939.555	231.624.855	275.564.410

Fonte: Elaboração própria.

Evidencia-se por meio da Figura 5.2-3, que haveria maior produção de cascas nas áreas cujo potencial de produção de dendê é médio a alto, ou seja, as áreas de classe regular.

As cascas possuem alto valor energético e assim como as fibras são comumente usados como combustível na caldeira para geração de vapor, pode ainda ser usado como matéria-prima para produção de carvão ativado (KALTNER et al. 2004). Os resíduos da casca também podem ser utilizados como parte da adubação do solo.

**Figura 5.2-3 –Resíduos potencialmente gerados a partir do Processo de Beneficiamento do óleo de palma.**



Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.3.4 Efluente Líquido

Por fim o último resíduo gerado durante o processo de extração do óleo de palma bruto, é o efluente líquido, oriundo tanto do condensador esterilizador, responsável pela esterilização dos CFF, quanto do processo de clarificação do óleo. Kaltner et al. (2004) informam que para cada tonelada de cachos de fruto fresco introduzidos para processamento 650 kg de efluente líquido são gerados, ou 0,65 m<sup>3</sup>. A Tabela 5.2-6 e a Figura 5.2-4, exibe a massa de efluente líquido por nível de manejo e por classe.

No que diz respeito as áreas cujo nível de manejo foi considerado B, por Ramalho Filho (2010) tem-se que quando estas áreas totalmente utilizadas gerariam 4.567.437.160 m<sup>3</sup> de efluente líquido, dos quais 832.143.455 m<sup>3</sup> (classe preferencial) e 3.735.293.705 m<sup>3</sup> (classe regular). Entretanto caso haja necessidade de reduzir a área em 50%, devido Código Florestal, o montante de efluente produzido seria de 416.071.728 m<sup>3</sup> e 1.867.646.853 m<sup>3</sup>, respectivamente, para classe preferencial e regular, totalizando 2.283.718.580 m<sup>3</sup>. Uma redução em 60% viabilizaria 332.857.525 m<sup>3</sup> de efluente em área preferencial, 1.494.117.625 m<sup>3</sup> em área regular, em que cujo somatório forneceria 1.826.975.150 m<sup>3</sup> de efluente líquido, em área de manejo nível B.

**Tabela 5.2-6 – Resíduos (Efluente Líquido) potencialmente gerados.**

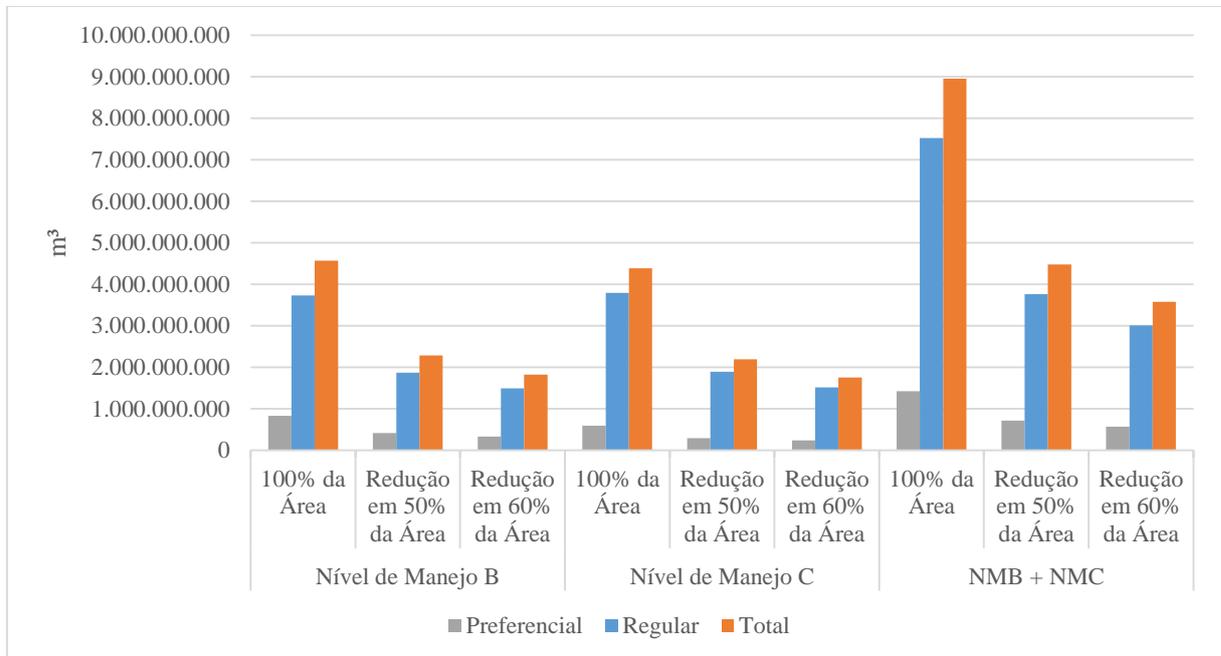
CLASSE	% DA ÁREA	EFLUENTES LÍQUIDOS (m <sup>3</sup> )		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	832.143.455	3.735.293.705	4.567.437.160
	Redução em 50% da Área	416.071.728	1.867.646.853	2.283.718.580
	Redução em 60% da Área	332.857.525	1.494.117.625	1.826.975.150
Nível de Manejo C	100% da Área	595.892.083	3.792.513.725	4.388.405.808
	Redução em 50% da Área	297.946.220	1.896.256.863	2.194.203.083
	Redução em 60% da Área	238.356.690	1.517.005.490	1.755.362.180
NMB + NMC	100% da Área	1.428.035.538	7.527.807.430	8.955.842.968
	Redução em 50% da Área	714.017.948	3.763.903.715	4.477.921.663
	Redução em 60% da Área	571.214.215	3.011.123.115	3.582.337.330

Fonte: Elaboração própria.

A geração potencial de efluentes líquidos nas plantas de extração de óleo de palma bruto, para as áreas degradadas com nível de manejo C, totalizariam 4.388.405.808 m<sup>3</sup> de efluente líquido, devido soma entre 595.892.083 m<sup>3</sup> das áreas preferenciais, e 3.792.513.725 m<sup>3</sup> das áreas regulares. Os valores mencionados não consideram perdas e/ou reduções das áreas estudadas, entretanto o montante de efluente líquido seria diminuto em caso de redução das áreas em 50 ou 60%. As áreas com redução de 50% produziram 2.194.203.083 m<sup>3</sup> de efluente

(297.946.220 m<sup>3</sup> áreas preferenciais e 1.896.256.863 m<sup>3</sup> áreas regulares), enquanto a redução das áreas em 60% geraria um total de 1.755.362.180 m<sup>3</sup> de efluente líquido (238.356.690 m<sup>3</sup> em áreas preferenciais e 1.517.005.490 em áreas regulares).

**Figura 5.2-4 – Produção potencial de Efluente Líquido.**



Fonte: Elaboração própria.

No que tange a utilização dos efluentes líquidos produzidos pela extração de óleo de palma bruto, verifica-se em muitos plantios o tratamento do mesmo, e posterior despejo em corpos hídricos. Tal fato pode influenciar negativamente a biota aquática, devido teor de nutrientes neste efluente, mesmo após tratado, favorecendo a proliferação de macrófitas, que por sua vez utilizam o oxigênio dissolvido presente na água, e a ausência deste elemento é preponderante para a manutenção da biota aquática.

Todavia existem práticas, que possibilitam a reinserção deste efluente no processo produtivo sem impactar o meio ambiente. Dentre estas práticas, Kaltner et al. (2004) salienta a utilização deste efluente como adubo orgânico, posteriormente a um tratamento adequado, enquanto Furlan Junior (2006) expõe a possibilidade de utilizar o efluente para fertirrigação.

### 5.3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os resultados obtidos para a geração de energia elétrica por meio dos resíduos, oriundos do processo de extração de óleo de palma bruto, foram baseados nos dados disponíveis da empresa concessionária de energia de Sarawak, Malásia. O resíduo considerado para a análise de geração de energia elétrica foi o efluente líquido.

Os cachos vazios, as fibras do mesocarpo e a casca do palmiste, foram desconsideradas nesta análise, pois sua utilização como substituto do carvão nas caldeiras (KALTNER et al. 2004), demonstram relevância, e por este fato não foram considerados para geração de energia elétrica. Doravante serão expostos os resultados da geração de energia elétrica por meio do efluente líquido.

### 5.3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS

No que diz respeito a geração de energia elétrica utilizando os efluentes líquidos, salienta-se a necessidade do efluente líquido, passar por um estágio de digestão anaeróbia, para poder gerar o biogás, e conseqüentemente a energia elétrica. De acordo com a concessionária Sarawak Energy (2016), para cada 01 m<sup>3</sup> de efluente é possível sintetizar 25 m<sup>3</sup> de biogás, cuja composição possui 62,50% de metano, destinados para conversão energética (10 kWh/ m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>) e 37,50% de dióxido de carbono, destinados a uma sequência de filtros para que não haja emissões de CO<sub>2</sub>.

A Tabela 5.3-1 evidencia o volume de biogás possível de ser gerado caso o plantio de dendê fosse realizado nas áreas degradadas preferenciais e regulares, com nível de manejo B e C no estado do Pará. Verifica-se, portanto, que nas áreas cujo nível de manejo B se aplica, 114.185.929.000 m<sup>3</sup> de biogás seriam sintetizados, sem alterações na área de plantio devido Código Florestal. Entretanto, ao considerar alterações na área inicialmente estudada, constata-se a redução para 57.092.964.500 m<sup>3</sup> de biogás (50% de redução da área de estudo), ou para, 45.674.378.750 m<sup>3</sup> de biogás (60% de redução da área estudada).

Por sua vez, em áreas de manejo nível C, a produção de biogás para a 100% das áreas degradadas plantadas seria de 109.710.145.188 m<sup>3</sup>. Vislumbrando as reduções das áreas degradadas devido o CF, caso houvesse restrição de 50% da área ainda seria possível extrair 54.855.077.063 m<sup>3</sup> de biogás, e com restrições de 60% nas áreas, o volume obtido seria de 43.884.054.500 m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.3-1 – Volume de Biogás produzido a partir do Efluente Líquido.**

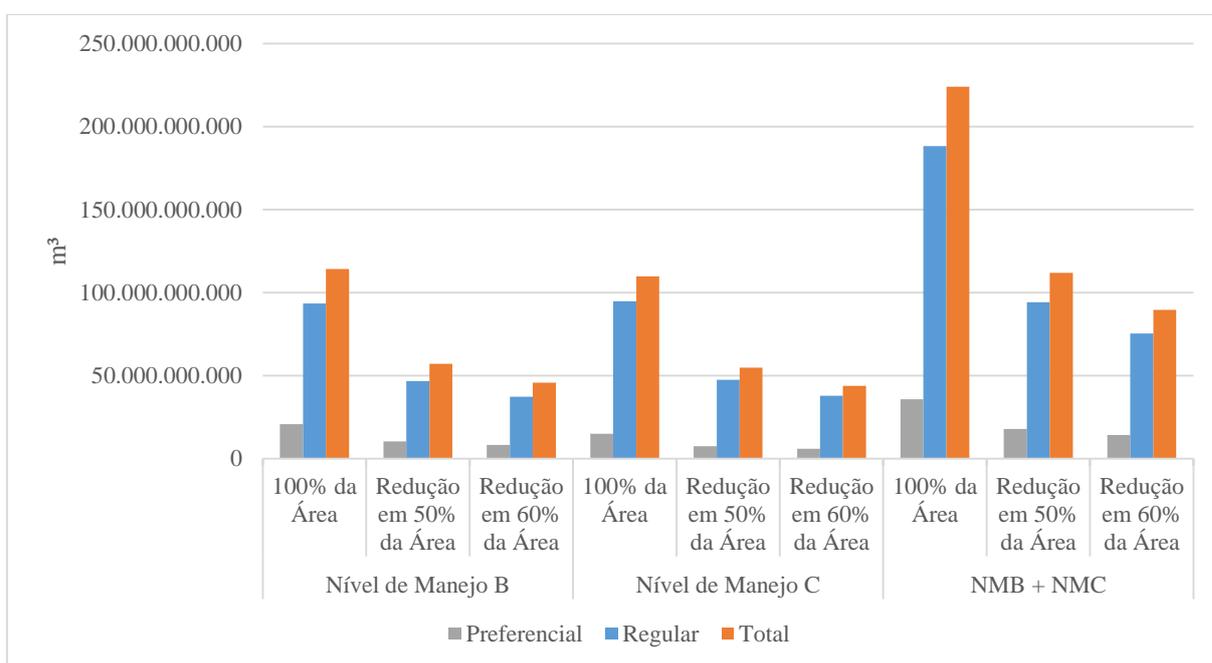
CLASSE	% DA ÁREA	VOLUME DE BIOGÁS (m <sup>3</sup> )		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	20.803.586.375	93.382.342.625	114.185.929.000
	Redução em 50% da Área	10.401.793.188	46.691.171.313	57.092.964.500
	Redução em 60% da Área	8.321.438.125	37.352.940.625	45.674.378.750
Nível de Manejo C	100% da Área	14.897.302.063	94.812.843.125	109.710.145.188
	Redução em 50% da Área	7.448.655.500	47.406.421.563	54.855.077.063

CLASSE	% DA ÁREA	VOLUME DE BIOGÁS (m <sup>3</sup> )		
		Preferencial	Regular	Total
	Redução em 60% da Área	5.958.917.250	37.925.137.250	43.884.054.500
NMB + NMC	100% da Área	35.700.888.438	188.195.185.750	223.896.074.188
	Redução em 50% da Área	17.850.448.688	94.097.592.875	111.948.041.563
	Redução em 60% da Área	14.280.355.375	75.278.077.875	89.558.433.250

Fonte: Elaboração própria.

Os dados referentes ao volume gerado de biogás são mais facilmente visualizados na Figura 5.3-1.

**Figura 5.3-1 – Volume de Biogás sintetizado a partir do Efluente Líquido.**



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados referentes a volumetria de biogás sintetizado, é possível calcular a quantidade de metano (CH<sub>4</sub>) presente e, por conseguinte mensurar o potencial de geração de energia elétrica deste gás derivado do efluente líquido. É sabido que 62,5% do biogás proveniente do efluente líquido do processamento do óleo de palma bruto, portanto, verificaram-se os valores apresentados na Tabela 5.3-2. Na Tabela 5.3-3, os dados são expostos de acordo com a classe da área (preferencial ou regular).

No que diz respeito ao volume de metano que compõem o biogás, nota-se que o volume gerado com 100% de áreas degradadas disponíveis para o cultivo de dendê, foi de 71.366.205.625 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> (nível de manejo B), e 68.568.840.742 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> (nível de manejo C). Em caso de redução de 50% das áreas o volume de metano diminui para 35.683.102.813 m<sup>3</sup> e 34.284.423.164 m<sup>3</sup>, respectivamente para áreas de manejo nível B e C. Enquanto para as áreas

após a redução de 60%, o volume de metano presente no biogás seria de 28.546.486.719 m<sup>3</sup> (nível B) e 27.427.534.063 m<sup>3</sup> (nível C).

**Tabela 5.3-2 – Volume dos gases Metano e Dióxido de Carbono no Biogás.**

CLASSE	% DA ÁREA	VOLUME (m <sup>3</sup> )	
		Metano	Dióxido de Carbono
Nível de Manejo B	100% da Área	71.366.205.625	42.819.723.375
	Redução em 50% da Área	35.683.102.813	21.409.861.688
	Redução em 60% da Área	28.546.486.719	17.127.892.031
Nível de Manejo C	100% da Área	68.568.840.742	41.141.304.445
	Redução em 50% da Área	34.284.423.164	20.570.653.898
	Redução em 60% da Área	27.427.534.063	16.456.520.438
NMB + NMC	100% da Área	139.935.046.367	83.961.027.820
	Redução em 50% da Área	69.967.525.977	41.980.515.586
	Redução em 60% da Área	55.974.020.781	33.584.412.469

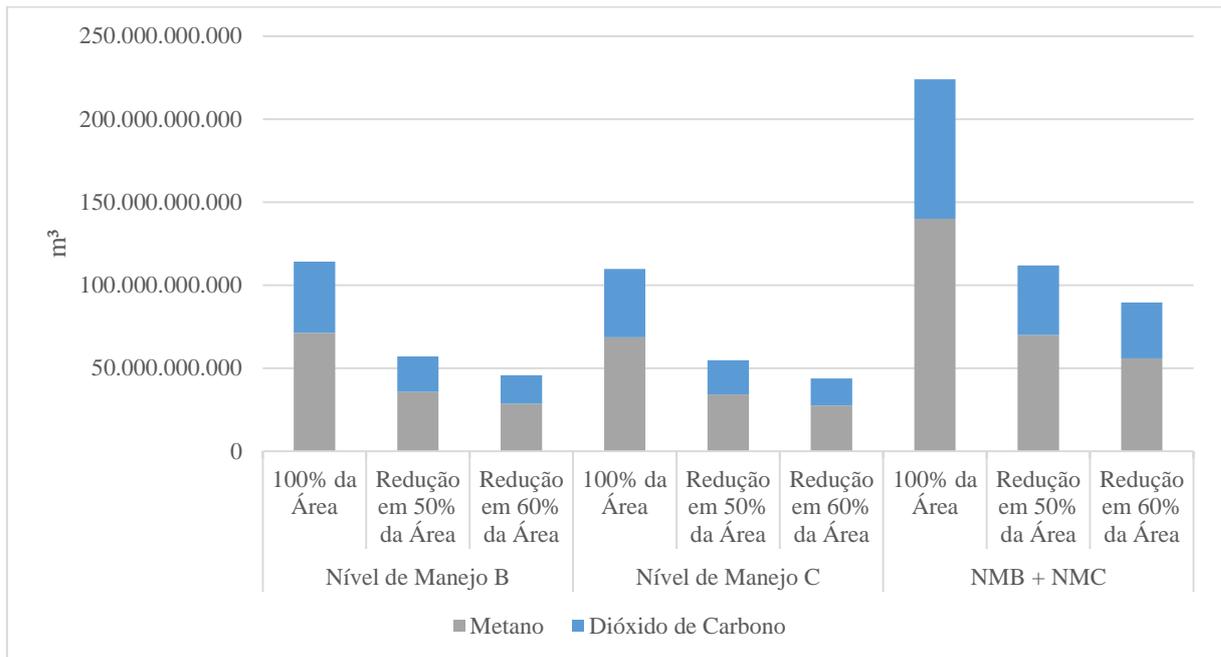
Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 5.3-3 – Volume de Metano no Biogás, de acordo com a classe.**

CLASSE	% DA ÁREA	VOLUME DE METANO NO BIOGÁS (m <sup>3</sup> )		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	13.002.241.484	58.363.964.141	71.366.205.625
	Redução em 50% da Área	6.501.120.742	29.181.982.070	35.683.102.813
	Redução em 60% da Área	5.200.898.828	23.345.587.891	28.546.486.719
Nível de Manejo C	100% da Área	9.310.813.789	59.258.026.953	68.568.840.742
	Redução em 50% da Área	4.655.409.688	29.629.013.477	34.284.423.164
	Redução em 60% da Área	3.724.323.281	23.703.210.781	27.427.534.063
NMB + NMC	100% da Área	22.313.055.273	117.621.991.094	139.935.046.367
	Redução em 50% da Área	11.156.530.430	58.810.995.547	69.967.525.977
	Redução em 60% da Área	8.925.222.109	47.048.798.672	55.974.020.781

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível verificar a Tabela 5.3-2 expõe os dados referentes ao volume de metano e dióxido de carbono, enquanto a Figura 5.3-2 explicita graficamente a composição do biogás gerado a partir dos efluentes líquidos.

**Figura 5.3-2 – Volume de gases (Metano e Dióxido de Carbono) no Biogás.**

Fonte: Elaboração própria.

A utilização dos efluente líquidos advindo do processo de beneficiamento de dendê, apontou um elevado potencial de geração de energia elétrica, via digestão anaeróbia. Considerou-se que o biogás sintetizado por meio deste processo, seria destinado a turbinas/motores a gás, com eficiência de conversão de 38% (SARAWAK ENERGY, 2016). Deste modo, em caso de uso das áreas degradadas classificadas como preferenciais e regulares, seriam gerados 531.753 GWh somando as áreas de nível de manejo B e C. Ressalta-se que este valor é a energia gerada ao longo de um ciclo produtivo do dendê, ou seja, em 25 anos.

Em caso de restrições de área considerando as necessidades estabelecidas pelo Código Florestal, com, por exemplo, uma redução de 50% da área determinada, seria gerado algo em torno dos 265.876,5 GWh em 25 anos. Ao passo que se a área fosse reduzida em 60% a energia produzida durante um ciclo produtivo do dendê seria de aproximadamente 212.701,28 GWh.

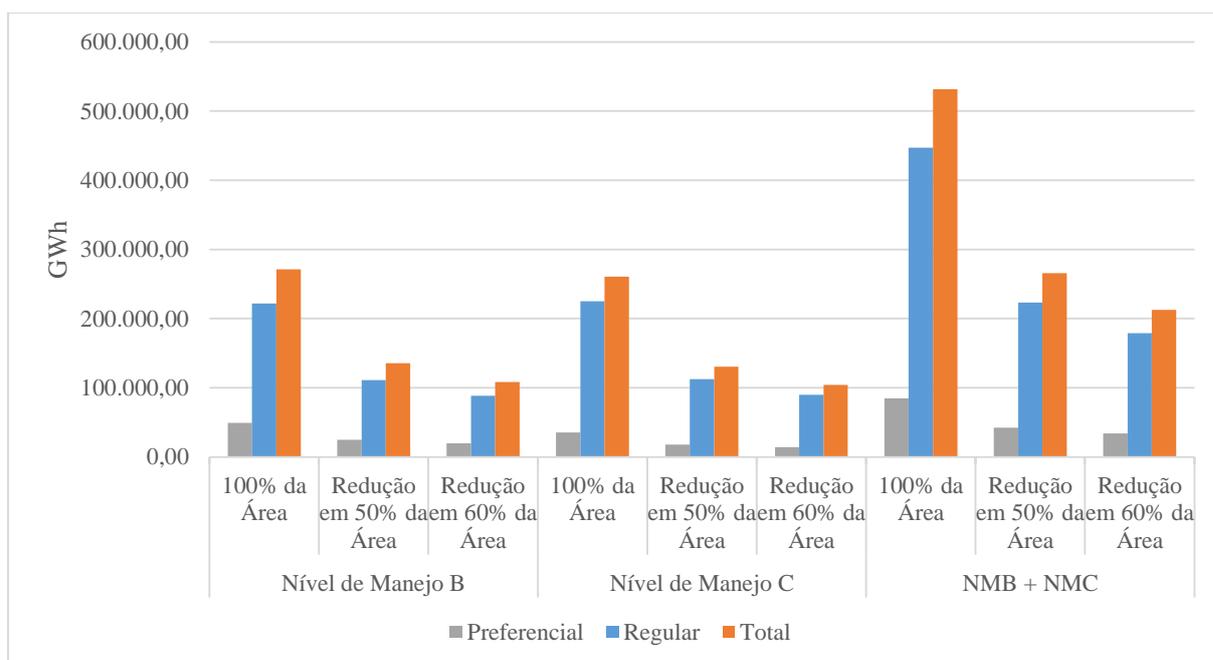
Tabela 5.3-4 – Energia Gerada a partir do Biogás, de acordo com a classe e nível de manejo.

CLASSE	% DA ÁREA	ENERGIA GERADA PELO BIOGÁS (GWh) COM 38% DE EFICIÊNCIA		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	49.408,52	221.783,06	271.191,58
	Redução em 50% da Área	24.704,26	110.891,53	135.595,79
	Redução em 60% da Área	19.763,42	88.713,23	108.476,65
Nível de Manejo C	100% da Área	35.381,09	225.180,50	260.561,59
	Redução em 50% da Área	17.690,56	112.590,25	130.280,81
	Redução em 60% da Área	14.152,43	90.072,20	104.224,63
NMB + NMC	100% da Área	84.789	446.963	531.753
	Redução em 50% da Área	42.394	223.481	265.876,50
	Redução em 60% da Área	33.915	178.785	212.701,28

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5.3-3 possibilita uma melhor visualização acerca dos dados de geração de energia elétrica, supramencionados.

Figura 5.3-3 – Energia gerada a partir do Biogás.



Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito ao quantitativo de energia gerado, tanto pelos cachos vazios, quanto pelo efluente líquido, é praticamente utópico conjecturar uma geração deste porte a partir de resíduos e efluentes no Brasil, devido principalmente as dimensões continentais e a logística necessária. Entretanto este estudo aponta a possibilidade de uma geração alternativa de energia, destacando o potencial destes resíduos, hoje, subutilizados.

## 5.4 POTENCIAL DE FIXAÇÃO E EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UM PLANTIO DE DENDÊ

Outra análise realizada neste trabalho avaliou as emissões de dióxido de carbono, em um plantio de dendê, bem como a fixação de carbono pela mesma cultura. O valor obtido para fixação do referido composto foi 178,62 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>, já o valor de emissão é de 160,76 Mg.CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup>. De posse dos dados das áreas degradadas passíveis para o cultivo de dendê, determinaram-se os valores de fixação (Tabela 5.4-1) e emissão (Tabela 5.4-2), evidenciando um balanço levemente positivo, corroborando com Rodrigues et al. (2014) e Cassol et al. (2016).

Os dados acerca da quantidade de CO<sub>2</sub> fixado gira em torno de 2.282.057.694 Mg.CO<sub>2</sub>eq considerando a totalidade das áreas degradadas com nível de manejo B, e classes preferencial e regular de cultivo. O valor fixado reduz proporcionalmente a área reduzida, isto é para uma redução de 50% fixa-se 1.141.028.847 Mg.CO<sub>2</sub>eq, já caso a área diminua em 60%, a quantidade de dióxido de carbono fixada atingirá, aproximadamente 912.823.220 Mg.CO<sub>2</sub>eq.

No que tange os dados de redução referentes ao plantio de dendê nas áreas degradadas com nível de manejo C, a fixação calculada foi de 2.192.607.120 Mg.CO<sub>2</sub>eq. Em caso de redução da área em 50% a fixação reduz para 1.096.303.649 Mg.CO<sub>2</sub>eq, já se a redução da área for em 60%, a fixação de CO<sub>2</sub> do plantio é de 877.042.776 Mg.CO<sub>2</sub>eq, durante um ciclo de 25 anos.

**Tabela 5.4-1 – Quantidade de CO<sub>2</sub> fixado pelo cultivo de dendê em 25 anos.**

CLASSE	% DA ÁREA	FIXAÇÃO DE CO <sub>2</sub> - PLANTIO/CULTIVO (Mg.CO <sub>2</sub> eq)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	415.769.130	1.866.288.564	2.282.057.694
	Redução em 50% da Área	207.884.565	933.144.282	1.141.028.847
	Redução em 60% da Área	166.307.723	746.515.497	912.823.220
Nível de Manejo C	100% da Área	297.729.353	1.894.877.767	2.192.607.120
	Redução em 50% da Área	148.864.766	947.438.883	1.096.303.649
	Redução em 60% da Área	119.091.670	757.951.107	877.042.776
NMB + NMC	100% da Área	713.498.483	3.761.166.330	4.474.664.814
	Redução em 50% da Área	356.749.331	1.880.583.165	2.237.332.496
	Redução em 60% da Área	285.399.393	1.504.466.604	1.789.865.997

Fonte: Elaboração própria.

Por sua vez acerca dos valores referentes as emissões do cultivo de dendê, para as áreas degradadas cujo nível de manejo necessário é o B, calculou-se uma emissão de 2.053.851.924 Mg.CO<sub>2</sub>eq durante um ciclo produtivo. Deve-se destacar a possibilidade de redução da área em

50 ou 60%, devido especificidades do Código Florestal, sendo assim as emissões diminuem para respectivamente, 1.026.925.962 Mg.CO<sub>2</sub>eq, 821.540.898 Mg.CO<sub>2</sub>eq.

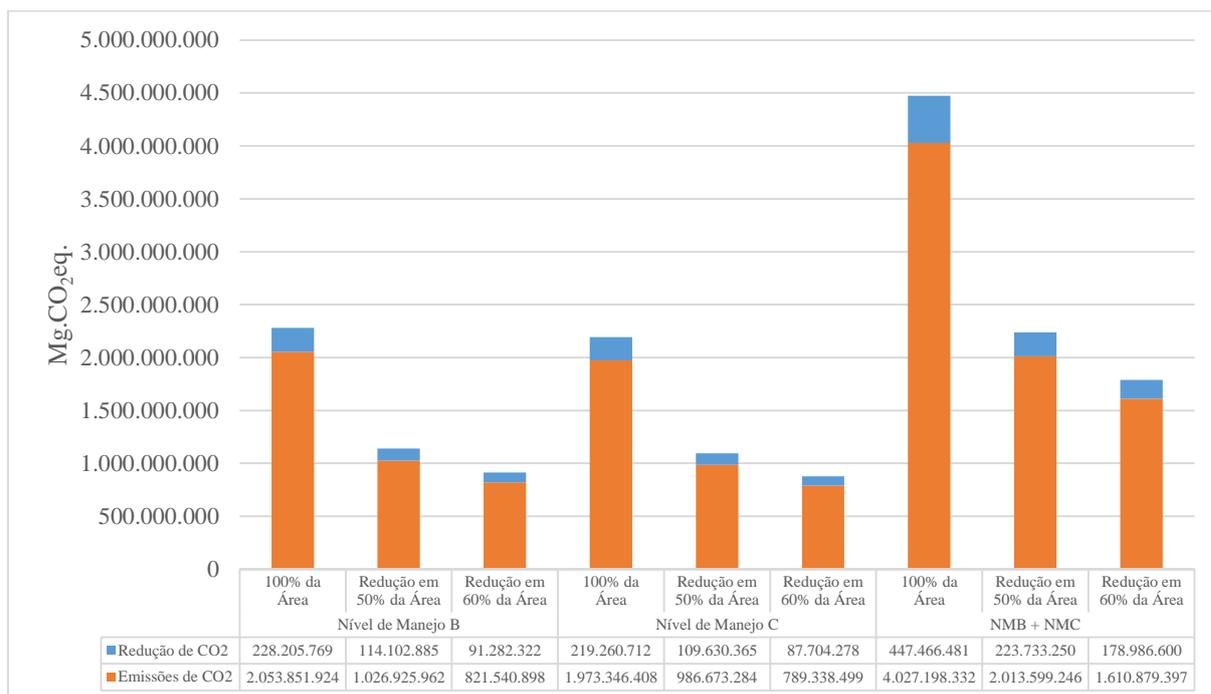
A análise para as áreas cujo nível de manejo C é necessário, aferiu-se um total de 1.973.346.408 Mg.CO<sub>2</sub>eq emitidas. Caso haja restrição da área, para 50%, as emissões do plantio de dendê caem para 986.673.284 Mg.CO<sub>2</sub>eq, ao passo que se a redução for de 60% a quantidade de dióxido de carbono emitida seria de 789.338.499 Mg.CO<sub>2</sub>eq.

**Tabela 5.4-2 – Quantidade de CO<sub>2</sub> emitido pelo cultivo de dendê em 25 anos.**

CLASSE	% DA ÁREA	EMISSIONES DE CO <sub>2</sub> - PLANTIO/CULTIVO (Mg.CO <sub>2</sub> eq)		
		Preferencial	Regular	Total
Nível de Manejo B	100% da Área	374.192.217	1.679.659.707	2.053.851.924
	Redução em 50% da Área	187.096.108	839.829.854	1.026.925.962
	Redução em 60% da Área	149.676.951	671.863.947	821.540.898
Nível de Manejo C	100% da Área	267.956.418	1.705.389.990	1.973.346.408
	Redução em 50% da Área	133.978.289	852.694.995	986.673.284
	Redução em 60% da Área	107.182.503	682.155.996	789.338.499
NMB + NMC	100% da Área	642.148.635	3.385.049.697	4.027.198.332
	Redução em 50% da Área	321.074.398	1.692.524.849	2.013.599.246
	Redução em 60% da Área	256.859.454	1.354.019.943	1.610.879.397

Fonte: Elaboração própria.

A análise da Tabela 5.4-1 e da Tabela 5.4-2 culminaram na elaboração do gráfico evidenciado na Figura 5.4-1, na qual são apresentados os valores emitidos de dióxido de carbono, e os valores de redução de CO<sub>2</sub>. Na Figura 5.4-1 o somatório entre a parcela azul (redução) e a parcela laranja (emissão) perfazem o montante de dióxido de carbono fixado no plantio de dendê durante o ciclo produtivo.

**Figura 5.4-1 – Comparativo entre as emissões e a redução de CO<sub>2</sub>.**

Fonte: Elaboração própria.

Já no que diz respeito a utilização do efluente líquido para geração de energia elétrica, evidencia-se a redução das emissões advindas do tratamento do efluente, visto que durante a permanência deste na lagoa de estabilização, o mesmo encontra-se sujeito as condições climáticas. A Tabela 5.4-3 evidencia o montante não emitido ao utilizar o efluente líquido para geração de energia elétrica por meio de um estágio de digestão anaeróbia.

**Tabela 5.4-3 – Emissões evitadas com a utilização do efluente líquido para produção do biogás.**

CLASSE	% DA ÁREA	EMISSIONES EVITADAS DE CO <sub>2</sub>	
		Mínimo (Mg.CO <sub>2</sub> eq.)	Máximo (Mg.CO <sub>2</sub> eq.)
Nível de Manejo B	100% da Área	702.682.640	1.124.292.224
	Redução em 50% da Área	351.341.320	562.146.112
	Redução em 60% da Área	281.073.100	449.716.960
Nível de Manejo C	100% da Área	675.139.355	1.080.222.968
	Redução em 50% da Área	337.569.705	540.111.528
	Redução em 60% da Área	270.055.720	432.089.152
NMB + NMC	100% da Área	1.377.821.995	2.204.515.192
	Redução em 50% da Área	688.911.025	1.102.257.640
	Redução em 60% da Área	551.128.820	881.806.112

Fonte: Elaboração própria.

Analisando a Tabela 5.4-3 verifica-se que seriam evitadas de 1.377.821.995 a 2.204.515.192 MgCO<sub>2</sub>eq., caso o plantio de dendê ocupasse 100% das áreas degradadas selecionadas. Caso houvesse redução da área em 50%, evitar-se-ia a emissão de 688.911.025 a

1.102.257.640 MgCO<sub>2</sub>eq., enquanto se a redução da área fosse de 60%, de 551.128.820 a 881.806.112 MgCO<sub>2</sub>eq., seriam evitadas de ser emitidas.

Deste modo é possível verificar que o plantio de dendê como método de recuperação de áreas degradadas no estado do Pará, cumprem sua função ecológica, além de haver um balanço positivo no que diz respeito as emissões do CO<sub>2</sub>.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A questão de investigação abordada neste trabalho, gira em torno da implantação da dendeicultura como forma de recuperação de áreas degradadas no estado do Pará, com a possibilidade de gerar energia elétrica a partir dos resíduos do processo de beneficiamento do óleo de palma, além de avaliar o potencial de redução de dióxido de carbono por meio desta cultura.

A viabilização desta dissertação iniciou-se pela escolha da área de estudo, considerada como as áreas degradadas no estado do Pará. O quantitativo das foi obtido através do ZAE-Dendê, elaborado por Ramalho Filho (2010), da EMBRAPA-Solos. Desta forma obtiveram-se as áreas para os níveis de manejo B e C, e para as classes Preferencial e Regular, estas classes foram selecionadas, devido a maior chance do plantio conseguir se estabelecer nas áreas degradadas com estas classificações.

Esta dissertação, portanto, utilizou-se de 25.051.309 hectares de áreas degradadas, dos quais 12.776.048 ha em nível de manejo B, e 12.275.261 ha em nível de manejo C, quando considerada 100% das áreas degradadas selecionadas. Ao considerar o Código Florestal e realizar a redução das áreas degradadas preferenciais e regulares em 50% verifica-se um total de 12.525.655 ha (NMB: 6.388.024 ha e NMC: 6.137.631 ha). Já para a redução em 60% da área, os valores obtidos são 10.020.523 hectares (NMB: 51.104,19 hectares e NMC: 49.101,04 hectares).

De posse dos dados referentes às áreas degradadas, analisou-se a quantidade de indivíduos que poderiam ser cultivados, atingindo um total de 3.582.337.187 ind., dos quais 1.826.974.864 seriam plantados em áreas com NMB, e 1.755.362.323 em áreas com NMC. A quantidade de indivíduos seria menor considerando as devidas reduções de área devido possíveis restrições previstas no Código Florestal. Desta forma seriam plantados 1.791.168.665 indivíduos, sendo que 913.487.432 em áreas com nível de manejo B e 877.681.233 em áreas de manejo C, caso a redução fosse de 50% da área. Por sua vez, o plantio possuiria 1.432.934.932 indivíduos (730.790.060 ind., em área com NMB e 702.144.872 ind., em área com NMC), caso a área fosse reduzida em 60%.

No que tange a produção de cachos de frutos frescos, a utilização do dendê para recuperação das áreas degradadas propostas, possibilitaria a produção de 13.778.219.950 toneladas de CFF, dos quais aproximadamente 51% seriam colhidos em áreas degradadas que

demandassem o nível de manejo B, os 49% restantes seriam CFF das áreas com nível de manejo C. Ao analisar as reduções da área em 50% e 60%, a massa de CFF produzidos diminuiria, respectivamente, para 6.889.110.250 t CFF e 5.511.288.200 t CFF.

Este trabalho preocupou-se não com a continuação da cadeia produtiva do óleo de palma, geralmente utilizado para a produção de biocombustíveis, mas sim com a análise acerca do potencial energético dos resíduos produzidos através do processo de beneficiamento do óleo de palma. Desta forma, a quantificação da massa de resíduos permitiu verificar que para 13.778.219.950 toneladas de CFF destinados ao beneficiamento, produziram 3.031.208.389 toneladas de cachos vazios, 1.653.386.394 toneladas de fibras do mesocarpo, 688.910.998 toneladas de cascas e 8.955.842.968 m<sup>3</sup> de efluente líquido.

Ao balizar o quantitativo das áreas de acordo com o Código Florestal, e reduzi-las em 50% e 60%, a quantidade de resíduos diminui proporcionalmente. Logo para a área reduzida em 50% a massa de cachos vazios seria de 1.515.604.255 t, já as fibras totalizariam 826.693.230 toneladas, as cascas 344.455.513 toneladas e 4.477.921.663 m<sup>3</sup> de efluente, para 6.889.110.250 toneladas de CFF introduzidos ao beneficiamento. Por sua vez a área ao sofrer redução de 60%, os cachos vazios, fibras, cascas e efluente líquido, totalizariam, respectivamente, 1.212.483.404 toneladas, 661.354.584 t, 275.564.410 t, 3.582.337.330 m<sup>3</sup>, para 5.511.288.200 toneladas de CFF.

Dentre os resíduos gerados pelo processo de beneficiamento, selecionou-se o efluente líquido para a avaliação do potencial energético, devido sua quantidade, bem como por ser geralmente descartado após tratamento em corpos hídricos, no Pará. A geração de energia elétrica através deste resíduo ocorreria por um processo de digestão anaeróbia, pelo qual seria sintetizado o biogás, com elevada concentração de metano, 62,50% deste biogás é de CH<sub>4</sub>.

O volume de biogás produzido com a utilização do efluente líquido seria de 223.896.074.188 m<sup>3</sup>, somando o as áreas com nível de manejo B e C, sem nenhuma restrição da área. Já se fossem consideradas restrições advindas do Código Florestal, a produção de biogás seria de 111.948.041.563 m<sup>3</sup>, caso a área fosse reduzida em 50%, e de 89.558.433.250 m<sup>3</sup>, para uma redução de 60% da área total.

A determinação da energia elétrica por volume de biogás, perpassa pela análise do volume de metano que o compõe, assim sendo, os 223.896.074.188 m<sup>3</sup> de biogás conteriam 139.935.046.367 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>, enquanto dos 111.948.041.563 m<sup>3</sup> de biogás, 69.967.525.977 m<sup>3</sup>

seria de metano, e por sua vez, 55.974.020.781 m<sup>3</sup> seria o volume de CH<sub>4</sub> presente nos 89.558.433.250 m<sup>3</sup> de biogás.

Sabendo que para cada m<sup>3</sup> de metano é possível gerar 10 kWh, e considerando a eficiência de conversão de turbina a gás como 38%, a energia elétrica gerada, a partir do biogás do efluente líquido, em um ciclo (25 anos), seria de 531.753 GWh, deste total, 51% seria gerado nas áreas com nível de manejo B. A energia gerada nas áreas degradadas, com a diminuição de 50%, totalizaria 265.877 GWh em 25 anos, enquanto que se a área sofresse redução de 60%, 212.701 GWh seriam gerados.

No que diz respeito a análise de emissões e fixação de dióxido de carbono pela dendecultura em um ciclo, isto é, 25 anos, verificou-se um saldo positivo, visto que cerca de 90% do total de CO<sub>2</sub> fixado retorna à atmosfera pela decomposição da biomassa, durante o replantio. Os valores obtidos para a fixação de CO<sub>2</sub> ao analisar os, aproximadamente, 25 milhões de hectares de áreas degradadas no estado do Pará para o cultivo de dendê atingiram 4.474.664.814 tCO<sub>2</sub>eq., dos quais 4.027.198.332 tCO<sub>2</sub>eq., são reemitidos, portanto a redução de dióxido de carbono, em um ciclo produtivo seria de 447.466.481 tCO<sub>2</sub>eq., ou seja, aproximadamente 0,5 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

A redução da área em 50% afetaria a redução proporcionalmente, portanto a redução de dióxido de carbono com estas condições de área seria de 223.733.250 tCO<sub>2</sub>eq., enquanto uma redução da área em 60%, geraria uma análise análoga a anterior, computando 178.986.600 tCO<sub>2</sub>eq., a menos na atmosfera, em um ciclo produtivo do dendê.

A utilização do efluente para a produção de biogás, tem o potencial de evitar emissões, visto que o efluente ao ser tratado fica exposto as condições climáticas. Esta dissertação estimou que se a totalidade das áreas degradadas selecionadas fossem utilizadas, 1.377.821.995 a 2.204.515.192 MgCO<sub>2</sub>eq seriam evitadas, ao passo que se a área fosse reduzida em 50%, as emissões evitadas seriam de 688.911.025 a 1.102.257.640 MgCO<sub>2</sub>eq. Uma redução da área em 60% evitaria que 551.128.820 a 881.806.112 MgCO<sub>2</sub>eq., fossem emitidas.

A avaliação das áreas degradadas no estado do Pará, visando o plantio de dendê, foi realizada por Ramalho Filho (2010), por meio do ZAE-Dendê, entretanto a preocupação do referido estudo, abarcava as melhores práticas para que o plantio do dendê fosse um agente recuperador das áreas degradadas no estado. O presente trabalho vai além, avaliando o potencial de geração de energia elétrica, a partir da utilização dos resíduos do beneficiamento do óleo de

palma, nas áreas degradadas definidas no ZAE-Dendê, além de promover a recuperação das áreas degradadas selecionadas.

Um ponto relevante acerca desta dissertação é a possibilidade de ser um subsídio para a elaboração de um Planejamento Integrado de Recursos, visto que nesta apresenta-se uma alternativa de oferta, sendo assim considerada um mecanismo de gerenciamento pelo lado da oferta. Um PIR para a Amazônia ou para o Estado do Pará, que abranja a utilização de recursos locais, potencializaria a utilização destes recursos, acarretando uma diversidade de impactos positivos, na vertente ambiental, social, econômica e energética. Os impactos positivos são principalmente vinculados a manutenção e preservação do meio ambiente, devido eliminação de resíduos nocivos, e uma maior segurança na provisão de energia, além de benefícios de ordem social, pelo maior envolvimento da comunidade, devido a necessidade de contratação de mão de obra, preferencialmente local, e de ordem econômica.

Um ponto não explorado neste trabalho, é a produção de biodiesel a partir do óleo de palma. A produção de biocombustíveis vem se tornando uma temática mais presente, e uma questão amplamente difundida, portanto o aproveitamento da área de estudo desta dissertação, geraria um volume significativo de óleo de palma, podendo ser utilizado para diversos fins.

Este estudo utilizou a análise proposta por Ramalho Filho (2010) para recuperar áreas degradadas no estado do Pará, com a inserção da dendeicultura, almejando oferecer um subsídio para o planejamento energético regional, por meio da análise do potencial de geração de energia elétrica com os resíduos do dendê. A análise realizada nesta dissertação objetivou promover uma nova forma de oferta de energia elétrica, por meio da utilização de resíduos produzidos através da dendeicultura, utilizada para a recuperação de áreas degradadas.

Enfatizasse que a utilização o aproveitamento energético de resíduos como fontes renováveis de energia, apresenta-se como solução pontual, sustentável e adequada às demandas atuais. É preciso compreender as demandas atuais, pautada no desenvolvimento sustentável, que apenas prosperará de modo a auferir grandes proporções, partindo de planejamentos bem embasados. Desta forma, espera-se que esta dissertação possa servir como subsídio para o planejamento energético do estado do Pará e da Amazônia.

## 7 REFERÊNCIAS

---

AHRENS, C. D. **Meteorology Today – An Introduction to Weather, Climate and the Environment**. 4a ed., West Publishing Company, New York. 1991.

ALNATHEER, O. The potential contribution of renewable energy to electricity supply in Saudi Arabia. **Energy Policy**, v. 33, 2005. p. 2298–2312.

ALVES, E. J. **Consórcio da bananeira com culturas anuais, perenes e plantas de cobertura do solo**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003. 16 p.

ALVIM, R.; VIRGENS A.C.; ARAÚJO, A.C. **Agrossilvicultura como ciência de ganhar dinheiro: recuperação e remuneração de capital no estabelecimento de culturas perenes arbóreas**. Ilhéus: CEPLAC:CEPEC, 1989. 36 p.

BAJAY, S. V.; CARVALHO, E. B. de. Planejamento indicativo: pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3, 1998, São Paulo. **Anais III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**. SÃO PAULO-SP: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 1998. p. 324-328.

BAJAY, S. V.; LEITE, A. A. F. **Planejamento integrado de recursos no âmbito de bacias hidrográficas, no Brasil**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2004, Rio de Janeiro.

BARBOSA, D. M.; NAOE, L. K.; ZUNIGA, A. D. G. Avaliar o teor de lipídios em sementes de soja cultivadas no Estado de Tocantins. In: 14º Jornada de Iniciação Científica da Unitins. **Anais... UNITINS**, Palmas-TO, p.32-37. 2007.

BARRETO, E. J. F. **Tecnologias de energias renováveis. Soluções energéticas para a Amazônia**. 1ª ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia (MME), 2008.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, Weather and Climate**. 6a ed., Routledge, London. 1995.

BASTOS, T. X.; MÜLLER, A. A.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, S. M. N.; ASSAD, E. D.; MARQUES, A. F. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura da palma de óleo no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3. Passo Fundo, 2001. p. 564-570.

BAUER, D. C., ETO, J. H. Future directions: integrated resource planning. In: **Proceedings from the ACEEE 1992: Summer Study on Energy Efficiency in Buildings**, Panel 8: Integrated Resource Planning. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1992. p. 81–86.

BECKER, B. K. **Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (dendê)?** Confins; 2010. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6609>> Acesso em: 03 de dezembro de 2016.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems.** 4<sup>th</sup> ed. Blackwell Publishing. 2006.

BLASING, T. J. "Recent Greenhouse Gas Concentrations." In **Trends: A Compendium of Data on Global Change.** Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, TN, USA. 2016. Disponível em: [http://cdiac.ornl.gov/pns/current\\_ghg.htm](http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.htm).

BORGES, F. Q. Indicadores de Sustentabilidade para a Energia Elétrica no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 15, No. 2, 2o Sem. 2009, pp. 119-151.

BRASIL. **Lei Federal** nº 9.985 de 19 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em: 03/02/2017.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future.** World Commission on Environment and Development – WCED. Tokyo, Japan. 1987.

CAIO, L. S.; BERMAN, C. Análise das metodologias de previsão de mercado de energia elétrica face ao novo perfil de planejamento no ambiente pós-privatização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3, 1998, São Paulo. **Anais III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético.** SÃO PAULO-SP: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 1998. p. 256-261.

CARVALHO P. T. Balanço de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Biodiesel Produzido a Partir de Soja e Dendê no Brasil. **Dissertação** (Mestrado). UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2012. 153 p.

CASSOL, H. L. G.; MELO, L. C. M.; MENDES, F. S.; FONSECA, R.; SANQUETTA, C. R. Redução de Emissões de CO<sub>2</sub> pela Produção de Biocombustíveis a Partir de Óleo de Dendê na Amazônia Brasileira. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 46, n. 1. Janeiro/ Março. 2016. p. 135 – 144.

CEDEC. **Revista Debates Sócio-Ambientais.** Ano III. No 9, mar/abr/mai/jun. 1998. p. 24-25.

CIAIS, P.; SABINE, C.; BALA, G.; BOPP, L.; BROVKIN, V.; CANADELL, J.; CHHABRA, A.; DEFRIES, R.; GALLOWAY, J.; HEIMANN, M.; JONES, C.; LE QUÉRÉ, C.; MYNENI, R. B.; PIAO S.; THORNTON, P. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

CIEGIS, R.; RAMANAUSKIENE, J.; MARTINKUS, B. The Concept of Sustainable Development and its use for Sustainability Scenarios. ISSN 1392-2785 Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics(2). **The Economic Conditions of Enterprise Functioning**. 2009. p. 28-37.

COBAS, V. R. C. Análise técnica econômica e normativa da geração distribuída. Itajubá: Unifei, 2000.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CONCEIÇÃO, H. E. O.; MULLER, A. A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A Cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 31-44, 2000.

CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? **Environmental Science and Policy**, v.12. 2009. p. 134-139.

CORLEY, R. H. V; THINKER, P. B. **The oil palm**. 4. ed. Oxford: Blackwell Sciences, 2003. 562 p.

D'SA, A. Integrated Resource Planning (IRP) and power sector reform in developing countries. **Energy Policy**, v. 33, 2005. p. 1271–1285.

DESHUN, L.; YOUHONG, W.; AIMING, Z. Cost-benefit analysis on IRP/DSM application- a case study in Shanghai. **Energy Policy**, v. 25, n. 10, 1997, p. 837-843.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 1999, 157 p.

ESPARTA, A. R. J.; MOREIRA, J. R. **Principais Conclusões do Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. Apresentado na Conferência Sustentabilidade na Geração e Uso de Energia no Brasil: Os Próximos Vinte Anos. Centro de Convenções da Unicamp, Campinas-SP. 2002.

ESPINDOLA, S. M. C. G.; CAVALCANTE, A. K.; GONÇALVES, D. A. R. et al. Avaliação do teor de óleos e da produtividade em linhagens de soja para cultivo no Cerrado. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. **Anais...** Embrapa Brasília-DF. CD-ROM 1. 2008.

FAGERIA, N. K. **Sistemas de cultivo consorciado**. In: FAGERIA, N. K. (Ed.). Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: DPU, 1989. p.185-196.

FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (Ed). **Oil palm: management for large and sustainable yields**. Singapore: PPI-PPIC; IPI, 2003. 384 p. 2003. (Second print).

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The Oil Palm**. Institut africain pour le développement économique et social. Abidjan, Côte d'Ivoire. 1990. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/006/t0309e/T0309E00.htm#TOC>. Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. **Area harvested and production quantity**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 08 de dezembro de 2016.

FAVARO, F. T. Desenvolvimento sustentável na Amazônia: uma nova abordagem do dendê com o aproveitamento da biomassa residual para a geração de energia. **Dissertação** (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Energia - EP/ FEA/ IEE/ IF. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 159 p.

FEROLDI, M.; CREMONEZ P.A.; ESTEVAM A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria dez. 2014. p.3800-3808.

FREITAS, P. L.; RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F.; TEIXEIRA, W. G. Planejamento conservacionista e procedimentos para a instalação de palmares na Amazônia. Capítulo 1, parte 2. In: RAMALHO FILHO, A. **Produção e Manejo Sustentáveis para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia**. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

FURLAN JUNIOR, J. **Dendê: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 40 p.

GALVÃO, L. C. R.; REIS, L. B.; UADETA, M. E. M.; GIMENES, A. L. V. Aspectos do lado da demanda no planejamento energético no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3, 1998, São Paulo. **Anais III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**. SÃO PAULO-SP: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 1998. p. 352-357.

GEA - Global Energy Assessment. Energy resources and potentials. In: **Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 2006. p. 425-512.

GELLER, H. S. **Revolução energética: políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GERMER, J.; SAUERBORN, J. Estimation of the impact of oil palm plantation establishment on greenhouse gas balance. **Environment Development and Sustainability**, v. 10. 2008. p. 697 – 716.

GIMENES, A. L. V. Modelo de integração de recursos como instrumento para um planejamento energético sustentável. **Tese** (Doutorado em Energia e Automação Elétricas). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo. 2004. 184p.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**. São Paulo, n.72. dezembro / fevereiro 2006-2007. p. 6 – 15.

GRAEBERA, B.; FECHERB, R. S.; GONAH, B. Optimizing trans-national power generation and transmission investments: a Southern African example. **Energy Policy**, v. 33, 2005. p. 2337–2349.

HARTLEY C. W. S. **The oil palm (Elaeis guineensis Jacq)**. London: Longman. 1970. 706 p.

HARUN, M. H.; NOOR, M. R. Fruit set and oil palm bunch components. **Journal of Oil Palm Research**, v.14. p. 24-33. 2002.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R. A.; FERREIRA, C. A. P. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendezeiro na Amazônia. In: VIEGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 11-30.

HOOKS, C. R. R.; JOHNSON, M. W. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. **Crop Protection**, v. 22, p.223-238, 2003.

HUMPHRIES, A. W.; LATTA, R. A.; AURICHT, G. C.; BELLOTTI, W. D. Over-cropping lucerne with wheat: effect of lucerne winter activity on total plant production and water use of the mixture, and wheat yield and quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, p.839-848, 2004.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.

IJIMA, M.; IZUMI, Y.; YULIADI, E.; SUNYOTO; ARDJASA, W. S. Cassava-based intercropping systems on Sumatra Island in Indonesia: productivity, soil erosion, and rooting zone. **Plant Production Science**, v. 7, p.347-355, 2004.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES - Estimativa do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em 03/02/2017.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014a. 1454 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014b. 1132 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535 p.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 37120/2014**. Sustainable development of communities - Indicators for city services and quality of life.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**. n. 118. Março. 2003. p. 189-205.

JANNUZZI, G. M. Planejamento Integrado de Recursos. Notas de aula – Disciplina: Planejamento Energético Regional. **Mestrado** em Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 2006.

JANNUZZI, G. M. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2000.

JANNUZZI, G. M.; KOZLOFF, K.; COWART, R.; MIELNIK, O. **Energia: recomendações para uma estratégia nacional de combate ao desperdício**. Campinas: USAID, 2001.

JOURDAN, C.; MICHAUX-FERRIÈRE, N.; PERBAL, G. Root system architecture and graviotropism in the oil palm. **Annals of Botany**, v. 85, 2000. p. 861-868.

KALTNER, F. J.; FURLAN JUNIOR, J.; SILVA, E. B.; VEIGA, A. S. VAZ, J. B. C. **Viabilidade técnica e econômica de produção de ésteres de óleo de palma, para utilização como substituto de óleo Diesel, na Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 54 p.

KOZLOFF, K.; COWART, R.; JANNUZZI, G. M.; MIELNIK, O. **Recomendações para uma estratégia regulatória nacional de combate ao desperdício de eletricidade no Brasil**. USAID, 2000.

KRAMA, M. R. Análise dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, usando a Ferramenta Painel de Sustentabilidade. **Dissertação** (Mestrado). PUC-PR. Curitiba. 2008. 185 p.

LODY, R. G. da M. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia**. Editora Senac São Paulo, 2009. 149p.

MACEDO, J. L. V.; ROCHA, A. C. P. N.; LIMA, S. M. V.; ROCHA, M. G.; LIMA, W. A. A. Sistema produtivo de dendê para a produção de biodiesel. In: CASTRO, A. M. G., LIMA, S. M. V., SILVA, J. F. V. (eds), **Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas**, 1 ed., capítulo 8, Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010.

MANCA, R. S. O planejamento integrado de recursos do setor energético como base para o gerenciamento dos recursos hídricos: aplicabilidade para o setor de abastecimento público de água em áreas urbanas. **Dissertação** (Mestrado). Campinas, SP. 2008. 115 p.

MAPA. **Anuário Estatístico da Agroenergia** - 2010. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Brasil, 2011. 160p.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento. Viçosa, 2014. p. 786-799.

MARZULLO, R.C.M. Análise da Ecoeficiência dos Óleos Vegetais Oriundos da Soja e da Palma, Visando a Produção de Biodiesel. **Dissertação** (Mestrado). Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil, 2007.

McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agriculture Handbook. 1976. 411p.

MDA - Ministério de Desenvolvimento Agrário. **Viabilidade de extração de óleo de dendê no Estado do Pará**. Texto para revisão e crítica. UFV, Viçosa-MG, 2007.

MIGUEZ, J. D. **O Brasil e o Protocolo de Kyoto**. CENBIO notícias, Ano 3, no 8. 2000. p. 23.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: Evolução dos Conceitos Teóricos e os Problemas da Mensuração Prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n° 16, 2004. p. 22-41.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. **Portaria MS nº 2914** de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias**. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br).

MME – Ministério de Minas e Energia. **Luz Para Todos, um marco histórico - 10 milhões de brasileiros saíram da escuridão**. Brasília: Barbarabela Editora Gráfica, 2010.

MME. Ministério de Minas e Energia. EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2016: ano base 2015. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2016. 296p.

MONTEIRO, K. F. G.; SILVA, A. R. F.; SOUZA, C. T.; CONCEIÇÃO, E. R.; PALHETA, R. P. O cultivo do dendê como alternativa de produção para a agricultura familiar e sua inserção na cadeia do biodiesel no estado do Pará. In: CONGRESSO BIODIESEL, 2006, Brasília. **Anais...** [Brasília: UCB], 2006].

MOURA, J. I. L.; CIVIDANES, F. J.; SANTOS FILHO, L. P. dos. et al. Polinização do dendezeiro por besouros no Sul da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.3, 2008. p. 289-294.

MÜLLER, A. A. **A cultura de dendê**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 23 p.

MÜLLER, A. A. A. Cultura do dendê. Belém. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, EMBRAPA-CPATU, **Miscelânea** nº 5, 1980. 24p.

MUNIZ, R. N. **Desafios e oportunidades para o acesso universal à energia elétrica na Amazônia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará. Pará: UFPA, 2015. 170 p.

NASCIMENTO, D. M.; A. K. M.; SOUZA, N. F.; ALEXANDRE, L. C.; MORAIS, J. P. S.; MAZZETO, S. E.; ROSA, M. F. Thermal and structural characteristics of waste derived biomass for potential application in nanomaterials. **Anais**. XII International Macromolecular Colloquium. 7th International Symposium on Natural Polymers and Composites. 2010. 4p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/881423/1/AT10066.pdf>.

NIKANDER, S. Greenhouse gas and energy intensity of product chain: case transport biofuel. **Master Thesis**, Helsinki University of Technology. Helsinki (Finland), May 2008.

OLASANTAN, F. O.; EZUMAH, H. C.; LUCAS, E. O. Effects of intercropping with maize on the microenvironment, growth and yield of cassava. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 57, p.149-158, 1996.

ONG, H. C.; MAHLIA, T. M I.; MASJUKI, H. H.; HONNERY, D. Life cycle cost and sensitivity analysis of palm biodiesel production. **Fuel**, v.98. 2012. p.131-139.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Agenda 21 – Chapter 9. Protection of the Atmosphere**. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21chapter9.htm>.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 1992. 25 p.

PÁDUA, M. S. Germinação in vitro, indução e caracterização de massas pró-embriogênicas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Dissertação** (Mestrado em Biotecnologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG. 2012. 120 p.

PORTELA, H. E. Avaliação técnico-econômica de um empreendimento produtivo de biodiesel. **Dissertação** (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo), Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA. 2007. 208 p.

RAMALHO FILHO, A. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia**. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

RAYMOND, P. A.; COLE, J. J.: Increase in the export of alkalinity from North America's largest river. **Science**, 301, 2003. p. 88–91.

REDDY, A. K. N. **Integrated Electricity Planning**: Some personal reflections. 2005. Disponível em: < <http://www.amulya-reddy.org.in/Publication/aknr.pdf> >. Acesso em: 10/02/2017.

REDDY, A. K. N. SUMITHRA, G. **Integrated Resource Planning (IRP)**. 1996. Disponível em: <[http://amulya-reddy.org.in/Publication/1996\\_01\\_IRP.pdf](http://amulya-reddy.org.in/Publication/1996_01_IRP.pdf)>. Acesso em: 04 de janeiro de 2017.

REDDY, A. K. N.; SUMITHRA, G. D. Integrated Resource Planning. **Energy for Sustainable Development** (Special issue on electric power reforms), v. 3, n. 6, 1997. p. 14–16.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. 2ª ed. 2011. 460 p.

REIS, L. B., UDAETA, M. E. M., **Planejamento Integrado de Recursos (PIR) para o Setor Elétrico: Uma Metodologia para Abranger o Cenário Global da Oferta e da Demanda**. XII SNPTE-Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Brasil, 1995.

REIS, L. B.; GALVÃO, L. C. R.; CARVALHO, C. e. Planejamento da integração energética voltado ao desenvolvimento sustentável com ênfase às interligações elétricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3, 1998, São Paulo. **Anais**. III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. SÃO PAULO-SP: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 1998. p. 244-250.

ROCHA, R. N. C. Culturas Intercalares para Sustentabilidade da Produção de Dendê na Agricultura Familiar. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2007. 75 p.f

ROCHA, R. N. C. da. Manejo de culturas intercalares para a sustentabilidade de sistemas de produção de dendê voltados para agricultura familiar. 2007. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 63 f.

ROCHA, R. N. C.; RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, P. C.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; MACEDO, J. L. V.; MORAIS, R. R.; LIMA, W. A. A. Manejo sustentável para a cultura da palma de óleo: cobertura do solo e cultivos intercalares. Capítulo 7, parte 2. In: RAMALHO FILHO, A. **Produção e Manejo Sustentáveis para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia**. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

RODRIGO, V. H. L., STIRLING, C. M., TEKLEHAIMANOT, Z., NUGAWELA, A. Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation use efficiency of immature rubber plantations. **Field Crop Research**, v. 69, n. 3, p.237-249, 2001.

RODRIGUES, C. Mecanismos Regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. **Dissertação** (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

RODRIGUES, T. O.; CALDEIRA-PIRES, A.; LUZ, S.; FRATE, C. A. GHG balance of crude palm oil for biodiesel production in the northern region of Brazil. **Renewable Energy**, v. 62. 2014. p. 516 – 521.

RSPO - Roundtable on Sustainable Palm Oil. **Greenhouse Gas Emissions from Palm Oil Production**. 2009. Disponível em: <http://www.rspo.org/files/project/GreenHouse.Gas.Working.Group/Report-GHG-October2009.pdf>. Acesso em: 08/02/2017

SACHS, I. **A revolução energética do século XXI**. Estudos Avançados. 2007. 18 p.

SANTOS, A.M. Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para a Geração Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia. **Tese** (Doutorado). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

SARAWAK ENERGY. **Palm Oil Mill Effluente**. **Malaysia**. 2016. Disponível em: <http://www.sarawakenergy.com.my/index.php/r-d/biomass-energy/palm-oil-mill-effluent>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

SHRESTHA, R. M.; MARPAUNG, C. O. P. Integrated resource planning in the power sector and economy-wide: changes in environmental emissions. **Energy Policy**, v. 34, 2006. p. 3801–3811.

SILVA, I. M. O. Um Estudo sobre a Sustentabilidade Energética na Ilha do Marajó, estado do Pará. **Tese** (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Pará. 2003.140 p.

SILVA, O. C. D.; STELLA, O.; VARKULYA, J. R. A. **Potencial de mitigação de gases estufa pela indústria de óleo de palma visando a captação de recursos do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. Campinas. In: NIPE UNICAMP (Ed.). Encontro de Energia no Meio Rural, p. 1 - 8, 2003.

SILVA, P. H. B. M.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Quantificação de biomassa e carbono em plantios de dendê na região de Ilhéus – Bahia. Revista da XX Jornadas de Jovens Pesquisadores da AUGM. **Anais...** AUGM, Curitiba. 2012. p. 423 - 429.

SMITH, N. J. H.; WILLIAMS, J. T.; PLUCKNETT, D. L.; TALBOT J. P. **Tropical forests and their crops**. New York: Cornell University Press. 1992. 568 p.

SOUZA, R. S. F. Planejamento integrado de recursos no fornecimento de água tratada para o sistema de abastecimento da região metropolitana de Fortaleza: proposta de metodologia. **Tese** (Doutorado em Engenharia da Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus. **Estudo de Viabilidade Econômica – Dendê**. Projeto Potencialidades Regionais. SUFRAMA. ISAE/FGV. 2003. 39 p.

SUNDQUIST, E. T. **Geologic analogs: Their value and limitations in carbon dioxide research**. In: The Changing Carbon Cycle [TRABALKA, J. R.; REICHLER, D. E. (eds.)], Springer-Verlag, New York, 1986. p. 371–402.

SYAHRINUDIN. The potential of oil palm and forest plantations for carbon sequestration on degraded land in Indonesia. 2005. **Thesis** (Faculty of Agriculture) – University of Bonn, Bonn, 2005. 112 p.

TAVARES, S. R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

THEN, Y. Y.; IBRAHIM, N. A.; ZAINUDDIN, N.; ARIFFIN, H.; YUNUS, W. M. Z. W. Oil Palm Mesocarp Fiber as New Lignocellulosic Material for Fabrication of Polymer/Fiber Biocomposites. **International Journal of Polymer Science**. 2013. 7 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/797452>

TONELLO, V. M. M. Principais aspectos do ciclo biogeoquímico do elemento carbono e seu contexto na atualidade. **Dissertação** (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Ecologia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2007. 132 p.

UDAETA, M. E. M. Planejamento Integrado de Recursos (PIR) – Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável). **Tese** (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997. 351 f.

UDAETA, M. E. M. **Novos Instrumentos de Planejamento Energético e o Desenvolvimento Sustentável – Planejamento Integrado de Recursos energéticos na USP: Pesquisa Científica Realizada e Ferramentas Metodológicas Consolidadas do PIRnaUSP Aplicadas à RAA. Tese** (Livre Docência – Área: Energia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2012. 125 f.

UNITED NATIONS – UN. **Prototype Global Sustainable Development Report**. Online-unedited edition. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 1 July 2014. Disponível em: <http://sustainabledevelopment.un.org/globalreport/>

USDA - United States Department of Agriculture. **Oilseeds: world markets and trade**. USDA, 2016. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Table+11%3a+Palm+Oil%3a+World+Supply+and+Distribution&hidReportRetrievalID=710&hidReportRetrievalTemplateID=8>. Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

VARGAS, P. F. Factores que afectan el crecimiento, floración y producción. In: VALLEJO, G.; FIGUEREDO, P.; ROJAS, L.; MUÑOZ, R.; MENA, E.; CRUZ, R.; GENTY, P.; SANCHES, A.; LOWE, J.; ARAGON, J. **Palma Africana de aceite**. Palmira: ICA, 1978. 455p.

VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 374 p.

WATSON, A. J.; SCHUSTER, U.; BAKKER, D.C.E.; BATES, N.R.; CORBIÈRE, A.; GONZÁLEZ-DÁVILA, M.; FRIEDRICH, T.; HAUCK, J.; HEINZE, C.; JOHANNESSEN, T.; KÖRTZINGER, A.; METZL, N.; OLAFSSON, J.; OLSEN, A.; OSCHLIES, A.; PADIN, X.A.; PFEIL, B.; SANTANA-CASIANO, J.M.; STEINHOFF, T.; TELSZEWSKI, M.; RIOS, A.F.; WALLACE, D.W.R.; WANNINKHOF, R. Tracking the variable North Atlantic sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. **Science**, 326 (5958). 2009. p. 1391-1393.

WMO – World Meteorological Organization. **Introduction to Climate Change: Lecture Notes for Meteorologists**. Prepared by David D. Houghton. WMO – No 926. Secretariat of World Meteorological Organization. Geneva – Switzerland. 2002.

WORLD ENERGY COUNCIL – WEC. **World Energy Resources: 2016**. WEC. England and Wales – UK. 2016. 1028 p.