



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**FERNANDA RAQUEL RODRIGUES MARTINS**

**BALANÇO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO  
RIO DE JANEIRO, NO CAMPUS SEROPÉDICA**

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**FERNANDA RAQUEL RODRIGUES MARTINS**

**BALANÇO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, NO CAMPUS SEROPÉDICA.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2015

**BALANÇO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO  
RIO DE JANEIRO, NO CAMPUS SEROPÉDICA**

**FERNANDA RAQUEL RODRIGUES MARTINS**

Monografia aprovada em 12 de novembro de 2015.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. Marco Antonio Monte – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Dr. Bruno Araujo Furtado de Mendonça – UFRRJ  
Membro

## DEDICATÓRIA

À minha mãe, Ruth, meu porto seguro.  
E ao meu pai, Roberto, que, mesmo no céu,  
acompanha meus passos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por sempre iluminar o meu caminho.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter me preparado para a vida, ter me ensinado tantas coisas boas e me dado uma grande família.

Ao meu querido orientador, Emanuel Araújo, pela paciência, orientação, amizade e por ter sido o idealizador deste trabalho.

Aos membros da banca, Professor Marco Monte e Professor Bruno de Mendonça, pela contribuição valiosa neste trabalho.

Aos professores e funcionários do Instituto de Florestas, que sempre se dedicaram a mim, me proporcionando conhecimento e contribuíram para a minha formação profissional.

Aos meus pais, que mesmo com a dor da distância, me incentivaram a lutar pelos meus sonhos. E que hoje se orgulham de minha conquista.

Aos meus irmãos, Roberta e Guilherme, amores incondicionais, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando e incentivando.

Ao Elmo Santos, que suportou minha ausência, ultrapassou barreiras e sempre me apoiou.

Aos meus amigos, Artur Bernardo, Caterina Buratta, Carlos Magno, Fernanda Tavares, Guilherme Ramos, Gustavo, Jéssica Chaves, Karen Resende, Leandro Ritter, Luizmar de Assis, Mateus Reis, Rafael Fernandes, Renan Gilberto, Renato Nazário, Talles Assis, que tanto me ajudaram na realização deste trabalho.

À linda família que construí na turma da Engenharia Florestal 2009-II, pelos ótimos momentos, alegrias e tristezas compartilhadas. Sem eles nada teria graça.

À todos os amigos que construí ao longo deste tempo e que me proporcionaram tantas alegrias.

À grande equipe Flora Junior, pela oportunidade de vivenciar o espírito empreendedor.

À equipe do Laboratório de manejo florestal, pelas longas horas que compartilhamos dentro do laboratório.

Às minhas companheiras de vida e after partys, Caterina Buratta, Karen Resende e Giulia Buratta, com elas ao meu lado tudo se torna mais leve e colorido.

Aos meus grandes amigos de Belo Horizonte, por sempre estarem comigo nos momentos alegres e difíceis da vida.

E a todos que amo e que estiveram comigo nesta longa caminhada. Muito Obrigada!

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo realizar o balanço das emissões e remoções de Gases de Efeito Estufa (GEE) do campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Para isso, considerou-se no ano-base de 2015 a remoção de carbono pelos sumidouros da universidade (fragmentos florestais remanescentes da Mata Atlântica, florestas plantadas de Pinus e Eucalipto e pastagem) e as emissões provenientes do funcionamento do restaurante universitário, da movimentação de veículos, produção de lixo e consumo de energia elétrica. Os dados foram coletados a partir de consultas aos órgãos administrativos e departamentos da Universidade, levantamentos em campo e metodologias baseadas na ABNT NBR ISO 14.064 e do IPCC. Os resultados encontrados apontaram que a UFRRJ, campus Seropédica possui uma grande cobertura vegetal que acumularam 130.210,46 toneladas de dióxido de carbono equivalente ao longo do tempo. As emissões em 2015 foram de 10.764,18 toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo a movimentação de veículos responsável por 83,17 % do total. Sendo assim, pode-se inferir que em aproximadamente 11 anos as emissões acumuladas em  $tCO_{2eq}$  ultrapassam o que a vegetação demora muitos anos para estocar, tornando o balanço negativo. Para a neutralização das emissões dos gases de efeito estufa torna necessária a realização de projetos de reflorestamentos. Para isso, será necessário o plantio de uma área entre 200 a 800 hectares de florestas, dependendo das espécies selecionadas e das condições silviculturais, para a neutralização das emissões em um horizonte de planejamento até o ano de 2030. Além disso, outras ações de conscientização para a redução das emissões de GEEs também devem ser trabalhadas, para que junto com a remoção feita por áreas verdes, possam manter o equilíbrio entre emissões e remoções de gases de efeito estufa.

**Palavras-chaves:** Mudanças climáticas; gás carbônico; biomassa; aquecimento global.

## ABSTRACT

The objective of this study hold the balance of emissions and greenhouse gas removals (GHG) Seropédica campus of the Rural Federal University of Rio de Janeiro (UFRRJ). For this, it was considered in the base year 2015 carbon removal by the university sinks (remaining forest fragments of the Atlantic Forest, planted forests of pine and eucalyptus and pasture) and emissions from the operation of the university restaurant, the movement of vehicles, waste production and energy consumption. Data were collected from consultations with administrative bodies and university departments, field surveys and methodologies based on ISO 14.064 and IPCC. The results showed that the UFRRJ, Seropédica campus has a large vegetation cover that accumulated 130,210.46 tons of carbon dioxide equivalent over time. Emissions in 2015 were 10,764.18 tons of carbon dioxide equivalent, and the movement of vehicles accounted for 83.17% of the total. Thus, it can be inferred that approximately 11 years cumulative emissions beyond the tCO<sub>2</sub>eq the vegetation takes many years to store, making the negative balance. To neutralize the emissions of greenhouse gases makes it necessary to carry out reforestation projects. For this, we need to plant an area of 200-800 hectares of forest, depending on the selected species and silvicultural conditions, to neutralize emissions in a planning horizon until the year 2030. In addition, other awareness actions for reducing GHG emissions should also be worked, so that along with removing made by green areas, can maintain a balance between emissions and removals of greenhouse gases.

**Key-words:** Climate changes; carbon dioxide; biomass; global warming.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.2 Efeito Estufa.....	4
2.3 Brasil e suas intervenções para reduzir os GEE.....	5
2.4 Inventário de GEE.....	6
2.5 Balanço de CO <sub>2</sub> .....	8
2.6 Medidas mitigatórias.....	9
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	10
3.1 Localização e caracterização da área de estudo .....	10
3.2 Amostragem e coleta de dados .....	11
3.3 Quantificação do carbono estocado .....	13
3.4 Quantificação das emissões de gases de efeito estufa .....	14
3.5 Balanço de GEE e medidas mitigadoras .....	15
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	22
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	23
<b>ANEXOS</b> .....	28
<b>APÊNDICES</b> .....	30



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação do uso do solo e suas respectivas áreas em hectares e em porcentagem no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ) .....	10
<b>Tabela 2.</b> Total de veículos que passam pela BR 465 e circulam pela UFRRJ, campus Seropédica (RJ).....	11
<b>Tabela 3.</b> Distância média percorrida por dia, pelos veículos que passam pela BR 465 e circulam pela UFRRJ, campus Seropédica (RJ). .....	11
<b>Tabela 4.</b> Potencial de aquecimento global dos GEE. Fonte: IPCC, 2006.....	15
<b>Tabela 5.</b> Quantidade emitida de CO <sub>2</sub> eq, em toneladas, pelas diferentes fontes emissões no campus da UFRRJ, em Seropédica. ....	17
<b>Tabela 6.</b> Quantidade estocada de CO <sub>2</sub> eq, em toneladas, pelas diferentes classes de cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica. ....	18
<b>Tabela 7.</b> Projeção das emissões de CO <sub>2</sub> eq. e plantios de árvores no campus da UFRRJ, em Seropédica.....	19

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Uso e ocupação do solo no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).....	10
<b>Figura 2.</b> Esquema das parcelas a serem alocadas para o inventário arbóreo da UFRRJ, campus Seropédica (RJ).....	12
<b>Figura 3.</b> Remanescentes de fragmento de mata atlântica e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).....	12
<b>Figura 4.</b> Talhões de Pinus e Eucalipto e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).....	13
<b>Figura 5.</b> Pastagem e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).	13
<b>Figura 6.</b> Percentual de emissões de gases de efeito estufa para cada categoria no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ. ....	17
<b>Figura 7.</b> Percentual de estoque de gás carbônico na cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ .....	18
<b>Figura 8.</b> Emissão acumulada de gases de efeito estufa no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ, até o ano de 2030 .....	20
<b>Figura 9.</b> Projeção da estocagem de gases de efeito estufa pela cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ.....	21

## 1. INTRODUÇÃO

A intensificação das emissões de gases de efeito estufa, e o aceleração do fenômeno conhecido como aquecimento global são assuntos que vêm sendo discutido desde 1972, na Conferência de Estocolmo, e a partir daí vários encontros foram realizados afim de criar medidas para reverter a situação das mudanças climáticas, sendo os principais deles: Rio 92 e a Terceira Conferência das Partes. A Rio 92, também conhecida como Encontro da Terra, foi realizada no Rio de Janeiro, onde 186 países, incluindo o Brasil, adotaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNMUC). Este consiste em um acordo mundial cujo objetivo era estabelecer as concentrações dos GEE em um nível em que prevenia a perigosa interferência humana no sistema climático. As partes (países) estabeleceram, também, um grupo de acompanhamento das ações voltadas ao tema, a Conferência das Partes (COP), que fazem reuniões anuais até os dias de hoje. A COP 3, realizada no Japão em 1997, deu origem ao Protocolo de Kyoto. Protocolo este que determinava a tentativa de mitigação das mudanças climáticas a partir de medidas para a redução da emissão de GEE por países desenvolvidos. Desde então tornou-se obrigatório para todos os países integrantes do Tratado, realizar um inventário nacional de emissões e remoções de GEE.

Em 2009 o Brasil firmou um compromisso, voluntário, de redução das emissões de GEE, entre 36,1% e 38,9% até o ano de 2020, na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), Lei nº 12.187/2009 (BRASIL, 2009). Esta lei prevê a utilização de instrumentos financeiros e econômicos para promover ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima. Dentre as diretrizes da PNMC destaca-se, inventários, estimativas, avaliações e quaisquer outros estudos de emissões de gases de efeito estufa e de suas fontes, elaborados com base em informações e dados fornecidos por entidades públicas e privadas.

O inventário de GEE é um instrumento que tem sido empregado por diversas empresas do setor público e privado e adotado por estados brasileiros como Minas Gerais (2010), São Paulo (2009) e Rio de Janeiro (2010), a partir do Decreto Estadual 45.229/2009, Lei nº 13.798/2009 e Lei nº 5.690/2010, respectivamente. Ainda, a quantificação de GEE está diretamente relacionada com os mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) e com a venda de créditos de carbono. Esta atividade permite o estabelecimento de políticas que buscam neutralizar a emissão de GEE na atmosfera, atenuando as mudanças climáticas.

O reflorestamento e a conservação dos remanescentes florestais estão entre as principais atividades que buscam compensar a emissão de GEE, contudo, as ações mitigadoras não devem restringir-se a estas iniciativas, sendo fundamental a prática de políticas que incentivem a redução das quantidades emitidas de GEE.

É importante destacar que os diferentes setores da sociedade devem participar e apoiar as iniciativas que visam a pesquisa e a geração de conhecimento sobre as mudanças do clima.). As universidades possuem um papel fundamental não somente no campo científico, mas também na vanguarda das ações (BRIANEZI ET AL., 2014). Apesar de escassas em universidades brasileiras, tais iniciativas já vêm sendo incorporadas por algumas outras no mundo. Segundo Rives (2011) nos últimos quatro anos, 674 universidades e faculdades americanas têm como meta tornarem-se neutras para o clima, ou seja, estão propondo ações de redução de emissão de dióxido de carbono e de outros gases causadores da elevação das temperaturas globais. Ainda de acordo com a autora, destas instituições, 535 apresentaram inventários de emissão de gases de efeito estufa e 320 elaboraram planos com detalhes de como e quando atingirão as metas de emissão nula. Desta forma, é cada vez maior a exigência para que instituições e organizações invistam em estudos que tratem das questões ambientais, incentivo dos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) e dos projetos de compensação de emissões de GEE.

O campus Seropédica, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, criado em 1948, é considerado o maior campus da América Latina. Possui uma área total de 2.957 hectares, sendo sua maior parte destinados à pastagem (82,4 %), seguida dos principais sumidouros de CO<sub>2</sub>, fragmentos florestais, áreas de plantio de Pinus e Eucalipto e lagos (16,6%) e apenas 1% de áreas de edificações. Com um total de 90 cursos e 9.110 alunos matriculados, no ano de 2015, é uma grande fonte de emissão de GEE do município. Não possui coleta seletiva no campus e o aumento do número de cursos nos últimos anos intensificou o uso de energia elétrica, produção de lixo e gastos energéticos para a produção de alimento.

Com base nisso, o presente estudo tem como objetivo realizar o balanço das emissões e remoções de gases de efeito estufa no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica, Rio de Janeiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cenários de Mudanças Climáticas

Um dos problemas ambientais mais complicados atualmente são as mudanças climáticas, e as ações de hoje, ou falta delas, terão efeitos sobre as gerações futuras (VIOLA e LEIS, 2001). É a primeira vez na história contemporânea que uma questão não relacionada aos problemas de economia ou segurança, tem destaque na agenda dos principais países do mundo. (VIOLA e LEIS, 2001). Segundo o IPCC 2007, (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), mudanças climáticas são alterações no estado do clima por variações na média e (ou) mudanças nas suas propriedades observadas por períodos prolongados de tempo, comprovadas por evidências científicas. Essas alterações ao longo do tempo podem ser causadas por fontes naturais ou por influência de atividades humanas (ONU, 2007).

Com o aumento das temperaturas, 18 espécies vegetais estarão ameaçadas de extinção até o ano de 2050. (THOMAS et al., 2004). Impactos como a elevação do nível dos oceanos, furacões mais intensos e mais frequentes e derretimento das geleiras, também poderão ser sentidos (SALATI et al., 2004). Fenômenos climáticos como secas mais fortes e prolongadas, ondas de calor mais intensas, inundações mais severas e furacões mais fortes já ocorrem com mais frequência desde meados da década de 1990 (VIOLA, 2002). O aquecimento global interfere diretamente no clima e em sistemas a ele relacionados como o ciclo da H<sub>2</sub>O, o ciclo do CO<sub>2</sub>, ecossistemas, cadeias alimentares, agricultura e saúde humana, além de alterações de intensidade em fenômenos de interações entre oceanos e atmosfera como o El Niño e La Niña (UNFCCC, 2012).

Os problemas ambientais globais começaram de fato a fazer parte da agenda internacional com a Conferência de Estocolmo, em 1972, mas a questão do aquecimento global só começou a adquirir uma maior importância com a realização da Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, em 1979, pela Organização Meteorológica Mundial (em inglês, World Meteorological Organization (WMO)) das Nações Unidas (BRAZ, 2003). Nesta ocasião, os países participantes chegaram à conclusão de que a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as mudanças no uso do solo aumentaram o montante de CO<sub>2</sub> na atmosfera em 15% durante os cem anos que precederam esta conferência (BRAZ, 2003).

Nos anos 90 eram grandes as pressões para a criação de um tratado mundial para mudar a situação do planeta (CENEA, 2004). O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) responderam a essas pressões criando um grupo de trabalho intergovernamental que mediará as negociações desse tratado (CENEA, 2004). O Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) e a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceram o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC), que mais tarde tornou-se Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (*UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change*) (CENEA, 2004).

Em 1992, 186 países adotaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNMUC), durante a conferência denominada Encontro da Terra, realizada no Rio de Janeiro (COSTA, 2004). Essa convenção previa um acordo mundial com o objetivo de reduzir as concentrações dos GEEs (COSTA, 2004). As partes (países) criaram, também, a Conferência das Partes (COP), grupo que se reúnem anualmente para discutir assuntos relacionados ao tema (COSTA, 2004).

Com base no princípio das “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” (em inglês, Common But Differentiated Responsibility (CBDR)), os países desenvolvidos, por

serem historicamente, os maiores responsáveis pelas emissões de GEE, deveriam se responsabilizar por ações mais radicais e imediatas para amenizar o problema mundial (MOREIRA e GIOMETTI, 2008). Desse modo, a Convenção estabeleceu compromissos diferentes de acordo com o grupo a qual o país pertencia (MOREIRA e GIOMETTI, 2008). O primeiro grupo, denominado países Partes Anexo I, constituído pelos países desenvolvidos da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e os países industrializados ex-comunistas em transição para a economia de mercado, possuem compromissos de redução de gases de efeito estufa (VIOLA, 2003). O segundo, denominado, países Partes não-Anexo I, agrega os países em desenvolvimento, que não possuem compromissos de redução, mas ficam obrigados a elaborarem inventários nacionais de emissões de carbono (VIOLA, 2003)

Foi na terceira Conferência das Partes, COP-3, realizada em Kyoto, no Japão, em 1997, que os países desenvolvidos e industrializados adotaram o Protocolo de Kyoto (COSTA, 2004). E se comprometeram a reduzir seus níveis de emissão de Gases do Efeito Estufa no período entre 2008 e 2012 em 5,2%, em relação aos níveis de emissão de 1990 (ROCHA, 2003). Foram, também, estabelecidos alguns mecanismos de flexibilidade como uma forma de viabilizar a redução de emissões de GEE (JACOVINE et al., 2006). Dentre estes mecanismos o mais importante para os países em desenvolvimento é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite que os países desenvolvidos financiem projetos de redução de emissões ou sequestro de carbono em países em desenvolvimento, como forma de cumprir seus compromissos e, ao mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento sustentável dos países emergentes. (JACOVINE et al., 2006).

Neste sentido, o Protocolo surge como uma grande oportunidade, não só para que mundo comece a agir em prol do meio ambiente, mas também como um meio para que os países em desenvolvimento busquem o desenvolvimento sustentável, através da transferência de tecnologia e com o comércio de carbono para países desenvolvidos (VIDAL, 2003). Para o Brasil em especial, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo pode ser muito interessante, já que aproveita um grande potencial brasileiro para a produção de energia limpa, e possibilita que o país desempenhe papel importante no contexto ambiental internacional (VIDAL, 2003).

## **2.2 Efeito Estufa**

Efeito estufa é o fenômeno natural provocado pelos gases, conhecidos como “Gases do Efeito Estufa – GHG (Green House Gas)”, que envolvem a Terra e são responsáveis por reter parte do calor emitido pelo Sol na atmosfera terrestre, mantendo assim o planeta aquecido e não deixam assim, a Terra congelar (PEARCE, 2002). A intensificação deste fenômeno tem sido um problema enfrentado atualmente, devido ao aumento descontrolado dos GEE na atmosfera, aumentando a temperatura global (PEARCE, 2002). Pesquisadores do IPCC estimam que a temperatura média global do planeta aumentou em  $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  durante o século XX (IPCC, 2007).

O aumento da temperatura média do planeta deve gerar em muitos países, um clima de altas temperaturas, com verões mais quentes e invernos mais amenos com a presença de chuvas (UNFCCC, 2012). Com invernos mais amenos há o risco de que bactérias não fossem mais eliminadas durante o inverno, aumentando as chances de se espalharem com mais facilidade (UNFCCC, 2012). Além disso, o calor excessivo pode causar mortes por desidratação, aumento de casos de doenças de pele devido a exposição a níveis mais elevados de raios ultravioletas, aumento de casos de cataratas, intoxicação alimentar, aumentar os casos de doenças como cólera, dengue, febre amarela e malária (UNFCCC, 2012). O excesso de calor também pode influenciar o aumento de casos de pneumonia, gripe e bronquite, entre outros males (UNFCCC, 2012).

Verões mais secos e quentes e longos períodos de chuvas intensas podem afetar a qualidade e quantidade dos produtos agrícolas, afetando também a criação de gado (UNFCCC, 2012). Além disso, um eventual aumento do nível do mar, devido ao derretimento das geleiras, pode levar à salinização e contaminação de água doce, principalmente próximo às áreas costeiras, comprometendo a produção agrícola (UNFCCC, 2012). Animais e plantas também estarão ameaçados pela alteração do clima. Degradação de habitat, composição e distribuição geográfica dos ecossistemas mudarão, por exemplo, com menos neve e mais chuva nos invernos causando temperaturas mais quentes ocorrerá uma alteração de correntes de ar prejudicando a migração de pássaros (UNFCCC, 2012).

Os gases de efeito estufa emitidos principalmente pelas atividades do homem, também denominadas antrópicas, decorrem da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) em usinas termoelétricas, indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento, além de atividades agropastoris, lixões e aterros sanitários (LOPES, 2002). A emissão desses gases aumentou exponencialmente com a evolução das civilizações, principalmente após a segunda metade do século XIX quando teve início a revolução industrial (FOLEY et al., 2005), fazendo com que a concentração de dióxido de carbono na atmosfera passasse de 270 ppm (partes por milhão) na época anterior à revolução industrial, para 370 ppm nos dias atuais (PEARCE, 2002).

Cada um dos GEE possui um PAG (Potencial de Aquecimento Global) específico (ALBUQUERQUE, 2012). PAG é o fator que define o impacto radiativo de uma unidade de massa de um dado GEE em relação a uma unidade de massa de dióxido de carbono em um dado intervalo de tempo (ALBUQUERQUE, 2012). O valor do PAG de um GEE depende diretamente dos elementos químicos que o compõem, e cada ligação química entre os elementos possui um potencial maior ou menor de absorver radiação infravermelha, dando a cada tipo de gás um PAG maior ou menor (ALBUQUERQUE, 2012). Assim, a emissão total de GEE é oficialmente consolidada em uma unidade de medida específica, CO<sub>2</sub> equivalente, expressa por CO<sub>2</sub>e (ALBUQUERQUE, 2012).

Diante do aumento nas emissões de GEE, governos tem debatidos sobre formas de minimizar essas emissões, sem prejudicar o crescimento econômico (BARRETO et al., 2009). Os acordos se baseiam em redução das emissões, aquisição de créditos de carbono, implementação de projetos baseados em tecnologias limpas em outros países, plantação de mais árvores com o objetivo de absorver as emissões de CO<sub>2</sub> (BARRETO et al., 2009).

O Brasil é o país que tem o maior número de projetos de créditos de carbono registrados na ONU, sendo que grande parte deles é de energia renovável (ORSOLON, 2006). Para gerar créditos, um projeto deve atender a alguns requisitos básicos, e um dos principais é que a ação deve ser voluntária, ela tem de contribuir para o desenvolvimento sustentável e ao mesmo tempo, reduzir a emissão de Gases do Efeito Estufa em relação ao que ocorreria na sua ausência. Esta característica é chamada de adicionalidade (ORSOLON, 2006).

### **2.3 Brasil e suas intervenções para reduzir os GEE**

Desde 1997, após o Tratado de Kyoto, tornou-se obrigatório para todos os países participantes, a contabilização das emissões e remoções dos GEE através do inventário nacional (MCTI, 2012). Este inventário deve ser apresentado à ONU e atualizado regularmente (MCTI, 2012). No caso dos países pertencentes ao Anexo I, a atualização deste inventário nacional deve ser anual, no caso de países não-Anexo I ainda não há uma frequência específica definida, mas há alguma regularidade (MCTI, 2012).

Em 2004, o Brasil publicou sua Primeira Comunicação Nacional contendo as estimativas do inventário nacional relativo aos anos de 1990 a 1994 (MCTI, 2012a). Em 2010, após 6 anos, o Brasil publicou sua Segunda Comunicação Nacional, incluindo

estimativas do inventário nacional até 2005, envolvendo a contribuição da comunidade científica e empresarial brasileira, além de diversos setores governamentais (MCTI, 2012b). As emissões do inventário brasileiro foram classificadas de acordo com os seguintes setores: energia, processos industriais, uso de solventes e outros produtos, agropecuária, mudança do uso da terra e florestas e tratamento de resíduos (MCTI, 2012c).

Os resultados apresentados no inventário evidenciam aumento de 65% das emissões antrópicas líquidas de CO<sub>2</sub> totais do Brasil no período de 1990 a 2005 (MCTI, 2012c). Do total de 2.192 milhões de tCO<sub>2</sub>e emitidas em 2005, 60% derivam do setor de mudança do uso da terra e florestas (MCTI, 2012c). Ganha destaque o bioma Amazônia, cujas emissões líquidas de CO<sub>2</sub> cresceram 83% entre 1990 e 2005 e da Mata Atlântica que cresceram 256,9% (MCTI, 2012c). Em segundo lugar está o setor de energia, que apresenta aumento das emissões de CO<sub>2</sub> em 74% no período inventariado, impulsionado pelos subsetores da indústria e do transporte (MCTI, 2012c).

As emissões de CO<sub>2</sub> do modal rodoviário cresceram 72% entre 1990 e 2005, representando 41% das emissões do setor em 2005 e 92% das emissões de transportes (MCTI, 2012c). A contribuição das emissões fugitivas para a totalidade das emissões de CO<sub>2</sub> foi de redução de 1% para o CH<sub>4</sub> em 2005 e cerca de 30% para o CO<sub>2</sub> das emissões provenientes da mineração do carvão (MCTI, 2012c). No que se refere ao setor de processos industriais, os principais que geram emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil são a siderurgia, a produção de cimento, a produção de cal, a produção de alumínio e a produção de amônia (MCTI, 2012c). A maior parcela das emissões de CO<sub>2</sub> está atrelada ao subsetor de ferro-gusa e aço, cujas emissões aumentaram 54,6% entre 1990 e 2005 (MCTI, 2012c).

O papel do Inventário Nacional de emissões e remoções de GEE, é identificar e calcular as fontes de emissões de GEE, para que estas sejam quantificadas, documentando seus resultados (ALBUQUERQUE, 2012). Para um país, um inventário contém um conjunto de tabelas padrão que cobre todos os gases relevantes, categorias e anos e um relatório com as metodologias e dados usados na preparação das estimativas do inventário (RYPDAL, 2006). Para uma empresa, um inventário de GEE consiste em uma lista de fontes e sumidouros que resultem em emissões quantificadas de GEE, com expressão de incerteza. Incerteza é o parâmetro associado com o resultado da quantificação que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos à grandeza quantificada (ISO 14.064-1).

## **2.4 Inventário de GEE**

Existem três grandes referências bibliográficas para o desenvolvimento de um inventário de emissões de GEE (ALBUQUERQUE, 2012). A primeira delas são as Diretrizes do IPCC (2006) (Diretrizes do IPCC de 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa), elaborado pelo IPCC para desenvolvimento de inventários nacionais (IPCC, 2012). A segunda é a norma ISO 14.064-1 de 2005, elaborada pela ISO (Organização Internacional para Padronização) uma entidade caracterizada pela elaboração de padronização e normalização em diversos países (ISO 14.064-1). E a terceira referência é o Protocolo GEE, que é um programa dividido em duas normas: uma para contabilização de emissões (Protocolo GEE) e outra para projetos de redução de emissões (Protocolo de Projetos GEE) (GHG Protocol, 2012). O Protocolo GEE foi elaborado por uma parceria de diversas empresas, ONGs, governos e outros conveniados e pelo WRI (Instituto Mundial de Recursos) uma ONG ambiental norte americana e pelo WBCSD (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) que consiste em uma coalisão de 170 empresas internacionais (ALBUQUERQUE, 2012).

A criação do Protocolo GEE foi de padronizar internacionalmente, a contabilização de emissões e remoções; ajudar empresas a preparar seu inventário de GEE que represente uma



contabilização real e justa de suas emissões por meio dos parâmetros de aproximação e dos princípios adotados; simplificar e reduzir os custos de compilar um inventário de GEE; ser capaz de prover informação que possa ser usada estrategicamente para gerir e reduzir emissões de GEE; aumentar a consistência e transparência dos programas de GEE entre as diversas empresas (GHG Protocol, 2012). Ele inclui todos os seis GEE cobertos pelo tratado de Kyoto, foi publicado originalmente em inglês e traduzido para o português pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável de Portugal em 2008 (GHG Protocol, 2012).

Vale ressaltar que os inventários corporativos possuem abordagens diferentes dos inventários nacionais e que seguem o Protocolo GEE. Os inventários nacionais separam as emissões por setor e tipo de GEE. No caso dos inventários corporativos, a consolidação das emissões, além de setor e tipo, é dada em três escopos, para que se evite a dupla contagem de emissões entre as empresas (ALBUQUERQUE, 2012).

Os três escopos são:

- Escopo 1: Contabiliza as emissões diretas de uma empresa. Inclui as emissões de todas as fontes próprias de emissão de GEE, de todos os ativos próprios da empresa, fontes de combustão e processos industriais.

- Escopo 2: Contabiliza as emissões indiretas de uma empresa. Inclui a emissão de fontes não próprias de emissão de GEE relativas a compra de energia elétrica e vapor. Neste escopo parte-se do princípio que uma corporação possui responsabilidade indireta pelas emissões de GEE causadas pelo uso da energia elétrica e do vapor.

- Escopo 3: Contabiliza as outras emissões indiretas de uma empresa. Inclui a emissão de fontes não próprias de emissão de GEE, exceto devido a compra de energia elétrica e vapor. O princípio é o mesmo do escopo 2, entretanto apenas para outras fontes de emissão da cadeia de valor como emissões pela produção de insumos e matérias primas, transporte e distribuição de insumos e produtos, uso e processamento de produtos, dentre outros.

Para a contabilização do escopo 3, por sua extensão na cadeia de valor, há um documento específico da Iniciativa de GEE que detalha conceitos, princípios e metodologia, chamado Cadeia de Valor Corporativa – Escopo 3 – Contabilização e Reporte (GHG Protocol, 2012).

O Brasil tem avançado significativamente na implementação de políticas climáticas e desempenha um papel importante no cenário internacional (IPEA, 2011). Vários estados da Federação adotaram leis para incentivar a redução de emissões; estimular a proteção das florestas; e promover o desenvolvimento e a adoção de tecnologias menos intensivas (IPEA, 2011).

Das 27 unidades da federação brasileira, 12 já criaram suas políticas e 5 possuem projetos de lei e desses, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro possuem metas mandatórias. O estado do Rio de Janeiro possui metas fixadas com ano base em 2010 e horizonte em 2030, tanto para aplicação no âmbito estadual como para setores específicos de atividade (ROMEIRO et al., 2011). O município do Rio de Janeiro possui a meta de redução progressiva de 8% até 2012, 16% para 2016 e de 20% para 2020 (ALBUQUERQUE, 2012).

O estado do Rio de Janeiro, incluiu no seu processo de licenciamento ambiental, tanto para novos empreendimentos quanto para renovação da licença de operação, a demanda pela declaração dos resultados das emissões dos inventários de GEE desses empreendimentos e planos de mitigação (SEMA-RJ, 2012). Em novembro de 2011, em sua resolução 43, o INEA (Instituto Estadual do Ambiente) dispôs sobre a apresentação do questionário declaratório de GEE para fins do licenciamento. Neste, o INEA provê detalhes sobre a demanda pelos inventários definindo os tipos de GEE incluídos, os PAGs, período de entrada em vigor, escopo, dentre outros (SEMA-RJ, 2012).

## 2.5 Balanço de CO<sub>2</sub>

Dos 8 bilhões de toneladas de carbono emitidas anualmente na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pela queima de combustíveis fósseis e mudanças dos usos da terra, somente 3,2 bilhões permanecem na atmosfera, provocando o aumento do efeito estufa (NOBRE e NOBRE, 2002). O restante é reabsorvido pelos oceanos e pela biota terrestre, principal sumidouro do excesso de carbono atmosférico (NOBRE e NOBRE, 2002). Estima-se que esse sumidouro tenha sido responsável por retirar 1,9 giga tonelada de carbono por ano da atmosfera na década de 1980 e por um valor ainda maior na década de 1990 (NOBRE e NOBRE, 2002). Há evidências apontando que tanto as florestas temperadas como as florestas tropicais estão reassimilando parte desse excesso de CO<sub>2</sub> atmosférico (NOBRE e NOBRE, 2002).

O conhecimento do estoque de carbono e de sua dinâmica no solo em sistemas naturais e agroecossistemas é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (COSTA et al., 2009).

Pesquisas em andamento mostram que as florestas intactas podem estar ajudando a amortecer a taxa de CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzindo assim os impactos das mudanças climáticas globais (PHILLIPS et al., 1998). O sequestro de carbono é um processo que tem a finalidade de conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> atmosférico, visando a diminuição do efeito estufa através da absorção e armazenamento (RENNER, 2004). É uma boa alternativa para conter a elevação da temperatura global (RENNER, 2004). Os vegetais, através da fotossíntese, fixam o CO<sub>2</sub> atmosférico, biossintetizando na forma de carboidratos, e estes são depositados na parede celular (RENNER, 2004).

Pela fotossíntese as plantas capturam a energia do sol transformando-a em energia química, esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor (BROWN, 1997). As fontes orgânicas que são usadas para produzir energia usando este processo são chamadas de biomassa (BROWN, 1997). Para Martinelli et al. (1994), biomassa é a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma floresta, sendo que os componentes de biomassa geralmente estimados são a biomassa viva horizontal acima do solo, composta de árvores e arbustos, a biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos estes componentes (SILVEIRA, 2008).

A estimativa do estoque de carbono da vegetação pode ser obtida pelo produto da biomassa florestal e concentração de carbono (SANQUETTA, 2002). A concentração de carbono na vegetação obtida por Higuchi e Carvalho Jr. (1994), está em torno de 48%, valor este que está dentro dos limites de concentrações em florestas tropicais, entre 46 e 52% (HIGUCHI et al, 2004). A variável biomassa é a mais utilizada nos estudos de fixação de carbono em florestas (SANQUETTA, 2002).

Os estudos para quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos diretos ou determinação e métodos indiretos ou estimativas (HIGUCHI E CARVALHO JUNIOR, 1994). Determinação significa uma medição real feita diretamente na biomassa, por exemplo, a pesagem de um fuste inteiro por meio de um dinamômetro ou uma balança. Todas as árvores de uma determinada parcela são derrubadas e pesadas, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação amostrada para a área total de interesse (HIGUCHI E CARVALHO JUNIOR, 1994). A estimativa de biomassa aérea pelo método indireto é baseada, principalmente em dados de inventário florestal, empregando-se fatores e equações de biomassa, que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em tais estimativas (SOMOGYI et al. 2006).

## 2.6 Medidas mitigatórias

Enquanto no mundo as principais medidas de mitigação recaem sobre os setores de geração e uso de energia (IEA, 2009), no Brasil o maior potencial se dá no segmento de uso do solo e florestas, de acordo com o segundo inventário preliminar das emissões antrópicas brasileiras (MCT, 2009). As atividades de mitigação relacionadas com as florestas podem reduzir de forma considerável as emissões por fontes e aumentar as remoções de CO<sub>2</sub> por sumidouros com custos baixos, podendo ser planejadas para criar sinergias com a adaptação e o desenvolvimento sustentável (IPCC, 2007). As árvores têm a capacidade de retirar e fixar carbono da atmosfera por serem, juntamente com outros tipos vegetais, seres fotossintetizantes, que por esse processo sintetizam compostos orgânicos a partir da luz, água e dióxido de carbono, liberando oxigênio no ar e fixando o carbono em sua estrutura (NETTO et al., 2008).

A regulamentação da Política Nacional de Mudanças Climáticas (Decreto 7.390 de 09/12/2010) definiu uma série de ações mitigadoras: redução do desmatamento nos biomas Amazônia (80%) e Cerrado (40%); aumento do plantio de florestas em 3 milhões de hectares; expansão da oferta hidrelétrica, de centrais eólicas e biocombustíveis; eficiência energética e utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas (GUERRA, 2013).

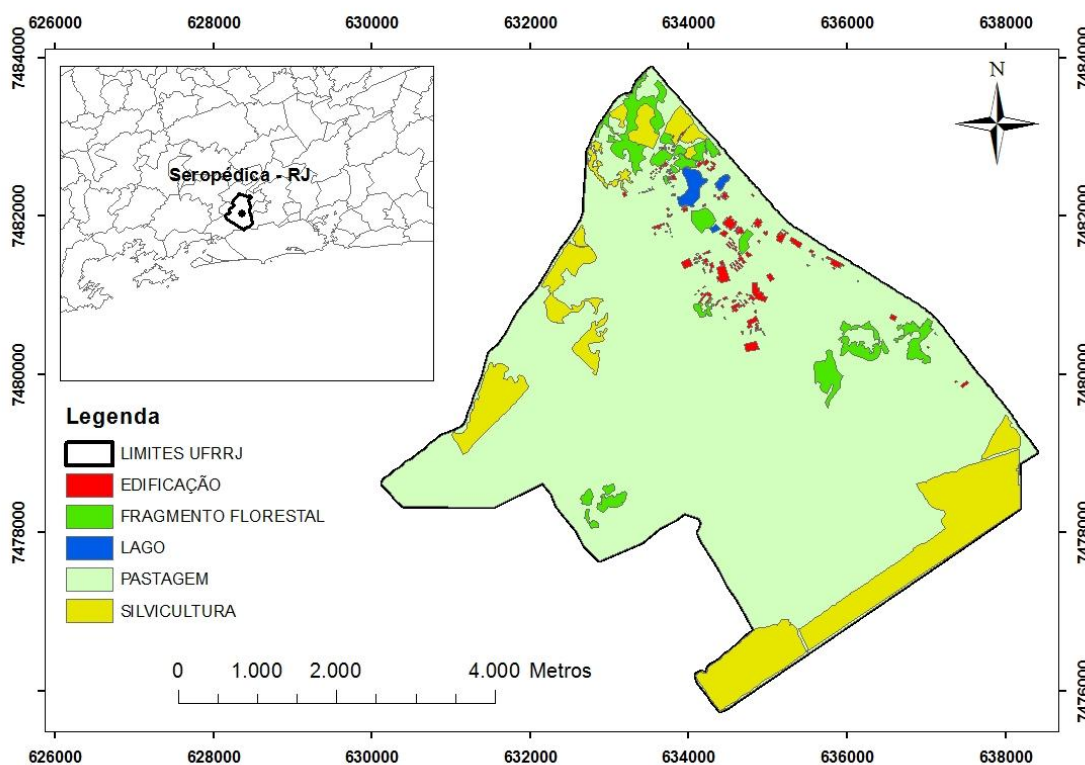
Em 14/02/2007, o Decreto 27.595 (artigo 1º) torna público o Protocolo de Intenções do Rio de Janeiro, relativo às medidas mitigadoras dos efeitos do aquecimento global na Cidade (GUERRA, 2013). O Protocolo apresenta uma série de objetivos, dentre os quais cabe mencionar: aprofundar o conhecimento dos impactos do aquecimento no Município e planejar as ações necessárias para preservar a cidade e proteger as populações em situação mais vulnerável; promover ações para reduzir a emissão de GEE ou que contribuam para o sequestro de carbono da atmosfera; e apoiar iniciativas e projetos que favoreçam a obtenção de recursos através do mecanismo de desenvolvimento limpo (GUERRA, 2013). O Protocolo também relata as doze “ações iniciais” da Prefeitura, entre as quais: o aumento da cobertura florestal da cidade, com plantio de 1.200.000 mudas/ano; a arborização urbana, com o plantio de 25.000 árvores/ano; o aproveitamento de resíduos de poda; a criação de uma rede estrutural integrada de transporte, com trens, metrô, corredores de ônibus circulando em faixas seletivas, micro-ônibus e vans, eliminando superposições de linhas e diminuindo o excesso de ônibus em circulação (GUERRA, 2013). Também foi previsto o seminário “Rio – Próximos 100 Anos”, no qual foram apresentados planos desenvolvidos para outras cidades, a exemplo de Nova York, e estudos sobre as áreas mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas no Rio (GUERRA, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

Este trabalho foi realizado no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica, Rio de Janeiro (Figura 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com chuvas de verão. Nos últimos 20 anos, a precipitação média anual foi de 1.245 mm com o período mais seco nos meses de junho, julho e agosto e excedentes hídricos em dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média anual é de 23,7 °C. O tempo médio de insolação anual é de 2.527 horas, a média anual da evaporação é de 1.576 mm e a umidade relativa do ar é de 69%.

A Figura 1 indica os diferentes tipos de uso e ocupação do solo da UFRRJ. Este mapeamento foi realizado por meio de interpretação visual de imagem do Google Earth, referente ao ano de 2015, e processamento no software Arc Gis 10.2. A tabela 1 apresenta as áreas em hectares e porcentagem, das classificações de uso do solo da UFRRJ.



**Figura 1:** Uso e ocupação do solo no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ)

**Tabela 1:** Classificação do uso do solo e suas respectivas áreas em hectares e em porcentagem no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ)

Uso do solo	Área (ha)	%
Edificação	29,84	1,0%
Lago	12,67	0,4%
Fragmento Florestal	102,61	3,5%
Pinus e Eucalipto	375,86	12,7%
Pastagem	2.436,03	82,4%
<b>TOTAL</b>	<b>2.957 ha</b>	

### 3.2 Amostragem e coleta de dados

O balanço de GEE é representado pela diferença entre as fontes emissoras e sumidouros. Entre as atividades emissoras de GEE foram consideradas: produção média mensal de lixo, consumo médio mensal de energia elétrica, consumo médio mensal de lenha e gás de cozinha (GLP) utilizados na produção de alimento pelo restaurante universitário e o deslocamento médio dos veículos que circulam pela universidade e pela BR 465, localizada no entorno à universidade. Os dados foram coletados a partir de consultas aos órgãos administrativos, departamentos da Universidade e levantamento de campo.

Os levantamentos de campo foram divididos em duas etapas. Na primeira delas foram contabilizados os veículos (automóveis, motocicletas, caminhões e transportes coletivos) que entram, saem, circulam dentro do campus e passam pela BR 465. Isso foi feito por meio de levantamento realizado durante o mês de setembro, totalizando 13 horas de amostragem, distribuídas de tal maneira que contemplou todos os dias da semana, 1 hora por dia entre os horários de 07 h às 18 h. Em cada horário de levantamento, foram contabilizados a quantidade, o modelo e o sentido de movimentação dos veículos que entraram ou saíram do campus Seropédica (UFRRJ ↔ km 49; UFRRJ ↔ Reta de Piranema e km 49 ↔ Reta de Piranema) (Tabela 2). Este sentido foi utilizado para definir a distância média percorrida pelos veículos que circulam dentro do campus e em seu entorno (Tabela 3). Do total de veículos contabilizados, em 102 foram obtidas as informações de tipo de combustível utilizado e o ano do modelo, por meio de entrevista ao proprietário do veículo, no caso de automóveis, motocicletas e caminhões e nas próprias empresas responsáveis, no caso de transportes coletivos.

**Tabela 2:** Total de veículos que passam pela BR 465 e circulam pela UFRRJ, campus Seropédica (RJ)

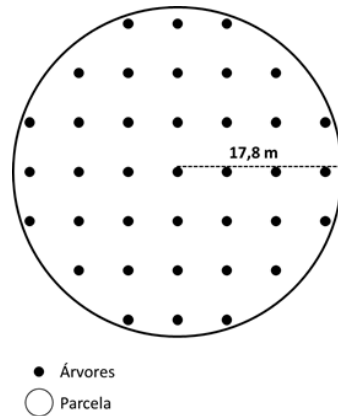
<b>Total Veículos</b>	<b>Carro</b>	<b>Motocicleta</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhão</b>	<b>Van</b>	<b>TOTAL</b>
Itaguaí para km 49	3.230	201	344	1.026	435	5.236
Itaguaí para UFRRJ	877	43	40	7	75	1.042
UFRRJ para Itaguaí	691	37	50	16	139	933
UFRRJ para 49	2.088	253	78	17	203	2.639
km 49 para UFRRJ	2.212	235	106	161	281	2.995
km 49 para Itaguaí	2.647	165	241	849	269	4.171
<b>TOTAL</b>	<b>11.745</b>	<b>934</b>	<b>859</b>	<b>2.076</b>	<b>1.402</b>	<b>17.016</b>

**Tabela 3:** Distância média percorrida por dia, pelos veículos que passam pela BR 465 e circulam pela UFRRJ, campus Seropédica (RJ)

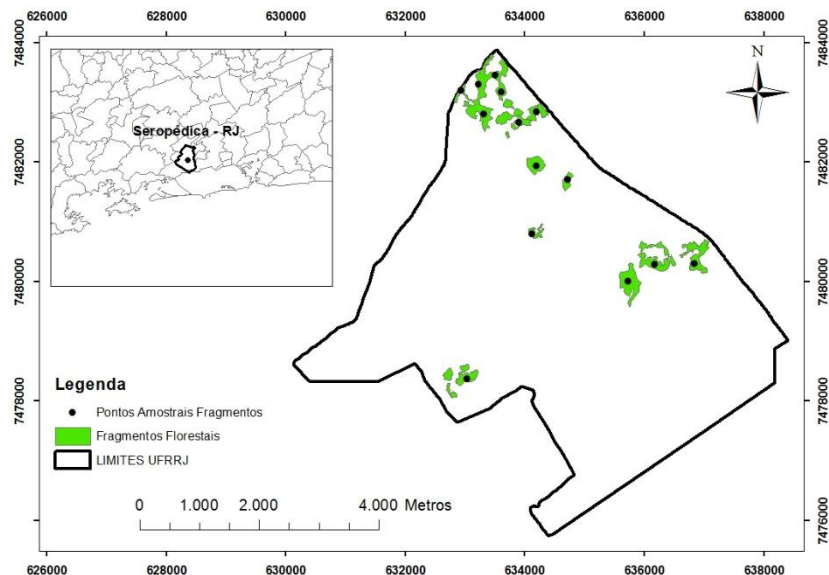
<b>Distância (km) média</b>	<b>Carro</b>	<b>Motocicleta</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhão</b>	<b>Van</b>
Itaguaí para 49	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47
Itaguaí para UFRRJ	6,73	6,73	6,73	6,73	6,73
UFRRJ para Itaguaí	6,73	6,73	6,73	6,73	6,73
UFRRJ para 49	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28
49 para UFRRJ	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28
49 para Itaguaí	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47

Na segunda etapa do levantamento de campo, fez-se a amostragem dos sumidouros de GEE, a vegetação. Para isso, realizou-se o inventário arbóreo dos fragmentos remanescentes da Mata Atlântica e dos talhões de Pinus e Eucalipto, além da coleta de pastagem para cálculo de biomassa.

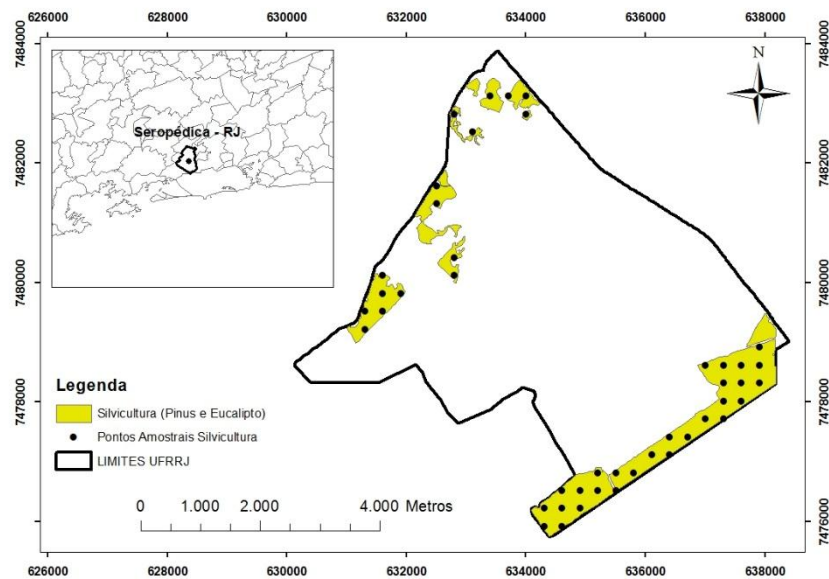
Nos fragmentos e nos talhões foram alocadas 12 e 14 parcelas, respectivamente (Figuras 3 e 4), com formato circular, área de 1.000 m<sup>2</sup> e raio de 17,8 m distribuídas sistematicamente (Figura 2). Em cada parcela, foram mensuradas as variáveis dendrométricas circunferência a 1,30 m do solo (CAP) e altura total (Ht) de todas as árvores com CAP maior ou igual a 15,9 cm. Posteriormente, os valores de CAP foram convertidos para DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) por meio da relação:  $DAP = CAP/\pi$ . Especificamente para os fragmentos de Mata Atlântica, cada árvore mensurada foi devidamente identificada por nome regional e científico.



**Figura 2:** Esquema das parcelas a serem alocadas para o inventário arbóreo da UFRRJ, campus Seropédica (RJ)

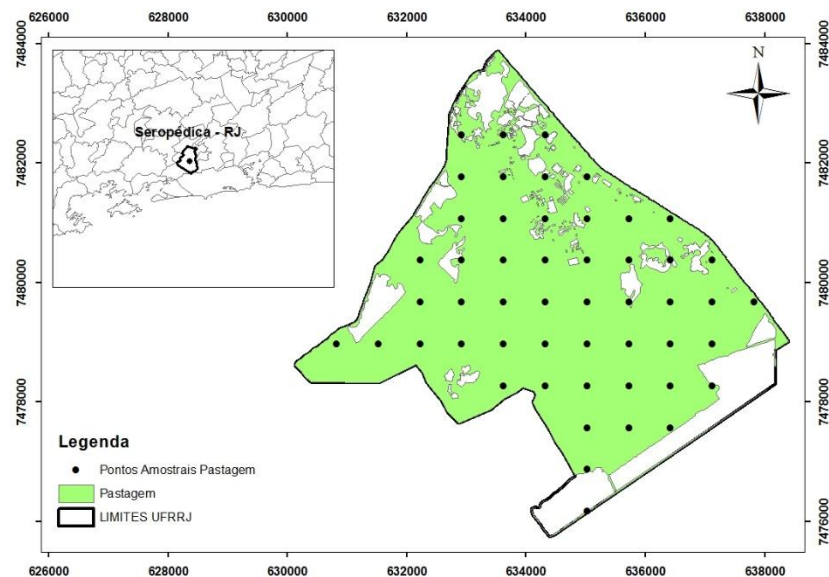


**Figura 3:** Remanescentes de fragmento de mata atlântica e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ)



**Figura 4:** Talhões de Pinus e Eucalipto e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).

Para a pastagem, foram alocados 15 pontos amostrais para a coleta de gramíneas (Figura 5). Em cada ponto foi utilizado um gabarito com dimensões de 1 x 1 m (1 m<sup>2</sup>), onde foi coletado todo o material vegetal a 2 cm do solo. O material foi armazenado em saco plástico e imediatamente conduzido ao laboratório para obtenção de peso verde (PV), em seguida foi armazenado 125 g da amostra em saco de papel para secagem em estufa à temperatura de 65°C por 72 horas, para a obtenção do peso seco (PS).



**Figura 5:** Pastagem e pontos amostrais localizados no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ).

### 3.3 Quantificação do carbono estocado

O carbono estocado na vegetação arbórea aérea foi estimado por meio de equações matemáticas, em que a variável dependente, carbono (kg), está em função das variáveis independentes diâmetro a 1,30 m do solo (cm) e altura total (m). Estas equações para a estimativa do carbono do fuste em Pinus, Eucalipto e fragmentos de Mata Atlântica foram as

recomendadas pelo Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono na Biomassa (BIOFIX) da Universidade Federal do Paraná:

$$\text{Pinus: } C = 2,1314 + 0,008736 * DAP^2 Ht \quad (1)$$

$$\text{Eucalipto: } C = 0,011007065 + 0,000025802 * DAP^2 Ht \quad (2)$$

$$\text{Fragmentos: } C = 0,447549 + 0,012293 * DAP^2 Ht \quad (3)$$

Após a estimativa do carbono individual das árvores, foi obtido o estoque total por parcela. O carbono total estocado foi estimado pela multiplicação do carbono estocado por parcela pela área de floresta. Para a pastagem, em cada ponto amostral estimou-se a biomassa seca total (kg) por meio da relação matemática a seguir:

$$\text{Biomassa Seca} = \frac{PS}{PV} * PVT \quad (4)$$

Em que:

PS = Peso seco da amostra (kg)

PV = Peso verde da amostra (kg)

PVT = Peso verde total do ponto amostral (kg)

A quantidade de carbono no ponto amostral foi estimada multiplicando a biomassa seca pelo fator 0,45 conforme recomendado por Embrapa (2002). Fazendo-se a média do carbono por ponto amostral, foi possível extrapolar a quantidade de carbono por hectare e para a área total da pastagem.

Por fim, o carbono total (kg) estocado na vegetação do campus foi obtido pela soma do carbono estocado nos diferentes sumidouros (Pinus, Eucalipto, Fragmentos e Pastagem).

$$\text{Carbono Estocado} = C_{pinus} + C_{eucalipto} + C_{fragmentos} + C_{pastagem} \quad (5)$$

Os valores de teor de carbono estocado nos sumidouros avaliados foram convertidos para CO<sub>2eq</sub>, em toneladas, através da multiplicação pelo fator 3,67, que corresponde a massa específica do dióxido de carbono sobre a massa específica do elemento carbono (IPCC, 2006).

$$tCO_{2eq} = \left( C \frac{44}{12} \right) / 1000 \quad (6)$$

Em que:

tCO<sub>2eq</sub> = dióxido de carbono equivalente (toneladas);

C = teor de carbono (kg);

44/12 = massa específica do dióxido de carbono (44) sobre a massa específica do elemento carbono (12).

### 3.4 Quantificação das emissões de gases de efeito estufa

A estimativa da emissão de gases de efeito estufa (GEE) foram realizadas aplicando a ferramenta do programa Brasileiro GHG Protocol versão 2014.0 (GHG Protocol, 2014) a partir das informações obtidas nos órgãos administrativos e departamentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, além dos levantamentos dos veículos, em campo.



As variáveis de entrada na ferramenta para a estimativa de GEE por emissões diretas (escopo 1) foram: o consumo total no ano de 2015 de Gás Liquefeito de Petróleo (22,09 t) e de lenha para queima direta (734,4 t) para o funcionamento do restaurante universitário; a quantidade de lixo produzida (413,42 t) no ano de 2015, de acordo com a composição de papéis/papelão, resíduos têxteis, resíduos alimentares, madeira, resíduos de jardins e parque, fraldas, borracha e couro e outros materiais inertes (12,5 % para cada) e a classificação do destino do lixo, que é o aterro sanitário; a estimativa da distância total percorrida no ano de 2015 pelos veículos em função da quantidade e do sentido do trajeto levantados, do tipo da frota (automóveis, motocicletas, caminhões e transportes coletivos), do combustível consumido (gasolina, etanol, GNV ou diesel) e do ano do modelo para os veículos.

Para as emissões indiretas pela compra de energia elétrica (escopo 2) a variável de entrada foi o consumo mensal médio de energia elétrica (kwh) no ano de 2015.

Para cada categoria, a ferramenta GHG protocol 2014 estimou, em toneladas, a emissão dos GEE dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), através de fatores de emissão baseados nos métodos de IPCC (2000, 2006), da US-EPA, da DEFRA, entre outros. Após a estimativa da emissão da quantidade de cada GEE, em cada categoria, estes foram convertidos em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2eq</sub>) a partir da multiplicação do montante de cada gás pelo seu respectivo potencial de aquecimento global (PAG) (Tabela 4), seguindo as recomendações do IPCC (2006), conforme apresentado na equação a seguir:

$$E_{CO2eq} = \sum_{i=1}^n E_i \cdot PAG_i \quad (7)$$

Em que:

$E_{CO2eq}$  = emissões totais de dióxido de carbono equivalente (toneladas);

$E_i$  = emissão do gás de efeito estufa  $i$  (toneladas);

$PAG_i$  = potencial de aquecimento global do gás de efeito estufa  $i$ ;  $i$  = dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). De acordo com o IPCC (2006), o PAG do CO<sub>2</sub> = 1; CH<sub>4</sub> = 21 e N<sub>2</sub>O = 310 em um horizonte de tempo de 100 anos.

**Tabela 4:** Potencial de aquecimento global dos GEE. Fonte: IPCC, 2006

GEE	PAG
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	310
Hexafluoreto de enxofre (SF <sub>6</sub> )	23.900
Perfluorcarbonos	9.200

Após a estimativa da emissão da quantidade de cada GEE, foi feito o somatório do carbono equivalente em todas as categorias avaliadas, obtendo assim, o total de gases de efeito estufa (GEE) emitido pela universidade durante o ano de 2015.

### 3.5 Balanço de GEE e medidas mitigadoras

O balanço geral das emissões e remoções de GEE no campus da UFRRJ foi estimado a partir da diferença entre a quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2eq</sub>) fixado pelos sumidouros avaliados (parte aérea de Pinus, Eucalipto e fragmentos, e pastagem) e produzido pelas fontes de emissão (funcionamento do restaurante universitário, produção de lixo, movimentação de veículos e consumo de energia elétrica) no campus durante o ano de 2015.

$$\text{Balanço} = \text{Estoque } CO_{2eq} - \text{Emissão } CO_{2eq} \quad (7)$$

Sabe-se que outras categorias poderiam ser inseridas na contagem, como solo, lago, emissões por laboratórios, animais ruminantes, entre outros, porém essa mensuração foi considerada inviável, devido à falta de informações obtidas pelos órgãos responsáveis da universidade.

A partir do balanço obtido e projetado para os anos futuros e com base no potencial de fixação de carbono das árvores foram feitas simulações da quantidade de árvores a serem plantadas em função da espécie e da área necessária para compensar a emissão de GEE.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

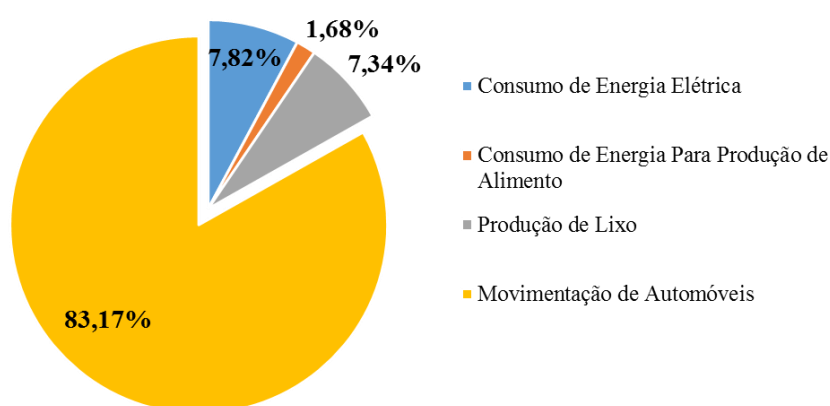
No ano de 2015 as atividades na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, campus Seropédica, emitiram 10.764,18 toneladas de gás carbônico equivalente (Tabela 5). Essas emissões foram provenientes do consumo médio mensal de 22,14 toneladas de GLP e 734,40 toneladas de lenha para a produção de alimento pelo restaurante universitário; 102.052 km percorridos mensalmente pelos veículos que passam diariamente pela Universidade, sendo no interior do campus ou em seu entorno; 34,45 toneladas de lixo produzidas mensalmente e do consumo anual de 6.173.151 kwh.

**Tabela 5:** Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>eq, em toneladas, pelas diferentes fontes emissões no campus da UFRRJ, em Seropédica

Fonte de Emissão	CO <sub>2</sub> eq. (toneladas)
Consumo de Energia Elétrica	842,11
Consumo de Energia Para Produção de Alimento	180,39
Produção de Lixo	789,69
Movimentação de Automóveis	8.952,58
<b>Total</b>	<b>10.764,18</b>

A movimentação de veículos é a categoria que mais contribuiu para a emissão dos gases de efeito estufa, com 83,17% do total. Isso deve-se ao aumento significativo do número de pessoas que possuem automóveis e que circulam na universidade, além da elevada movimentação de veículos na BR 465, antiga estrada Rio-São Paulo, que liga o estado do Rio de Janeiro ao estado de São Paulo. Os veículos emitem significativa quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente através da combustão móvel, que para este estudo foi de 8.633,98 toneladas. Em seguida está o consumo de energia elétrica (7,82 %), que após o ano de 2008 aumentou com a criação de 12 novos cursos oferecidos na universidade, seguido da produção de lixo (7,34%) e consumo de energia para o funcionamento do restaurante universitário (1,68%). A produção de lixo e a produção de alimento são as principais atividades emissoras dos gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (Figura 6).

**Emissões de Gás Carbônico Por Categoria**



**Figura 6:** Percentual de emissões de gases de efeito estufa para cada categoria no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ

As maiores emissões de gases de efeito estufa foram provenientes das fontes de emissões diretas (92,18%). Estas incluem todas as fontes próprias de emissão de GEE, de

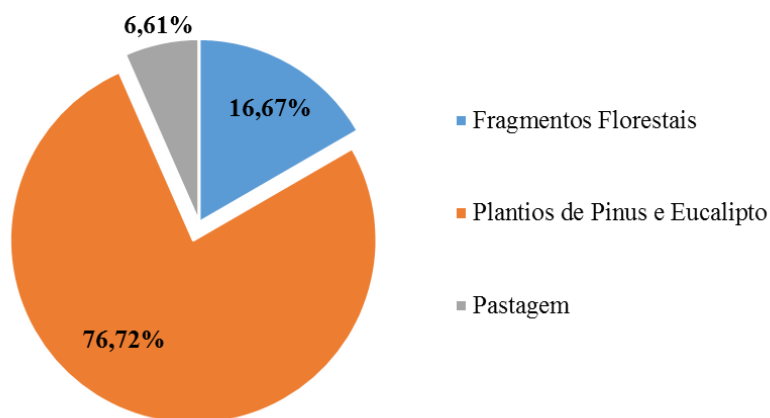
todos os ativos próprios da universidade, fontes de combustão e processos industriais. Apenas 7,82% das emissões foram provenientes das emissões indiretas, representadas pela compra de energia elétrica para o funcionamento da Universidade.

Atualmente, existem 35.511,94 toneladas de carbono estocado na vegetação, correspondendo a um total de 130.210,46 toneladas de dióxido de carbono equivalente (Tabela 6). Na Figura 7, observa-se que 6,61% estão estocadas na pastagem, 16,67% estão estocadas nos fragmentos florestais remanescentes da Mata Atlântica e 76,72% estão estocadas nos plantios de Pinus e Eucalipto. A maior quantidade de carbono estocado nos plantios deve-se ao seu rápido crescimento em relação a outras espécies e a sua maior área de ocorrência comparada às áreas de fragmentos florestais.

**Tabela 6:** Quantidade estocada de CO<sub>2eq</sub>, em toneladas, pelas diferentes classes de cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica

Cobertura Vegetal	C (ton/ha)	Área Total (ha)	Total C (ton)	Total CO <sub>2eq</sub> (ton)
Fragmentos Florestais	57,68	102,61	5919,65	21.705,39
Plantios de Pinus e Eucalipto	72,48	375,86	2.7243,95	99.894,49
Pastagem	0,96	2.436,02	2.348,34	8.610,58
<b>Total</b>			<b>35.511,94</b>	<b>130.210,46</b>

**Estoque de Gás Carbônico Por Cobertura Vegetal**



**Figura 7:** Percentual de estoque de gás carbônico na cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ

A vegetação natural da Universidade Federal do Rio de Janeiro, de acordo com o mapa de vegetação do Brasil do IBGE (1993), é classificada como Floresta Ombrófila densa. A estimativa encontrada neste estudo para a parte aérea (211,52 tCO<sub>2eq</sub>/ha) foi próxima da estimativa do Sistema Florestal Brasileiro para a mesma classificação fitofisionômica (232,83 tCO<sub>2eq</sub>/ha). Apesar dos plantios florestais serem os sumidouros mais significativos, o dióxido de carbono equivalente encontrado (265,77 CO<sub>2eq</sub>/ha), foi inferior quando comparado ao estudo de Gatto et al. (2011), que encontrou em plantio de Eucalipto valores entre 300,3 a 400,95 tCO<sub>2eq</sub>/ha. Isso se deve à falta de manejo das áreas de plantio, que promoveu o desenvolvimento de florestas com muitas brotações e, conseqüentemente, para a redução da capacidade de estocagem de CO<sub>2</sub>. Na pastagem, encontrou-se 3,53 tCO<sub>2eq</sub>/ha, valor acima da quantidade de carbono padrão sugerido pelo IPCC (2006), que está entre 2,71 e 2,86 tCO<sub>2eq</sub>/ha.

A estocagem de CO<sub>2eq</sub> obtida para os plantios e fragmentos florestais, são resultado do acúmulo ao longo dos anos. Considerando a idade avançada dos plantios de Pinus e Eucalipto e fragmentos remanescentes da Mata Atlântica presentes na UFRRJ, pode-se inferir que as florestas são consideradas maduras. Isso implica que o crescimento e estocagem de biomassa para acúmulo de carbono pode ser considerado nulo para próximos anos, já que a remoção de carbono na atmosfera através da fotossíntese é anulada pela emissão no processo de respiração. Já na pastagem, há constante crescimento devido à manutenção e o consumo pelo gado, porém, o teor de CO<sub>2eq</sub> capturado é naturalmente inferior comparado às florestas.

Para quantificar a diferença entre as emissões e remoções dos gases de efeito estufa, subtraiu-se do total de dióxido de carbono equivalente estocado na vegetação (130.210,46 toneladas) o valor total emitido que foi de 10.764,18 toneladas. A diferença obtida indicou que o acúmulo de CO<sub>2eq</sub> pela vegetação arbórea e pastagem ao longo do tempo foi superior ao montante emitido ao longo do ano de 2015. Entretanto, não se sabe a idade exata das árvores mensuradas no inventário florestal, impedindo que seja calculado o incremento médio anual em toneladas de CO<sub>2eq</sub>.

A quantidade de CO<sub>2eq</sub> acumulada nos fragmentos florestais e nos plantios de Pinus e Eucalipto permitiu estimar o potencial de fixação das árvores, sendo este de 0,2582 toneladas de CO<sub>2eq</sub>/árvore para os fragmentos florestais e de 0,3287 toneladas de CO<sub>2eq</sub>/árvore nos plantios. Estes valores permitiram estimar que para neutralizar a emissão de 10.764,18 toneladas de CO<sub>2eq</sub> por ano, devem ser plantadas anualmente 41.688 árvores de espécies de mata atlântica ou 32.750 árvores em plantios de Pinus e Eucalipto. Considerando que o valor das emissões obtidas no ano de 2015 são constantes ao longo do tempo, projeta-se que até o ano de 2030 a UFRRJ emitirá 172.236,53 toneladas de CO<sub>2eq</sub>. (Tabela 7).

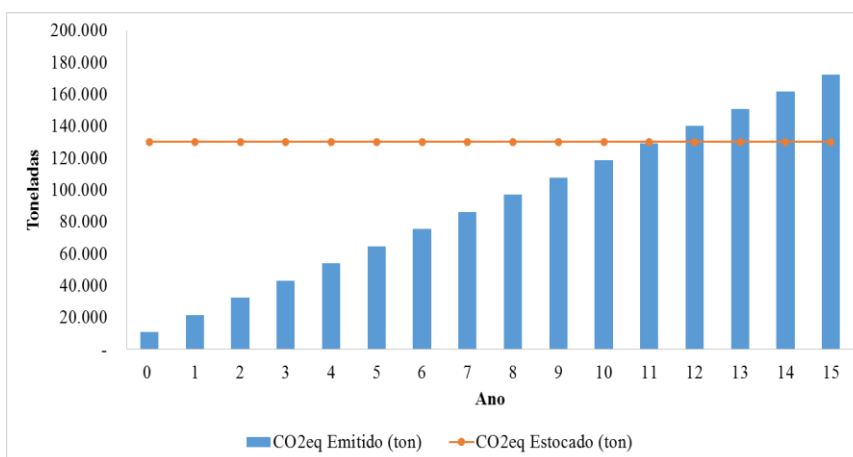
Neste mesmo horizonte de planejamento, até o ano de 2030, será necessário o plantio de 667.006 árvores de espécies nativas, totalizando aproximadamente 333,5 hectares de área plantada. Se o plantio for realizado com espécies de Pinus ou Eucalipto, deverão ser plantadas 523.990 árvores numa área de 262 hectares. Estes cenários foram obtidos considerando um espaçamento médio de 2,0 x 2,5 m entre plantas. Para fins de planejamento, considera-se que deverão ser plantados entre 15 e 20 hectares de florestas anualmente para a neutralização da emissão dos gases de efeito estufa ao longo do tempo.

**Tabela 7:** Projeção das emissões de CO<sub>2eq</sub> e plantios de árvores no campus da UFRRJ, em Seropédica

<b>Ano</b>	<b>CO<sub>2eq</sub> Emitido (ton)</b>	<b>CO<sub>2eq</sub> Estocado (ton)</b>	<b>Número de Árvores Nativas</b>	<b>Número de Árvores de Pinus e Eucalipto</b>	<b>Área de Árvores Nativas</b>	<b>Área de Pinus e Eucalipto</b>
<b>2015</b>	10.764,78	130.210,46	41.687,82	32.749,38	20,84	16,37
<b>2016</b>	21.529,57	130.210,46	83.375,64	65.498,75	41,69	32,75
<b>2017</b>	32.294,35	130.210,46	125.063,45	98.248,13	62,53	49,12
<b>2018</b>	43.059,13	130.210,46	166.751,27	130.997,51	83,38	65,50
<b>2019</b>	53.823,92	130.210,46	208.439,09	163.746,88	104,22	81,87
<b>2020</b>	64.588,70	130.210,46	250.126,91	196.496,26	125,06	98,25
<b>2021</b>	75.353,48	130.210,46	291.814,72	229.245,64	145,91	114,62
<b>2022</b>	86.118,26	130.210,46	333.502,54	261.995,01	166,75	131,00
<b>2023</b>	96.883,05	130.210,46	375.190,36	294.744,39	187,60	147,37
<b>2024</b>	107.647,83	130.210,46	416.878,18	327.493,77	208,44	163,75
<b>2025</b>	118.412,61	130.210,46	458.566,00	360.243,14	229,28	180,12
<b>2026</b>	129.177,40	130.210,46	500.253,81	392.992,52	250,13	196,50
<b>2027</b>	139.942,18	130.210,46	541.941,63	425.741,89	270,97	212,87
<b>2028</b>	150.706,96	130.210,46	583.629,45	458.491,27	291,81	229,25

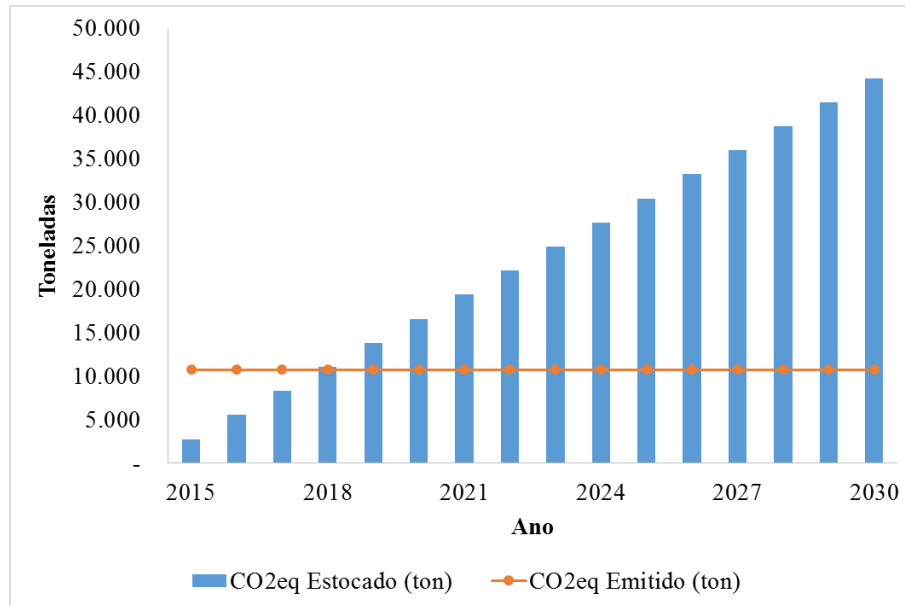
<b>2029</b>	161.471,75	130.210,46	625.317,27	491.240,65	312,66	245,62
<b>2030</b>	172.236,53	130.210,46	667.005,08	523.990,02	333,50	262,00

Na Figura 8, observa-se que em apenas 11 anos a emissão acumulada de gases de efeito estufa ultrapassará o montante atualmente estocado nas áreas verdes do campus da Universidade. Isso demonstra a necessidade de estabelecer plantios florestais para fins de redução dos efeitos das mudanças climáticas. Isso porque o estoque atual existente no campus provavelmente levou um tempo maior que 10 anos para ser formado, deixando evidente que as diversas atividades realizadas para o funcionamento da universidade emitem os gases de forma mais acelerada que a estocagem pela vegetação.



**Figura 8:** Emissão acumulada de gases de efeito estufa no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ, até o ano de 2030.

Considerando um plantio florestal com área de 200 hectares com espaçamento médio de 2,0 x 2,5 m, tem-se 2.000 árvores por hectare. Para isso, serão necessárias 400.000 mudas. Aplicando o incremento médio anual de 13,83 toneladas/hectare/ano de CO<sub>2eq</sub>. (BRIANEZI et al. 2014), somente após o quinto ano de idade a floresta terá estocado uma quantidade superior ao emitido durante um ano pela universidade (Figura 9). Nestas condições, a estocagem média anual é de 2.767,01 toneladas de CO<sub>2eq</sub>. Para que um plantio de árvores capture anualmente a mesma quantidade de gases de efeito estufa emitida, deve-se considerar uma área mínima de 778,08 hectares.



**Figura 9:** Projeção da estocagem de gases de efeito estufa pela cobertura vegetal no campus da UFRRJ, em Seropédica- RJ

Para a redução efetiva de emissões de GEE pela UFRRJ, além do plantio de árvores, é necessária a adoção de outras medidas mitigatórias e conscientização dos estudantes, funcionários e população de Seropédica. Para a redução da principal categoria emissora, movimentação de automóveis, pode ser adotado um projeto para a substituição dos transportes públicos do município de Seropédica por veículos sustentáveis movidos à biogás, conscientização para o uso de caronas e incentivos para o uso de bicicletas. No caso de consumo de energia, poderão ser adotadas medidas conscientizem e evitem o desperdício de luz. Quanto a produção de lixo, a adoção de pontos de coleta seletiva torna-se uma medida eficaz, em que o lixo despejado, será destinado a locais de reciclagem e o material orgânico poderá ser usado como adubo para as plantas após compostagem.

## 5. CONCLUSÕES

A vegetação da UFRRJ, campus Seropédica, estocou ao longo do tempo 130.210,46 toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo a estocagem, superior as emissões que foram de 10.764,18 toneladas no ano de 2015. Como a vegetação encontra-se em estágio de desenvolvimento avançado e não possui a capacidade de absorver grandes quantidades de gás carbônico anualmente, o balanço se tornará negativo em curto prazo de tempo.

A neutralização das emissões de dióxido de carbono é fundamental, tornando necessária a realização de projetos de reflorestamentos, visando a atenuação do efeito estufa. Para isso, será necessário o plantio de uma área entre 200 a 800 hectares de florestas, dependendo das espécies selecionadas e das condições silviculturais, para a neutralização das emissões em um horizonte de planejamento até o ano de 2030.

Outras ações de conscientização para a redução das emissões de GEE também devem ser trabalhadas, para que junto com a remoção feita por áreas verdes, possam manter o equilíbrio entre emissões e remoções de gases de efeito estufa.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, L. **Análise crítica das políticas públicas em mudanças climáticas e dos compromissos nacionais da redução de emissão de gases de efeito estufa no Brasil.** 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Planejamento energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. Sequestro de Carbono. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, Enciclopédia Biosfera. n.07, p. 2-10, 2009.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF (2009 dez 29).

BRAZ, Mario Sergio Araújo. **Os mecanismos de cooperação internacional para redução de emissões sob o Protocolo de Quioto.** Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União, Brasília, n. 9, p. 139-159, out./dez. 2003.

BRIANEZI, D.; JACOVINI, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; GONÇALVES, W.; ROCHA, S. J. S. S. Balanço de remoções de gases de efeito estufa no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Floresta e Ambiente**, Viçosa, p. 1-12, 2014.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: **A Primer.** Rome: 1997. FAO, 55 p.

CENEA, Mariano Colini. **Mudanças climáticas, o protocolo de Quioto e mercado de carbono.** 2004. 20f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal)-Faculdade ESALQ, USP, Piracicaba, 2004.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de Carbono sobre pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, p.1138-1145. 2009.

COSTA, P.O. **Resposta político-econômica às mudanças climáticas: origens, situação atual e incertezas do mercado de créditos de carbono.** 2004. 128f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

FOLEY, J. A. et al. 2005. **Global consequences of land use.** Science, v.309, p.570574.

GATTO, A. et al. 2011. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.895-905.

GUERRA, M. F. As políticas de mudanças climáticas: Um estudo de caso sobre a cidade do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/viewFile/4388/42>>. Acesso em: 22 out. 2015.

GHG Protocol (The Greenhouse Gas Protocol Initiative) Corporate Standards, 2012. Disponível em:

<[http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg\\_protocol\\_portuguese.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg_protocol_portuguese.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

GHG Protocol 2014. Ferramenta de cálculo. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; ROBEIRO, R. J.; PINTO, A.C.M.; SILVA, R. P.; ROCHA, R.M.; TRIBUZY, E.S. **Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia central. Floresta**, Curitiba-PR, v. 34, n.3, p. 295-304, set/dez 2004.

HIGUCHI, N. e CARVALHO Jr., J. A. Biomassa florestal e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. Em: **Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub> - Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil**. CVRD. pp. 125-153, 199.

IBGE, **Mapa de bioma e de vegetação**, 1993. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

IEA, 2009. **How the Energy Sector Can Deliver on Climate Agreement. Agreement in Copenhagen** – special early excerpt of the World Energy Outlook 2009 for the Bangkok UNFCCC meeting. Disponível em: <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/climate\\_change\\_excerpt.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/climate_change_excerpt.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2015.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) Publicações, Comunicados do IPEA nº109. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110829\\_comunicadoipea109.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110829_comunicadoipea109.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2015.

IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). **Mudança do clima 2007. Geneva: A Base das Ciências Físicas**, 2007. Disponível em: <[http://www.cqgp.sp.gov.br/gt\\_licitacoes/publicacoes/IPCC%20mudan%C3%A7as%20climaticas.pdf](http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/IPCC%20mudan%C3%A7as%20climaticas.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2015.

IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) Programa para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, 2012. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>>. Acesso em: 12 set. 2015.

ISO 14064-1: Specification with guidance at the organizational level for quantification and reporting of greenhouse gas emission and removals. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#!iso:std:38381:en>>. Acesso em: 20 set. 2015.

JACOVINE, L. A. G.; NISHI, M. H.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; ALVARENGA, A. P. seringueira no contexto das negociações sobre Mudanças Climáticas Globais. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A.F.S (Ed.). **Sequestro de Carbono: quantificações em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa, MG: UFV, 2006. P. 1-41.

LOPES, I. V. **O mecanismo de desenvolvimento limpo- MDL: guia de orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90p.

Minas Gerais (Estado). Decreto Estadual 45.229, de 04 de dezembro de 2009. Regulamenta medidas do Poder Público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às Mudanças Climáticas e Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa; p.2; 31 de agosto de 2010.

MOREIRA, H.M.; GIOMETTI, A.B.R. O Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v.30, n. 1, p. 9-47, 2008.

MCT, 2009. Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Informações Gerais e Valores Preliminares. **Ministério da Ciência e Tecnologia**, Nov./2009, 19p.

MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação) **Texto da Convenção da Mudança do Clima**, 2012. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4092.html>>. Acesso em: 12 set. 2015.

MCTI (Ministério de Ciência e Tecnologia) Comunicação Nacional, **Texto da Primeira Comunicação Nacional**, 2012 a. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0205/205854.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0205/205854.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

MCTI (Ministério de Ciência e Tecnologia) Comunicação Nacional, **Texto da Segunda Comunicação Nacional**, 2012 b. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0213/213909.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213909.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

MCTI (Ministério de Ciência e Tecnologia) Comunicação Nacional, **Sumário de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa por Gás**, 2012 c. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0215/215037.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0215/215037.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

NETTO, S. P. Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa Vivat neutracarbo em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais, PR, **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambiental**. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 293-306, abr./jun. 2008.

NOBRE, C.A.; NOBRE, A. D. **O balanço de carbono da Amazônia brasileira. Estudos Avançados**, p.81-90, 2002.

ONU, United Nation, **Framework Convention on Climate Change**, 2007. Disponível em <[http://unfccc.int/meetings/bali\\_dec\\_2007/session/6265/php/view/decisions.php](http://unfccc.int/meetings/bali_dec_2007/session/6265/php/view/decisions.php)>. Acesso em: 10 set. 2015.

ORSOLON, M. **Crédito de Carbono**. Potência, São PauloSP, n. 14, p. 16-26, abril de 2006.  
PEARCE, F. **O aquecimento global**. São Paulo-SP: Publifolha, 2002. 72p.

PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; NÚÑEZ, P. V.; VÁSQUEZ, R. M.; LAURANCE, S. G.; FERREIRA, L. V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Changes in the Carbon Balance of Tropical Forests: Evidence from Long-Term Plots. **science**, v. 282, n. 5388, p. 439-442, 1998.

Rio de Janeiro (Estado). Lei nº 5.690, 14 de abril de 2010. Institui a política estadual sobre mudança global do clima e desenvolvimento sustentável e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**; p. 1.

RENNER, R. M. **Sequestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**, 2004. Disponível em: < [http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_ms/2004/d387\\_0560-M.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2004/d387_0560-M.pdf)>. Acesso em: 15 de set de 2015.

RIVES, K. Universidades americanas correm para cortar emissões de gases de efeito estufa. **Missão diplomática dos Estados Unidos - Meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.portuguese.brazil.usembassy.gov/pt/estufa.html>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 2003. 214 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2003.

ROMEIRO, V., PARENTE, V., Regulação das Mudanças Climáticas no Brasil e o Papel Dos Governos Subnacionais. Em: Seroa da Motta et al (EDITORES). **Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011.

RYPDAL, K., PACIORMICK, N., **Introduction to the 2006 Guidelines**. Em: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories , Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan, 2006.

SALATI, E.; SANTOS, A.A. dos; NOBRE, C. **As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros**. Disponível em: <[www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm)>. Acesso em: 12 set. 2015.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, 2002, p. 119-140.

São Paulo (Estado). Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. 10 nov. 2009; 119(209).

SBS (Sociedade Brasileira de Silvicultura). **Fatos e números do Brasil**, dez 2008. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>> Acesso em: 22 jun. 2015.

SEMA-RJ (Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro) Legislações, **Resolução INEA**, 43. 2012. Disponível em: <<http://200.20.53.7/Ineaportal/Legislacao.aspx?ID=EC2F0291-AA60-4D29-B059-B6FC7BEDEA4A>>. Acesso em: 12 set. 2015.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa**. 2008. 112 f. Tese (Pós-graduação em Engenharia Florestal). Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SFB (Sistema Florestal Brasileiro), **Estoque das Florestas**, 2015. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/estoque-das-florestas?print=1&tmpl=component>> Acesso em: 01 dez. 2015.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, MUUKKONEN, P.; LEHTONEN A.; WEISS, P. **Indirect methods of large forest biomass estimation. Europe Journal Forest Research.** February, 2006.

THOMAS, C.D.; CAMERON, A.; GREEN, R.E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L.J.; COLLINGHAM, C.Y.; ERASMUS, B.F.N.; SIQUEIRA, M.F. de; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; JAARVELD, A.S. van; MIDGLEY, G.F.; MILLES, L.; ORTEGA-HUERTA, M.A.; PETERSON, T.A.; PHILLIPS, L.O.; WILLIAMS, S.E. **Extinction risk from climate change.** Nature, v.427, p.145-148, 2004.

UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas) **Essential Background, Publications, Climate Change Information Kit**, 2012. Disponível em: <[http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit\\_2002\\_en.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit_2002_en.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2015.

VIDAL, J.W. B. A posição do Brasil frente ao novo ambiente mundial. **Revista Eco 21**, ano XIII, n. 75, fev. 2003. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 12 set. 2015.

VIOLA, Eduardo. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, n. 50, p. 25-46, out. 2002.

VIOLA, E; LEIS, H. R. **Governabilidade e Mudança Climática: Desafios e Impasses Globais e Brasileiros.** Idéias – Revista do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas:Unicamp, ano 8 (2), p. 71-114, 2001.

## ANEXOS

### ANEXO I - DA CONVENÇÃO-QUADRO (UNFCCC - 1992)

Austrália
Alemanha
Áustria
Belarus*
Bélgica
Bulgária*
Canadá
Comunidade Econômica Europeia
Dinamarca
Espanha
Estados Unidos da América
Estônia*
Federação Russa
Finlândia
França
Grécia
Holanda
Hungria*
Irlanda
Islândia
Itália
Japão
Latívia*
Lituânia*
Luxemburgo
Noruega
Nova Zelândia
Polônia
Portugal
Reino Unido de Grã Bretanha e da Irlanda do Norte
România*
Suécia
Suíça
Tcheco- Eslováquia*
Turquia
Ucrânia

\*Países em processo de transição para uma economia de mercado

## ANEXO II - ESTOQUE DE CARBONO MÉDIO DAS FLORESTAS (SFB, 2015)



### Recursos Florestais - Estoque das Florestas

Tabela: Valores estimados de volume, biomassa e carbono, por bioma, fitofisionomia e hectare.

Bioma	Fitofisionomia	Volume médio (m³/ha)	Biomassa (ton/ha)		Carbono (ton/ha)		
			Acima do Solo	Abaixo do Solo	Acima do Solo	Abaixo do Solo	Solo
Amazônia	Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)	315,45	333,25	63,35	174,40	29,77	48,30
	Floresta Ombrófila Aberta	272,30	295,96	57,00	139,10	26,79	46,30
	Floresta Estacional (Sazonal) Decidual (Floresta Tropical Caducifólia)	254,63	241,90	48,20	113,69	22,65	34,90
	Floresta Estacional (Sazonal) Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)	265,86	252,57	50,23	118,71	23,61	41,30
	Campinarana Gramíneo-Lenhosa (Campina da Amazônia)	6,35	12,06	6,75	5,67	3,17	59,80
	Savana Florestada (Cerradão)	77,59	51,21	92,61	24,07	43,53	34,20
	Savana Estéptica Florestada	30,11	19,87	40,33	9,34	18,96	31,40
	Savana Estéptica Arborizada	5,81	11,04	19,96	5,19	9,38	38,10
	Savana Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso)	42,73	28,20	40,21	13,25	18,90	34,60
	Savana Parque	6,34	12,06	30,62	4,82	12,25	34,00
	Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo-Limpo-de-Cerrado)	4,19	7,96	18,76	3,74	8,82	32,80
	Savana Estéptica Gramíneo-Lenhosa (Savanas secas e/ou úmidas: Caatinga)	1,49	2,84	5,13	1,33	2,41	38,10
	Savana Estéptica parque	3,36	6,39	11,55	2,56	4,62	34,90
Vegetação Secundária	175,60	60,03	12,01	50,31	5,64	-	
Mata Atlântica	Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)	92,78	132,95	31,91	63,50	15,00	48,70
	Floresta Ombrófila Aberta	92,78	132,95	31,91	63,50	15,00	48,41
	Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária)	97,00	73,72	14,74	34,65	6,93	85,90
	Floresta Estacional (Sazonal) Decidual (Floresta Tropical Caducifólia)	77,75	125,66	30,16	59,06	14,17	35,36
	Floresta Estacional (Sazonal) Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)	136,55	110,75	20,76	48,78	9,76	38,50
Cerrado	Floresta Estacional (Sazonal) Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)	162,79	134,58	32,30	63,25	15,18	39,58
	Savana Florestada (Cerradão)	114,40	75,50	21,14	35,49	9,94	37,02
	Savana Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso)	20,12	13,28	38,39	6,24	18,04	37,02
	Savana Parque (Campo-Sujo-de-Cerrado, Cerrado-de-Pantanal, Campo de Murunduns ou Covoal e Campo Rupestre)	7,88	5,20	20,91	2,44	9,83	37,02
	Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo-Limpo-de-Cerrado)	7,88	5,20	20,91	2,44	9,83	32,90
Caatinga	Savana Estéptica Florestada	91,60	60,46	13,53	28,41	6,36	22,88
	Savana Estéptica Arborizada	43,01	34,41	8,85	16,17	4,16	22,88
	Savana Estéptica Gramíneo-lenhosa	28,99	28,99	5,88	13,63	2,76	25,40
	Savana Estéptica Parque	30,28	21,44	5,79	10,08	2,72	22,90
Pantanal	Floresta Estacional (Sazonal) Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)	273,17	163,90	39,34	77,03	18,49	41,45
Pampa	Estepe Arborizada (Arbórea Aberta)	0,37	0,22	0,26	0,10	0,12	59,03
	Estepe Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo)	0,37	0,22	0,26	0,10	0,12	57,64

## APÊNDICES

### APÊNDICE I - VEÍCULOS E DESLOCAMENTOS (KM) DA UFRRJ, CAMPUS SEROPÉDICA.

VEÍCULO	ANO	TIPO	ENTREVISTADO	DESLOCAMENTO TOTAL (km)	DESLOCAMENTO TOTAL ANUAL (KM)
CARRO	1973	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	1975	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2001	GASOLINA	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2002	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2004	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2006	ALCOOL	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2006	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2006	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2006	FLEX	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2007	ALCOOL	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2007	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2008	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2008	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2009	DIESEL	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2009	FLEX	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2009	GASOLINA	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2009	GNV	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2010	FLEX	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2010	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2011	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2011	FLEX	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2012	FLEX	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2012	GASOLINA	13%	9.055,33	3.305.194,00
CARRO	2012	GNV	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2013	FLEX	19%	12.936,18	4.721.705,72
CARRO	2013	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2014	FLEX	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2014	GASOLINA	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2014	FLEX/ ALCOOL	2%	1.293,62	472.170,57
CARRO	2014	GASOLINA	4%	2.587,24	944.341,14
CARRO	2014	FLEX	2%	1.293,62	472.170,57
MOTOCICLETA	2006	GASOLINA	25%	1.218,16	444.627,08
MOTOCICLETA	2010	FLEX	10%	487,26	177.850,83
MOTOCICLETA	2012	FLEX	15%	730,89	266.776,25
MOTOCICLETA	2013	FLEX	25%	1.218,16	444.627,08
MOTOCICLETA	2014	FLEX	10%	487,26	177.850,83
MOTOCICLETA	2014	FLEX	15%	730,89	266.776,25
ÔNIBUS	2014	DIESEL	0%*	5.580,32	2.036.818,21
CAMINHÃO	2014	DIESEL	0%*	14.749,89	5.383.708,34
VAN	2011	GNV	80%	6.629,75	2.419.857,41
VAN	2014	GNV	20%	1.657,44	604.964,35



**APÊNDICE II - QUANTIDADE MÉDIA EM TONELADAS DE LIXO PRODUZIDO  
NA UFRRJ, CAMPUS SEROPÉDICA**

<b>Mês/ ano</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Média</b>
Janeiro	34,45	25,73	30,09
Fevereiro	34,45	25,58	30,02
Março	25,98	42,78	34,38
Abril	34,09	37,56	35,82
Maio	40,84	43,38	42,11
Junho	29,09	44,21	36,65
Julho	36,89	34,45	35,67
Agosto	30,00	32,08	31,04
Setembro	40,29	34,45	37,37
Outubro	44,03	34,45	39,24
Novembro	37,13	34,45	35,79
Dezembro	16,04	34,45	25,25
		<b>Total</b>	<b>413,42</b>

**APÊNDICE III - CONSUMO MÉDIO MENSAL EM Kwh DA UFRRJ, CAMPUS SROPÉDICA**

<b>Mês / Ano</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Média</b>
<b>Janeiro</b>	-	361.009	423.139	423.961	-	433.959	594.833	<b>372.816,83</b>
<b>Fevereiro</b>	-	517.715	508.227	393.339	485.390	554.901	527.347	<b>497.819,83</b>
<b>Março</b>	-	590.063	501.802	503.421	527.952	560.356	539.728	<b>537.220,33</b>
<b>Abril</b>	-	571.188	539.483	614.811	525.327	649.877	690.293	<b>598.496,50</b>
<b>Maiο</b>	-	476.008	538.167	556.720	561.155	612.701	605.559	<b>558.385,00</b>
<b>Junho</b>	-	477.523	439.399	548.998	526.636	503.180	478.858	<b>495.765,67</b>
<b>Julho</b>	-	457.976	522.855	507.674	496.515	513.796	436.085	<b>489.150,17</b>
<b>Agosto</b>	-	468.498	416.167	403.357	462.304	447.126	434.459	<b>438.651,83</b>
<b>Setembro</b>	-	440.361	516.284	517.523	576.197	542.412	-	<b>518.555,40</b>
<b>Outubro</b>	-	522.966	547.103	575.621	545.485	564.035	-	<b>551.042,00</b>
<b>Novembro</b>	-	535.922	683.190	632.054	557.758	598.598	-	<b>601.504,40</b>
<b>Dezembro</b>	519.239	545.994	-	660.794	717.739	638.180	-	<b>513.657,67</b>