

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ABSORÇÃO DE CO₂
PELA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO E SUA IMPORTÂNCIA FRENTE À
CRISE CLIMÁTICA**

**Bruna Fontes Chefer
Isadora Mendes de Moraes Soares**

2019



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE DO POTENCIAL DE ABSORÇÃO DE CO₂ PELA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E SUA IMPORTÂNCIA FRENTE À CRISE CLIMÁTICA

Bruna Fontes Chefer

Isadora Mendes de Moraes Soares

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

Co-orientador: Renzo Sebastián Eduardo Solari Puentes

Rio de Janeiro

Dezembro de 2019

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ABSORÇÃO DE CO₂ PELA
RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E
SUA IMPORTÂNCIA FRENTE À CRISE CLIMÁTICA**

Bruna Fontes Chefer
Isadora Mendes de Moraes Soares

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof. Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc.

Prof. Marco Aurélio Santos, D.Sc.

Eng. Michele Karina Cotta Walter, D.Sc.

Eng. Daniel Fontana Oberling, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
DEZEMBRO de 2019

Chefer, Bruna Fontes
Soares, Isadora Mendes de Moraes

Análise do potencial de absorção de CO₂ pela restauração florestal no estado do rio de janeiro e sua importância frente à crise climática / Bruna Fontes Chefer; Isadora Mendes de Moraes Soares – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2019.

X, 79 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Emilio Lèbre La Rovere e Renzo Sebastián Eduardo Solari Puentes
Curso de Engenharia Ambiental, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 79.

1. Restauração Florestal 2. Mudanças Climáticas 3. Mitigação 4. Emissões de Gases de Efeito Estufa 5. Cenários Futuros 6. Mata Atlântica

I. La Rovere, Emilio Lèbre (Orient.). II. Puentes, Renzo Sebastián Eduardo Solari (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. IV. Análise do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro e sua Importância Frente à Crise Climática.

Agradecimentos

Aos nossos pais e familiares, que nos apoiaram ao longo da faculdade e em todos os nossos momentos de necessidade.

Aos nossos amigos, de dentro e de fora da engenharia ambiental, que foram essenciais nesses anos de faculdade.

Aos professores da engenharia ambiental por toda a experiência adquirida na UFRJ, e em especial, aos nossos orientadores Emilio La Rovere e Renzo Solari, pelo apoio no desenvolvimento do estudo.

Aos membros da banca por aceitar integrá-la.

Aos colegas da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade e do Laboratório Interdisciplinar do Meio Ambiente/COPPE pelo auxílio ao longo do estudo.

Ao Ernani e ao Victor, pelo suporte em todos os momentos de estresse e dificuldade.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigada.

Resumo do Projeto de Graduação apresentada à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Ambiental.

Análise do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro e sua Importância Frente à Crise Climática

Bruna Fontes Chefer e Isadora Mendes de Moraes Soares

Dezembro/2019

Orientador: Emilio Lèbre La Rovere

Co-orientador: Renzo Sebastián Eduardo Solari Puentes

Curso: Engenharia Ambiental

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas vêm se tornando cada vez mais presentes e importantes no mundo, e a busca por maneiras de mitigar e se adaptar aos seus impactos mostra-se fundamental para o enfrentamento destas questões. O presente trabalho visa realizar uma análise do potencial de absorção de CO₂ pela restauração florestal no estado do Rio de Janeiro e retratar a importância deste assunto frente à mudança do clima. Uma revisão bibliográfica foi realizada a fim de identificar as reuniões e acordos internacionais estabelecidos no âmbito das mudanças climáticas. Para o desenvolvimento deste estudo, a metodologia consistiu em: levantamento de áreas prioritárias para a restauração proposta; definição de metas para dois cenários de restauração; estimativa do potencial de absorção de CO₂ em cada um dos cenários; e cálculo dos custos aproximados para realização do projeto. A partir dos resultados obtidos foi feita uma discussão acerca da relevância da restauração como medida de mitigação às mudanças climáticas e um levantamento quanto a formas de financiamento da aplicação do projeto no estado fluminense. Concluiu-se com este estudo que a restauração florestal é uma medida importante para a mitigação das mudanças climáticas desde que não aplicada isoladamente, e que existem programas que tornam o seu financiamento viável.

Palavras-chave: Restauração Florestal, Mudanças Climáticas, Mitigação, Emissões de GEE, Cenários Futuros, Mata Atlântica.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/URFJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Analysis of the CO₂ Absorption Potential by Forest Restoration in the State of Rio de Janeiro and its Importance in the Face of Climate Crisis.

Bruna Fontes Chefer e Isadora Mendes de Moraes Soares

December/2019

Advisor: Emilio Lèbre La Rovere

Co advisor: Renzo Sebastián Eduardo Solari Puentes

Course: Environmental Engineering

Over the last decades, climate change has become increasingly present and important in the world, and the search for ways to mitigate and adapt to its impacts has been fundamental to address these issues. This paper aims to analyze the CO₂ absorption potential by forest restoration in the state of Rio de Janeiro and to portray the importance of this subject in the face of climate change. A bibliographic review was conducted to identify the international meetings and agreements established in the context of climate change. For the development of this study, the methodology was consisted of: survey of priority areas for the proposed restoration; goal setting for two restore scenarios; estimation of CO₂ absorption potential in each scenario; and calculation of the approximate costs for carrying out the project. From the results obtained a discussion about the relevance of the restoration as a mitigation measure to climate change was made and a survey of ways to finance the project application in the state of Rio de Janeiro. It is concluded from this study that forest restoration is an important measure for mitigating climate change as long as it is not applied in isolation, and that there are programs that make its financing viable.

Keywords: Forest Restoration, Climate Change, Mitigation, GHG Emissions, Future Scenarios, Atlantic Forest.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS	3
3.2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL.....	13
3.2.1 Legislação nacional referentes às mudanças climáticas	20
3.3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO RIO DE JANEIRO	21
3.3.1 Legislação e instrumentos estaduais referentes às mudanças climáticas no Rio de Janeiro	22
3.4. A RESTAURAÇÃO FLORESTAL E O CARBONO FLORESTAL.....	24
3.4.1. Restauração florestal.....	25
3.4.2. Carbono Florestal	29
3.5. A RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO RIO DE JANEIRO	31
4. METODOLOGIA	33
4.1. LEVANTAMENTO DAS ÁREAS PARA A RESTAURAÇÃO	33
4.2 DEFINIÇÃO DAS METAS E CENÁRIOS DE RESTAURAÇÃO.....	35
4.3.1. Absorção Potencial (bioma Mata Atlântica).....	36
4.3.2. Cálculos	39
4.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS DA RESTAURAÇÃO PROPOSTA	39
5. RESULTADOS	41
5.1 ÁREAS E METAS PARA A RESTAURAÇÃO	41
5.1.1 Áreas selecionadas	41
5.1.2 Metas de restauração.....	42
5.2 CENÁRIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL	43
5.2.1 Absorção Potencial (bioma Mata Atlântica).....	43
5.2.2 Cenários Projetados	45
5.3 CUSTOS DA RESTAURAÇÃO PROPOSTA	50
6. DISCUSSÃO	54
6.1 POTENCIAL DE MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATRAVÉS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL PROPOSTA	54
6.2 RESTAURAÇÃO E A ECONOMIA	58
6.2.1. Mercado de Carbono.....	58
6.2.2. Pagamentos por Serviços Ambientais.....	59

7. CONCLUSÃO	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO I - Listagem das espécies nativas da Mata Atlântica, indicadas para produção de mudas destinadas à restauração ecológica no estado do Rio de Janeiro.	72

Lista de Figuras

Figura 1: Hotspots mundiais de biodiversidade	2
Figura 2: Comparação quantitativa do nível de emissão de CO ₂ durante o ano de 2017.....	5
Figura 3: Comparação quantitativa do nível de emissão de CO ₂ (decorrente da queima de combustível fóssil) acumulado entre os anos de 1751 e 2017.....	6
Figura 4: Divisão em anexos dos países membros da UNFCCC	8
Figura 5: Benefícios da Restauração	28
Figura 6: Áreas prioritárias para restauração florestal visando à proteção e recuperação de mananciais (ARPFs).....	34
Figura 7: Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio de Janeiro.	45
Figura 8: cenários previstos de aumento de temperatura e respectivas medidas associadas....	55
Figura 9: Serviços ecossistêmicos fornecidos pela Mata Atlântica.....	60
Figura 10: Projeto Conexão Mata Atlântica	62

Lista de Tabelas

Tabela 1: Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto, registradas na UNFCCC.	19
Tabela 2: Compromissos de restauração atualizados para o estado do Rio de Janeiro por Região Hidrográfica.	35
Tabela 3: Tipologias florestais e conteúdo de carbono no bioma de Mata Atlântica.....	37
Tabela 4: Percentual territorial das fitofisionomias em áreas para restauração florestal por Região Hidrográfica.	37
Tabela 5: Custos de restauração na Mata Atlântica (R\$/ha)	40
Tabela 6: Áreas de Alta e Muito Alta prioridade para restauração visando à proteção e recuperação de mananciais por RH.	42
Tabela 7: Cenários de metas para a restauração florestal no Rio de Janeiro.....	43
Tabela 8: Absorção Potencial de CO ₂ pela Restauração Florestal para o estado do Rio de Janeiro.....	44
Tabela 9: Relação entre as áreas e os valores de absorção média anual para as RHs	44
Tabela 10: Divisão das áreas para a restauração ao longo dos 15 anos (cenário 1).....	46
Tabela 11: Valores de absorção e estoque de CO ₂ ao longo dos anos do cenário 1.....	47
Tabela 12: Divisão das áreas para a restauração ao longo dos 15 anos (cenário 2).....	48
Tabela 13: Valores de absorção e estoque de CO ₂ ao longo dos anos do cenário 2.....	49
Tabela 14: Estimativa de custos do primeiro cenário - CAD.....	50
Tabela 15: Estimativa de custos do primeiro cenário - CAF.....	51
Tabela 16: Estimativa de custos do segundo cenário - CAD.....	52
Tabela 17: Estimativa de custos do segundo cenário - CAF.....	53
Tabela 18: Emissões do Rio de Janeiro no período de 2005-2015 por setor (GgCO ₂ eq).	54
Tabela 19: Emissões de AFOLU no RJ no período 2005-2015 (GgCO ₂ eq).....	57

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Emissões totais de gases de efeito estufa, por tipo de fonte, no Brasil.	14
Gráfico 2: Distribuição do total de atividades de projetos MDL registradas por país até 31 de Janeiro de 2016.....	16
Gráfico 3: Distribuição anual de atividades de projeto MDL recebidas pela CIMGC no período de 2004 a janeiro	17
Gráfico 4: Distribuição do número de atividades de projeto MDL no Brasil por estado, registradas na UNFCCC entre 2004 e janeiro de 2016.	18
Gráfico 5: Percentual de áreas por classe de prioridade para restauração florestal em AIPMs no Estado do Rio de Janeiro	42
Gráfico 6: Absorção e estoque de CO ₂ ao longo dos anos do cenário 1	46
Gráfico 7: Gráfico de absorção e estoque de CO ₂ ao longo dos anos do cenário 2.	49

Lista de Símbolos

AFOLU - Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra
AIPMs - Áreas de Interesse para Proteção de Mananciais
ASV - Autorização de Supressão Vegetal
CAD – Condições Ambientais Desfavoráveis
CAF – Condições Ambientais Favoráveis
CIMGC - Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP - Conferências das Partes
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FMA – Fundo Mata Atlântica
GEE – Gases de Efeito Estufa
iNDC - Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPPU - Processos Industriais e Uso de Produto
MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NDC - Contribuições Nacionalmente Determinadas
ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMM - Organização Meteorológica Mundial
ONU – Organização das Nações Unidas
PLANAVEG - Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa
PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSA – Pagamento por Serviços Ambientais
RCE - Reduções Certificadas de Emissões
RH – Região Hidrográfica
SEAS - Secretaria do Estado de Ambiente e Sustentabilidade
UFIR - Unidade Fiscal de Referência
UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
VPL - Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

É sabido que as mudanças climáticas são um dos grandes desafios da humanidade para o século XXI. As emissões antropogênicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) são provavelmente a principal causa do aumento da temperatura desde meados do século XX e, portanto, as maiores responsáveis pelo desequilíbrio ambiental vigente (IPCC, 2013).

Os impactos decorrentes da mudança da temperatura superficial terrestre já são percebidos. A título de exemplo, as ocorrências de eventos climáticos extremos - como furacões, enchentes e secas - têm sido cada vez mais frequentes e o aumento do nível do mar já pode ser verificado em diversas regiões do mundo.

De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2016),

As projeções feitas pelo IPCC no Quinto Relatório de Avaliação (AR5) indicam que as mudanças ocorrerão mesmo em diferentes cenários de emissão e que, caso se mantenham os níveis atuais, a projeção para o final do século seria um aumento de 2,6 a 4,8 graus Celsius na temperatura média global, com incremento de 0,45 a 0,82 metro no nível do mar. (p. 18).

As mudanças climáticas já demonstram efeitos evidentes ligados à disponibilidade hídrica e à diversidade ecossistêmica. A proteção destes é vital para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento futuro das atividades antrópicas, incluindo a própria garantia de condição de habitabilidade e produção de bens, quer na cidade, quer no campo (ATLAS RJ, 2018).

Dentro deste contexto, o Brasil possui uma grande responsabilidade, visto que abriga - em seu território - uma enorme riqueza em capitais naturais. Sua variedade de biomas - Floresta Amazônica, Pantanal, Cerrado, Caatinga, Pampas e Mata Atlântica - retrata o vasto patrimônio da flora e da fauna brasileiras, adquirindo assim, o posto de país com a maior biodiversidade do planeta.

O presente estudo tem como foco o bioma Mata Atlântica, que corresponde à 13,04% do território nacional. Considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade (Figura 1), abriga aproximadamente 35% das espécies vegetais existentes no Brasil, incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA, 2015).

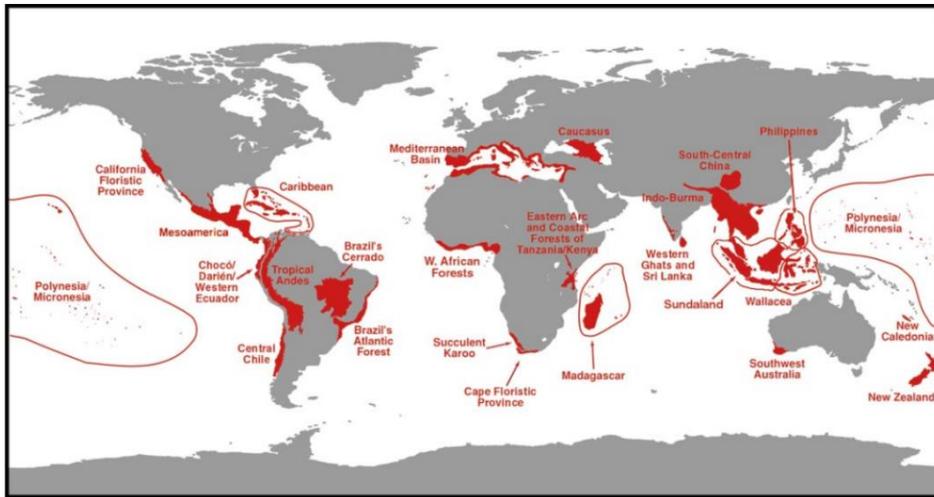


Figura 1: Hotspots mundiais de biodiversidade.
Fonte: Myers et al. (2000)

O estado do Rio de Janeiro encontra-se totalmente inserido no bioma Mata Atlântica, porém devido à ocupação urbana e o desenvolvimento de atividades econômicas, restaram apenas 21% - 917.196ha - da extensão original de vegetação florestal no território fluminense (HIROTA e PONZONI, 2019). Além disso, da vegetação original da Mata Atlântica - levando em conta toda sua extensão territorial dentro do Brasil - menos de 8% remanesce (PINTO et al., 2006).

Sendo assim, a recuperação da floresta nativa mostra-se de grande importância neste bioma. Segundo SIQUEIRA e MESQUITA (2007),

A Mata Atlântica, ainda que muito fragmentada e devastada, apresenta grande diversidade biológica em seus remanescentes florestais. Dentro desse cenário, as ações de recomposição florestal são de fundamental importância e devem ser registradas e estimuladas (p. 29).

Frente à esta problemática, e no contexto das mudanças do clima, a restauração florestal torna-se um importante mecanismo de mitigação e adaptação à crise climática.

A elaboração deste trabalho consistiu em compreender a contribuição da restauração florestal no enfrentamento às mudanças climáticas através da absorção de dióxido de carbono da atmosfera. Para tal, foi feita, primeiramente, uma revisão bibliográfica histórica da temática,

abordando as principais conferências mundiais realizadas e os órgãos, acordos e legislações - mais relevantes - criados ao longo do processo.

Também foi feito um recorte do tema para o Brasil, e mais especificamente, para o Rio de Janeiro, discorrendo sobre as legislações e instrumentos nacionais e estaduais pertinentes ao conteúdo.

Em seguida, adentrou-se no objeto da restauração florestal, compreendendo melhor a sua definição, bem como suas vantagens e aplicações. E, a partir disso, foram propostos dois cenários de expansão - foco deste trabalho - da recuperação de vegetação florestal nativa no estado do Rio de Janeiro. Através da dimensão de território recuperado, obteve-se o potencial de absorção de CO₂ pela biomassa florestal.

Por fim, os resultados encontrados a partir dos cenários sugeridos foram avaliados à luz do contexto das mudanças climáticas para o estado do Rio de Janeiro.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho consiste em analisar o potencial de absorção de CO₂ para dois cenários de restauração florestal no Estado do Rio de Janeiro com horizonte de 15 anos (2020-2035).

Como objetivo secundário, o trabalho pretende ainda fazer uma comparação entre os valores encontrados de absorção de carbono e as emissões de GEE do estado, de modo a avaliar o potencial de mitigação dessa medida.

De forma complementar, fazer uma estimativa de custos para o financiamento da restauração florestal, com o intuito de permitir uma discussão acerca das alternativas para o custeio desse processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O aquecimento global é definido como o aumento da temperatura média dos oceanos e da camada de ar próxima à superfície terrestre. Essa elevação de temperatura da terra pode ser decorrente de causas naturais, como alterações na radiação solar e dos movimentos orbitais da

Terra ou, pode ser por consequência de atividades antropogênicas que emitem gases poluentes atmosféricos.

Diversos estudos científicos apontam as ações humanas como a principal causa do aquecimento global.

Intensificada principalmente após a Revolução Industrial, no final do século XVIII, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado significativamente. Registros diários calculam que a concentração atmosférica de CO₂ passou de 280ppm (partes por milhão) no ano de 1750, para uma média de 402ppm em 2018, representando um incremento de aproximadamente 44%. Este acréscimo na concentração de CO₂ implica no aumento da capacidade da atmosfera em reter calor e, conseqüentemente, da temperatura do planeta.

De acordo com projeções futuras, estima-se que, em 2100, a concentração de CO₂ na atmosfera pode alcançar valores entre 670 e 850ppm, ou seja, 140 a 200% acima do nível de 1750. Para esta concentração de dióxido de carbono, aponta-se uma ascensão de 3.5 a 4°C na temperatura global, quando comparada aos níveis do período pré-industrial, interferindo drasticamente no clima e na vida de todos os seres vivos do planeta.

De acordo com o IPCC, é certo que a temperatura média global da superfície aumentou desde finais do século XIX. Cada uma das três últimas décadas tem sido sucessivamente mais quente do que qualquer uma das décadas anteriores.

Diversas são as consequências do aumento da temperatura global, como: aumento na incidência da ocorrência de eventos climáticos extremos, como enchentes, tempestades, furacões e secas; elevação do nível do mar, acarretando o desaparecimento de diversas ilhas - e em alguns casos, de países inteiros; perda de cobertura de gelo; alterações na disponibilidade de recursos hídricos; mudanças nos ecossistemas; desertificação; interferências na agricultura; e impactos na saúde e no bem estar da população humana.

Historicamente, os países desenvolvidos foram os principais responsáveis pela maior parte das emissões globais de gases de efeito estufa, sendo os Estados Unidos o país líder em emissão. Porém, nos últimos anos, países em desenvolvimento, como a China, Índia e Brasil, também entraram para a lista de grandes emissores de GEE. Se a análise for baseada por habitante, ou seja, per capita, estes países em desenvolvimento mantêm emissões muito baixas quando comparados aos países desenvolvidos, decorrente de sua grande extensão territorial e populacional.

As figuras (2 e 3) a seguir, montadas com base nos dados divulgados pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), demonstram, quantitativamente, os maiores contribuintes em emissão de CO₂ em 2017 e os maiores contribuintes em emissão de CO₂ - decorrente da queima de combustível fóssil - no somatório da história desde 1751 (pouco antes da Primeira Revolução Industrial) até 2017.

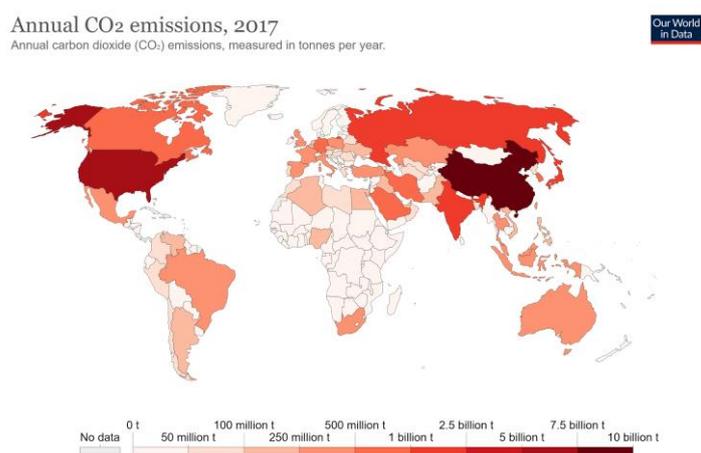


Figura 2: Comparação quantitativa do nível de emissão de CO₂ durante o ano de 2017.
Fonte: OurWorldInData.org

Cumulative CO₂ emissions, 2017

Cumulative carbon dioxide (CO₂) emissions represents the total sum of CO₂ emissions produced from fossil fuels and cement since 1751, and is measured in tonnes.

Our World
in Data

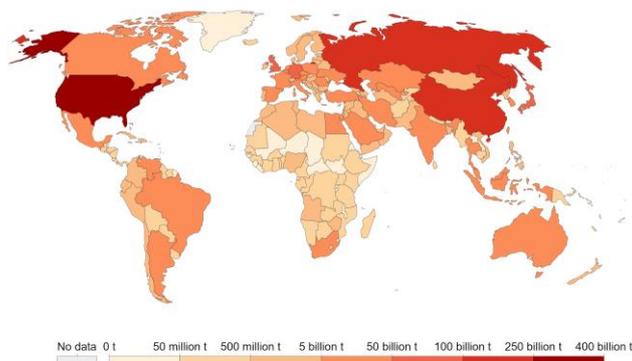


Figura 3: Comparação quantitativa do nível de emissão de CO₂ (decorrente da queima de combustível fóssil) acumulado entre os anos de 1751 e 2017.

Fonte: OurWorldInData.org

Levando em consideração a expansão populacional mundial, a urbanização, o crescimento econômico e as consequências ambientais desses fatores, começou a entrar em pauta, em meados dos anos 60, questões ecológicas - principalmente em relação ao impacto gerado pelas atividades humanas - dentro de reuniões e conferências internacionais.

O avanço do conhecimento científico, aliado a um maior domínio sobre as técnicas de estudo sobre o meio natural, trouxe o que foi denominado “despertar da consciência ecológica”. Esta época foi marcada pelas tentativas de diversos países em promover e disseminar conhecimento para se atingir o desenvolvimento econômico de forma integrada à preservação da natureza e dos recursos naturais.

Foi a partir disso que surgiram as principais conferências internacionais sobre o meio ambiente, que tinham como objetivo pautar questões ambientais e definir estratégias e políticas para se atingir metas ambientais.

A primeira conferência mundial sobre o meio ambiente ocorreu em Estocolmo, na Suécia, em 1972, reunindo 113 países, incluindo o Brasil, e ficou marcada como o primeiro movimento ecológico de caráter internacional.

A conferência chamou a atenção para o fato de que a ação humana estava causando uma séria degradação da natureza e criando riscos para o bem-estar e para a sobrevivência da humanidade.

Contudo, as mudanças climáticas ainda não eram pauta nesse evento, tornando-se relevantes pela primeira vez em 1979, na Primeira Conferência Mundial do Clima. Organizada pela Organização Meteorológica Mundial, ela reuniu em Genebra cientistas e especialistas de 53 países e 24 organizações internacionais, com o objetivo de debater questões ambientais referentes à agricultura, recursos hídricos, energia, biologia e economia.

Com um caráter mais científico, a conferência apelou às nações que tomassem conhecimento e investigassem mais a fundo os impactos climáticos.

Dando continuidade aos esforços relacionados às questões climáticas, em 1988 a ONU, junto com a OMM, criou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que avalia e endossa pesquisas científicas.

De acordo o próprio site do IPCC:

O IPCC foi criado para fornecer aos governantes avaliações científicas regulares sobre mudanças climáticas, suas implicações e possíveis riscos futuros, além de apresentar opções de adaptação e mitigação.

Através de suas avaliações, o IPCC identifica onde há acordo na comunidade científica sobre tópicos relacionados às mudanças climáticas e onde é necessária mais pesquisa. Os relatórios são elaborados e revisados em várias etapas, garantindo objetividade e transparência. O IPCC não realiza sua própria pesquisa.

Os relatórios do IPCC são neutros, relevantes para a política, mas não prescritivos para a política. Os relatórios de avaliação são uma contribuição fundamental nas negociações internacionais para combater as mudanças climáticas. Criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988, o IPCC possui 195 países membros.

Anos mais tarde, em 1994 entra em vigor a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Esta convenção criou uma plataforma para a elaboração de acordos internacionais, definindo o papel de cada país no controle do aquecimento global. Ela vincula juridicamente, ou seja, em vez de recomendações, as nações assumem o compromisso de colaborar.

A UNFCCC, de acordo com seu Art. 2, estabeleceu seu objetivo como

O objetivo final desta Convenção e de quaisquer instrumentos legais que a Conferência das Partes possa vir a adotar é o de conseguir, de acordo com as disposições relevantes da Convenção, a estabilização das concentrações na atmosfera de gases de efeito de estufa a um nível que evite uma interferência antropogênica perigosa com o sistema climático. Tal nível deve ser atingido durante um espaço de tempo suficiente para permitir a adaptação natural dos ecossistemas às alterações climáticas, para garantir que a produção de alimentos não seja ameaçada e para permitir que o desenvolvimento econômico prossiga de uma forma sustentável.

Além disso, a UNFCCC dividiu os países membros em anexos, de acordo com suas responsabilidades ambientais frente aos problemas climáticos. O Anexo 1 é composto por 43 países industrializados e responsáveis históricos pelas emissões de GEE. O Anexo 2 é composto por 24 países que também compõem o anexo 1 e que devem auxiliar os países em desenvolvimento a se adaptar às mudanças climáticas e a desenvolver tecnologias sustentáveis.

Por fim, o Não-Anexo 1 é composto pelos países em desenvolvimento, que futuramente devem se voluntariar para fazer parte do Anexo 1. Essa divisão em anexos é ilustrada na Figura 4.

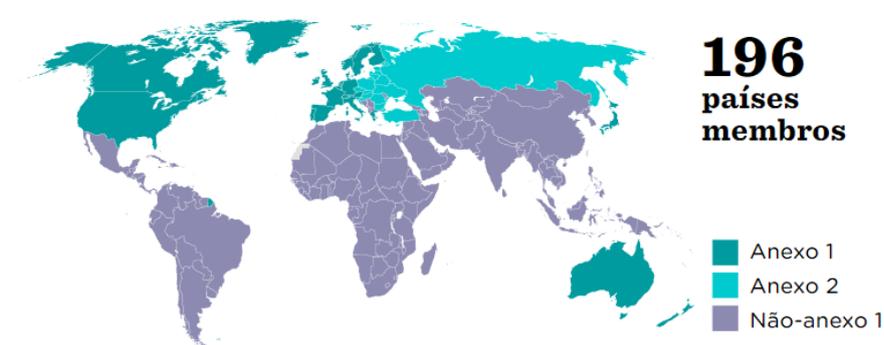


Figura 4: Divisão em anexos dos países membros da UNFCCC.
Fonte: Nexo Jornal.

Além disso, a UNFCCC definiu que os representantes dos diferentes países devem se reunir anualmente para discutir a implementação dos acordos definidos na Convenção do Clima. Estas reuniões são chamadas de Conferências das Partes (COPs).

Dessas reuniões, derivaram documentos importantes relativos às mudanças climáticas. Na COP-3, em 1997, foi assinado o Protocolo de Kyoto, um acordo internacional que estabelecia metas concretas para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Segundo o Art. 2 do Protocolo,

1. Cada Parte incluída no Anexo I, ao cumprir seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões assumidos sob o Artigo 3, a fim de promover o desenvolvimento sustentável, deve:

- (a) Implementar e/ou aprimorar políticas e medidas de acordo com suas circunstâncias nacionais, tais como:
 - (i) O aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia nacional;

(ii) A proteção e o aumento de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, levando em conta seus compromissos assumidos em acordos internacionais relevantes sobre o meio ambiente, a promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;

(iii) A promoção de formas sustentáveis de agricultura à luz das considerações sobre a mudança do clima;

(iv) A pesquisa, a promoção, o desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de sequestro de dióxido de carbono e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras;

(v) A redução gradual ou eliminação de imperfeições de mercado, de incentivos fiscais, de isenções tributárias e tarifárias e de subsídios para todos os setores emissores de gases de efeito estufa que sejam contrários ao objetivo da Convenção e aplicação de instrumentos de mercado;

(vi) O estímulo a reformas adequadas em setores relevantes, visando a promoção de políticas e medidas que limitem ou reduzam emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal;

(vii) Medidas para limitar e/ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal no setor de transportes;

(viii) A limitação e/ou redução de emissões de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia;

(b) Cooperar com outras Partes incluídas no Anexo I no aumento da eficácia individual e combinada de suas políticas e medidas adotadas segundo este Artigo, conforme o Artigo 4, parágrafo 2(e)(i), da Convenção. Para esse fim, essas Partes devem adotar medidas para compartilhar experiências e trocar informações sobre tais políticas e medidas, inclusive desenvolvendo formas de melhorar sua comparabilidade, transparência e eficácia. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo deve, em sua primeira sessão ou tão logo seja praticável a partir de então, considerar maneiras de facilitar tal cooperação, levando em conta toda a informação relevante.

Ainda, o artigo 3.1 do Protocolo estabelece,

As Partes incluídas no Anexo I devem, individual ou conjuntamente, assegurar que suas emissões antropogênicas agregadas, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa listados no Anexo A não excedam as suas quantidades atribuídas, calculadas em conformidade com os seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões descritos no Anexo B e de acordo com as disposições deste Artigo, com vista à redução das suas emissões totais desses gases em pelo menos 5 por cento abaixo dos níveis de 1990 no período de compromisso de 2008 a 2012.

Apesar da resistência por parte de alguns países desenvolvidos, foi acordado pela UNFCCC o princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada. Assim, os países desenvolvidos e industrializados (pertencentes ao Anexo I), por serem responsáveis históricos pelas emissões e por terem mais condições econômicas para arcar com os custos, seriam os primeiros a assumir as metas de redução até 2012.

Segundo o Protocolo, os países não pertencentes ao Anexo I, entre eles o Brasil, continuariam sem obrigação de reduzir suas emissões durante este primeiro período de compromisso.

De acordo com o Protocolo, estas metas de redução deveriam ser alcançadas através de políticas públicas que limitassem as emissões diretamente, ou que criassem incentivos para melhorar a eficiência dos setores energético, industrial e de transporte, e que promovessem maior uso de fontes renováveis de energia (PINTO, MOUTINHO, RODRIGUES, 2008).

Este acordo só entrou em vigor de fato após 8 anos, pois para que isso acontecesse, era necessário que os países que ratificassem o protocolo, representassem 55% do total de emissões de GEE no mundo. Isso só ocorreu com a ratificação da Rússia em 2004, considerada na época o segundo maior país emissor de gases nocivos do efeito estufa. O Protocolo de Kyoto passou a entrar em vigor em fevereiro de 2005.

Os Estados Unidos, até então maior emissor de dióxido de carbono do mundo (36,1%), assinaram, mas não ratificaram o Protocolo de Kyoto, alegando que a implantação das metas e diretrizes propostas pelo acordo prejudicariam a economia do país.

As negociações são de uma extrema complexidade já que a economia mundial está fortemente alicerçada no consumo de combustíveis fósseis. Para que muitos países se comprometam a cumprir o estabelecido no protocolo, muito provavelmente terão que suportar reduções mais ou menos acentuadas do respectivo Produto Interno Bruto, tornando muito complicada a aprovação interna do protocolo. Parece ser este o caso dos Estados Unidos da América. Para ultrapassar essa situação é necessário que haja um esforço de conscientização global sobre a importância do problema. (SILVA, 2009).

Os Estados Unidos se retiraram do Protocolo de Kyoto em março de 2001, em razão dos seguintes argumentos: o custo do pacto era por demais elevado; injusta era a exclusão dos países em desenvolvimento; não havia provas que relacionassem o aquecimento global com a poluição industrial, as reduções nas emissões de gases de efeito estufa prejudicariam a economia do país, pois este é altamente dependente dos combustíveis fósseis. (LIMIRO, 2009).

Para auxiliar os países do Anexo I no cumprimento de parte das metas de redução da emissão de GEE, o Protocolo de Kyoto introduziu mecanismos de flexibilização. Por meio desses mecanismos, um país do Anexo I poderia ultrapassar o seu limite de emissões sem que as emissões líquidas globais aumentassem, desde que houvesse redução equivalente em outro país. Estes mecanismos estão de acordo com o princípio de que a poluição atmosférica deve ser reduzida, não importando a região que irá ocorrer (GODOY e PAMPLONA, 2007).

PINTO, MOUTINHO e RODRIGUES (2008) definem os três mecanismos de flexibilização, como

Comércio de Emissões: Este mecanismo permite que dois países sujeitos a metas de redução de emissões (isto é, países do Anexo I) façam um acordo pelo qual o país A,

que tenha diminuído suas emissões para níveis abaixo da sua meta, possa vender o excesso das suas reduções para o país B, que não tenha alcançado tal condição.

Implementação Conjunta: Este mecanismo é permitido entre países do Anexo I. Um país A implementa projetos que levem à redução de emissões em um país B, no qual os custos com a redução sejam mais baixos. Por exemplo, se os japoneses tem um alto custo para reduzir suas emissões, estes poderiam implementar um projeto visando reduções na Alemanha.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Este mecanismo permite que os membros do Anexo I possam desenvolver projetos que contribuam para o desenvolvimento sustentável de países em desenvolvimento (não-Anexo I) de modo a ajudar na redução de suas emissões. Essas iniciativas visam a geração de créditos de redução de emissões para os países do Anexo I, ao mesmo tempo que contribuem para que os países em desenvolvimento se beneficiem com os recursos financeiros e tecnológicos adicionais para financiamento de atividades sustentáveis e para a redução de emissões globais. (p. 28).

O MDL é o único que permite a participação de países em desenvolvimento em cooperação com países desenvolvidos. O objetivo final da redução das emissões pode ser atingido, assim, por meio da implementação de atividades de projetos nos países em desenvolvimento que resultem na redução das emissões de GEEs ou no aumento da remoção de CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outros (LOPES, 2002).

Além disso, as reduções obtidas através do MDL devem ser adicionais a quaisquer outras que aconteceriam sem a implementação das atividades do projeto (PINTO, MOUTINHO e RODRIGUES, 2008).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é o principal mecanismo de flexibilização frente ao presente trabalho, pois este instrumento permite que países desenvolvidos invistam no Brasil - um país do Não-Anexo 1 - a fim de cumprir suas metas de redução de emissão.

Uma nova proposta de extrema importância no cenário climático ambiental foi divulgada durante a COP-18, realizada em Doha, no Qatar. A Emenda de Doha projetava um segundo período para prosseguimento do Protocolo de Kyoto, já que seu primeiro período de vigência - de 2008 a 2012 - havia chegado ao fim. No entanto, o início das negociações de outro acordo, que se tornaria o Acordo de Paris, desestimulou a adesão à Emenda.

Um segundo período de compromissos foi acordado, de 2013 a 2020, entretanto os países que se comprometeram respondem por apenas 15% das emissões globais. Estados Unidos, Japão, Canadá, Rússia e os países em desenvolvimento não se submetem ao segundo período de compromissos. (CMMC, 2013, p. 10).

Com o passar dos anos, diversos países foram ratificando a emenda, porém sem atingir o número mínimo necessário de ratificações. Até os dias atuais, 136 países ratificaram a Emenda de Doha, quantidade insuficiente para que esta entre em vigor, já que são necessárias 144 ratificações, ou seja, três quartos das ratificações do Protocolo de Kyoto, que possuía 192 membros.

É válido ressaltar que, em 2012, a meta de redução das emissões de GEE de 5% em relação a 1990 durante o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008 a 2012) não foi atingida. (WWF BRASIL, 2015).

Outra conferência muito relevante foi a COP-21, ocorrida entre os dias 30 de novembro e 11 de dezembro em Paris, na França. O objetivo principal desta conferência era entrar em um consenso quanto às políticas necessárias para combater os efeitos das mudanças climáticas, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Como resultado, foi adotado um novo acordo global chamado Acordo de Paris, ratificado pelas 195 partes da UNFCCC e pela União Europeia.

O Acordo de Paris foi firmado com o propósito de substituir o Protocolo de Kyoto, ao final de sua vigência em 2020. Mas, ao contrário do Protocolo de Kyoto, que se baseava na obrigatoriedade de redução das emissões de gases de efeito estufa aos países desenvolvidos, o Acordo de Paris busca envolver todas as nações na redução de emissões e incentivar as ações voluntárias e a transparência.

O principal objetivo do acordo, desta vez válido para todos os países, é manter o aquecimento global abaixo de 2°C, buscando ainda esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Além disso, o texto final determina, no que diz respeito ao financiamento climático, que os países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação em países em desenvolvimento.

Para entrar em vigor, o Acordo de Paris necessitava da ratificação de pelo menos 55 países, que representavam 55% das emissões de GEE. O secretário-geral da ONU abriu o período para assinatura oficial do acordo no dia 22 de abril de 2016. Após 30 dias, as assinaturas foram alcançadas e o Acordo de Paris entrou em vigor.

Ainda em 2016, sob governo de Donald Trump, os Estados Unidos iniciaram o processo de saída do Acordo de Paris. E, de acordo com o prazo estipulado pelo documento, a saída será concretizada em novembro de 2020.

A fim de alcançar o objetivo final do Acordo, os governos dos países participantes deveriam construir seus próprios compromissos ambientais, chamados de Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês) e apresentar à ONU junto à sua assinatura de ratificação. Por meio das iNDCs, cada nação apresentou sua contribuição de redução de emissões dos gases de efeito estufa, de acordo com a realidade e viabilidade de execução frente ao cenário econômico-social do país.

No momento em que a iNDC era entregue, junto à ratificação do país ao Acordo de Paris, esta deixava de ser uma contribuição pretendida e passava a ser um compromisso oficial. Com isso, a sigla passa a se chamar NDC, perdendo a letra “i” (do inglês, *intended*).

Por fim, o acordo prevê que os sumidouros naturais de carbono como florestas e oceanos, e formas tecnológicas de capturá-lo, compensarão as emissões humanas por queima de combustíveis fósseis. Esta é a base de estudo para o desenvolvimento deste trabalho.

3.2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

No âmbito das mudanças climáticas, o Brasil cumpre papel importante por deter uma vasta riqueza em recursos naturais, abundância em hidroeletricidade, programa de biocombustíveis em larga escala, recursos importantes em energia solar e eólica, etc. Por isso, é de extrema importância que o Brasil, ao mesmo passo que procura seu crescimento econômico e seu avanço industrial, siga políticas e metas para um desenvolvimento sustentável.

Dentro deste cenário, o Brasil, como detentor de um rico território natural - possuinte da maior parte da Amazônia - e como um país em desenvolvimento lutando por independência econômica, torna-se uma importante peça do quebra-cabeça climático mundial.

É importante ressaltar que, em 1994, o Brasil emitiu aproximadamente 280 milhões de toneladas de carbono, das quais cerca de 70 milhões resultaram da queima de combustíveis fósseis e 210 milhões de mudança no uso do solo e queima de florestas. (PINTO, MOUTINHO e RODRIGUES, 2008). Ainda hoje, as emissões relativas às mudanças de uso no solo, mais especificamente ao desmatamento, são as mais relevantes no país.

O Gráfico 1 abaixo demonstra os valores totais de gases de efeito estufa emitidos no Brasil, por ano, de acordo com a fonte de emissão.

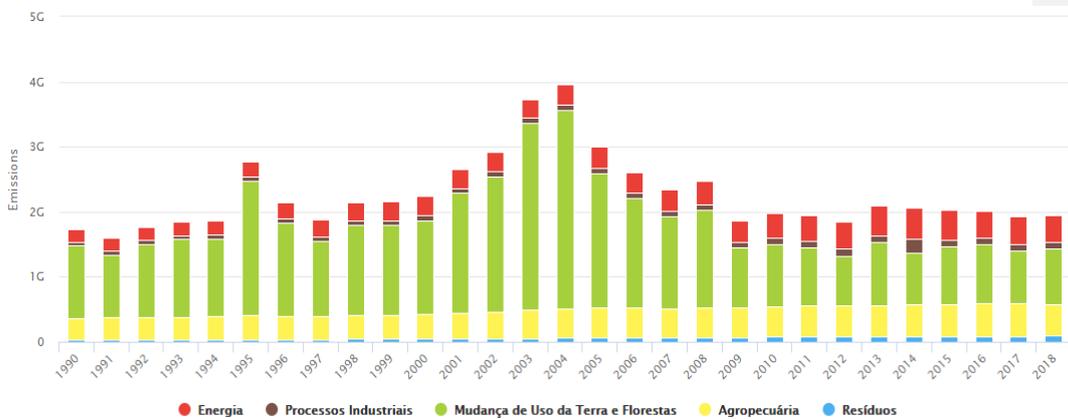


Gráfico 1 Emissões totais de gases de efeito estufa, por tipo de fonte, no Brasil.
 Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), 2018.

Como visto anteriormente, durante a vigência do Protocolo de Kyoto (2008 - 2012: primeiro período; 2013 - 2020: segundo período), o Brasil - por não constar no Anexo 1 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, assim como a China e Índia - não possuía uma meta obrigatória quantificada de limitação e redução de emissões de GEE, apenas metas voluntárias.

Mesmo assim, como membro do Não-Anexo 1, o Brasil poderia contribuir para a diminuição das emissões a partir do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), onde, através da venda de créditos de carbono, o país não só receberia projetos tecnológicos contribuintes ao desenvolvimento sustentável - advindos de países desenvolvidos - como também se beneficiaria com o ganho de recursos financeiros. Ou seja, a redução correspondente de emissões, proporcionada pelo projeto, é convertida em reduções certificadas de emissões (RCE ou CER - *Certified Emissions Reduction*, em inglês), que são compradas pelas nações do Anexo I (CMMC, 2013). As RCE representam créditos que podem ser utilizados pelas Partes do Anexo I que tenham ratificado o Protocolo de Quioto, como uma maneira de cumprimento parcial de suas metas de redução de emissões de GEE. (WWF-BRASIL, 2015).

É importante ressaltar que os projetos de MDL são limitados aos setores de transportes, florestal e energético, e tem como função principal, determinar a criação de procedimentos rigorosos de registro público para a qualificação de projetos de redução de carbono, ou seja, é uma regulamentação do processo de obtenção dos créditos de CO₂.

O MDL prevê que os projetos devem ser aprovados pela Autoridade Nacional Designada (AND) de cada país. No Brasil, quem tem essa atribuição é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, que, publicou, em setembro de 2003, a Resolução nº 1 orientando a preparação e submissão de projetos de MDL.

PINTO, MOUTINHO e RODRIGUES (2008), resumem as etapas desse processo da seguinte forma,

Elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP) – deve conter todas as informações necessárias para validação/registro, monitoramento, verificação e certificação do projeto. Este documento deverá incluir, entre outras coisas, a descrição das atividades de projeto, dos seus participantes, da metodologia, do plano de monitoramento, além da definição do período de obtenção de créditos e a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto.

Validação/Aprovação – é o processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma entidade operacional designada, com base no DCP. Aprovação é o processo pelo qual a AND das Partes envolvidas confirma a participação voluntária e a AND do país onde são implementadas as atividades de projeto do MDL atesta a contribuição da atividade para o desenvolvimento sustentável do país.

Registro – é a aceitação formal, pelo Conselho Executivo, de um projeto validado como atividade de projeto do MDL. O registro é o pré-requisito para a verificação, certificação e emissão das RCEs relativas à atividade de projeto do MDL.

Monitoramento – inclui o levantamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no DCP, que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade de projeto, ou fora desses limites desde que sejam atribuíveis a atividade de projeto, e dentro do período de obtenção de créditos.

Verificação – é o processo de auditoria periódico e independente para verificar, ex post, a redução de emissões de uma atividade de projeto do MDL que efetivamente ocorreu. Apenas atividades de projetos do MDL registradas são verificadas e certificadas.

Certificação – é a garantia fornecida por escrito de que uma determinada atividade de projeto atingiu um determinado nível de redução de emissões de gases de efeito estufa durante um determinado período de tempo específico.

Emissão RCEs – é a etapa final, quando o Conselho Executivo tem certeza de que, cumpridas todas as etapas, as reduções de emissões de gases de efeito estufa são reais, mensuráveis e de longo prazo e, portanto, podem dar origem a RCEs. (p. 32).

Frente ao foco do presente estudo, é válido expor que no caso de projetos de MDL florestal, existem diversas limitações relacionadas à implementação de atividades. São algumas destas limitações:

Comprovação da adicionalidade do projeto em relação a uma linha de base, isto é, o projeto precisa demonstrar que promoverá redução de emissões ou remoção de carbono de uma forma adicional em relação ao que ocorreria na ausência do projeto; Risco de vazamento e a não-permanência, sendo o termo vazamento definido como as mudanças nas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa que ocorreriam

fora dos limites do projeto e a não-permanência definida como a possível reversão do carbono estocado nas florestas para a atmosfera;
 Caráter temporário dos créditos, isto é, eles são válidos apenas durante o 1º período de compromisso;
 Baixos preços dos créditos de carbono florestal no mercado quando comparados àqueles gerados por projetos do setor energético;
 Alto grau de incerteza;
 Alto custo de implementação e monitoramento. (IPAM, 2015).

Analisando as prerrogativas acima, entende-se o porquê das atividades de MDL florestal se resumirem às atividades de florestamento e reflorestamento, excluindo então atividades de conservação florestal e outros usos da terra.

A grande dificuldade em considerar atividades de florestamento e reflorestamento como um MDL está na consciência de que o carbono estocado na vegetação pode ser liberado para a atmosfera no caso de perda (total ou parcial), queima e/ou degradação da formação florestal. Esta questão ficou conhecida como não-permanência, e é exclusiva de projetos florestais.

A título de verificação do status do MDL no mundo, 7.690 atividades de projeto encontravam-se registradas na UNFCCC até 31 de janeiro de 2016. O Brasil ocupava o 3º lugar com 339 atividades de projeto registradas (4,4%), sendo que em primeiro lugar encontrava-se a China com 3.764 (48,9%) e, em segundo, a Índia com 1.598 (20,8%) (CIMGC, 2015).

Isso representava para o Brasil uma redução de cerca de 374 milhões tCO_{2eq} para o primeiro período de obtenção de créditos, correspondente a 4,9% do total mundial.

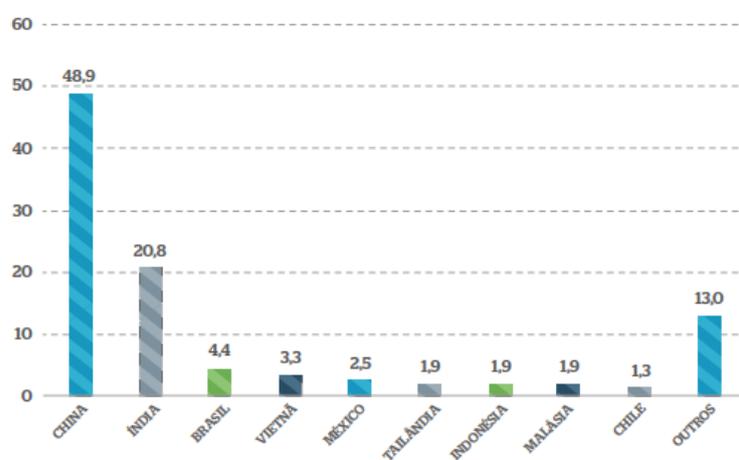


Gráfico 2: Distribuição do total de atividades de projetos MDL registradas por país até 31 de janeiro de 2016
 Fonte: Relatório Anual da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima de 2015.

Já no Gráfico 3, que apresenta a distribuição anual do status das atividades de projeto MDL do Brasil na CIMGC desde 2004 a janeiro de 2016, é possível perceber um aumento na entrada de projetos na CIMGC em 2012 e uma redução significativa posterior ao mesmo ano. Isso pode ser justificado pelo fato de 2012 ter sido o último ano de vigência do primeiro período de cumprimento de compromissos do Protocolo de Kyoto. Com isso, diversos países do Anexo 1 estavam buscando o cumprimento das metas que assumiram para 2012, investindo capital em países do Não-Anexo 1 para redução de emissões. E, já que a Emenda de Doha não entrou em vigor, não houve política de estímulo para os anos posteriores, fazendo com que os países deixassem de investir no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

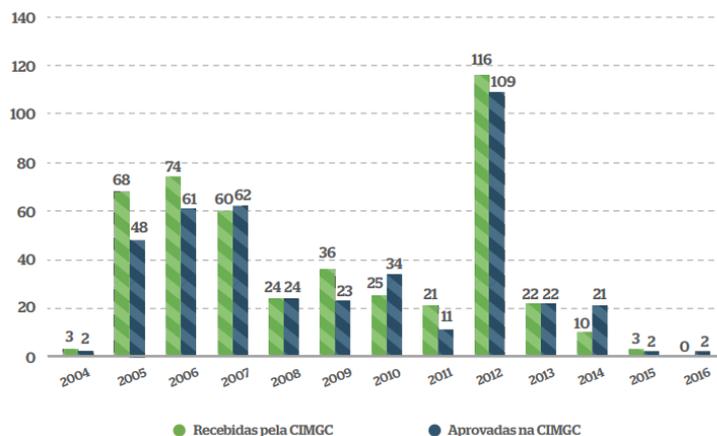


Gráfico 3: Distribuição anual de atividades de projeto MDL recebidas pela CIMGC no período de 2004 a janeiro de 2016. Fonte: Relatório Anual da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima de 2015.

Como o presente estudo visa propor ações de reflorestamento no estado do Rio de Janeiro, é interessante analisar a distribuição do número de atividades de projeto MDL no Brasil, por estado da Federação até 31 de janeiro de 2016. Deve-se considerar que algumas atividades englobam mais de um estado.

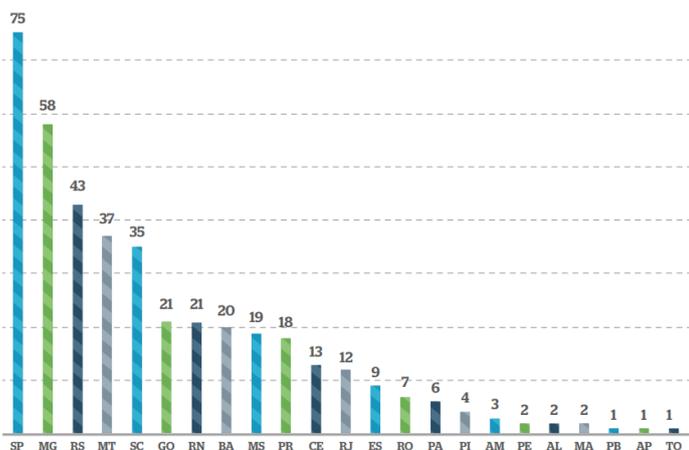


Gráfico 4: Distribuição do número de atividades de projeto MDL no Brasil por estado, registradas na UNFCCC entre 2004 e janeiro de 2016.

Fonte: Relatório Anual da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima de 2015.

Ademais, é importante ressaltar que, quanto ao número de atividades de projeto brasileiras, por tipo de projeto, registradas até 31 de janeiro de 2016, são identificadas apenas 03 atividades relacionadas à reforestamento e florestamento no Brasil, como demonstrado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de projeto, registradas na UNFCCC.

Tipos de atividades de projeto	Atividades de projeto de MDL		Redução estimada de emissão GEE por tipo de atividade de projeto	
	Quantidade	% em relação ao total	tCO ₂ eq	% em relação ao total
Hidrelétrica ³	94	27,7	138.473.415	37,0
Biogás ⁴	63	18,6	24.861.823	6,6
Usina eólica	56	16,5	42.670.329	11,4
Gás de aterro	50	14,8	87.280.381	23,3
Biomassa energética	41	12,1	16.091.394	4,3
Substituição de combustível fóssil	09	2,6	2.664.006	0,7
Metano evitado ⁵	09	2,6	8.627.473	2,3
Decomposição de N ₂ O	05	1,5	44.660.882	11,9
Utilização e recuperação de calor	04	1,2	2.986.000	0,8
Reflorestamento e florestamento	03	0,8	2.408.842	0,6
Uso de materiais	01	0,3	199.959	0,0
Energia solar fotovoltaica	01	0,3	6.594	0,0
Eficiência energética	01	0,3	382.214	0,1
Substituição de SF ₆	01	0,3	1.923.005	0,5
Redução e substituição de PFC	01	0,3	802.860	0,2
Total	339	100,0	373.959.177	100,0

Fonte: Relatório Anual da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima de 2015.

Isso demonstra que, mesmo o Brasil tendo a maior parte das suas emissões de GEE advindas de desmatamento e mudança do uso do solo, o reflorestamento - que deveria ser mais incentivado - ainda é pouco desenvolvido no país.

Este baixo incentivo registrado é decorrente da dificuldade de implementação de atividades de MDL florestal citada anteriormente. Pinto, Moutinho e Rodrigues (2008) especificam os motivos,

O baixo investimento em atividades de reflorestamento e florestamento acontece devido, entre outras razões, às restrições que foram colocadas no âmbito do MDL para esta modalidade de atividades. Ocorre também pelo pouco interesse por parte dos investidores devido ao caráter temporário dos créditos, as incertezas sobre a adicionalidade do projeto em relação a sua linha de base e aos altos custos de transação. Com estas dificuldades mais o fato da não inclusão do desmatamento evitado como atividade elegível para o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto, o Brasil tem limitada a sua participação no mercado de carbono. (p. 35).

Finalmente, após a aprovação pelo Congresso Nacional, o Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação do Acordo de Paris. No dia 21 de setembro, o instrumento foi entregue às Nações Unidas. Com isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais.

O Ministério do Meio Ambiente (2016) explica a NDC brasileira,

A NDC do Brasil comprometeu-se em reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

Para atingimento destas metas, o Brasil - seguindo suas responsabilidades perante a problemática das mudanças climáticas - busca reduzir suas emissões através do auxílio de políticas pertinentes a este desafio. A legislação nacional vigente que trata das mudanças do clima está disposta no subcapítulo a seguir.

3.2.1 Legislação nacional referentes às mudanças climáticas

A Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Em seu Art. 4º, parágrafo único, declara que os objetivos da Política Nacional sobre Mudança do Clima deverão estar em consonância com o desenvolvimento sustentável a fim de buscar o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais.

Para viabilizar o alcance destes objetivos, o texto institui algumas diretrizes, como fomento a práticas que efetivamente reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o estímulo a adoção de atividades e tecnologias de baixas emissões desses gases, além de padrões sustentáveis de produção e consumo. (MMA, s.d.)

As diretrizes desta lei estão expostas no Art. 5º

I - os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no Protocolo de Quioto e nos demais documentos sobre mudança do clima dos quais vier a ser signatário;

II - as ações de mitigação da mudança do clima em consonância com o desenvolvimento sustentável, que sejam, sempre que possível, mensuráveis para sua adequada quantificação e verificação a posteriori;

- III - as medidas de adaptação para reduzir os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico;
- IV - as estratégias integradas de mitigação e adaptação à mudança do clima nos âmbitos local, regional e nacional;
- V - o estímulo e o apoio à participação dos governos federal, estadual, distrital e municipal, assim como do setor produtivo, do meio acadêmico e da sociedade civil organizada, no desenvolvimento e na execução de políticas, planos, programas e ações relacionados à mudança do clima;
- VI - a promoção e o desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas, e a difusão de tecnologias, processos e práticas orientados a:
- a) mitigar a mudança do clima por meio da redução de emissões antrópicas por fontes e do fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa;
 - b) reduzir as incertezas nas projeções nacionais e regionais futuras da mudança do clima;
 - c) identificar vulnerabilidades e adotar medidas de adaptação adequadas;
- VII - a utilização de instrumentos financeiros e econômicos para promover ações de mitigação e adaptação à mudança do clima, observado o disposto no art. 6º;
- VIII - a identificação, e sua articulação com a Política prevista nesta Lei, de instrumentos de ação governamental já estabelecidos aptos a contribuir para proteger o sistema climático;
- IX - o apoio e o fomento às atividades que efetivamente reduzam as emissões ou promovam as remoções por sumidouros de gases de efeito estufa;
- X - a promoção da cooperação internacional no âmbito bilateral, regional e multilateral para o financiamento, a capacitação, o desenvolvimento, a transferência e a difusão de tecnologias e processos para a implementação de ações de mitigação e adaptação, incluindo a pesquisa científica, a observação sistemática e o intercâmbio de informações;
- XI - o aperfeiçoamento da observação sistemática e precisa do clima e suas manifestações no território nacional e nas áreas oceânicas contíguas;
- XII - a promoção da disseminação de informações, a educação, a capacitação e a conscientização pública sobre mudança do clima;
- XIII - o estímulo e o apoio à manutenção e à promoção:
- a) de práticas, atividades e tecnologias de baixas emissões de gases de efeito estufa;
 - b) de padrões sustentáveis de produção e consumo.

Além de amparar as posições brasileiras nas discussões multilaterais e internacionais sobre combate ao aquecimento global, a PNMC é, na verdade, um marco legal para a regulação das ações de mitigação e adaptação no país (IPEA, 2011).

3.3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO RIO DE JANEIRO

O Rio de Janeiro não só é a segunda maior economia (11,8% de participação) entre os estados brasileiros, como também é o segundo estado com maior densidade populacional do Brasil. E, apesar de possuir uma pequena área em termos geográficos, está completamente inserido no bioma Mata Atlântica, o que faz com que este pequeno estado detenha uma riqueza ambiental enorme.

O que tem sido percebido é que fatores como desenvolvimento econômico, expansão de indústrias e ocupação habitacional, que estão diretamente ligados ao zoneamento urbano do estado, tem feito com que inúmeras áreas sejam devastadas para construções de áreas industriais, comerciais, residenciais e agrícolas.

Estima-se que, por volta do século XVI, o Estado do Rio de Janeiro possuía cobertura vegetal em 97% de seu território (RBMA, 2017). Hoje, restam apenas 21% - 917.196 ha - de extensão de vegetação nativa no território fluminense (HIROTA e PONZONI, 2019).

A preservação dos ecossistemas fluminenses e a mitigação dos impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas são de extrema importância para o estado, já que este - por estar inserido em uma zona costeira - sofre diretamente com as consequências advindas do aumento da temperatura global.

O Estado do Rio de Janeiro é, dentre todos os estados da Federação, aquele que apresenta a maior concentração humana na zona costeira. Sendo assim, os habitantes da região sofrem com um maior grau de exposição a eventos de origem oceânica, atmosférica e geológica, associados a condições meteorológicas extremas.

Além disso, 40% da área do estado - e 80% da população - está inserido na zona costeira, fazendo com que quase metade do seu território - e a maioria de seus habitantes - esteja sujeito às consequências de uma possível elevação no nível do mar que trariam prejuízos irreparáveis.

Sendo assim, o Rio de Janeiro, seguindo suas responsabilidades perante a problemática das mudanças climáticas, instituiu políticas e planos referentes à esta questão. Estas serão expostas no subcapítulo a seguir.

3.3.1 Legislação e instrumentos estaduais referentes às mudanças climáticas no Rio de Janeiro

Lei 5.690 de 14 de abril de 2010:

A Lei 5.690 de 14 de abril de 2010 institui a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável e dá outras providências.

A referida Lei estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos aplicáveis para prevenir e reduzir os efeitos e adaptar o Estado às mudanças climáticas, em benefício das gerações atuais e futuras, bem como facilitar a implantação de uma economia de baixo carbono através de medidas de mitigação das emissões de GEE.

Seus objetivos, retirados do Art. 3º da lei, estão listados

I - estimular mudanças de comportamento da sociedade a fim de modificar os padrões de produção e consumo, visando à redução da emissão de gases de efeito estufa e ao aumento de sua remoção por sumidouros;
II - fomentar a participação do uso de fontes renováveis de energia no Estado;
III – promover mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem as remoções antrópicas por sumidouros de carbono no território estadual;
IV - identificar as necessidades e as medidas requeridas para favorecer a adaptação aos efeitos adversos da mudança do clima nos municípios no Estado do Rio de Janeiro;
V - fomentar a competitividade de bens e serviços que contribuam para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.
VI – preservar, conservar e recuperar os recursos ambientais, considerando a proteção da biodiversidade como elemento necessário para evitar ou mitigar os efeitos da mudança climática;
VII – consolidar e expandir as áreas legalmente protegidas e incentivar os reflorestamentos e a recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas.

O Decreto 43.216 de 30 de setembro de 2011:

O Decreto 43.216 de 30 de setembro de 2011 regulamenta a Lei da Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável.

Em seu capítulo I, estabelece metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para o horizonte de 2030, com ano-base em 2010, tanto para aplicação no setor público como para outros setores de atividade.

De acordo com seu Art. 10º, fica criado o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas com a finalidade de acompanhar a implantação, fiscalizar a execução da Política Estadual de Mudanças Climáticas, bem como articular as ações aprovadas nos diferentes níveis de governo, sendo composto por representantes e respectivos suplentes do Estado, dos Municípios e da Sociedade Civil.

Adicionalmente, em 2012, foi publicado o Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas que também aborda as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, porém usando como base o ano de 2005.

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro

Os inventários de emissões de GEE são instrumentos muito importantes na política climática, pois permitem monitorar as emissões de um país ou estado, bem como avaliar seu progresso em relação às metas estabelecidas.

Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável previu como instrumento a elaboração de inventários a cada 5 anos. Atualmente, o estado possui 3 inventários publicados, referentes às emissões dos anos de 2005, 2010 e 2015.

Os inventários de emissões de gases de efeito estufa do estado do Rio de Janeiro foram elaborados com base no Guia IPCC (2006), uma metodologia originalmente concebida para países. Como os inventários nacionais são uma ferramenta para auxiliar os países em seu compromisso assumido no âmbito da UNFCCC, a metodologia visa padronizar a informação a fim de permitir a comparação entre os inventários de diferentes países.

De acordo com o GUIA IPCC (2006), os setores objeto de inventários nacionais e que são utilizados na estruturação do inventário do Estado do Rio de Janeiro são os seguintes: Energia; Processos Industriais e Uso de Produto (IPPU); Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU); e Resíduos.

Segundo o último inventário divulgado pela Secretaria do Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (2015), a maior parte das emissões de GEE do estado é proveniente do setor de energia, representando 75,7%, seguido do setor de IPPU, com 13,5% das emissões.

O setor menos representativo é o de AFOLU, com apenas 4,9% das emissões. Contudo, o uso do solo predominante no estado do Rio de Janeiro - constituindo 52,19% da sua cobertura territorial - é de pastagens, o que significa que existe um grande potencial de recuperação da vegetação nativa.

3.4. A RESTAURAÇÃO FLORESTAL E O CARBONO FLORESTAL

As florestas cumprem um papel fundamental no combate ao aquecimento global, e, em se tratando de absorção e estoque de carbono na atmosfera, são agentes imprescindíveis.

Segundo Pinto, Moutinho e Rodrigues (2008),

As atividades de reflorestamento foram reconhecidas pela UNFCCC e pelo Protocolo de Quioto como medidas mitigadoras de grande importância no combate às mudanças climáticas. Elas foram vinculadas ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo estimulando a obtenção de recursos para a sua implementação. (p. 19).

A restauração florestal de áreas degradadas é uma importante ferramenta para a mitigação das mudanças climáticas, que, além de combater a evolução do aquecimento global, acaba por proteger também o solo, a qualidade das águas, mananciais e a biodiversidade local. E, dentro deste contexto, visa-se o conceito de carbono florestal, onde estuda-se processos naturais para capturar e sequestrar carbono.

Os subcapítulos seguintes trarão os conceitos de restauração florestal e ecológica e carbono florestal; importantes técnicas a serem estudadas - e foco deste trabalho - para auxiliar o combate às mudanças climáticas.

3.4.1. Restauração florestal

A restauração florestal se baseia na prática de manejo ecológico dos ecossistemas, adicionando ao meio uma quantidade mínima de determinada espécie, de forma a obter o enriquecimento da estrutura florestal local, considerando seus aspectos ecológicos, ambientais e sociais.

Adicionalmente, de acordo com a Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (*Society for Ecological Restoration*, 2004), de modo mais geral, a restauração ecológica é definida da seguinte forma:

A restauração ecológica é uma atividade deliberada, que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade. Com frequência, o ecossistema que requer restauração foi degradado, danificado, transformado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto das atividades humanas. Em alguns casos, esses impactos aos ecossistemas foram causados ou agravados por causas naturais, tais como incêndios, inundações, tempestades ou erupções vulcânicas, até um grau em que o ecossistema não pode restabelecer-se por si próprio, conforme seu estado anterior à alteração ou à sua trajetória histórica de desenvolvimento. (p. 2).

Aplicar técnicas de restauração eficientes e que de fato auxiliarão na recuperação da vegetação de determinado local é um grande desafio. As intervenções aplicadas no processo de restauração florestal variam muito de projeto para projeto, pois fatores como a extensão e a duração das perturbações anteriores, condições culturais de transformação de paisagem e oportunidades e limitações dentro da região em questão, determinam diretamente o caminho à tomada de decisão e à eficiência da restauração.

É importante ressaltar que, considera-se a restauração necessária quando a floresta perde a capacidade de se recuperar sozinha, ou seja, quando o ambiente sofre distúrbios em tamanha

proporção que se torna impossível o retorno à condição de equilíbrio ambiental sem uma intervenção. Da mesma forma, considera-se terminada a restauração, quando determinado ecossistema manipulado atinge um nível em que este não mais requer ajuda externa para assegurar a evolução e manutenção saudável de sua integridade; Tal subsistema será capaz de se manter tanto estruturalmente quanto funcionalmente e demonstrará resiliência aos limites normais de estresse e distúrbio ambientais (SER, 2004).

Não obstante, o ecossistema restaurado muitas vezes requer um manejo constante para contrapor a invasão de espécies oportunistas, os impactos de várias atividades humanas, as mudanças climáticas e outros acontecimentos imprevisíveis. (SER, 2004). Sendo assim, entende-se que a restauração florestal se baseia no processo de auxílio ou início da recuperação, seguida da necessidade de um manejo para garantir o bem-estar constante do ecossistema restaurado.

O método de restauração escolhido para determinada região está relacionado a aspectos específicos da área a ser restaurada, como características específicas da paisagem, capacidade de regeneração, resiliência, entre outros. A maioria dos esforços empregados em ecossistemas florestais tropicais envolve o plantio de árvores (Lamb et al., 2005 apud. OLIVEIRA, 2017).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 429, estabelece:

Art. 3º A recuperação de APP poderá ser feita pelos seguintes métodos: I - condução da regeneração natural de espécies nativas; II - plantio de espécies nativas; e III - plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas.

Art. 5º A recuperação de APP mediante plantio de espécies nativas ou mediante plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas, deve observar, no mínimo, os seguintes requisitos e procedimentos: I - manutenção dos indivíduos de espécies nativas estabelecidos, plantados ou germinados, pelo tempo necessário, sendo no mínimo dois anos, mediante coroamento, controle de plantas daninhas, de formigas cortadeiras, adubação quando necessário e outras; II - adoção de medidas de prevenção e controle do fogo; III - adoção de medidas de controle e erradicação de espécies vegetais ruderais e exóticas invasoras, de modo a não comprometer a área em recuperação; IV - proteção, quando necessário, das espécies vegetais nativas mediante isolamento ou cercamento da área a ser recuperada, em casos especiais e tecnicamente justificados; V - preparo do solo e controle da erosão, quando necessário; VI - prevenção e controle do acesso de animais domésticos; e VII - adoção de medidas para conservação e atração de animais nativos dispersores de sementes.

Se tratando especificamente do bioma Mata Atlântica, foco deste trabalho, a técnica mais comumente descrita tem sido o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas (Oliveira et al., 2008; Rodrigues, 2009; Rodrigues et al., 2011). Para desenvolvimento do presente estudo, será considerado o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas como técnica de restauração florestal do bioma Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. A título de informação, encontra-se no ANEXO I uma listagem, elaborada pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, das espécies nativas da Mata Atlântica indicadas para produção de mudas destinadas à restauração ecológica no estado do Rio de Janeiro.

Os ganhos gerados pela restauração da vegetação nativa são variados, abrangendo os âmbitos ambiental, social e econômico. No que diz respeito aos benefícios socioambientais, a restauração pode criar uma “economia verde”, baseada na recuperação de vegetação nativa, o que, por sua vez, leva à criação de diversos postos de trabalho. Estima-se que, a cada 1000 ha plantados, são criados 200 empregos diretos, que derivam da coleta de sementes, produção de mudas, do plantio e da manutenção (CROUZEILLES, 2019). Alguns benefícios da restauração florestal em diferentes biomas do Brasil estão apresentados na Figura 5 abaixo.



Figura 5: Benefícios da Restauração
Fonte: CROUZEILLES, 2019

De acordo com o MMA (2017), com a inserção de comunidades rurais ao processo, a restauração pode gerar também o fortalecimento da economia rural e aumentar sua segurança alimentar, quando associada à implantação de sistemas agroflorestais.

Outro benefício que merece destaque é o aumento da provisão de serviços ecossistêmicos, visto que ele pode se enquadrar em todos os âmbitos. De acordo com o Projeto de Lei n° 312/15:

II – serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas seguintes modalidades:

- a) serviços de provisão: os que fornecem diretamente bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;
- b) serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;
- c) serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas, e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamentos de encostas;
- d) serviços culturais: os que proveem benefícios recreacionais, estéticos, espirituais e outros não materiais à sociedade humana;

Os serviços ecossistêmicos não apenas são importantes para a própria natureza, mas trazem melhorias para o bem-estar humano quando bem conservados. Além disso, é possível conseguir retorno econômico através de sua recuperação ou preservação, como o que é feito através de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Já no ponto de vista ambiental, o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) aponta como principais vantagens a conservação da biodiversidade; a melhoria na qualidade e quantidade da água; e a mitigação e adaptação às mudanças do clima, através da captação e sequestro de carbono, e foco principal do presente trabalho (MMA, 2017).

Assim, é possível perceber que a restauração florestal traz inúmeros benefícios, em diversas áreas, se estendendo para muito além de apenas absorção de CO₂. É possível considerar, então, o sequestro de carbono apenas como um co-benefício em meio a tantos outros que o projeto apresentado neste estudo poderia trazer.

3.4.2. Carbono Florestal

As florestas possuem papel essencial no ciclo do carbono. Os fluxos de carbono entre a atmosfera e os ecossistemas são, primordialmente, controlados pelas plantas através da fotossíntese (absorção) e da respiração (emissão), além de deposição e combustão da matéria orgânica (CENTRO CLIMA, 2017).

Durante a fotossíntese, o gás carbônico absorvido pelas plantas tem dois destinos simultâneos: uma parte fica retida no interior do vegetal, que atua como reservatório de carbono; e a outra é devolvida para atmosfera pelo processo da respiração. Segundo Solari (2010), é possível estocar carbono na biomassa acima e abaixo do solo, na serapilheira, madeira morta e no solo.

Estimativas da FAO (2010) indicam que as florestas do mundo podem reservar 289 Gt de carbono somente na sua biomassa, com capacidades de armazenagem diferenciadas de acordo com o bioma. As Florestas Tropicais, tais como a Mata Atlântica, são as que apresentam maior capacidade de estocar carbono, e é possível ainda selecionar plantas com maior ou menor “capacidade de sequestro de carbono” nesse bioma de acordo com sua tipologia vegetal.

A preservação e restauração de florestas nativas pode ajudar a manter e aumentar o estoque de carbono, enquanto o desmatamento aumenta as emissões de carbono para a atmosfera, reduzindo esse estoque. A América do Sul é a principal emissora de dióxido de carbono pela mudança no uso do solo, seguido pelos países da Ásia, África, EUA por fim os países da Oceania (SOLARI, 2010).

No Brasil, a maior fonte de emissões de CO₂ é a mudança do uso de solo e florestas, que em 2018 causaram uma emissão de 845.912.581 tCO₂, o que corresponde a 43,6% do total no país (SEEG, 2019). O principal responsável por essa mudança de uso do solo é desmatamento, especialmente para usos agropecuários. Dessa forma, ocorre a substituição da vegetação natural por usos de solo com menor estoque de carbono, liberando essa diferença para a atmosfera.

Da mesma maneira, ao restaurar a floresta nativa numa área previamente ocupada por pastagem, há aí a conversão de uma vegetação com menor capacidade de estocagem de carbono para uma com maior capacidade, o que gera uma maior remoção de CO₂ da atmosfera. Com esse intuito, o desenvolvimento do presente estudo consiste no estudo de viabilização de um projeto de aumento de vegetação nativa no estado do Rio de Janeiro através da restauração da Mata Atlântica, que implicaria em um maior consumo de gás carbônico pela floresta, decorrente do processo de fotossíntese, diminuindo o acúmulo de gás carbônico na atmosfera.

3.5. A RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO RIO DE JANEIRO

No Estado do Rio de Janeiro, pouco ainda é feito no âmbito da restauração florestal. As áreas restauradas no estado são, quase em sua totalidade, devido aos compromissos de restauração de vegetação nativa firmados, sendo limitados os projetos que ocorrem por fora disso.

Estes compromissos existem porque a vegetação nativa, característica do bioma Mata Atlântica no Rio de Janeiro, é protegida por lei, especialmente as Leis Federais nº 11.428/2006 (Lei da Mata Atlântica) e 12.651/2012 (Código Florestal) e só pode ser removida em casos específicos, sendo necessária uma autorização.

De acordo com a Lei nº 11.428 de 2006:

Art. 14. A supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública, sendo que a vegetação secundária em estágio médio de regeneração poderá ser suprimida nos casos de utilidade pública e interesse social, em todos os casos devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto, ressalvado o disposto no inciso I do art. 30 e nos §§ 1º e 2º do art. 31 desta Lei.

§ 1º A supressão de que trata o caput deste artigo dependerá de autorização do órgão ambiental estadual competente, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal de meio ambiente, ressalvado o disposto no § 2º deste artigo.

Art. 17. O corte ou a supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração do Bioma Mata Atlântica, autorizados por esta Lei, ficam condicionados à compensação ambiental, na forma da destinação de área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica, e, nos casos previstos nos art. 30 e 31, ambos desta Lei, em áreas localizadas no mesmo Município ou região metropolitana.

Dessa maneira, empreendimentos que não exigem licenciamento ambiental, mas requerem uma supressão vegetal precisam de uma Autorização de Supressão Vegetal (ASV), concedida pelo órgão ambiental competente, e isto vem acompanhado pela obrigação de uma compensação ou reposição florestal. O mesmo se aplica quando há intervenções em Áreas de Proteção Permanente.

De acordo com a Resolução INEA Nº 89 DE 03/06/2014, o tamanho da área a ser restaurada não necessariamente corresponderá exatamente ao mesmo da área suprimida, podendo variar de proporção. Os critérios e proporções mínimas para a reposição florestal estão

nela dispostos. Esta legislação estabelece, ainda, que tal compensação pode se dar no estado nas seguintes maneiras:

- Concessão ao estado de área para conservação, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica. O governo muitas vezes indica áreas prioritárias, em sua maioria localizadas dentro de unidades de conservação cuja regulação fundiária está pendente, ou seja, possuem áreas pertencentes a proprietários privados;
- Realização da restauração florestal com espécies nativas, seguindo as recomendações de áreas com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica das áreas suprimidas.

Os empreendedores que optam por efetuar a restauração florestal têm a possibilidade de escolher entre proceder por conta própria, mediante implantação do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas com espécies nativas aprovado pelo órgão ambiental competente; ou pagar para o estado, através de Créditos de Reposição Florestal, para que este realize a restauração (Rio de Janeiro (Estado), 2013).

Este mecanismo financeiro é regulamentado pela Resolução Conjunta SEA/INEA Nº 630 DE 18/05/2016, elencando como uma possível fonte de recurso a reposição florestal originária de ASV. O custo a ser depositado pelo empreendedor é definido de acordo com a área a ser plantada e o valor da fitofisionomia a ser restaurada (floresta, mangue ou restinga), definida previamente pelo INEA. Com este pagamento, o órgão ambiental torna-se responsável por realizar a reposição florestal, e são estes os casos nos quais o governo de fato tem uma participação direta na implantação da restauração no estado.

À luz disso, recentemente foi criada uma Carteira de Restauração Florestal Fluminense, que tem como propósito organizar estrategicamente a atividade no estado, de maneira a potencializar os benefícios ambientais, sociais e econômicos. A ideia é que, ao efetuar a restauração, o órgão ambiental terá maior controle sobre o processo, e, com isso, melhores resultados do que os que seriam obtidos através da restauração executada pelos próprios empreendedores. A carteira pertence ao Fundo da Mata Atlântica (FMA-RJ), que atua nos projetos relativos à obrigação de reposição florestal devida à supressão vegetal autorizada.

Adicionalmente, a Secretaria do Estado de Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) também está elaborando um Plano Estadual de Restauração Ecológica, com previsão de publicação no primeiro semestre de 2020. Alguns de seus objetivos são: estabelecer metas de

restauração, criando diretrizes de ações com definição e adoção de áreas prioritárias; ampliar e fortalecer agendas de integração de diferentes áreas e políticas públicas já existentes em diferentes níveis de governança; e garantir a participação da sociedade na gestão da Política de Restauração Ecológica.

O estado tomou como exemplo o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa, que tem como finalidade ampliar e fortalecer as políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa de pelo menos 12 milhões de hectares (Mha) até 2030 (Brasil MMA, 2017).

Perante o apresentado, o presente trabalho se insere perfeitamente no contexto de elaboração do plano, com a criação de cenários e metas para a restauração no estado do Rio de Janeiro, levando em conta pontos estratégicos para a restauração. O seu propósito é voltado para a absorção de dióxido de carbono pelo crescimento da floresta nativa plantada.

4. METODOLOGIA

Neste item (capítulo), é descrita de forma detalhada a metodologia adotada no presente trabalho para a elaboração dos cenários e estimativa do potencial de absorção de CO₂ através da restauração florestal.

4.1. LEVANTAMENTO DAS ÁREAS PARA A RESTAURAÇÃO

O levantamento das áreas para a restauração de florestas nativas no estado foi realizado através de consulta ao Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018).

O Rio de Janeiro já possui uma enorme quantidade de áreas demarcadas como prioritárias para a restauração, segundo critério de proteção de mananciais. De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2018):

A floresta nativa exerce importante papel na proteção dos mananciais, contribuindo para a interceptação, infiltração de água no solo, percolação e recarga do lençol freático e proteção do solo, culminando na redução do escoamento superficial e, conseqüentemente, do processo erosivo e assoreamento dos recursos hídricos. [...] Bacias com expressiva cobertura florestal nativa estão menos suscetíveis à poluição, aporte de sedimentos e contaminação em relação aos outros tipos de uso (silvicultura

e agricultura, quando não associadas às práticas conservacionistas, pastagens, áreas urbanas e industriais etc.) e, portanto, apresentam melhor qualidade de água (p.89)

Ainda segundo o INEA (2018), os mananciais são corpos hídricos, superficiais ou subterrâneos, com potencial de uso para atender demandas antrópicas atuais e futuras. Assim, a conservação de mananciais está diretamente relacionada à garantia de disponibilidade de água para consumo humano, e se mostra altamente necessária para manutenção da vida.

Dessa forma, considerando a importância destas fontes hídricas, optou-se por selecionar para o presente estudo as áreas definidas como de alta e muito alta prioridade para a restauração florestal visando à proteção e recuperação de mananciais. Essa escolha ficou restrita apenas a esses dois níveis de prioridade pois, levando em conta que a restauração florestal no estado do Rio de Janeiro atualmente é escassa, de modo que as metas precisam priorizar áreas, essas possuem maior relevância em relação às demais.

Na Figura 6 são apresentadas as áreas prioritárias para a restauração florestal com o fim de conservação e proteção de fontes hídricas no estado do Rio de Janeiro.

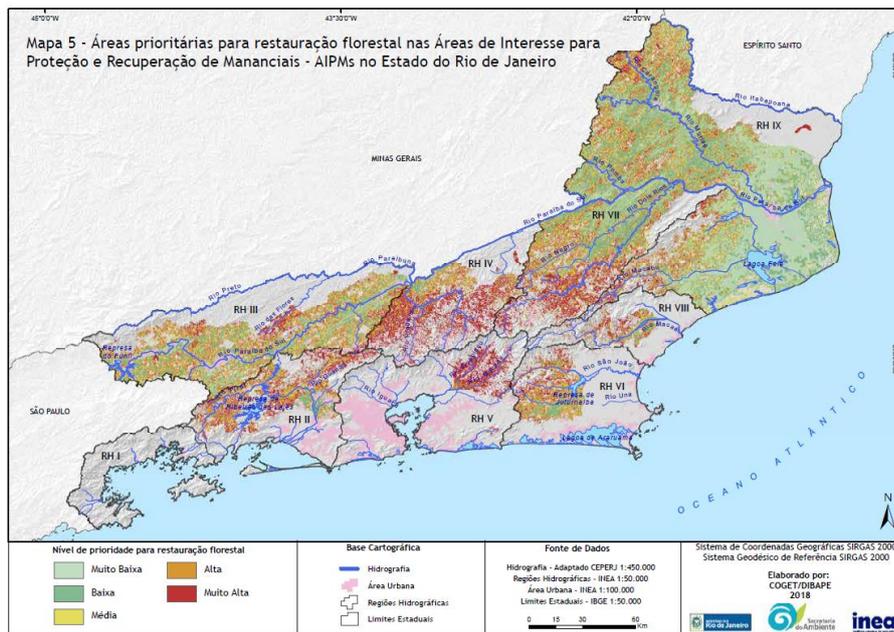


Figura 6: Áreas prioritárias para restauração florestal visando à proteção e recuperação de mananciais (ARPFs).
Fonte: Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018)

4.2 DEFINIÇÃO DAS METAS E CENÁRIOS DE RESTAURAÇÃO

Para a definição das metas de restauração, foram estabelecidos dois cenários de expansão dos reflorestamentos. As metas foram fixadas num horizonte de 15 anos, de 2020 a 2035, e variando a área a ser restaurada em cada cenário.

- **Cenário 1:**

O cenário 1 foi considerando os compromissos de restauração florestal já assumidos pelo Estado, como forma de compensar as áreas desmatadas através da ASV (Tabela 2). Grande parte destes compromissos ainda constam como pendentes, o que significa que precisarão ser restaurados no futuro próximo.

Assim, para este cenário, assume-se a meta de cumprir os 8.513,84 ha de compromissos pendentes, em um horizonte de quinze anos, utilizando-se como hipótese de que essa restauração ocorrerá inteiramente nas áreas anteriormente levantadas nesse estudo.

Os valores estão divididos de acordo com as Regiões Hidrográficas (RH) nas quais ocorreu a supressão, e estão disponíveis no site do Observatório Florestal Fluminense, com última atualização em julho de 2019.

Tabela 2: Compromissos de restauração atualizados para o estado do Rio de Janeiro por Região Hidrográfica.

Região Hidrográfica	Área suprimida via ASV (ha)	Compromissos de restauração (ha)	Área Implantada em fase de manutenção (ha)	Compromissos de restauração pendentes (ha)
RH I - Baía da Ilha Grande	13.72	24.17	7.11	17.06
RH II - Guandu	432.81	1032.89	510.64	522.25
RH III - Médio Paraíba do Sul	15.40	495.07	301.76	193.31
RH IV - Piabanha	7.09	883.12	817.15	65.97
RH V - Baía de Guanabara	2548.53	6831.65	1669.77	5161.88
RH VI - Lagos São João	434.10	703.41	416.87	286.54
RH VII - Rio Dois Rios	34.99	616.37	484.19	132.18
RH VIII - Macaé e das Ostras	21.04	192.42	12.46	179.96
RH IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	1142.86	4359.61	2404.92	1954.69
Outros	0.00	12.00	12.00	0.00
TOTAIS	4650.54	15150.71	6636.87	8513.84

Fonte: Observatório Florestal Fluminense, 2019

- **Cenário 2:**

O Cenário 2 corresponde a um cenário estratégico para a restauração florestal no estado, sob o ponto de vista de absorção de CO₂, apresentando uma perspectiva mais positiva, com uma meta de restauração maior.

Para tal, foram consideradas as áreas levantadas pelo item 4.1, assumindo-se que a restauração seria feita integralmente nestas, e numa proporção de 5% de seu total. Este valor foi escolhido tendo em vista um objetivo mais otimista do que o do Cenário 1, que corresponde a apenas uma quantia de 1,07% dessas áreas, e de maneira que não houvesse um salto exorbitante entre as duas metas apresentadas.

Desta forma, o Cenário 2 apresenta um valor baixo considerando toda a superfície disponível no estado, de 39.824,50 há, no entanto relativamente alto quando comparado ao que se possui atualmente. Representa, portanto, a potencialidade da restauração no Rio de Janeiro, sem, contudo, apresentar valores muito ambiciosos.

4.3 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ABSORÇÃO DE CO₂ PELOS CENÁRIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

4.3.1. Absorção Potencial (bioma Mata Atlântica)

Para o presente trabalho, os cenários de restauração desenvolvidos consideraram a hipótese de que serão utilizadas unicamente espécies nativas da Mata Atlântica, de acordo com as fitofisionomias para cada região hidrográfica.

A obtenção dos potenciais de absorção foi feita através de consulta ao relatório interno elaborado pela SEAS. O estudo apresentou os diferentes conteúdos de carbono para cada fitofisionomia (Tabela 3), utilizando uma média ponderada de acordo com a proporção dessas fitofisionomias em cada RH (Tabela 4) para encontrar os estoques de carbono para cada região e, assim, calcular a absorção média.

Tabela 3: Tipologias florestais e conteúdo de carbono no bioma de Mata Atlântica.

TIPOLOGIAS FLORESTAIS	CONTEÚDO DE CARBONO (t de C / ha)
Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas (Cb)	51,01
Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs)	93,65
Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Fb)	76,67
Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm)	98,36
Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs)	107,78
Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (DI)	95,27
Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Db)	113,8
Floresta Ombrófila Densa Montana (Dm)	155,98
Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds)	137,03

Fonte: Estudo do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro (SOLARI, 2019)

Tabela 4: Percentual territorial das fitofisionomias em áreas para restauração florestal por Região Hidrográfica.

Fitofisionomia (em campo / pastagem + Solo exposto)	Região Hidrográfica								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas (Cb)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	21,8%	0,0%	0,0%	1,2%
Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (Fb)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	39,1%	1,3%	7,0%	19,6%
Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm)	0,0%	19,1%	48,8%	17,9%	0,0%	0,0%	20,0%	0,0%	5,9%
Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs)	0,0%	20,9%	43,1%	34,1%	0,0%	3,9%	63,9%	0,0%	62,1%
Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (DI)	0,8%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Db)	41,8%	29,9%	0,0%	0,0%	59,1%	17,9%	0,0%	55,5%	4,9%
Floresta Ombrófila Densa Montana (Dm)	11,1%	8,7%	8,0%	47,5%	1,0%	0,2%	11,7%	7,9%	1,5%
Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds)	46,3%	21,4%	0,0%	0,3%	39,9%	16,3%	3,1%	29,5%	4,7%

Fonte: Estudo do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro (SOLARI, 2019)

Para os cálculos, foi considerado o percentual territorial médio das fitofisionomias florestais a ser recuperada em cada região hidrográfica, e um crescimento e absorção lineares, de modo que não foram avaliadas as diferenças de absorção de acordo com a idade da vegetação.

A estimativa feita contabilizou: a emissão de carbono pela preparação do solo para a restauração; e as mudanças no estoque de carbono com a restauração (Equação 1).

Equação 1: Estimativa de remoções potenciais líquidas de GEE pela restauração

$$\Delta C_{reml} = (\Delta C_{reflor_i} - \Delta C_{past} - LK) - GEE_f \quad (5)$$

Onde:

ΔC_{reml} = Remoções potenciais líquidas de GEE por RH ou município; em tCO₂eq.

ΔC_{reflor_i} = Mudança nos estoques médios ponderados e ajustados de carbono nos reflorestamentos, por RH ou município i; em t CO₂eq.

ΔC_{past} = Mudança nos estoques de carbono dentro dos limites do projeto (áreas alvo) pela perda da pastagem presente; em t CO₂eq.

LK = Emissões de GEE devido ao vazamento ou fuga; em t CO₂eq.

GEE_f = Aumento das emissões de GEE dentro dos limites do projeto como resultado da implementação da atividade do projeto de recomposição florestal (fertilização); em t CO₂eq.

Fonte: Estudo do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro (SOLARI, 2019)

A mudança nos estoques de carbono da pastagem está relacionada à substituição desta pastagem pela implantação das novas florestas, que apresentam conteúdo de carbono maior. Desse modo, para calcular a remoção de carbono total pela restauração, considera-se a diferença entre o que se tinha antes apenas com a pastagem e o que se tem com a área restaurada. O valor utilizado do estoque da pastagem foi de 27,76 tCO₂/hectare (SOLARI, 2019).

É importante, também, ressaltar que para encontrar a absorção anual média, os valores de absorção potencial foram divididos por 33 anos, uma vez que a vegetação atinge seu estágio

médio/avançado (ao qual se refere seu estoque de carbono) entre 25 e 45 anos, sendo 33 a média entre esses valores, adotado de forma conservadora para os cálculos (SIQUEIRA E MESQUITA, 2007). Isso significa que, no presente trabalho, a absorção pode ser considerada contínua, e mesmo após os 15 anos propostos de restauração, as fitofisnomias continuarão absorvendo CO₂ da atmosfera.

4.3.2. Cálculos

Para a projeção dos cenários, as metas definidas foram divididas ao longo dos 15 anos em questão, de forma a restaurar uma parte da área total a cada ano. A quantia restaurada a cada ano é multiplicada pelos valores de absorção média de acordo com a(s) região(ões) hidrográfica(s) onde será realizada, de modo a chegar a um valor de CO₂ absorvido em cada ano. Uma vez restaurada, essa área continuará absorvendo dióxido de carbono ao longo de todos os anos do cenário, e vai se somando a isso as outras áreas que vão sendo restauradas.

Além da absorção anual, é ainda estimado o CO₂ estocado ao longo dos anos de restauração. Isso é feito a partir da soma dos valores absorvidos em anos anteriores. É importante frisar que a absorção somente começa a ser contabilizada um ano após a implantação de cada área de restauração, e o valor estocado por esta, dois anos após seu plantio.

4.4 ESTIMATIVA DE CUSTOS DA RESTAURAÇÃO PROPOSTA

Para estimativa dos custos para as metas de restauração proposta, foi feita uma consulta à Resolução Conjunta SEA/INEA Nº 630/2016, que estabelece um preço correspondente por hectare ou fração de acordo com a fitofisnomia a ser restaurada no estado do Rio de Janeiro. Esta resolução regulamenta o pagamento para a reposição florestal proveniente dos compromissos firmados por conta da ASV, como os apresentados no Cenário 1 deste trabalho.

Contudo, os valores determinados por esta resolução são muito altos, mostrando-se pouco vantajosos para aplicação um projeto de restauração florestal, de modo que um tomador de decisões ou um produtor que vissem tais números provavelmente optariam por não realizar essa restauração. Além disso, uma restauração com custos tão elevados ficaria com fontes de financiamento muito mais restritas. Dessa forma, optou-se neste trabalho por utilizar valores de outros estudos, que contêm números mais razoáveis.

Os valores utilizados para a estimativa dos custos desta proposta foram retirados do estudo recente “Restauração da Vegetação Nativa no Brasil - Caracterização de técnicas e estimativas de custo como subsídio a programas e políticas públicas e privadas de restauração em larga escala”, de 2018, desenvolvido pela The Nature Conservancy, IPEA e EMBRAPA. Ele apresenta valores por hectare para diferentes técnicas de restauração em cada um dos biomas brasileiros, de acordo com as condições ambientais do local (favoráveis ou desfavoráveis).

Os valores para a restauração por plantio total de mudas para a Mata Atlântica estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Custos de restauração na Mata Atlântica (R\$/ha)

TÉCNICA	CENÁRIO	MATA ATLÂNTICA
Plantio Total (mudas)	CAF	7.788
	CAD	21.271
Condução da Regeneração Natural	CAF	316
	CAD	2.940
Regeneração Natural	CAF	*
	CAD	185
Plantio Total (sementes)	CAF	-
	CAD	-
Adensamento/ Enriquecimento (mudas)	CAF	3.655
	CAD	12.723
Adensamento/ Enriquecimento (sementes)	CAF	537
	CAD	6.309

Fonte: Economia da Restauração Florestal (TYMUS et al., 2018), adaptado.

O cenário de Condições Ambientais Desfavoráveis (CAD) considera dificuldades diversas, tais como maior degradação do solo, menor escala de trabalho, impossibilidade de mecanização, dificuldade de acesso, cobertura atual, ausência de regenerantes, e, portanto, caracterizando-se pela necessidade de uma quantidade relativamente maior de atividades e insumos. Já o cenário de Condições Ambientais Favoráveis (CAF) assume condições mais

amenas, requerendo uma quantidade relativamente menor de atividades e de insumos (TYMUS et al., 2018).

Tendo em vista que não se sabe especificamente as condições ambientais dos locais levantados para o presente trabalho, foram feitas estimativas abordando as duas possibilidades, utilizando os valores para a técnica de plantio total de mudas. Como os valores apresentados foram calculados para o ano de 2017, foi feita uma correção destes para o ano de 2019, através da calculadora do Banco Central do Brasil, utilizando como índice de correção o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

Para a estimativa de custos totais da restauração, o valor correspondente por hectare para o ano de 2019 foi usado de maneira constante para multiplicar pela quantidade de hectares restaurados ao longo dos 15 anos de cenário. Assumiu-se a hipótese de que o valor de restauração não vai variar ao longo dos anos, mudando apenas a inflação, então utiliza-se o valor constante para evitar erros de projeções da inflação.

Em seguida, foi feito um fluxo de caixa, trazendo esses valores para o Valor Presente Líquido (VPL), usando como base o ano de 2019, e então somados, de forma a encontrar o quanto custariam esses cenários agora. Isso é feito porque, ao elaborar um projeto, os investidores precisam saber em valores atuais quanto isso vai lhes custar.

5. RESULTADOS

5.1 ÁREAS E METAS PARA A RESTAURAÇÃO

5.1.1 Áreas selecionadas

As áreas selecionadas totalizam um valor de 796.490,09 ha (Tabela 3) disponíveis para a aplicação da meta. Para ambos os cenários elaborados, foi utilizada a hipótese de que as áreas a serem restauradas serão feitas dentro deste conjunto aqui levantado.

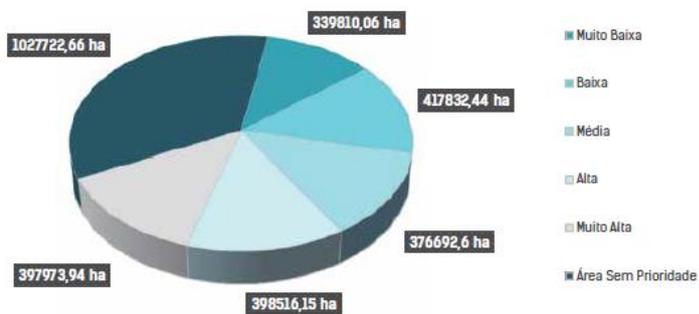


Gráfico 5: Áreas por classe de prioridade para restauração florestal em AIPMs no Estado do Rio de Janeiro.
Fonte: Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018)

Para melhor compreensão e comparação com os cenários, a Tabela 6 abaixo apresenta os valores das áreas de alta e muita alta prioridades para a restauração de acordo com suas regiões hidrográficas.

Tabela 6: Áreas de Alta e Muito Alta prioridade para restauração visando à proteção e recuperação de mananciais por RH.

Região Hidrográfica	Áreas de Alta e Muito Alta prioridade (ha)
I	161,68
II	81.008,11
III	145.325,94
IV	111.344,94
V	38.855,40
VI	46.136,95
VII	142.604,85
VIII	21.982,78
IX	209.069,38
Total RJ	796490,033

Fonte: Elaboração própria, dados retirados do Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018)

5.1.2 Metas de restauração

Para o cenário de compromissos pendentes (Cenário 1), a meta totaliza uma área de 8.513,84ha a ser restaurada no estado. Já para o cenário estratégico (Cenário 2), foi usado 5%

do total de áreas de alta e muito alta prioridade para restauração florestal em AIPMs no Estado do Rio de Janeiro (796.490,09ha), o que resultou num valor de 39.824,50 ha de meta para restauração dividido entre as RH IV - Piabanha e VII - Rio Dois Rios. A escolha das regiões hidrográficas será explicada mais abaixo.

O Cenário 2 apresenta um valor equivalente a quase 5 vezes o encontrado no cenário 1. Os cenários e suas metas estão apresentados na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7: Cenários de metas para a restauração florestal no Rio de Janeiro.

Região Hidrográfica	Áreas (ha)	
	Compromissos de Restauração	Cenário Estratégia
I - Ilha Grande	17,06	-
II - Guandu	522,25	-
III - Médio Paraíba do Sul	193,31	-
IV - Piabanha	65,97	19.912,25
V - Baía de Guanabara	5.161,88	-
VI - Lagos São João	286,54	-
VII - Rio Dois Rios	132,18	19.912,25
VIII - Macaé e das Ostras	179,96	-
IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	1.954,69	-
Total RJ	8.513,84	39.824,50
% do total das áreas levantadas	1,07%	5,00%

Fonte: Elaboração própria, dados adaptados do Observatório Florestal e do INEA

5.2 CENÁRIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

5.2.1 Absorção Potencial (bioma Mata Atlântica)

Os valores de absorção foram divididos pelas regiões hidrográficas do Rio de Janeiro, apresentados conforme a Tabela 8 abaixo. Existe uma clara variação entre as regiões, por conta das fitofisionomias presentes em cada uma delas. Contudo, não necessariamente aquelas com maior potencial de absorção são as que possuem maior área disponível para a restauração.

Tabela 8: Absorção Potencial de CO₂ pela Restauração Florestal para o estado do Rio de Janeiro.

Região Hidrográfica	Absorção Potencial Líquida (tCO ₂ /ha)	Absorção Média Anual (tCO ₂ /ha/ano)*
I	391,76	11,87
II	361,66	10,96
III	324,72	9,84
IV	391,70	11,87
V	379,03	11,49
VI	265,29	8,04
VII	341,13	10,34
VIII	372,14	11,28
IX	311,00	9,42

*Obs: considerando 33 anos e um crescimento linear (média entre 25 e 45 anos).

Fonte: Estudo do Potencial de Absorção de CO₂ pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro (SOLARI, 2019)

A escolha das RH para a realização do segundo cenário (apresentado na Tabela 12) foi feita de acordo com esses valores. As áreas com maior absorção anual média de CO₂, em conjunto à maior disponibilidade de áreas de alta e muito alta prioridade foram aquelas escolhidas. Combinando esses dois parâmetros, as regiões que melhor se enquadraram foram a IV, de Piabanha, e a VII, de Rio Dois Rios, como apresentado na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9: Relação entre as áreas e os valores de absorção média anual para as RHs

		Áreas de alta e muito alta prioridade (ha)	Absorção média anual (tCO ₂ /ha)
Regiões Hidrográficas	I	161,68	11,87
	II	81008,11	10,96
	III	145325,943	9,84
	IV	111344,94	11,87
	V	38855,4	11,49
	VI	46136,95	8,04
	VII	142604,85	10,34
	VIII	21982,78	11,28
	IX	209069,38	9,42

Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Cenários Projetados

- **Cenário de Compromissos de Restauração**

Para o C1, a quantia de áreas restauradas por ano foi feita de maneira que houvesse proximidade das regiões hidrográficas, de modo a concentrar geograficamente os esforços de restauração. Isso porque entende-se que é mais eficiente uma estratégia na qual há uma proximidade física das áreas a serem restauradas, pois é mais fácil de alocar as equipes de trabalho.

Sendo assim, foram agrupados num mesmo ano as áreas das regiões vizinhas, e os valores restaurados por ano foram organizados de forma crescente, de modo que os primeiros anos tivessem quantias menores, e, à medida do tempo, elas fossem aumentadas. Para melhor visualização, a Figura 7 apresenta as regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

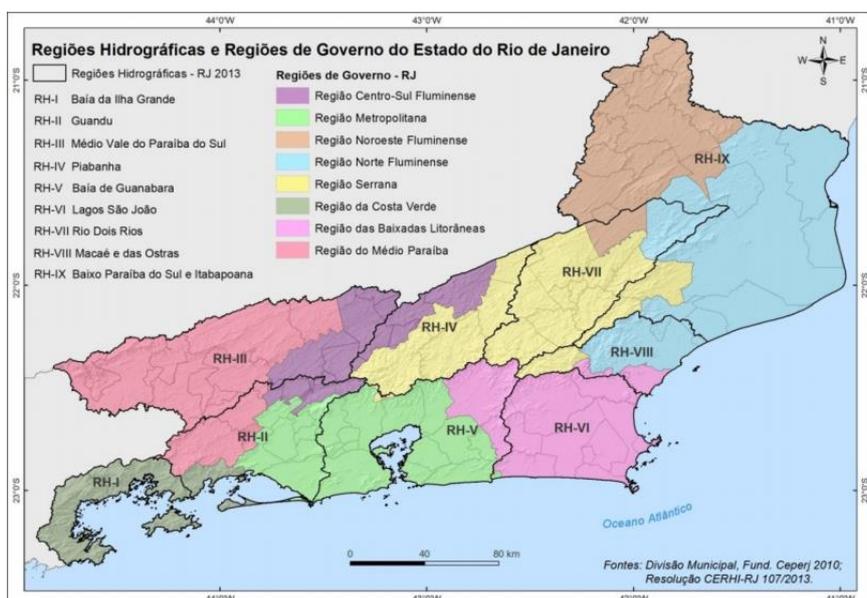


Figura 7: Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio de Janeiro.
Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2014)

Na Tabela 10, são apresentados os valores finais de restauração ao longo dos 15 anos no cenário proposto.

Tabela 10: Divisão das áreas para a restauração ao longo dos 15 anos (cenário 1).

Ano	Área (ha/ano)
Ano 1 (RHs III, IV e VII)	391,46
Ano 2 (RHs VI e VIII)	466,50
Ano 3 (RHs I e II)	539,31
Anos 4 a 12 (RH V)	573,54
Anos 12 a 15 (RH IX)	651,56

Fonte: Elaboração própria

Os resultados obtidos para o cenário de compromissos de restauração mostraram que o valor de CO₂ estocado ao final dos anos propostos alcançaria um total de 617.765,69 tCO₂, e ao último ano ainda haveria uma absorção de mais 92.035,25 tCO₂, alcançando uma absorção total de 709.800,94 tCO₂ ao longo dos anos propostos.

Os valores para cada ano estão apresentados abaixo (Gráfico 6 e Tabela 11).

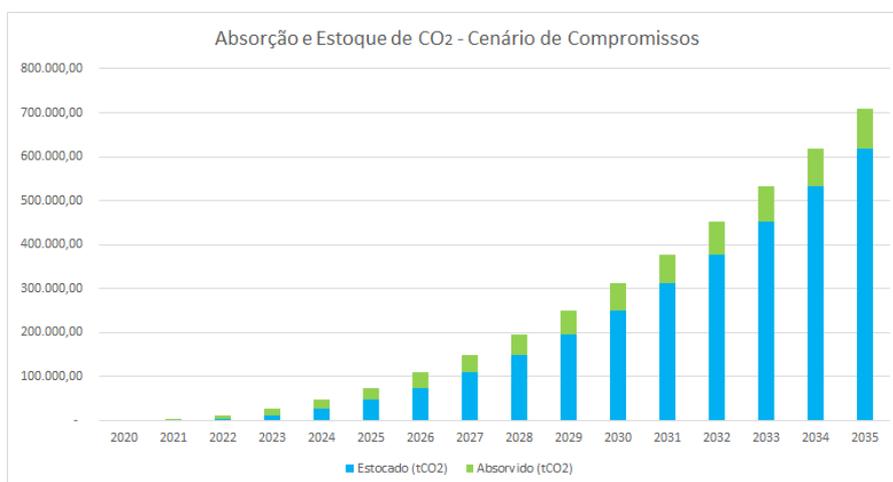


Gráfico 6: Absorção e estoque de CO₂ ao longo dos anos do cenário 1.
Fonte: Elaboração própria

Tabela 11: Valores de absorção e estoque de CO₂ ao longo dos anos do cenário 1.

Ano	Quantidade plantada (ha)	Absorvido (tCO ₂)	Estocado (tCO ₂)
2020	391,46	-	-
2021	466,50	4.051,98	-
2022	539,31	8.385,71	4.051,98
2023	573,54	14.312,07	12.437,68
2024	573,54	20.902,07	26.749,75
2025	573,54	27.492,07	47.651,82
2026	573,54	34.082,07	75.143,89
2027	573,54	40.672,07	109.225,95
2028	573,54	47.262,07	149.898,02
2029	573,54	53.852,07	197.160,09
2030	573,54	60.442,07	251.012,16
2031	573,54	67.032,07	311.454,23
2032	651,56	73.622,07	378.486,30
2033	651,56	79.759,80	452.108,37
2034	651,56	85.897,52	531.868,16
2035	-	92.035,25	617.765,69

Fonte: Elaboração própria.

• Cenário Estratégico

Para o C2, visto que este é um cenário estratégico para a absorção de carbono, a escolha da quantidade a ser plantada por ano se deu visando uma maior absorção de carbono ao longo do período proposto, não seguindo, portanto, a proporção adotada para o primeiro cenário.

Dessa forma, a estratégia adotada foi de investir em mais áreas nos primeiros anos e ir diminuindo ao longo do tempo. Isso porque uma vez plantadas, as árvores irão remover carbono da atmosfera ao longo de todos os anos propostos, de modo que as mais antigas terão uma maior contribuição para a absorção de CO₂. Assim, se no início houver uma maior quantidade de áreas restauradas, isso significará maior remoção de carbono da atmosfera ao longo dos anos.

É interessante apontar ainda que esta escolha poderia ser justificada também por outros dois motivos:

- Se essa proposta fosse executada por um governo, procura-se sempre a melhor resposta da maneira mais rápida possível, como forma de mostrar resultados positivos ao longo do mandato. Assim, os primeiros anos de restauração poderiam trazer um retorno positivo para o governo nesse aspecto;

- Após a plantação das mudas, é preciso que haja manutenção das áreas ao longo dos anos. Assim, parte da mão de obra precisa ser destinada a isso, ainda que em menor quantidade. Se as áreas forem diminuindo ao longo do tempo, a quantidade de mão de obra contratada no início do projeto pode se manter próxima a constante ao longo dos anos, ainda que não seja sempre a mesma força de trabalho, o número de pessoas quase não mudaria.

Deve-se ressaltar, porém, que o ainda que haja um cuidado com a escolha da proporção das áreas para o segundo cenário, o presente trabalho não baseia suas escolhas na possibilidade ou não desse cenário ser de fato realizado. Por não haver uma sequência histórica de restauração para o Rio de Janeiro, de modo que não é possível saber qual a magnitude de restauração anual do estado. Contudo, os números de compromissos assumidos e restantes leva a crer que esses valores anuais não devem ser muito altos, por isso não se pode esperar que o estado consiga botar em prática o que está sendo levantado aqui.

Seguindo essa estratégia, foram adotados os valores apontados na Tabela 12 abaixo.

Tabela 12: Divisão das áreas para a restauração ao longo dos 15 anos (cenário 2).

Ano	Área (ha/ano)
Anos 1 a 11 (RHs IV e VII)	3.074,95
Ano 12 e 13 (RHs IV e VII)	2.000,00
Anos 14 e 15 (RHs IV e VII)	1.000,00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados encontrados para esse cenário demonstram que com a restauração florestal proposta, poderia se alcançar um estoque de 3.502.739,66 tCO₂, somado a absorção de 442.250,52 tCO₂ no último ano do horizonte. Dessa forma, seria possível a absorção de um total de 3.944.990,17 tCO₂. Este valor representa 5 vezes mais do que o encontrado no primeiro cenário. Os valores para cada ano estão apresentados abaixo (Gráfico 7 e Tabela 13).

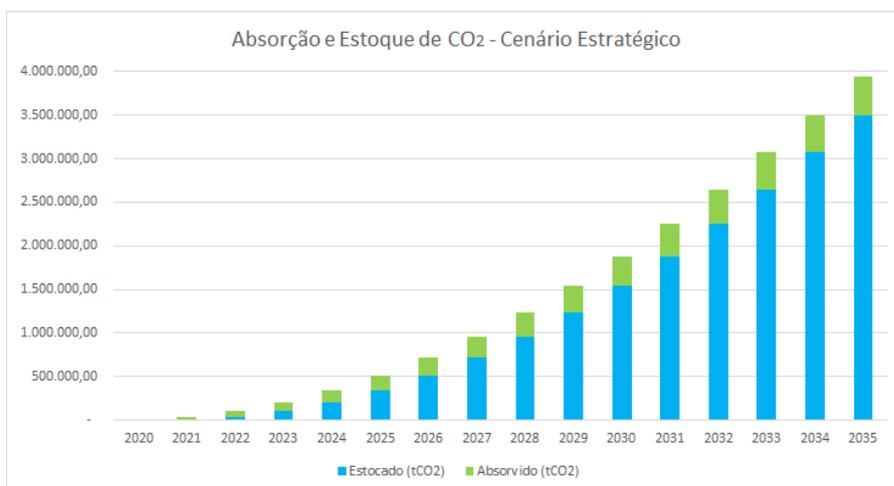


Gráfico 7: Gráfico de absorção e estoque de CO₂ ao longo dos anos do cenário 2.
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13: Valores de absorção e estoque de CO₂ ao longo dos anos do cenário 2.

Ano	Quantidade plantada (ha)	Absorvido (tCO2)	Estocado (tCO2)
2020	3.074,95	-	-
2021	3.074,95	34.147,32	-
2022	3.074,95	68.294,64	34.147,32
2023	3.074,95	102.441,96	102.441,96
2024	3.074,95	136.589,28	204.883,92
2025	3.074,95	170.736,60	341.473,20
2026	3.074,95	204.883,92	512.209,80
2027	3.074,95	239.031,24	717.093,71
2028	3.074,95	273.178,56	956.124,95
2029	3.074,95	307.325,88	1.229.303,51
2030	3.074,95	341.473,20	1.536.629,39
2031	2.000,00	375.620,52	1.878.102,59
2032	2.000,00	397.830,52	2.253.723,10
2033	1.000,00	420.040,52	2.651.553,62
2034	1.000,00	431.145,52	3.071.594,14
2035	-	442.250,52	3.502.739,66

Fonte: Elaboração própria.

5.3 CUSTOS DA RESTAURAÇÃO PROPOSTA

Após a correção dos valores para plantio total de mudas na Mata Atlântica em ambas as condições, os novos valores encontrados para 2019 foram de R\$24.770,07/ha para o condições desfavoráveis e R\$9.069,12/ha para condições favoráveis. Multiplicando esse número pelos valores restaurados em cada ano, encontrou-se os valores por ano para a restauração florestal.

Para trazer os valores para o presente, o VPL utilizou uma taxa de desconto de 8%, considerada uma taxa social, geralmente utilizada em projetos sociais ou do governo. Além disso, os valores finais encontrados foram divididos pelo carbono absorvido, de modo a encontrar um custo por tonelada de CO₂.

Os resultados financeiros da implantação da restauração florestal no cenário 1 estão apresentados nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14: Estimativa de custos do primeiro cenário - CAD.

Cenário 1 - CAD		
Anos	Hectares Plantados	Valor (R\$)
2020	391,46	9.696.491,60
2021	466,50	11.555.237,66
2022	539,31	13.358.746,45
2023	573,54	14.206.680,99
2024	573,54	14.206.680,99
2025	573,54	14.206.680,99
2026	573,54	14.206.680,99
2027	573,54	14.206.680,99
2028	573,54	14.206.680,99
2029	573,54	14.206.680,99
2030	573,54	14.206.680,99
2031	573,54	14.206.680,99
2032	651,56	16.139.269,38
2033	651,56	16.139.269,38
2034	651,56	16.139.269,38
TOTAL	8.513,84	Valor Presente Total (R\$) 116.457.191,06
Valor R\$/tCO₂e		164,07

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 15: Estimativa de custos do primeiro cenário - CAF.

Cenário 1 - CAF		
Anos	Hectares Plantados	Valor (R\$)
2020	391,46	3.550.197,72
2021	466,50	4.230.744,48
2022	539,31	4.891.067,11
2023	573,54	5.201.523,24
2024	573,54	5.201.523,24
2025	573,54	5.201.523,24
2026	573,54	5.201.523,24
2027	573,54	5.201.523,24
2028	573,54	5.201.523,24
2029	573,54	5.201.523,24
2030	573,54	5.201.523,24
2031	573,54	5.201.523,24
2032	651,56	5.909.106,06
2033	651,56	5.909.106,06
2034	651,56	5.909.106,06
TOTAL	8.513,84	Valor Presente Total (R\$) 42.638.726,52
Valor R\$/tCO2e		60,07

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, os custos finais de restauração no cenário 1 poderiam variar entre R\$42.638.726,52 e R\$116.457.191,06 de acordo com as condições do local a ser restaurado, sendo o segundo valor relacionado às piores condições para a restauração. Já o custo por tonelada de CO₂ absorvido iriam variar entre R\$60,07/tCO₂e e R\$164,07/tCO₂e, representando, respectivamente, as melhores e piores condições ambientais.

Os valores para o cenário 2 estão apresentados nas tabelas 16 e 17.

Tabela 16: Estimativa de custos do segundo cenário - CAD.

Cenário 2 - CAD		
Anos	Hectares Plantados	Valor (R\$)
2020	3.074,95	76.166.726,75
2021	3.074,95	76.166.726,75
2022	3.074,95	76.166.726,75
2023	3.074,95	76.166.726,75
2024	3.074,95	76.166.726,75
2025	3.074,95	76.166.726,75
2026	3.074,95	76.166.726,75
2027	3.074,95	76.166.726,75
2028	3.074,95	76.166.726,75
2029	3.074,95	76.166.726,75
2030	3.074,95	76.166.726,75
2031	2.000,00	49.540.140,00
2032	2.000,00	49.540.140,00
2033	1.000,00	24.770.070,00
2034	1.000,00	24.770.070,00
TOTAL	39.824,45	Valor Presente Total (R\$) 597.882.220,70
Valor R\$/tCO2e		151,55

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 17: Estimativa de custos do segundo cenário - CAF.

Cenário 2 - CAF		
Anos	Hectares Plantados	Valor (R\$)
2020	3.074,95	27.887.090,54
2021	3.074,95	27.887.090,54
2022	3.074,95	27.887.090,54
2023	3.074,95	27.887.090,54
2024	3.074,95	27.887.090,54
2025	3.074,95	27.887.090,54
2026	3.074,95	27.887.090,54
2027	3.074,95	27.887.090,54
2028	3.074,95	27.887.090,54
2029	3.074,95	27.887.090,54
2030	3.074,95	27.887.090,54
2031	2.000,00	18.138.240,00
2032	2.000,00	18.138.240,00
2033	1.000,00	9.069.120,00
2034	1.000,00	9.069.120,00
TOTAL	39.824,45	Valor Presente Total (R\$) 218.903.927,42
Valor R\$/tCO2e		55,49

Fonte: Elaboração própria.

Os custos para a restauração no cenário 2 variariam entre R\$218.903.927,42 e R\$597.882.220,70, sendo a segunda quantia dada se considerarmos o pior cenário para a restauração. Os valores por tonelada de carbono estariam entre R\$55,49/tCO₂e e R\$151,55/tCO₂e, seguindo a mesma lógica dos valores apresentados para o custo final total.

É possível perceber, assim, que, ainda que os custos do segundo cenário sejam muito maiores do que os do primeiro, o valor da restauração por tonelada de carbono absorvida acaba sendo menor, visto a grande diferença entre as absorções em cada um dos cenários.

6. DISCUSSÃO

6.1 POTENCIAL DE MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATRAVÉS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL PROPOSTA

De acordo com o III Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro, as emissões do estado em 2015 atingiram o valor total de 92.689,74 GgCO₂e. Isso representa um aumento de 40,2% das emissões em relação ao ano de 2005 e um aumento de 22,6% em relação a 2010.

A Tabela 18 abaixo apresenta os resultados do inventário de 2015 por contribuição setorial em comparação com os outros anos.

Tabela 18: Emissões do Rio de Janeiro no período de 2005-2015 por setor (GgCO₂eq).

Fonte	2005		2010		2015		2010/2005	2015/2010	2015/2005
Energia	38.919	58,9%	51.082	67,6%	70.203	75,7%	31,3%	37,4%	80,4%
Processos Industriais e Uso de Produtos	9.381	14,2%	11.579	15,3%	12.476	13,5%	23,4%	7,7%	33,0%
Agric. e Florestas	11.189	16,9%	4.823	6,4%	4.556	4,9%	-56,9%	-5,5%	-59,3%
Resíduos	6.638	10,0%	8.093	10,7%	5.456	5,9%	21,9%	-32,6%	-17,8%
Total	66.126	100,0%	75.578	100,0%	92.690	100,0%	14,3%	22,6%	40,2%

Fonte: Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro – 2015. (SEA, 2017)

Ao comparar estas emissões com os valores de absorção de CO₂ obtidos pelo trabalho, especialmente no primeiro cenário, que apresentou uma absorção total de 709.800,94 tCO₂, os resultados atingidos são muito pouco expressivos, visto sua meta despreziosa. Por isso, para esta discussão serão usados apenas os números correspondentes ao segundo cenário.

A quantidade total de CO₂ absorvida, considerando todos os anos do cenário 2, foi de 3.944.990,17 tCO₂, o que corresponde a 3.944,99 GgCO₂. Contrapondo estes valores com os apresentados pela tabela acima, nota-se que a restauração proposta seria capaz de mitigar apenas 4,3% das emissões totais fluminenses de 2015.

Isso poderia levar a crer que a restauração não é uma medida válida. Contudo, é preciso avaliar alguns pontos:

- A redução de emissões é extremamente importante no combate às mudanças climáticas. Entretanto, hoje em dia apenas isso já não é mais o suficiente, sendo necessário também que haja outras formas de remoção do carbono presente na atmosfera (Figura 8).

Atualmente, a absorção de CO₂ pela vegetação continua sendo a única maneira viável capaz de cumprir essa função, enquanto outras medidas de mitigação apenas evitam as emissões de GEE;

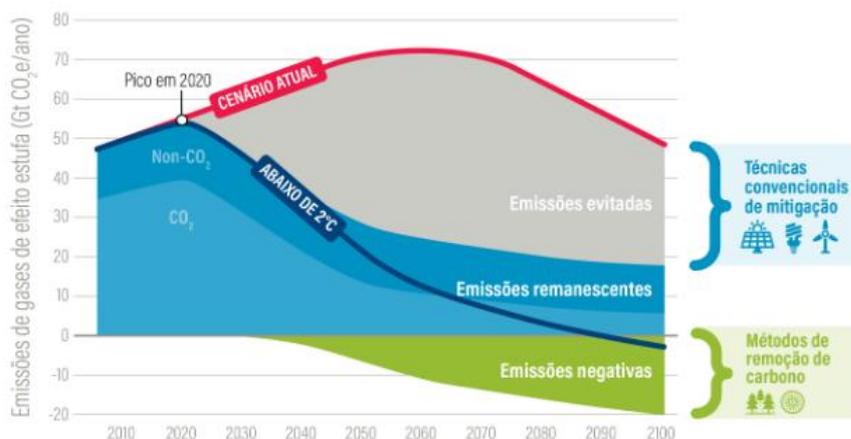


Figura 8: cenários previstos de aumento de temperatura e respectivas medidas associadas.
Fonte: WRI, 2018

- O cenário de restauração 2 é abertamente pouco ambicioso, visto que considera o reflorestamento de apenas 5% do total das áreas levantadas como de alta e muito alta prioridade. Isso significa que os resultados encontrados retratam somente um mínimo do potencial do que essa restauração poderia significar; Considerando-se ainda o que foi mencionado no ponto anterior, deve-se ressaltar que essas áreas levantadas representam regiões onde a necessidade de restauração florestal é enorme. Os mananciais possuem profunda importância na disponibilidade de água para consumo humano - desde o abastecimento público, até o uso para atividades econômicas - de forma que sua proteção deve ser vista como algo prioritário. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (PERHI-RJ) (2014), 62% das captações situam-se em áreas de alta suscetibilidade à erosão e foi constatada a ausência generalizada de florestas e outras formas de vegetação nas áreas de preservação permanente (APP) e Faixas Marginais de Proteção (FMP). Sendo assim, as regiões

apontadas neste estudo demandam de restauração independente de sua absorção de carbono.

- Reforçando o ponto anterior, a restauração florestal, como mencionado previamente, provê diversos serviços ecossistêmicos, que podem variar entre serviços de provisão, de suporte, de regulação e culturais.

Dessa forma, ainda que esse não seja o foco inicial dessa proposta, restaurar essas áreas acarretaria numa quantidade enorme de benefícios, desde o aumento de provisão de produtos para o consumo e comercialização humana, como água, madeira e alimentos, entre outros, até a conservação de biodiversidade e dos solos, minimização de enchentes e deslizamentos e regulação do ciclo hidrológico, entre muitos outros, como o próprio sequestro de carbono.

Portanto, ponderando os pontos expostos, não se pode ignorar a relevância da adoção de medidas de restauração florestal.

Além disso, é interessante notar que, ainda que a tendência geral de emissões no Rio de Janeiro tenha sido de aumento, o setor de AFOLU destacou-se como grande redutor de emissões. Isso foi devido, principalmente, à enorme redução na perda de vegetação florestal nativa do estado.

Comparando os anos de 2005, 2010 e 2015, é possível observar uma redução bastante expressiva nas emissões de GEE pelo uso do solo no Estado. Passando de 6,2 mil Gg CO₂ em 2005 para -196 Gg CO₂ em 2010 e, para -395 Gg CO₂ em 2015. De forma geral, isto indica uma baixa na intensidade de pressão antrópica sobre as áreas com cobertura vegetal natural no Estado do Rio de Janeiro (SEA, 2017). (p. 234).

A Tabela 19 apresenta os valores de emissões e remoções no Rio de Janeiro relativas ao setor de AFOLU.

Tabela 19: Emissões de AFOLU no RJ no período 2005-2015 (GgCO₂eq).

SETORES	2005	2010	2015	2010/2005	2015/2010	2015/2005
Uso do Solo	6.262,9	-196,2	-395,2	-103,1%	-101,4%	-106,3%
Agropecuária	4.925,7	5.019,4	4.950,8	1,9%	-1,4%	0,5%
Pecuária	3.939,6	3.802,4	3.977,4	-3,5%	4,6%	1,0%
<i>Fermentação Entérica</i>	3.696,7	3.556,2	3.745,5	-3,8%	5,3%	1,3%
<i>Manejo de Dejetos</i>	242,9	246,2	231,9	1,3%	-5,8%	-4,5%
Atividades Agrícolas	986,0	1.217,0	973,4	23,4%	-20,0%	-1,3%
<i>Calagem</i>	206,7	161,4	104,5	-21,9%	-35,3%	-49,5%
<i>Cultivo Arroz</i>	39,0	13,5	0,7	-65,4%	-95,2%	-98,3%
<i>Queima da Cana-de-Açúcar</i>	88,0	61,7	45,3	-29,9%	-26,6%	-48,6%
<i>Solos Agrícolas</i>	648,4	976,1	819,0	50,5%	-16,1%	26,3%
<i>Uso de Ureia</i>	3,8	4,2	4,0	10,9%	-5,3%	5,1%
Total	11.188,6	4.823,2	4.555,6	-56,9%	-5,5%	-59,3%

Fonte: Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro – 2015. (SEA, 2017)

Resgatando o valor de absorção de CO₂ referente ao último ano do Cenário 2 (Tabela 10), tem-se um total de 442.250,52 tCO₂ sendo removidos ao ano, o que é equivalente a 442,25 GgCO₂ por ano.

Considerando-se que o que foi restaurado não seja desmatado, se nada a mais for plantado, ainda assim haverá um incremento anual na absorção de carbono correspondente a essa quantia citada, o que perdurará por pelo menos mais 18 anos, se levado em conta o valor de 33 anos mencionado anteriormente na estimativa da absorção anual.

Desse modo, mesmo que não seja um número muito expressivo, com esse acréscimo à remoção de carbono de 2015, o valor que foi absorvido nesse ano mais do que dobraria. Reafirmando a necessidade eminente de restaurar as áreas totais levantadas - que representam 20 vezes o valor proposto no trabalho - o potencial de absorção verificado por essa proposta já poderia tornar-se algo bem interessante.

No entanto, não se pode pensar na restauração florestal como única solução, ferramenta base para o enfrentamento às mudanças climáticas. Mesmo ressaltando sua importância, é preciso manter em mente que esse processo é muito lento, e pensar neste combate apoiando-se somente no reflorestamento seria um erro. Desta maneira, não deve ser adotado à parte de outras medidas de mitigação, mas sim como uma forma de complemento a elas.

6.2 RESTAURAÇÃO E A ECONOMIA

6.2.1. Mercado de Carbono

A expressão mercado de carbono se refere às iniciativas de comercialização de créditos de redução de emissão dos gases de efeito estufa, conhecidos como créditos de carbono (OC, 2015). Este comércio de emissões está em conformidade com os mecanismos de flexibilização do Protocolo de Quioto.

Este mercado surgiu do princípio de que a poluição atmosférica deve ser reduzida, não importando a região que irá ocorrer esta redução. Desta forma, auxilia os países ao passo que, quando uma nação emite gases abaixo do limite imposto, este pode comercializar seus créditos de carbono para um outro país que já tenha ultrapassado seus níveis de emissão.

Por convenção, uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) corresponde a um crédito de carbono. Este crédito pode ser negociado no mercado internacional. A redução da emissão de outros gases de efeito estufa, também pode ser convertida em créditos de carbono, utilizando-se o conceito de carbono equivalente.

De acordo com pesquisas, o Brasil ainda não se encontra inserido oficialmente dentro do mercado de carbono - a entrada está em processo de regulamentação. Porém, como signatário do Protocolo de Kyoto do grupo dos países do não-Anexo I, o Brasil participa do mercado regulado com projetos de MDL (JURAS, 2012).

Quando o mercado de carbono foi implementado, em meados de 2008, o preço do crédito de carbono girava em torno de US\$25 e US\$30. Porém, com o enfraquecimento do Protocolo de Kyoto, o não alcance das metas propostas para 2012 e a não ratificação do segundo período de vigência por grande dos países membros da UNFCCC, o crédito de carbono perdeu valor de mercado, alcançando valores entre US\$5 e US\$10 em 2015. Isso pode ser justificado pelo fato de que a demanda pelos créditos se tornou menor do que a oferta, reduzindo assim seu valor.

Com a aproximação da vigência do Acordo de Paris, é possível perceber um aumento na precificação do crédito de carbono. Atualmente, o preço da tonelada de carbono equivalente - usando o mercado dos Estados Unidos como referência - está variando entre US\$20 e US\$30, o que mostra um aumento significativo em relação aos anos anteriores.

Porém, este valor ainda é muito baixo quando comparado aos custos necessários para mitigar uma tonelada de carbono equivalente, não compensando financeiramente o

Comentado [IMdMS1]: Citar referencia bibliográfica

investimento em medidas de mitigação. Segundo o relatório da Comissão de Alto Nível em Preço de Carbono (2017), para cumprir as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, que limita o aquecimento global em 2°C, os países signatários deverão estabelecer uma forte política de preços para o carbono, com metas de US\$40 a US\$80 por tonelada, até 2020, e US\$50 a US\$100 por tonelada, até 2030.

Fazendo uma comparação e trazendo estes valores para o presente estudo, foi encontrado um valor de R\$151,55 como custo de absorção de uma tonelada de carbono equivalente para o cenário 2 no caso de um cenário ambiental desfavorável. Este valor representa, aproximadamente, US\$37,88. Desta forma, é visível que a venda de créditos de carbono - no mercado atual - por si só, não justifica o investimento em reflorestamento para absorção de CO₂.

Porém, se os preços de compra da tonelada de carbono equivalente subissem para um valor entre US\$40 e US\$80, como proposto pelos economistas Joseph E. Stiglitz e Nicholas Stern no relatório, a vantagem no investimento em medidas de mitigação, mais especificamente em restauração florestal, seria perceptível. O Brasil não só teria um ganho ambiental expressivo, como também financeiro.

6.2.2. Pagamentos por Serviços Ambientais

A restauração de mata nativa gera um aumento na provisão de inúmeros serviços ecossistêmicos, o que pode acarretar na melhoria da qualidade de vida humana. São diversos os benefícios fornecidos pela vegetação, tais como a regulação e proteção hídrica, a manutenção de encostas e prevenção de deslizamentos e enchentes, e a regulação climática através do armazenamento de carbono.

Nos ecossistemas ocorrem diversos processos naturais, que resultam das complexas interações entre os seus componentes bióticos (organismos vivos) e abióticos (componentes físicos e químicos) por meio das forças universais de matéria e energia. Esses processos naturais garantem a sobrevivência das espécies no planeta e têm a capacidade de prover bens e serviços que satisfazem necessidades humanas direta ou indiretamente. Essas capacidades são classificadas como funções dos ecossistemas (De Groot et al., 2002 apud MMA, 2011).

Assim, a natureza fornece à humanidade serviços que podem lidar com problemas estruturais e ambientais - como enchentes, deslizamentos, aumento da temperatura da superfície

terrestre, etc. - de forma altamente eficiente e muito mais econômica, visto que são fornecidos “gratuitamente” pelos ecossistemas, reduzindo a necessidade do uso de tecnologias antrópicas.

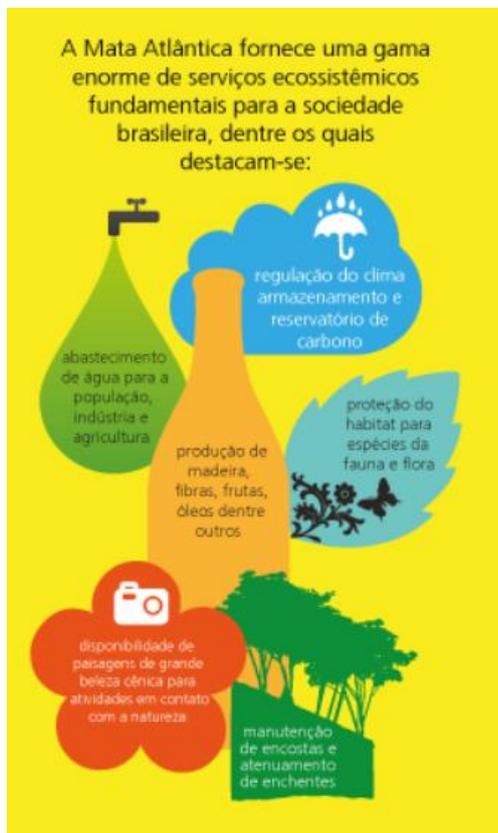


Figura 9: Serviços ecossistêmicos fornecidos pela Mata Atlântica.
Fonte: MMA (s.d.)

As iniciativas - individuais ou coletivas - que visam a manutenção, recuperação ou melhoria desses serviços são chamadas de Serviços Ambientais. Dessa forma, os serviços ambientais são resultantes de ações humanas de conservação da natureza que se propõe a proteger justamente essas funções ecossistêmicas oferecidas pelo meio ambiente. Nesse contexto, a proteção de florestas nativas, bem como sua restauração, pode ser considerada um serviço ambiental.

Essas atividades apresentam-se, assim, de grande valor não apenas para o meio ambiente, mas também para a sociedade, e, portanto, devem ser incentivadas. Uma maneira de estimular isso é através do PSA, de modo que os provedores de serviços ambientais recebam por isso, enquanto os usuários destes serviços paguem por eles.

De acordo com Seehusen e Guedes (2011), são comercializados no mundo quatro serviços ambientais com maior intensidade e frequência, dentre eles o carbono. Nestes sistemas de PSA-Carbono, paga-se geralmente por tonelada de CO₂ não emitido para atmosfera ou sequestrado. Assim, o pagamento por serviços ambientais mostra-se como uma alternativa para projetos de absorção de carbono, como o proposto no presente trabalho.

No estado do Rio de Janeiro já é previsto um mecanismo de PSA, criado e regulamentado pelo Decreto Estadual nº 42.029/11, que estabelece o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PRO-PSA) como forma de auxiliar na proteção dos recursos hídricos, florestas e biodiversidade do estado. Esse decreto estabelece que:

Art. 2º - São considerados serviços ambientais, passíveis de retribuição, direta ou indireta, monetária ou não, as práticas e iniciativas prestadas por possuidores, a qualquer título, de área rural situada no Estado do Rio de Janeiro, que favoreçam a conservação, manutenção, ampliação ou a restauração de benefícios propiciados aos ecossistemas, que se enquadrem em uma das seguintes modalidades:

- I - conservação e recuperação da qualidade e da disponibilidade das águas;
- II - conservação e recuperação da biodiversidade;
- III - conservação e recuperação das faixas marginais de proteção - FMP;
- IV - sequestro de carbono originado de reflorestamento das matas ciliares, nascentes e olhos d'água para fins de minimização dos efeitos das mudanças climáticas globais.

Além disso, atua também no Rio de Janeiro o Projeto Conexão Mata Atlântica, que tem como objetivo aumentar a proteção da biodiversidade e da água e combater mudanças climáticas. Para tal, o projeto utiliza como premissa o mecanismo de PSA, dentro da modalidade compreendida como PSA “Uso Múltiplo”, que contempla ações de conservação de florestas, conversão produtiva e restauração ecológica, sendo o plantio de mudas nativas um de seus componentes (figura 9) (INEA, s.d.).



CONSERVAÇÃO DE FLORESTAS

- 1 Floresta conservada/preservada
- 2 Construção e manutenção de aceiros em áreas vulneráveis a incêndios
- 3 Cercamento da restauração em áreas com sinais de presença de gado

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

- 4 Cercamento da restauração em áreas com intensa pressão
- 5 Recuperação do solo (descompactação)
- 6 Recuperação do solo (aumento da fertilidade com adubação verde)
- 7 Combate a espécies invasoras (controle e coroamento das gramíneas)
- 8 Combate a pragas (controle de formigas)
- 9 Aumento do banco de sementes (animais dispersores)
- 10 Plantio de mudas de espécies nativas

CONVERSÃO PRODUTIVA

- 11 Sistema Agroflorestal: associação de espécies nativas arbóreas com plantas herbáceas, arbustivas, culturas agrícolas, forrageiras e/ou em integração com animais. O solo deve estar permanentemente coberto e deve-se priorizar o uso de adubação verde. (Resolução Inea nº 134/2016)
- 12 Sistema Silvopastoril: combinação de espécies nativas arbóreas e/ou exóticas com pastagem e gado manejados de forma integrada. Tem como benefícios a melhoria da saúde do rebanho e o aumento da produtividade, proteção do solo contra a erosão, além de possibilitar a exploração de produtos florestais (madeira, óleo essencial, frutos, sementes, folhas etc.)

Figura 10: Projeto Conexão Mata Atlântica
 Fonte: Conexão Mata Atlântica - Rio de Janeiro (INEA [s.d.])

Assim, a aplicação de projetos de PSA como aporte financeiro à restauração florestal mostra-se uma possibilidade relevante para projetos de restauração no estado do Rio de Janeiro.

Ainda que os custos relativos à recuperação tenham aqui se mostrado altos e não sustentados apenas pela absorção de CO₂ dentro do atual mercado de carbono, a prestação de serviços ambientais não se fundamenta somente neste fim.

Assim, o incentivo aos programas de PSA pode ter diversos propósitos, mas isso por si só já perpassa por uma manutenção ou recuperação da mata nativa. Isso leva à consequente remoção e estocagem de carbono pela vegetação, quer seja este o único objetivo do projeto ou não.

Sendo assim, é plausível considerar o Pagamento por Serviços Ambientais como uma forma válida de subsídio aos projetos de restauração ecológica.

7. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo foi elaborar cenários de absorção de CO₂ através da restauração florestal e, a partir disso, analisar o potencial de mitigação dessa medida e seus custos para verificar possibilidades de financiamento desses projetos.

Com isso, após pesquisas acerca de possíveis áreas para restauração, métodos e instrumentos para realização do projeto e cálculo dos eventuais gastos, pôde-se concluir ao longo do estudo que a restauração florestal no Rio de Janeiro é, não só de extrema necessidade, como viável e factível.

Vale lembrar que a restauração florestal é de elevada importância por diversos aspectos, como, por exemplo, para a proteção de mananciais, uma vez que estes são essenciais para manutenção dos ecossistemas terrestres, bem como para o abastecimento das atividades humanas.

De acordo com o apresentado, o estado do Rio de Janeiro possui um déficit de vegetação em APPs e regiões nos entornos de corpos d'água, aumentando sua suscetibilidade à erosão. Dessa forma, a restauração florestal como medida de proteção de mananciais é muito necessária no Rio de Janeiro.

Além disso, no que diz respeito à mitigação de emissões de GEE, a restauração proposta apresenta um potencial que a princípio pode não parecer expressivo. Contudo, essa é a única

ferramenta capaz de absorver CO₂ e, se as áreas do estado que já necessitam de recuperação forem restauradas, os valores de remoção de CO₂ podem ser muito significativos.

É importante ressaltar que a restauração florestal não deve ser utilizada de forma isolada como instrumento de combate às mudanças climáticas, devendo ser aliada a outras medidas de mitigação de modo a tornar este combate o mais eficiente possível.

Finalmente, em relação aos custos - considerando os valores atuais do mercado de carbono - a absorção de CO₂ por si só não é o suficiente para justificar o financiamento de uma restauração, visto que é um processo caro de ser aplicado e os valores por tonelada de CO₂ ainda são baixos. Contudo, uma valorização nos preços do carbono já poderia viabilizar essa medida, que não só traria benefícios ecossistêmicos, como retorno financeiro.

Assim, ponderando as vantagens sociais, econômicas e ambientais apresentadas, conclui-se que a restauração é uma ferramenta que deve ser considerada não apenas para efeito de mitigação de emissões de GEE, mas também para outros fins, visto seus inúmeros benefícios ecológicos. A proteção dos ecossistemas é vital para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento futuro das atividades antrópicas.

É importante, então, procurar maneiras de subsidiar essa medida, de modo que se torne cada vez mais atrativa – do ponto de vista econômico e ambiental - não apenas no estado do Rio de Janeiro, mas também em todo o território nacional.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm>. Acesso em: 15 de out. de 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

BRASIL. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Conveção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 02 de nov. de 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei.** Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1299830&filena me=PL+312/2015>. Acesso em: 10 de nov. de 2019.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 429, de 28 de fevereiro de 2011.** Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs. Disponível em: <[http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resol-CONAMA-429-11_\(metologia-recuperacao-APPs\).pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resol-CONAMA-429-11_(metologia-recuperacao-APPs).pdf)>. Acesso em 05 de nov. de 2019.

BRASIL. **Resolução conjunta SEA/INEA nº 630 de 18 de maio de 2016.** Regulamenta o mecanismo financeiro de compensação florestal de que trata o art. 3º-B da Lei nº 6.572/2013, introduzido pela Lei nº 7.061/2015, e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, maio 2016. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=326172>>. Acesso em: 30 set. 2019.

BRASIL. **Resolução SEFAZ nº 366 de 21 de dezembro de 2018.** Fixa o valor da UFIR-RJ para o exercício de 2019. Rio de Janeiro, RJ, dez 2018. Disponível em: <http://www.fazenda.rj.gov.br/sefaz/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/navigation-renderer.jspx?_afzLoop=2055302300347089&datasource=UCMServer%23dDocName%3AWCC339305&_adf.ctrl-state=1dvn7ihes_67>. Acesso em: 30 set. 2019.

CARBON Price Viewer. Sandbag, 2019 **EUA Price.** Disponível em: <<https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.

CENTRO CLIMA, 2017. **Inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro: ano base 2015: resumo técnico.** Secretaria do Ambiente. – Rio de Janeiro, 2017. 48 p.

COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA - CIMCG. 2015. **Relatório anual do Futuro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo de 2015.** Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/publicacoes_cimgc/Relatorio-Anual-2015.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2019.

COMISSÃO MISTA PERMANENTE SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. 2013. **Legislação brasileira sobre mudanças climáticas.** Brasília. Disponível em <http://www.senado.leg.br/comissoes/CMMC/Livro_legislacao_ambiental_Completo_Final_17_09_2013.pdf>. Acesso em: 5 de nov. de 2019.

CROUZEILLES, R. 2019. **Relatório temático sobre restauração de paisagens e ecossistemas.** Livro eletrônico. Renato Crouzeilles, Ricardo R. Rodrigues, Bernardo B.N. Strassburg. -- São Carlos, SP: Editora Cubo.

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 2010. **Evaluación de los recursos forestales mundiales. Principales Resultados.** Roma, Itália. 12 p.

FUNCATE. 2015. **Mapa de Vegetação Nativa na Área de Aplicação da Lei no. 11.428/2006 – Lei da Mata Atlântica (ano base 2009).** Brasília, p. 85. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivos/biomas/mata_atlantica/Relatorio%20Final%20Atualizacao%20do%20Mapa%20de%20cobertura%20vegetal%20nativa%20da%20Mata%20Atlantica%201.pdf>. Acesso em: 3 de out. de 2019.

GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. 2002. **A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural.** - Colombo: Embrapa Florestas, 134 p.

GARCIA, R. 2015. **Como será o mercado de carbono do Brasil, que foi adiado para 2017**. Observatório do Clima. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/como-sera-o-mercado-de-carbono-do-brasil/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.

GLÓRIA, H. S. 2010. **Crédito de carbono**. Nova Lima, 59 p. Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do bacharelado em ciências contábeis na Faculdade Milton Campos.

GODOY, S. G. M. PAMPLONA, J. 2007. **O Protocolo de Kyoto e os Países em Desenvolvimento**. Pesquisa & Debate, São Paulo, v. 18, n. 2, pp. 329-353.

GOULARTE, B. S. ALVIM, A. M. 2011 **A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social**. Revista Análise, A Revista Acadêmica da FACE. Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 72-88.

GUEDES, F. B. SEEHUSEN, S. E. 2011. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras. – Brasília: MMA. Disponível em:<https://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf>. Acesso em: 02 de nov. de 2019.

HIROTA, M.M. e PONZONI, F.J. (coords.).2019. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Período 2017-2018**. Relatório Técnico. SOSMA/INPE. São Paulo/SP. 65 p. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf>. Acesso em: 08 de nov. de 2019.

INEA (RJ). 2018. **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial** / Instituto Estadual do Ambiente; coordenação geral: Silvia Marie Ikemoto; coordenação executiva: Patrícia Rosa Martines Napoleão. – Rio de Janeiro.

INEA (RJ). Inea Maps, [s.d.]. **Conexão Mata Atlântica - Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2a8b5c83f8f94676b1aaa13f601218fd>>. Acesso em: 20 de nov. de 2019

IPAM AMAZÔNIA. 2015. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) tem sido uma opção atrativa dentro do Protocolo de Quioto?**. Disponível em: <<https://ipam.org.br/entenda/o-mecanismo-de-desenvolvimento-limpo-mdl-tem-sido-uma-opcao-atrativa-dentro-do-protocolo-de-quioto/>>. Acesso em: 15 de set. de 2019.

IPCC. 2013. **Resumo para Decisores**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [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, Reino Unido e Nova Iorque, NI, EUA.

JÚNIOR, H. A. O. 2003. **O sequestro de carbono para o combate ao efeito estufa**. Uberaba, 35 p. Trabalho final do curso de pós-graduação em Gestão Ambiental, Faculdade da Região dos Lagos - FERLAGOS.

JURAS, I. A. G. M. 2012. **Mercado de carbono**. Câmara dos Deputados. Setembro, p. 17. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema14/2012_16028.pdf>. Acesso em: 13 de out. de 2019.

LAGE, M. C. 2011. **O mercado de carbono: uma solução econômica para o problema do aquecimento global**. Rio de Janeiro, 44 p. Monografia de Bacharelado em Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

LIMIRO, D. 2009. **Créditos de Carbono**. Protocolo de Kyoto e Projetos de MDL. Juruá Editora. Curitiba.

LOPES, I. V. (Coord.) 2002. **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, [s.d.]. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 23 de nov. de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2017 **Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa** / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação. – Brasília, DF: MMA.

MOTTA, R. S. 2011. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Ronaldo Seroa da Motta ... [et al.]. Brasília: Ipea, 440 p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. 2000. **Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities**. Nature 403, pp. 853-8. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/35002501>>. Acesso em: 31 de out. de 2019.

OBSERVATÓRIO FLORESTAL FLUMINENSE | OFF. 2019. **Restauração Florestal Fluminense**. Disponível em: <<https://www.restauracaoflorestalrj.org/observatorio>>. Acesso em: 20 de set. de 2019.

OLIVEIRA, R. E. 2011. **O estado da arte da ecologia da restauração e sua relação com a restauração de ecossistemas florestais no bioma mata atlântica**. Botucatu, 247 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, R. E., ENGEL, V. L. 2017. **A restauração florestal na Mata Atlântica: três décadas em revisão**. Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente, v. 5, n. 1, p. 43.

OLIVEIRA, R.E., SOUZA, A.M., RODRIGUES, C.L. & ROMERO, M.L. 2008. **Aspectos da recuperação e uso de florestas em propriedades e paisagens rurais no Estado de São Paulo**. In: SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, ed. Recuperação Florestal: um olhar social. São Paulo: Imprensa Oficial, pp. 45-78. ORMEROD, S.J., 2003. Restoration in applied ecology: editor's introduction. Journal of Applied Ecology, vol. 40, pp. 44-50.

PBMC. 2016. **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

PENA, R. [s.d.]. Mundo Educação. **Conferências sobre o meio ambiente**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/conferencias-sobre-meio-ambiente.htm>>. Acesso em: 2 de nov. de 2019.

PINTO, E. P. P. MOUTINHO, P. RODRIGUES, L. 2008. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. Belém, 53 p. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.

PINTO, L.P., BEDÊ, L., PAESE, A., FONSECA, M. PAGLIA, A. & LAMAS, I. 2006. **Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**. Pp. 91-118. In: C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M.V. Sluys, & M.A.S. Alves (eds.). Biologia da Conservação: essências. São Carlos, RiMa.

PIOVESAN, E. **Câmara aprova projeto que prevê pagamento por serviços ambientais**. Câmara dos Deputados, 2019. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/579925-camara-aprova-projeto-que-preve-pagamento-por-servicos-ambientais/>>. Acesso em: 03 de nov. de 2019.

PROTOCOLO de Quioto. [s.d.]. Disponível em: <http://www.ci.esapl.pt/jcms/EA/unfccc_QUIOTO_text_integr.htm>. Acesso em: 5 de nov. de 2019.

QUADROS, T.. Nexo, 2017. **O histórico dos principais encontros e acordos climáticos mundiais.** Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/grafico/2017/11/17/O-hist%C3%B3rico-dos-principais-encontros-e-acordos-clim%C3%A1ticos-mundiais>>. Acesso em: 5 de nov. 2019.

RBMA – RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. 2017. **A Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/rbma_1_textosintese.asp>. Acesso em: 05 de nov. de 2019.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 44.512 de 09 de dezembro de 2013.** Dispõe sobre o cadastro ambiental rural. Disponível em: <https://89e3409d-9b49-4673-8d99-be2ef391e458.filesusr.com/ugd/be7ade_7775127324ac439b809f169afb0908e7.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 42.029 de 15 de junho de 2011.** Estabelece e regulamenta o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais no estado. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zzew/mdc5/~edisp/inea0079199.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. de 2019

RIO DE JANEIRO. **Resolução Conjunta SEA/INEA nº 630 de 18/05/2016.** Regulamenta o mecanismo financeiro de compensação florestal. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=326172>>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

RITCHIE, H. Our World in Data. 2019. **Who has contributed most to global CO2 emissions?** Disponível em: <<https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2>>. Acesso em: 1 de nov. de 2019.

SCHLESINGER, W. H. 1997. **Biogeochemistry: an analysis of global change.** 2nd. ed. San Diego: Academic Press. 588 pg.

SEEG. 2019. **Emissões totais.** Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em: 10 de nov. de 2019.

SILVA, B. G. 2009. **Contabilidade Ambiental sob a ótica da contabilidade financeira.** Curitiba: Juruá Editora, 2009.

SIQUEIRA, L. P. e MESQUITA, C. A. 2007. **Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no corredor central**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica. 188 pg.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL. 2004. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOLARI, R. S. 2019. **Estudo do Potencial de Absorção de CO2 pela Restauração Florestal no Estado do Rio de Janeiro**. 52 p.

STIGLITZ, J. E. e STERN, N. **Report of the high-level commission on carbon prices**. Maio, 2017. Carbon Pricing Leadership Coalition. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59244eed17bffc0ac256cf16/1495551740633/CarbonPricing_Final_May29.pdf>. Acesso em: 15 de jan. de 2020.

TYMUS et al. 2018. **Restauração da vegetação nativa no Brasil: caracterização de técnicas e estimativas de custo como subsídio a programas e políticas públicas e privadas de restauração em larga escala: relatório de pesquisa** – Brasília (DF): TNC. Disponível em: <<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/restauracao-da-vegetacao-nativa-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 18 de dez. de 2019.

WRI BRASIL. **6 maneiras de retirar gás carbônico da atmosfera, 2018**. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/09/6-maneiras-de-retirar-a-poluicao-gas-carbonico-co2-da-atmosfera>>. Acesso em: 20 de set. de 2019.

WWF BRASIL. 2015. **As mudanças climáticas, riscos e oportunidades**. Programa de Clima e Energia WWF-Brasil. Água Brasil. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/docs/pub/siteEsp/uds/dwn/mudclimatica.pdf>>. Acesso em: 22 de out. de 2019.

ANEXO I - Listagem das espécies nativas da Mata Atlântica, indicadas para produção de mudas destinadas à restauração ecológica no estado do Rio de Janeiro.

Espécies nativas da Mata Atlântica, indicadas para produção de mudas destinadas à restauração ecológica no estado do Rio de Janeiro.		
NOME CIENTÍFICO/FAMÍLIA	NOME POPULAR	ÁREA DE OCORRÊNCIA
ACHARIACEAE		
<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) A Gray	ruchuchu	FO
ANACARDIACEAE		
<i>Anacardium occidentale</i> L.	cajueiro	RE
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	gonçalo-alves	FE
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	guaritá	FO*, FE*, RE
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeira	FO*, FE*, RE, MZ
<i>Spondias mombin</i> L.	cajá-mirim	FE*
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo	FO*, FE*, RE
ANNONACEAE		
<i>Annona cacans</i> Warm	araticum-cagão	FO, FE
<i>Annona dolabripetala</i> Raddi.	pinha do mato	FO, FE
<i>Annona mucosa</i> Jacq.	biribá	FO*
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	araticum-da-mata	FO, FE
<i>Xylopia sericea</i> A. St.-Hil.	imbiú	FO*, FE*, RE
APOCYNACEAE		
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Mull. Arg.	peroba-rosa	FE*
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	guatambu-oliva	FO, FE, RE
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll.Arg.	guatambu-amarelo	FO, FE
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	guatambú-vermelho	FO, FE
<i>Himatanthus bracteatus</i> (A. DC.) Woodson	sucuba	FE, RE
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	leiteira	FO, FE
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	leiteira	FO
ARECACEAE		
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	guriri	RE
<i>Allagoptera caudescens</i> (Mart.) Kuntze	palmito-amargo	FO*, RE
<i>Attalea dubia</i> (Mart.) Burret	indaiá	FO
<i>Bactris setosa</i> Mart.	tucum	FO, RE
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito-juçara	FO*, RE
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	FO*, FE*, RE

ASTERACEAE		
<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	camará	FO*
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	cambará-do-campo	FO
<i>Stiffia chrysantha</i> J. C. Mikan	diadema	FO
BIGNONIACEAE		
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	ipê-mandioca	FO, FE
<i>Handroanthus albus</i> (Charm.) Mattos	ipê-da-serra	FO
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-dourado	FO, RE
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	ipê-roxo	FO, FE
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-rosa	FO, FE
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	ipê-cascudo	FE sobre rochas
<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	ipê-amarelo	FO
<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	ipê-amarelo-do-brejo	FO*
<i>Handroanthus vellosi</i> (Toledo) Mattos	ipê-peto	FO, RE
<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	carobão	FO
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	caroba	FO, FE
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	caroba-roxa	FO, FE, RE
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K. Schum.	ipê-cinco-folhas	FO*, FE*
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	pau-tamanco	FO, RE
<i>Tabebuia rosealba</i> (Ridl.) Sand.	ipê-branco	FE*
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo	FE
BIXACEAE		
<i>Bixa orellana</i> L.	urucum	FO*, RE
BORAGINACEAE		
<i>Cordia superba</i> Cham.	babosa-branca	FO
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud	louro-pardo	FO, FE
BURSERACEAE		
<i>Protium brasiliense</i> (Spreng.) Engl.	amescla	FE, RE
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	breu	FO*, FE*, RE
CALOPHYLLACEAE		
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	guanandi	FO*, FE*, RE
<i>Kielmeyera membranacea</i> Casar.	pequiá-branco	RE
CANNABACEAE		
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	crindiúva	FO*, FE*
CAPPARACEAE		
<i>Crateva tapia</i> L.	fruta-de-gambá	RE*, MZ
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	timbó	FE, RE
CARICACEAE		
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	mamão-jaracatiá	FO*, FE*, RE

CELASTRACEAE		
<i>Maytenus communis</i> Reissek	café-do-mato-grande	FO
<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	maitenus	FO, FE, RE
CLETHRACEAE		
<i>Clethra scabra</i> Pers.	canela-abacate	FO, FE, RE
CLUSIACEAE		
<i>Clusia fluminensis</i> Planch. & Triana	clúsia	FO, RE
<i>Clusia lanceolata</i> Cambess.	cebola-do-mato	FO, RE
<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	bacupari	FE, RE
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	bacupari	FO*, FE*, RE
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	anani	FO*, RE
<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	azedinha	FO
COMBRETACEAE		
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	capitãozinho	FE*, RE
EBENACEAE		
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	caqui-da-restinga	FO*, FE*, RE
ELAEOCARPACEAE		
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	gindiba	FO, RE
ERYTHROXYLACEAE		
<i>Erythroxylum pulchrum</i> A.St.-Hil.	arco-de-pipa	FO*, FE*, RE
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	jaboticaba-da-praia	FO*, FE*
EUPHORBIACEAE		
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	moquequeira	FO*, RE
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Mull. Arg.	tapiá	FO*, RE
<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	marmeleiro	FO*, RE
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	FO*, FE*
<i>Croton urucurana</i> Baill.	sangra d'água	FO*, FE*
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	cutieira	FO*, FE*, RE
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	canudo-de-pito	FO, FE
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	leiteiro	FO*, RE
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	sucanga	MZ
FABACEAE		
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	farinha-seca	FO*, FE*
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	farinha-seca	FO, FE, *
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico-branco	FO*, FE*
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	angico-cascudo	FO*, FE*
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	angelim-pedra	FO*, RE
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	angelim-doce	FO*, FE*, RE

<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	angelim-coco	RE
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	garapa	FO*, FE*
<i>Bauhinia forficata</i> Link	pata-de-vaca	FO*, FE*
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	unha-de-vaca	FE*
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	pau-brasil	FO, FE, RE
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	canafístula	FO*, FE*, RE
<i>Cassia grandis</i> L. f.	cássia-rosa	FO*, FE*
<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. ex Benth	araribá	FO
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	araribá-rosa	FO, FE
<i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby	macanaíba	FO*, FE*, RE
<i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier	tataré	FO, FE, RE
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	FO*, FE*, RE
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	óleo-de-copaíba	FO*
<i>Dalbergia foliolosa</i> Benth.	caviúna-do-campo	FO, FE
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	caviúna	FO, FE
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	orelha-de-macaco	FO*, FE*
<i>Erythrina cristagalli</i> L.	corticeira	FO*
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	mulungu	FO*, FE*
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	feijão-bravo	RE*, MZ
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	suinã	FO*, RE
<i>Erythrina verna</i> Vell.	mulungu	FO, *, FE
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	FO*, FE*
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-cipó	FO*, FE*, RE
<i>Inga lenticellata</i> Benth.	ingá	FO*, FE
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-do-brejo	FO, FE, RE
<i>Inga marginata</i> Willd.	ingá-feijão	FO, *, RE
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	ingá-ferradura	FO, FE
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	ingá-ferro	FO*, RE
<i>Inga vera</i> Wild.	ingá-banana	FE*, RE
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	pau-ferro	FO*, FE*, RE
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A. M. G. Azevedo & H. C. Lima	embira-de-sapo	FE
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	jacarandá-bico-de-pato	FO*, FE*, RE
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	pau-angu	FO*, FE*, RE
<i>Machaerium incorruptibile</i> (Vell.) Benth.	jacarandá-preto	FO, FE
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	guaximbé	FO*, FE*
<i>Machaerium paraguayense</i> Hassl.	jacarandá-branco	FO, FE
<i>Machaerium pedicellatum</i> Vogel	jacarandá-fruto-grande	FE*, RE
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	sapuva	FO*, FE*

<i>Melanoxylon brauna</i> Schott	braúna	FO, FE, RE
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	maricá	FO, FE, RE
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	sabiá	FO
<i>Moldenhawera polysperma</i> (Vell.) Stellfeld	caingá	FO
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	cabreúva	FO, FE
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	bálsamo	FO*, FE*
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	olho-de-cabra	FO, FE, RE
<i>Parapiptadenia pterosperma</i> (Benth.) Brenan	angico-roxo	FE, RE
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	angico-amarelo	FO*, FE*
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.	monjolo-jacaré	FO*, FE*, RE
<i>Piptadenia paniculata</i> Benth.	maminha-de-porca	FO, FE, RE
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático	FO*, FE*
<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	mangalô	FO*, FE*
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	faveiro	FO*, FE*
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	sibipiruna	FO*, FE*, RE
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima	angico-foice	FO, FE, RE
<i>Pseudopiptadenia inaequalis</i> (Benth.) Rauschert	monjolo-caixa-d'água	FO
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P. Lewis & M.P. Lima	cambuí-vinhático	FO, FE
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	aldrago	FO*, FE*, RE
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	amendoim-bravo	FO*, FE*
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvú	FO*, FE*
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	monjoleiro	FO*, FE*
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	candelabro	FO, FE, RE
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby	fedegoso	FO*
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S. Irwin & Barneby	aleluia	FO*
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby	fedegoso-do-mato	FO*, FE*, RE
<i>Sophora tomentosa</i> L.	sofora	RE, MZ
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	barbatimão-da-mata	FE
<i>Swartzia apetala</i> Raddi	arruda-vermelha	FO, FE, RE
<i>Swartzia flaemingii</i> Raddi	tamarindo-de-boi	FO
<i>Swartzia langsdorffii</i> Raddi	mal-casado	FO
<i>Swartzia myrtifolia</i> Sm.	mata-cachorro	FO, FE
<i>Tachigali denudata</i> (Vogel) Oliveira-Filho	angá	FO*
<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	angá-rugoso	FO, FE
<i>Vatairea heteroptera</i> (Allemão) Ducke	angelim-roxo	FO
LACISTEMACEAE		
<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	café-do-mato	FO, RE

LAMIACEAE		
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	tamanqueiro	FO*, FE*, RE
<i>Vitex polygama</i> Cham.	vitex	FO*, FE*, RE
Lauraceae		
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	canela-preta	FO*, FE*
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	canelão	FO*, FE*, RE
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	canela-ferrugem	FO*, FE*, RE
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	canela-jacú	FO*, FE*, RE
LECYTHIDACEAE		
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	FO, FE
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	FO
<i>Couratari macrosperma</i> A.C.Sm.	imbirema	FO
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A. Mori	inuíba-vermelha	FO
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	sapucaia	FO*
MALPIGHIACEAE		
<i>Bunchosia maritima</i> (Vell.) J.F.Macbr.	cachita	FO, FE
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	murici	FO*, RE
MALVACEAE		
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	pau-jangada	FO*, FE*
<i>Basiloxylon brasiliensis</i> (All.) K.Schum.	pau-rei	FO
<i>Ceiba erianthos</i> (Cav) K. Schum.		RE (sobre aforamentos rochosos)
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	paineira-rosa	FO, FE
<i>Eriotheca candolleana</i> (K.Schum.) A.Robyns	embiruçu	FE
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K. Schum.) A. Robyns	embiruçu-branco	FO, RE
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	FE*
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	ivitinga	FE*
<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	FO*, FE*
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutambo	FO*, FE*
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns	embiruçu	FO, RE
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	embiruçu-cinco-quinas	FO
<i>Talipariti pernambucense</i> (Arruda) Bovini	algodoeiro-de-restinga	MZ
MARCGRAVIACEAE		
<i>Schwartzia brasiliensis</i> (Choisy) Bedell ex Gir.-Cañas	norantea	FO*, RE
MELASTOMATACEAE		
<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	jacatirão	FO*, FE*, RE
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	jacatirão-açú	FO, RE
<i>Miconia holosericea</i> (L.) DC.	pixiricão	FO*, RE
<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L. O. Williams.	pixirica-roxa	FO*, RE

<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn	quaresmeira	FO
<i>Tibouchina mutabilis</i> (Vell.) Cogn.	manacá-da-serra	FO
MELIACEAE		
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	FO*, FE*
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	FO, FE
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro-branco	FO*, FE*
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	carrapeta	FO*, RE
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	carrapeta-amarela	FO*, RE
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	catinguá-da-restinga	FO*, FE*, RE
MORACEAE		
<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	figueira-da-pedra	FO
<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	folha-de-serra	FO, FE, RE
MYRTACEAE		
<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng.	caliptrantes	FO, RE
<i>Calyptanthes lucida</i> Mart. ex DC.	caliptrantes-do-mato	FO, FE
<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	guavira-laranja	FO, RE
<i>Campomanesia schlechtendaliana</i> (O.Berg) Nied.	guabiroba	FO, RE
<i>Eugenia astringens</i> Cambess.	aperta-guela	FO, RE
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	grumixama	FO, FE, RE
<i>Eugenia candolleana</i> DC.	ameixa-da-mata	FO
<i>Eugenia copacabanensis</i> Kiaeskr.	princesinha-de-copacabana	FO, RE
<i>Eugenia florida</i> DC.	guamirim	FO*, FE*
<i>Eugenia leonora</i> Mattos	guamirim-leonora	FO, FE
<i>Eugenia magnifica</i> Spring ex Mart.	jamelão-do-mato	FO, RE
<i>Eugenia pisiformis</i> Cambess.	cambuítanguá	FO, FE, RE
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	cereja-da-praia	FE, RE
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	uvaia	FO, FE
<i>Eugenia selloi</i> B.D.Jacks.	pitangão	FO, RE
<i>Eugenia speciosa</i> Cambess.	laranjinha-do-mato	FO*, FE*, RE
<i>Eugenia sulcata</i> Spring ex Mart.	pitanga-preta	FO, RE
<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitangueira	FO*, FE*, RE
<i>Myrcia aethusa</i> (O.Berg.)N. Silveira	guamirim-da-beira	FO, FE
<i>Myrcia anceps</i> (Spreng.) O.Berg	azeitona-da-beira	FO, FE

<i>Myrcia insularis</i> Gardner	canela-do-brejo	FO, RE
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC	guamirim-da-praia	FO, FE, RE
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	guamirim-chorão	FO*, FE*
<i>Myrciaria glazioviana</i> (Kiaersk.) D.M. Barroso ex Sobral	cabeludinha	FO, RE
<i>Neomitranthes obscura</i> (DC.) N. Silveira	cambuí-da-restinga	FO, RE
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	jaboticabeira	FO
<i>Plinia complanata</i> M.L.Kawas. & B.Holst	cambucá-vermelho	FO
<i>Plinia edulis</i> (Vell.) Sobral	cambucá	FO
<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	jaboticabamirim	FO
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	araçá-da-praia	FO, RE
<i>Psidium guineense</i> Sw	araçá-do-campo	FO, FE, RE
NYCTAGINACEAE		
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	maria-mole	FO*, FE*, RE
<i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundell	João-mole	RE
OCHNACEAE		
<i>Ouratea cuspidata</i> (A.St.-Hil.) Engl.	oratéia	FO, RE
<i>Ouratea stipulata</i> (Vell.) Engl.	ouratéia-estipulada	FO
OLACACEAE		
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	flor-de-cera	FO
PERACEAE		
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex. Baill	bucho-de-sapo	FE, RE
<i>Pera heteranthera</i> (Schrank) I.M. Johnst	tabocuva	FO
PHYLLANTHACEAE		
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	urucurana	FO*
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	figueirinha	FO*, FE*
PHYTOLACCACEAE		
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	pau-d'alho	RE*
<i>Seguieria langsdorffii</i> Moq.	limoeiro-domato	FO
POLYGONACEAE		
<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	bolo	FE*, RE
<i>Coccoloba arborescens</i> R. A. Howard	cocoloba	FO*, RE
PRIMULACEAE		
<i>Myrsine coriacea</i> R.Br. ex Roem. & Schult.	capororoca-ferrugem	FO*, FE*, RE
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	capororocabranca	FO
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	capororoca	FO, RE

<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	capororocão	FO*, FE*, RE
RHAMNACEAE		
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	sobrasil	FO*, FE*, RE
<i>Scutia arenicola</i> (Casar.) Reissek	quixabinha	RE, MZ
RUBIACEAE		
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	quina	FO, FE
<i>Faramea multiflora</i> A. Rich. ex DC.	faramea-azul	FO*
<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	FO*, FE*, RE
<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.		FO
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	apuruí	FO*, RE
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	juruvarana	FO*, FE*, RE
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	árvore-de-natal	FO*, FE*
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	limão-do-mato	FE*
<i>Simira sampaioana</i> (Standl.) Steyererm.	negramina	FE
<i>Tocoyena bullata</i> (Vell.) Mart.	tocoiena	FE, RE
<i>Tocoyena sellowiana</i> (Cham. & Schldl.) K.Schum.	jenipapo-bravo	FO*, FE*, RE
RUTACEAE		
<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	tingui	FO*, FE*, RE
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-porca	FO*, FE*, RE
SABIACEAE		
<i>Meliosma itatiaiae</i> Urb.	pau-macuco	FO
SALICACEAE		
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	pau-lagarto	FO*, FE*, RE
SAPINDACEAE		
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	baga-de-morcego	FO*, FE*, RE
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	chau-chau	FO*, RE
<i>Cupania emarginata</i> Cambess.	camboatá-da-restinga	FO, RE
<i>Cupania fluminensis</i> Acev.-Rodr.	camboatá-peludo	FO, RE
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	camboata	FO, FE, RE
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk	camboatá-miúdo	FO, FE, RE
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	camboatá-vermelho	FO*, FE*, RE
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	camboatá-branco	FO*, FE*, RE
<i>Sapindus saponaria</i> L.	sabão-de-soldado	FO*, FE*
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	pitomba	FO*
<i>Tripterodendron filicifolium</i> Radlk.	pau-samambaia	FO
SAPOTACEAE		

<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	bacubixá	FO, FE
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	acá-peludo	FO, FE
<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard	maçarandubinha	FO, FE, RE
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk	abiuzeiro	FO, FE, RE
<i>Pouteria grandiflora</i> (A. DC.) Baehni	abiu-do-mato	RE
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	abiu-da-restinga	FO, RE
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	acá	FE
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	marmixa	FO, RE
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T. D. Penn.	quixabeira	RE
SIMAROUBACEAE		
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	caixeta	FO*, FE*, RE
SOLANACEAE		
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldt.	marianeira	FO
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	grão-de-galo	FO, FE, RE
SYMPLOCACEAE		
<i>Symplocos estrellensis</i> Casar.	congonha	FO, FE
URTICACEAE		
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	embaúba-prateada	FO, FE
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba-branca	FO*, FE*, RE
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	embaúba-da-mata	FO*, FE*, RE
VERBENACEAE		
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	tarumã	FO*, FE*
VOCHYSIACEAE		
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	canela-santa	FO*, FE*
Área de ocorrência das espécies: Floresta Ombrófila (FO); Floresta Estacional (FE); Restinga (RE); Manguezal (MZ), Mata ciliar (*)		
Autores: Ursula Taveira Domingues da Cruz Machado, Vinícius Andrade de Melo, Luiz Fernando Duarte de Moraes, Sérgio Ricardo Sodrê Cardoso, Tânia Sampaio Pereira		