



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Brasil

Teixeira Gregório de Andrade, Ricardo; da Costa Mattos, Karen Maria  
A PEGADA DE CARBONO DA UNIDADE SEDE DA PETROBRAS EM NATAL-RN  
HOLOS, vol. 1, 2011, pp. 92-111  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549214008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## A PEGADA DE CARBONO DA UNIDADE SEDE DA PETROBRAS EM NATAL-RN

**Ricardo Teixeira Gregório de Andrade**

Mestre em Engenharia de Produção – UFRN, Linha de Gestão Ambiental; Tecnólogo em Gestão Ambiental – IFRN. Email: rtnatal@gmail.com

**Karen Maria da Costa Mattos**

Dra em Agronomia (Irrigação e Drenagem) – UNESP; Engenheira Agrônoma – UFSCAR. Email: karenmattos@yahoo.com.br

---

### RESUMO

Face ao contexto contemporâneo das alterações climáticas, os setores industriais e empresariais têm buscado medidas para minimizar os impactos das suas emissões de Gases Efeito Estufa. Contudo, a maioria das ações de Responsabilidade Sócio Ambiental Empresarial quanto à temática referem-se apenas às emissões diretas dos principais processos produtivos empresariais, sem considerar as emissões *upstream* e *downstream*, que originam a maior parte das emissões derivadas da existência de uma empresa. A consideração das emissões de todo o ciclo de vida produtivo de produtos e processos, desde a extração da matéria-prima até a distribuição do produto final e descarte, constitui a Pegada de Carbono. O objetivo desse estudo foi a mensuração, e estudo de formas de minoração, de parte da Pegada de Carbono da Unidade Sede da Petrobras em Natal-RN. Trata-se de um levantamento, em que os dados foram submetidos à metodologia apropriada e laborados com uso do *software* GEMIS 4.6. Os itens avaliados foram os veículos automotivos (emissões diretas), energia elétrica, papel e copos plásticos descartáveis (emissões indiretas), totalizando emissões de 3.811,94 tCO<sub>2</sub>eq em 2009. Dado o porte da Petrobras, sua atenção quanto à redução de sua Pegada de Carbono serve de exemplo a outras empresas, instruindo lições de gestão e melhores práticas ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pegada de Carbono, Emissões de Gases Efeito Estufa, Alterações climáticas, Análise do Ciclo de Vida, GEMIS

### THE PETROBRAS'S NATAL/BRAZIL SEAT UNIT CARBON FOOTPRINT

### ABSTRACT

Because of environmental changes contemporary context, the industrial and entrepreneur sectors have been seeking ways to minimize the impacts from their greenhouse gases emissions. However, the majority of Corporate Social Responsibility actions on this thematic refer only to direct emissions of their main productive processes, without considering the upstream and downstream emissions, which originate most part of emissions derived of a company existence. The whole life-cycle emissions consideration, from resources extraction to final product distribution and disposal, establish the Carbon Footprint. This research pretended to quantify, and study ways of diminish, part of Natal-RN's Petrobras unity carbon footprint. It is a survey, in which the data was submitted to appropriate methodology and treated with the software GEMIS 4.6. The items assessed were road vehicles (direct emissions), electric energy, paper and disposable plastic cups (indirect emissions), coming down to emissions of 3.811,94 tCO<sub>2</sub>eq in 2009. Because of Petrobras's

magnitude, its concernment in reducing its Carbon Footprint may serve as example to other companies, instructing lessons of management and better social-environmental practices.

**KEY-WORDS:** Carbon Footprint, Greenhouse Gases, Climatic changes, LCA, GEMIS.

## INTRODUÇÃO

Hodiernamente, diversas alterações na Natureza têm sido sentidas ao longo de todo o globo. A confirmação da realidade das mudanças climáticas veio no mais recente relatório do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC – *Intergovernmental Pannel for Climate Changes*), em que os mais de 2.500 cientistas de mais de 130 países concluíram, após seis anos de estudos e análises, que as alterações climáticas globais estão correlacionadas diretamente às atividades antropogênicas. O IPCC é um órgão criado em 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO – *World Meteorological Organization*), quando da conferência “Cidadãos da Terra”, e tem por objetivo estabelecer um elo entre a pesquisa e os governantes quanto à temática da mudança climática. A missão do IPCC é “produzir, em base compreensiva, objetiva, aberta e transparente a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para o entendimento das bases científicas do risco da mudança do clima antropogênica, seus impactos potenciais e opções para adaptação e mitigação” (IPCC, 2001).

Em seu Quarto Relatório de Avaliação, o IPCC (2007b, p.3) firmou uma significativa contribuição ao descrever os avanços feitos na compreensão dos fatores humanos e naturais que causam a mudança do clima, “[...] por meio da melhoria e da ampliação dos numerosos conjuntos de dados e das análises dos dados, de uma cobertura geográfica mais ampla, de uma melhor compreensão das incertezas e de uma maior variedade de medições”. As previsões são baseadas em um número maior de modelos do clima, de crescente complexidade e realismo, bem como em novas informações acerca da natureza dos processos de realimentação do ciclo do carbono. O relatório afirma que “o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve (desde a década de 60) e do gelo e da elevação do nível global médio do mar” (IPCC, 2007b, p.8)

Dentre as observações que fortalecem a teoria quanto à origem antrópica das alterações climáticas e quanto à confiabilidade das previsões, estão as confirmações de projeções em curto prazo feitas pelo IPCC em 1990, no seu primeiro relatório. Baseando-se em medições feitas ao longo do século XX, o IPCC houvera previsto aumentos da temperatura média de superfície global em cerca de 0,15 a 0,3°C por década para 1990 a 2005. Tais projeções puderam ser comparadas com os valores observados de cerca de 0,2°C por década. Com efeito, as análises sistemáticas do IPCC demonstram que este aumento da temperatura está crescendo e que é causado pelas emissões antrópicas acumuladas dos Gases Efeito Estufa – GEE (principalmente os gases dióxido de carbono – CO<sub>2</sub>; metano – CH<sub>4</sub>; e óxido nitroso – N<sub>2</sub>O). Segundo Andrew Weaver, um dos autores do estudo, “É o mesmo que o IPCC vem dizendo há 20 anos, mas com uma certeza científica muito maior” (GUIMARÃES e FAJARDO, 2007, p.20).

Em seu Quarto Relatório, o IPCC (2007a) conclui que está cada vez mais claro que existem limiares críticos para as mudanças climáticas antropogênicas, além das quais estariam perigosas consequências. Quanto aos danos econômicos resultantes das mudanças climáticas, dos diversos estudos feitos por economistas, o mais impactante é sem dúvida o do economista britânico Sir Nicholas Stern (STERN, 2006), que prevê os custos derivados de uma duplicação da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. O economista firma que os impactos econômicos serão de proporções similares aos das últimas grandes guerras e da crise de 1929, com a diferença de que, nesse caso, será impossível reverter essas tendências. O relatório assevera que os custos e riscos das mudanças climáticas equivalerão a perdas anuais de 5% do

Produto Interno Bruto - PIB global permanentemente; e que, considerando as previsões do IPCC para cenários de maiores impactos e riscos, as estimativas apontam para 20%. Em contraste, os custos das ações de mitigação de podem se limitar a cerca de 1% do PIB global ao ano. Os custos das ações são distribuídos desigualmente ao redor do mundo, mas mesmo se os países ricos cortarem 60% a 80% das emissões até 2050, os países em desenvolvimento precisam tomar medidas significativas também.

O relatório assesta que, apesar de os custos de estabilização serem significativos, os mesmos são gerenciáveis, mas que o atraso em arcar com a responsabilidade é perigoso e seria muito mais caro. A estabilização entre 450 e 550ppm de CO<sub>2</sub>eq<sup>1</sup> (relativos aos atuais 430ppm CO<sub>2</sub>eq, subindo mais de 2ppm ao ano) requer reduções de emissão de pelo menos 25% abaixo dos níveis atuais até 2050 (e talvez muito mais, algo em torno de 80%). Se já não é tão fácil estabilizar as concentrações em 450ppm, urge que sejam iniciadas as tomadas de decisões e suas aplicações na prática. A título de representatividade, o setor de eletricidade deverá se descarbonizar em pelo menos 60% até 2050 (para 500ppm) e profundos cortes serão necessários no setor de transportes (STERN, 2006). O desafio é, portanto, limitar as emissões dos GEE e estabilizar sua concentração na atmosfera em níveis que permitam a prevenção de impactos negativos ao clima terrestre (EPE, 2006). Para isso, será necessário reverter o processo histórico de emissões de GEE.

Estudos constataam que, não obstante à ampla divulgação dos efeitos adversos das mudanças climáticas, as emissões globais de CO<sub>2</sub> aumentaram em 1,94% de 2007 para 2008 (o equivalente a 31,5 bilhões de toneladas métricas), sendo o décimo ano seguido em foram registrados recorde de emissões. Quando contabilizadas desde 1990, as emissões mundiais se expandiram em 40%, e os países tiveram acréscimo de: China, 178%; Indonésia, 149%; Índia, 125%; Brasil, 79%; Espanha, 60%; Canadá, 44%; EUA, 17%; dentre outros. Já a Alemanha e o Reino Unido contabilizaram reduções de 17% e 7% respectivamente (IWR, 2009).

Todavia, cabe aclarar que não há ainda um consenso científico quanto à veracidade do 'aquecimento global'. Hachart (2008; 2009) demonstra que a variação ascendente da temperatura não é equânime em todo o globo e expõe dados da Universidade do Alabama que indicam que a temperatura global em maio de 2009 ficou 0,18°C abaixo da média dos últimos 30 anos, sendo o mês mais frio na Terra desde janeiro de 2000 e o 'mês maio' com menor temperatura desde 1992. O autor chega a afirmar que o aquecimento global inexistiu na década atual. Entretanto, as aferições científicas convergem em concordância que coetaneamente estão registradas as maiores variações de temperatura e concentrações atmosféricas já confirmadas. Por conseguinte, a despeito das incertezas e discordâncias quanto aos resultados que advirão (se aquecimento, esfriamento global ou desconhecimento), há a unanimidade científica quanto às drásticas alterações climáticas. Face às alarmantes previsões estimadas, tal cenário não sugere hesitação, mas sim demanda uma atitude relacionada às causas dessas variações percebidas.

Apesar de ainda aquém do desejável, as medidas a favor do meio ambiente vêm crescendo em número e abrangência. Examinando o desenvolvimento de 7 países dos G-20 (China, França, Alemanha, EUA, México, Coreia do Sul e África do Sul), é revelado algum progresso quanto ao estímulo à 'economia verde', inclusive com custeamento e reforma de políticas internas.

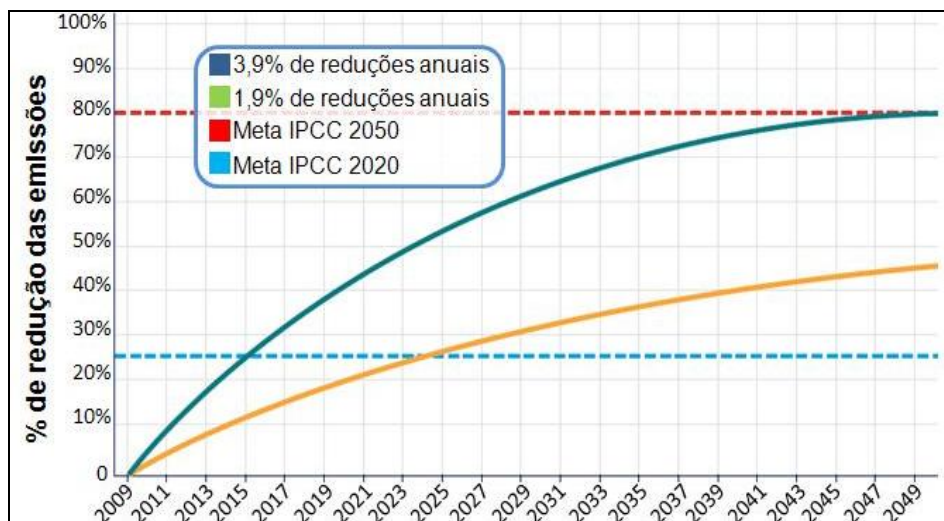
---

<sup>1</sup> 'Dióxido de Carbono equivalente' – unidade que congrega as emissões dos diversos GEE parametrizadas ao Potencial de Aquecimento Global – GWP do CO<sub>2</sub>. A unidade CO<sub>2</sub>eq teve origem por definição do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, em função da necessidade de expressar em uma só unidade as emissões dos GEE.

Todos os 7 destinaram 10-20% de seus pacotes econômicos a componentes verdes, com destaque para a China e Coréia do Sul, destinando 34% e 78%, respectivamente (UNEP, 2009, p.2).

Como tendência contemporânea, se está constatando que o tema das alterações climáticas, paulatinamente sendo integralizado como preocupação da realidade política e econômica internacional, vem também adquirindo abrangência e repercussão nos setores industriais e empresariais de atuações regionais e locais. As empresas, em seu enquadramento no novo conceito de combate à mudança do clima, têm tomado algumas medidas na tentativa de minimizar os impactos das suas próprias emissões de GEE. Apesar da existência de um movimento em direção à sustentabilidade quanto às emissões de GEE, mesmo com o crescente entendimento acerca dos efeitos adversos oriundos das emissões antropogênicas (excessivas) dos GEE, as emissões originárias dos processos produtivos ainda são muito superiores aos níveis adequados.

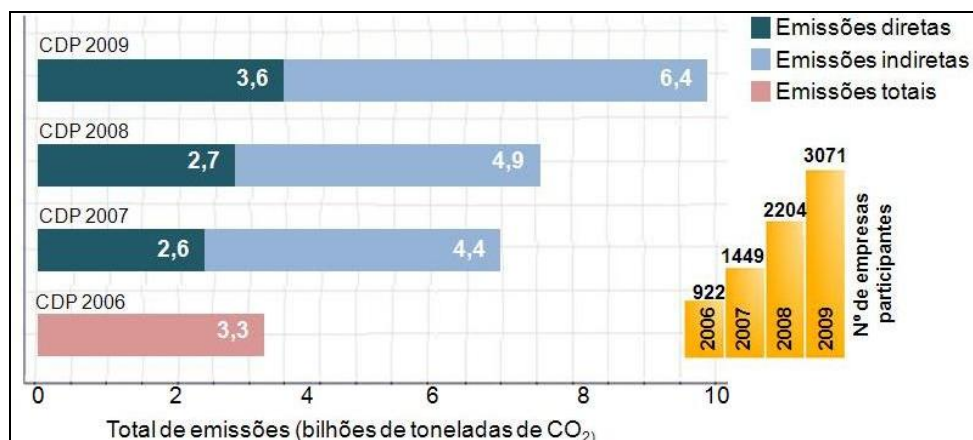
O IPCC (2007a) assesta que as economias desenvolvidas precisam reduzir as emissões de GEE em 80-95% até o ano de 2050 a fim de se evitar uma mudança climática drástica e irreversível. Apesar deste parecer, o relatório *'The Carbon Chasm'*, que analisa as 100 maiores empresas mundiais (*Global 100*, segundo o *FTSE Global Equity Index Series*), evidencia que segundo o ritmo de redução adotado atualmente, os 80% só seriam atingidos em 2089 (30 anos mais tarde). Das 100 maiores empresas mundiais, apenas 73% afirmam possuírem metas de redução. Digo apenas, pois o relatório refere-se às empresas mais expressivas globalmente, em termos econômicos e de mercado. As taxas de reduções anuais propostas por essas 73 empresas equivalem a uma média de 1,9%, enquanto são necessários 3,9% anuais para cumprimento da meta estabelecida pelo IPCC. Tal discrepância entre as taxas determinadas (pelo IPCC e pelas empresas) resultou que os GEE emitidos até 2009 já extrapolaram o limite de emissões pactuado pelo IPCC para o ano de 2020 (Figura 1) (CDP, 2009b, p.3).



**Figura 1 - Metas para redução de emissões de GEE. Fonte: CDP (2009b, p.12)**

Além do mais, a grande maioria das ações de Responsabilidade Sócio-Ambiental Empresarial (RSE) quanto a essa temática referem-se apenas às emissões diretas dos principais processos produtivos empresariais. As emissões diretas são aquelas derivadas de um processo isolado, sem considerar as emissões dos processos *upstream* e *downstream* (indiretas), as quais respondem pela a maior parte das emissões derivadas da existência de uma determinada empresa. O *Carbon Disclosure Project* (CDP), em seu relatório *'Global 500 Report'* (CDP, 2009a), realizou um estudo com as 3.700 empresas mundiais mais relevantes no cenário

mundial, demonstrando que as emissões de GEE empresariais indiretas são expressivamente maiores que as diretas. Além disso, a análise histórico-quantitativa das empresas contempladas demonstra a correlação direta e progressivamente proporcional entre o número de organizações consideradas e o aumento do montante de GEE emitidos (Figura 2).



**Figura 2 - Emissões empresariais de GEE diretas e indiretas. Adaptado de: CDP (2009a, p.21).**

Haja vista que o efeito estufa sobrevém de forma global, e que as emissões de GEE contribuem para as mudanças climáticas independentemente de sua origem, acreditamos que na busca pela neutralização das emissões de GEE, deve-se levar em consideração todo o ciclo de vida produtivo de produtos e processos, desde a energia investida na extração da matéria-prima e insumos necessários até a energia investida na distribuição do produto final. Do contrário, poder-se-ia supor que um carro movido à eletricidade não contribui para as alterações climáticas, visto que suas emissões diretas são nulas, mas existe uma significativa geração de emissões na extração, transporte e beneficiamento dos minérios e componentes do veículo, bem como do processo de montagem e fabricação. Portanto, as emissões de GEE a serem neutralizadas<sup>2</sup> devem ser as emissões totais. Como bem coloca Fritsche (2008, p.9), “minimizar os impactos finais não fazem parar os impactos gerados até ali”. Para se fazer isso, deve-se primeiramente promover a quantificação de tais emissões, esquadriando todos os passos relevantes ao longo do ciclo de vida de um produto/processo produtivo, rastreando todas as atividades que emitam direta ou indiretamente GEE (FRITSCH, 2006, p.2). O somatório dessas emissões consiste na Pegada de Carbono da empresa.

O termo ‘Pegada de Carbono’ significa, portanto, a quantificação das emissões totais (diretas e indiretas) dos GEE derivadas de um processo produtivo, serviços prestados e/ou aquelas embutidas no ciclo de vida de produtos finais consumidos pela empresa. Exemplificadamente, a Pegada de Carbono de um escritório administrativo resultaria na quantificação das emissões embutidas nos processos produtivos e ciclos de vida dos insumos energéticos e bens de consumo utilizados (energia elétrica, papéis, cartuchos de impressora, canetas, etc). O conceito ‘Pegada de Carbono’ é ainda embrionário globalmente e, nacionalmente, praticamente inaudito. Pela singularidade do conceito e pouca familiaridade com o mesmo, a sugestão para utilização da Pegada de prontamente suscita alguns questionamentos e discussões de méritos.

O primeiro questionamento pode ser feito a respeito da existência e viabilidade de uma metodologia capaz de quantificar a Pegada de Carbono. Porém, tal metodologia já existe, o

<sup>2</sup> Por neutralização deve-se entender a redução das emissões de GEE a um nível que não afetem o equilíbrio de gases atmosféricos (nível natural) e, assim, não ocasionem alterações climáticas. Logo, o vocábulo neutralização não é sinônimo de anulação (BRANDÃO, 2008, p.11).

*software* GEMIS. GEMIS é o acrônimo para *Global Emission Model for Integrated Systems* (Modelo de Emissões Globais para Sistemas Integrados). O software foi desenvolvido pelo Öko-Institut<sup>3</sup> (*Institute for Applied Ecology*), um instituto que conduz análises científicas em ciclo de vida e fluxo de materiais em diversas áreas e oferece, com o GEMIS, um banco de dados público e um modelo com os resultados congregados de diversas instituições de renome. O *software* é desenvolvido para realizar cálculos completos do ciclo de vida de processos e produtos para uma variedade de emissões (GEE, Gases de efeito local, cinzas, efluentes líquidos, metais, dentre outros), podendo determinar os insumos utilizados, analisar os custos financeiros e socioambientais envolvidos (*i.e.* por agregar as emissões em CO<sub>2</sub>eq, custos, uso de terra, empregos diretos e indiretos gerados e outros) e também integrar diferentes processos, computando as compensações entre os mesmos (FRITSCHKE, 2008).

Outro questionamento diz respeito à responsabilização quanto às emissões aferidas. Preliminarmente, cabe aclarar que não defendemos que a empresa unicamente deva se responsabilizar pela neutralização de sua Pegada de Carbono. Fundamentalmente, a conceituação baseia-se no princípio de que o setor empresarial é o motor dos processos produtivos, sendo assim o grande responsável pela existência das emissões antropogênicas e, por isso, deve fomentar as ações de neutralização dessas emissões. Esperar que cada atividade promova a quantificação e neutralização de suas emissões diretas é inviável, pois o entendimento acerca de RSE é pouco difundido em atividades de base e informais, devendo as companhias que advogam serem responsáveis arcar como incentivo de ações e políticas relativas. Não que as empresas devam ser responsabilizadas pelas emissões totais de uma cadeia produtiva, mas que se disponham a quantificar a Pegada de Carbono dessa cadeia e fomentar as atitudes necessárias (*e.g.* imposição de critérios na escolha de fornecedores, aplicação de ferramentas de gestão de minoração de emissões).

Logo, a busca pela minoração destes danos exigiria, então, uma ação mais abrangente, sistêmica. Diante disso há naturalmente uma discussão quanto ao mérito de aplicabilidade da Pegada de Carbono. Onde seriam os limites de responsabilidade de uma atividade pelas emissões geradas ao longo de toda a cadeia produtiva na qual esta atividade estivesse inserida? Por outro lado, até onde a responsabilidade pode ser fragmentada, visto que o todo da questão é maior do que a soma das partes? Correntemente, a medição e neutralização da Pegada de Carbono não é alvo de obrigatoriedade, e sua adoção há de vir pela consciência e concórdia com os princípios da sustentabilidade e real responsabilidade ambiental, comportando-se o indivíduo/empresa/governo como parte, perante o todo global.

Independentemente da elucidação quanto aos limites de responsabilidade, o primeiro passo para promoção da neutralização das emissões de GEE de um processo produtivo é a realização do inventário das suas emissões, justamente a sua 'Pegada de Carbono'. Após se conhecer a própria Pegada de Carbono, com certeza serão suscitadas necessidades para minoração desta. Em vista do arrazoadado, em termos produtivos e competitivos, a preocupação empresarial com sua Pegada de Carbono já se constitui como um passo à frente das demais, em respeito a seu comportamento sócio-ambiental e a sua própria imagem. Haja vista ser o tema recente, praticamente inaudito, tal aceitação demanda um criterioso ímpeto e somente pode provir de uma empresa comprometida com a sustentabilidade, pro-atividade e superação de desafios.

A Petrobras é uma empresa que já promove a mensuração de suas emissões diretas, incluindo aquelas referentes às atividades de exploração, refino e transporte dos produtos brutos (petróleo e derivados, biocombustíveis e gás natural) em todas as fases do ciclo

<sup>3</sup> <http://www.oeko.de/home/dok/546.php>, acessado em 14 nov 2010.

operacional: instalação, operação e descomissionamento; e ao consumo de energia elétrica e vapor de instalações industriais e administrativas (adquiridas de terceiros ou geradas na própria instalação). A empresa também já mitiga parte de sua Pegada de Carbono, visto que busca a redução de suas emissões diretas e realiza programas e ações de redução de uso de insumos e melhoria de sua eco-eficiência, como detalha Andrade (2010).

Além disso, em diversas publicações a empresa preceitua máximas que condizem perfeitamente com a adoção da Pegada de Carbono. Exemplificadamente, na publicação 'Diretrizes de Sustentabilidade: para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia' (PETROBRAS, 2006), a companhia exprime, como macrodiretriz, que "o conceito de sustentabilidade deve ser considerado em todas as etapas do ciclo de vida dos empreendimentos". Especificamente em relação à superação do desafio das alterações climáticas mundiais, a companhia firma como diretriz: "mitigar ao máximo o impacto dos poluentes atmosféricos reduzindo a contribuição para as alterações climáticas e os impactos locais ao meio ambiente". Há de se convir que o 'máximo' a ser mitigado condiciona a quantificação e abordagem do máximo, todas se possível, de emissões motivadas pela existência da empresa. Disto denota-se a necessidade da mensuração da Pegada de Carbono das atividades da empresa. Contudo, isso envolve a discussão de méritos e limites acerca da Pegada de Carbono – até onde é devida a Responsabilidade Empresarial pelas emissões indiretas.

A finalidade desse estudo é defender a relevância da Pegada de Carbono e adoção da mesma para ser usada como Indicador de Sustentabilidade na avaliação/mensuração da RSE. Escolhemos o setor administrativo para mensuração justamente por não ser-lhe conferida nenhuma emissão em decorrência de seu funcionamento. Assim, o presente estudo compreende a quantificação e estudo de formas de minoração de parte da Pegada de Carbono da Unidade Sede da empresa Petrobras S.A. em Natal. As emissões diretas dizem respeito aos veículos automotivos e as emissões indiretas são referentes aos itens: energia elétrica, papel e copos plásticos descartáveis, para os quais a empresa já possui políticas, em projeto ou em andamento, de minimização das emissões geradas. Ainda, em se analisando o presente estudo, podemos concluir que o mesmo está em sintonia com a política ambiental da Petrobras e poderá contribuir para ampliar a sua carteira de processos produtivos com redução de emissões. Em função do porte e importância da Petrobras, uma empresa líder no seu setor e reconhecida pela seriedade quanto à gestão sustentável pró-ativa, seu concernimento quanto à redução de sua Pegada de Carbono pode servir de exemplo para outras empresas no Brasil, instruindo lições em termos de gestão e melhores práticas sócio-ambientais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A sede administrativa da Petrobras em Natal é situada na Av. Euzébio Rocha, 12, Cidade da Esperança, CEP 59064.100. A sede conta com o efetivo atual de 948 empregados próprios e 480 contratados. Possui uma área total de 932.678,40m<sup>2</sup>, sendo estruturada em diversos prédios horizontais e possuindo também uma grande área não construída – 144.767,69m<sup>2</sup>. Em relação ao *modus operandi* da unidade, este pode ser retratado como fundamentalmente padrão para escritórios, embora a unidade conte com laboratórios de análises geológicas e químicas, que não foram abordadas neste estudo. A mensuração da Pegada de Carbono da Unidade Sede da Petrobras em Natal estudo foi desenvolvida em três etapas (Tabela 1).

**Tabela 1 - Etapas para mensuração da Pegada de Carbono.**

Atividade	Descrição
Definição do limite da pesquisa	Escolha da empresa; Conhecimento do <i>modus operandi</i> da empresa; Definição dos itens a serem medidos; Obtenção de informações.
Quantificação da Pegada de Carbono	Escolha da metodologia; Utilização do <i>software</i> GEMIS 4.6; Validação do <i>software</i> ;
Análise crítica dos dados	Exposição dos resultados e exame crítico fundamentado em referências bibliográficas.

Quanto aos itens utilizados para medição da Pegada de Carbono, a seleção apresentada (quatro itens) deveu-se ao crivo da própria empresa. A intenção inicial era a aferição da Pegada de Carbono total da Unidade, contudo, por motivos não explicitados, a empresa consentiu em fornecer os dados referentes apenas a fontes de emissões diretas (veículos) e os itens energia elétrica consumida (Kw/h), papel (folhas A4) e copos plásticos descartáveis (poliestireno), que são contemplados na empresa por políticas ambientais de redução ou gestão de consumo. Logo, a possibilidade real foi para aferição de apenas parte da Pegada de Carbono planejada. Cabe explicar, porém, que tal decisão é bem justificável pelo fato da necessária precaução que uma empresa do porte da Petrobras deve ter. A companhia deve ser prezada por sua história, valor e resultados demonstrados, tal que, frente a uma nova proposta como a Pegada de Carbono, é natural que haja o devido cuidado com o amadurecimento da questão e aprovação corporativa da mesma antes da sua adoção, dentro de um equilíbrio e coerência com seus princípios éticos e critérios estabelecidos para recepção e adoção de políticas/ações inovadoras. Ainda, o fato de permitir o estudo, ainda que numa escala bem inferior àquela inicialmente concebida, sem dúvida é um fato a ser levado em boa consideração.

A obtenção de informações deu-se através do fornecimento pela própria unidade empresarial, a qual possui um rigoroso sistema de controle e registro de informações em um banco de dados próprio da empresa. Os dados foram aferidos para os exercícios de 2008 e 2009, por serem anos recentes e permitirem a comparação entre si – para o caso de políticas de gestão já implantadas. Para a quantificação das emissões de GEE, foram seguidos os passos metodológicos expostos pelo *GHG Protocol* (WRI e WBSCD, 2003), a ferramenta internacional mais utilizada para cômputo e gerenciamento de emissões de GEE (Quadro 1).

- ✓ Identificar as fontes de emissão de GEE;
- ✓ Selecionar uma metodologia de cálculo para as emissões de GEE;
- ✓ Recolher dados das atividades e selecionar os fatores de emissão;
- ✓ Aplicar as ferramentas de cálculo;
- ✓ Registrar os dados de emissão de GEE.

**Quadro 1 - Passos metodológicos para inventariar emissões de GEE. Fonte: WRI e WBSCD (2003, p. 40).**

Alguns dos passos já estão supra-explicitados, como a identificação das fontes de emissão de GEE e a forma de recolhimento dos dados das atividades. A partir de então, consoante o objetivo deste estudo, foi escolhida como ferramenta para cálculo das emissões o *software* GEMIS 4.6, por permitir o cálculo da Pegada de Carbono de atividades. A validação do *software* será realizada pela comparação dos resultados aferidos pela utilização do mesmo com outras metodologias renomadas – apenas para as emissões diretas. Havendo uma compatibilidade de resultados para as emissões diretas, isso permitirá medir a confiabilidade da estimativa das emissões indiretas. Também são apresentadas as estimativas conforme

outras metodologias (e.g. IPCC) e uso de fatores de emissão encontrados na literatura e publicações, sendo estes referentes às emissões diretas daqueles itens. O propósito é permitir a comparação com os valores encontrados pelo uso do *software* GEMIS e mostrar a discrepância dos valores mensurados a depender do foco de análise – processo produtivo próprio (emissões diretas) ou Análise do Ciclo de Vida (emissões totais).

Especificamente quanto às emissões de GEE, o GEMIS reúne fatores de emissão fornecidos por instituições de renome, muitas das quais seguem a metodologia IPCC, sendo reconhecido por alguns como *software* padrão internacional para esta finalidade. A larga utilização do GEMIS pode ser referendada pelo grande número de publicações científicas que são citadas quando da busca do termo '*software* GEMIS' nas redes na internet. Como exemplo, temos a publicação *Bioenergy: New Growth for Germany* (Bioenergia: um novo crescimento para a Alemanha), do Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*). No entanto, o software apresenta também limitações. Apesar de permitir a alteração das variáveis dos produtos/processos produtivos utilizados (e.g. combustíveis, forma de transportes, eficiência, distâncias e outros mais), nem todas as metodologias contemplam a realidade nacional. Mesmo congregando diversos dados de processo produtivos em países em desenvolvimento, por vezes tais dados referem-se a países bem diferentes do Brasil, como a Índia, por exemplo. O funcionamento, aceitação e abrangência de uso do *software* GEMIS 4.6 estão pormenorizados em Andrade (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### EMISSIONES VEICULARES

As emissões de GEE veiculares foram consideradas segundo três metodologias: utilizando-se o *software* GEMIS, a metodologia do IPCC (2006) e fatores de emissão estabelecidos pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), para automóveis do estado de São Paulo (MCT, 2010). As metodologias serão pormenorizadas e os resultados expostos conjuntamente, a fim de permitir um cotejamento mais facilitado. Foram feitos alguns ajustes relativos à inclusão dos percentuais de etanol (25%) e biodiesel (5%) integrantes dos combustíveis gasolina e diesel utilizados no Brasil. A quantificação das emissões foram referentes aos veículos particulares da empresa, não sendo incluídos aqueles de prestadores de serviços e pertencentes aos empregados.

Para os três métodos, os dados mínimos a serem recolhidos são a caracterização da frota automotiva (fontes emissoras) e o consumo de combustível associado. A unidade sede da Petrobras em Natal possui uma frota automotiva própria de dez veículos, sendo 60 % desses movidos a gasolina e 40 % a diesel, os quais perfazem, aproximadamente, a quilometragem anual de 75.414 km (dados de 2009). Segundo informações da empresa, a estimativa de quilometragem percorrida pelos veículos contratados pela unidade sede para prestação de serviço seria em torno de 10 vezes a distância percorrida pelos veículos próprios. Entretanto, não existe o registro real desses dados e tal estimativa é muito subjetiva para que possamos adotá-la para medição das emissões de GEE, além do que ainda teriam de ser estimadas as caracterizações dos veículos.

Embora a unidade sede da Petrobras em Manaus possua um acompanhamento minucioso da quilometragem percorrida e consumo de combustível por veículo, tal procedimento não é padronizado nacionalmente na empresa. A unidade sede de Natal apenas contabiliza a quilometragem percorrida total, o que poderia ser apontado como uma limitação para a acurácia dos dados apresentados. Logo, o valor da quilometragem total foi dividido

equanimente entre os veículos, sendo 45.248,33km (60%), para veículos a gasolina, e 30.165,55km (40%), para veículos a diesel.

Havendo a disponibilidade de quilometragem percorrida e rendimento do motor por veículo, as emissões poderiam ser contabilizadas para cada veículo e somadas ao final. Além disso, esses dados permitiriam o uso da metodologia do IPCC nível 2. Todavia, a metodologia utilizada (nível 1) e os resultados expressos, se carentes de elevada precisão, são ainda considerados como representativos pelo IPCC. Além disso, a própria demonstração da metodologia de aferição das emissões e discussão acerca da pertinência dos resultados, estritamente, já são válidas por suscitar o ímpeto em se querer estimar e reduzir as emissões de GEE em futuros estudos e programas de gestão ambiental, os quais podem solver as limitações e apreender maior nível de precisão em seus termos.

A aferição dos resultados das estimativas das emissões segundo as três metodologias (Tabela 2) instiga o cotejamento dos valores e tecedura de interpretações. Percebe-se que, levando-se em conta a inclusão dos biocombustíveis, as menores emissões estimadas derivam do programa GEMIS. Já na hipótese de não haver a mistura de biocombustíveis, a estimativa das emissões resulta em que as maiores emissões derivam do programa GEMIS. Contudo, antes de se delinear qualquer interpretação, é imprescindível conhecer algumas considerações a respeito de fatores e variáveis adotados pelas metodologias.

No caso do *software* GEMIS 4.6, as emissões são para dados de veículos na Alemanha com tecnologia estimada para o ano de 2010, por não haver a disponibilidade de estimativa para a realidade nacional e a Alemanha ser o único país para o qual existe a metodologia para 2010, mais próxima dos veículos utilizados nesse estudo. Estas emissões são contabilizadas desde o processamento do óleo cru nas refinarias (alemãs). Contudo, não estão inclusos o processo de extração do óleo, transporte deste às refinarias e o transporte dos combustíveis finais aos postos de abastecimento, o que resultaria em uma quantidade significativa de emissões. Vê-se que as emissões de CO<sub>2</sub> são um pouco superiores às emissões diretas dos combustíveis prontos para uso (IPCC e MCT). Isto por dois motivos: a eficácia da tecnologia moderna de refino, que evita emissões fugitivas significativamente; e transporte dos produtos intermediários e finais por oleodutos (no caso da Alemanha), o que torna praticamente nulas as emissões por transporte. O *software* permite a inclusão das emissões referentes aos transportes, mas com a inclusão das distâncias percorridas e caracterização do modal utilizado<sup>4</sup> (outros fatores ainda podem ser inclusos, como o uso de terra – área, na contabilização de emissões indiretas).

---

<sup>4</sup> Para o presente estudo, a coleta de tais dados foi considerada inviável.

**Tabela 2 - Estimativas de emissões de GEE dos veículos da Unidade Sede da Petrobras em Natal, segundo uso do *software* GEMIS 4.6, da metodologia IPCC e dos fatores de emissão do MCT.**

GEE	Energéticos	Emissões (kg)		
		GEMIS 4.6	IPCC	MCT
CO <sub>2</sub>	Gasolina	8.019,81	7.575,46	10.357,34
	Etanol	8,84	1.995,67	-
	Diesel	7.889,20	7.559,89	7.893,71
	Biodiesel	-	305,08	-
	<b>Total</b>	<b>15.917,85</b>	<b>17.436,10</b>	<b>18.251,05</b>
CH <sub>4</sub>	Gasolina	0,22	3,61	
	Etanol	0,08	0,51	
	Diesel	0,05	0,42	
	Biodiesel	-	-	
	<b>Total</b>	<b>0,35</b>	<b>4,53</b>	
N <sub>2</sub> O	Gasolina	0,08	0,47	
	Etanol	0,03	-	
	Diesel	0,27	0,42	
	Biodiesel	-	-	
	<b>Total</b>	<b>0,38</b>	<b>0,89</b>	
CO <sub>2</sub> eq	Gasolina	8.050,00	9.803,82	
	Diesel	7.970,66	7.998,53	
	<b>TOTAL</b>	<b>16.039,74</b>	<b>17.802,35</b>	
	Gasolina pura	10.733,34	10.350,35	
	Diesel puro	7.970,66	8.088,98	
	<b>TOTAL</b>	<b>18.704,00</b>	<b>18.439,34</b>	

É interessante observar que no caso do combustível etanol, vê-se que as emissões aferidas com o GEMIS são bem inferiores às aferidas pelo IPCC. Isto é devido justamente à contabilização do sequestro de carbono realizado pelas culturas fonte dos biocombustíveis. Os fatores de emissão do IPCC são altos pelo fato de o IPCC contabilizar somente as emissões diretas. Nesse caso, o MCT assume que a compensação é total, estipulando fator de emissão nulo para o etanol. Já o GEMIS admite que a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida é superior àquela sequestrada. Infelizmente, o GEMIS ainda não disponibiliza metodologia de aferição de emissões para o biodiesel.

Quanto à metodologia IPCC, a fundamentação procedimental é a mesma desde 1996 (IPCC, 1996), sendo que os fatores de emissão agora assumem completa oxidação do combustível (a fim de haver consistência com a metodologia para aferição das emissões estacionárias), o que traz a desvantagem de os fatores de emissão estarem estipulados para uma tecnologia veicular já defasada (mesmo que possa não ser tão considerável), ocasionando sobre-estimativa dos valores de emissões. Essa questão da defasagem tecnológica merece uma avaliação mais precisa, pois ao mesmo tempo em que os veículos têm ao longo do tempo melhorado sua tecnologia, especialmente na emissão de poluentes, os ganhos de eficiência energética são frequentemente compensados por aumentos em seu tamanho e peso, no chamado efeito-rebote (*rebound effect*). Como exemplo, um veículo *Volkswagen Gol* pesava cerca de 700kg em 1986 e pesa mais de 1000kg em 2006. (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.252).

Um aspecto bem positivo da metodologia IPCC é que os fatores de emissão para os biocombustíveis etanol e biodiesel foram aferidos por estudos nacionais, provenientes da

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e do pesquisador Vanderlei Borsari (CETESB, 2004<sup>5</sup>; 2005<sup>6</sup> e BORSARI<sup>7</sup>, 2005 *apud* IPCC, 2006). A utilização dos fatores de emissão do MCT possui a vantagem de serem estimados para a realidade nacional (estado de São Paulo). Contudo, as emissões também são sobre-estimadas devido os fatores serem aferidos segundo caracterização média dos veículos da RMSP, a qual difere da caracterização dos veículos da unidade sede da Petrobras em Natal.

Por fim, depreende-se que, apesar de nenhuma das metodologias poder representar fielmente as emissões derivadas dos veículos da unidade – por diferenças de metodologias e padronizações –, os valores estimados para as emissões de GEE veiculares são próximas numericamente. Por sua vez, as emissões avaliadas segundo o *software* GEMIS são pouco divergentes pelo fato de as etapas da cadeia produtiva contabilizadas não gerarem emissões significativas, para as tecnologias e realidade consideradas. Além da mensuração das emissões importa também examinar as medidas e alternativas possíveis para mitigação destas.

## ENERGIA ELÉTRICA

Para a realidade brasileira, o fato de a maior parte da energia elétrica ser proveniente de hidrelétricas já contribui para que as emissões oriundas desse setor sejam diminuídas quando comparadas a de países desenvolvidos (principalmente europeus). Segundo o mais recente Balanço Energético Nacional (EPE, 2009, p.20), o Brasil possui 85,4% da geração de energia elétrica originários de fontes renováveis, sendo 80,0% advindos de usinas hidrelétricas. Para o Nordeste, estritamente, este percentual situa-se muito próximo a 100% em termos de energia comercial, facilitando a quantificação das emissões pela utilização de um único fator de emissão (i.e. hidrelétricas). As usinas hidrelétricas durante a geração não produzem poluentes associados aos combustíveis fósseis, exceto o CH<sub>4</sub> – gerado pela decomposição da matéria orgânica remanescente sob a área inundada dos reservatórios. Todavia, em se computando todo seu ciclo de vida, há emissões de GEE nas fases de construção e descomissionamento (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.181).

Venturosamente, já existem índices nacionais para os fatores de emissões de hidrelétricas, estimados pelo MCT (2002; 2008), com base na metodologia da UNFCCC (ACM0002) apropriada para sistemas hidrelétricos. Estes, porém, contabilizam apenas as emissões diretas procedentes da geração de energia, para a qual as emissões são mínimas, como supracitado. Para este item, o *software* GEMIS 4.6 possui metodologia específica para as hidrelétricas brasileiras, integrando as emissões diretas e indiretas de todo o ciclo de vida das usinas hidrelétricas (desde o desmatamento da área a ser construída a usina a sua construção e desmobilização, diluídas as emissões pela vida útil projetada da mesma), e, logo, as emissões aferidas por meio do GEMIS são bem maiores que as demais (Tabela 3).

<sup>5</sup> CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade do Ar 2003. São Paulo, 2004.

<sup>6</sup> CETESB. Comunicação Pessoal com Oswaldo Lucon. Divisão de fontes móveis. Informações baseadas em medições conduzidas por Renato Linke, Vanderlei Borsari and Marcelo Bales. Parcialmente publicado. São Paulo, 2005.

<sup>7</sup> Borsari, V.. As emissões veiculares e os gases efeito estufa. SAE - Brazilian Society of Automotive Engineers. 2005.

**Tabela 3 - Emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica, segundo software GEMIS4.6 e fatores de emissão do MCT e UNFCCC.**

	GEMIS 4.6 (IPCC, 2001)				MCT	UNFCCC
	CO <sub>2</sub> (t)	CH <sub>4</sub> (t)	N <sub>2</sub> O (kg)	CO <sub>2</sub> eq (t)	CO <sub>2</sub> eq (t)	
<b>2008</b>	1.972,57	81,59	2,24	3.849,90	176,83	712,13
<b>2009</b>	1.933,12	79,96	2,19	3.772,90	173,29	697,89

A disparidade observadas entre os índices do MCT e da metodologia UNFCCC deve-se ao lapso de tempo (6 anos) em que os fatores foram estimados, comprovando que a atualidade dos índices de emissão dos GEE é uma outra variável importante na estimativa do inventário de emissões dos GEE. Ao analisarmos os valores expressos, percebemos que de 2008 para 2009 houve uma ligeira redução das emissões, refletindo uma leve redução no consumo de energia, causado por sua vez por pequenas ações da unidade neste sentido.

### **PAPEL OFFSET**

Quanto ao papel consumido na unidade, comparamos as emissões dos exercícios de 2008 e 2009, quando houve a implementação de uma política que instituiu a substituição do papel branco por papel reciclado e a utilização de ambos os lados da folha de papel em todas as aplicações possíveis. Tais medidas somente não são aplicáveis a algumas exceções como relatórios, em que não é permitido o uso do verso, e impressão de gráficos coloridos, em que as cores não possuem nitidez suficiente quando impressas em papel reciclado. Na unidade sede da Petrobras em Natal, houve uma diminuição no uso de papéis de 7.346 folhas *per capita* em 2008 para 5.142 folhas *per capita* em 2009, equivalendo a uma redução de 30% do uso de papel, sendo que, em 2009, do total de papel consumido, apenas 40,25% foram papéis brancos.

Para a mensuração das emissões de GEE relacionadas ao papel de ofício utilizado em escritório, o GEMIS possui uma metodologia que abrange a cadeia produtiva desde a retirada da biomassa vegetal, passando pelos transportes às madeireiras e indústrias ao produto final, não incluindo somente o transporte do produto final às lojas de atacado e varejo. Contudo, tal metodologia é específica para a realidade europeia e o ano de 2000. Caso se deseje fazer um estudo mais apurado, o GEMIS permite que os dados de cada etapa sejam alterados (e.g. distâncias, meios de transporte, volumes de insumos e energia). Quanto ao papel reciclado, o software GEMIS disponibiliza dados apenas para processos europeus, os quais são neutros em emissões de GEE, tanto por aplicação de tecnologias avançadas como por atividades de compensação, conforme os comentários existentes no programa. Desse modo, utilizou-se a estimativa indicada por Antunes (2001) de 75% de redução das emissões de GEE para o papel reciclado em relação ao papel branco.

Felizmente, para este item existe o estudo de Galdiano (2006), o qual mensurou todos os *inputs* e *outputs* relacionados à cadeia produtiva do papel *offset* na perspectiva ‘do berço ao portão da fábrica’, similarmente à fronteira de estudo designada pela metodologia adotada no software GEMIS. Dessa forma, o autor quantificou os fatores de emissão dos GEE relativos à Pegada de Carbono do papel *offset* na realidade brasileira, contabilizando inclusive emissões relativas a transporte marítimo de substâncias químicas utilizadas no processo, estando excluído apenas o transporte do produto final, da fábrica ao atacado e varejo. Foi também encontrado o fator de emissão para o CO<sub>2</sub>, estimado pelo MCT (2010) para o estado de São Paulo. Tal fator, porém, diz respeito somente às emissões diretas do processo de fabricação do papel, mas será exposto a título de comparação.

Por fim, através da multiplicação dos fatores de emissão expostos pelos dados do papel consumido nos períodos, chega-se às emissões de GEE por tonelada de papel consumida (Tabela 4). Vê-se que os valores estimados pelo programa GEMIS e pelo estudo de Galdiano (2006) são numericamente superiores ao estimado pelo MCT, justamente pela contabilização das emissões de quase toda a cadeia produtiva. Para a realidade brasileira, estes valores são ainda maiores.

**Tabela 4 - Emissões de GEE (kg) relativas ao consumo de papel na unidade para 2008 e 2009, segundo fatores de emissão estimados por Galdiano (2006), pelo software GEMIS 4.6 e MCT (2010).**

	GALDIANO (2006)				GEMIS 4.6	MCT (2010)
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq (kg)	CO <sub>2</sub> eq (kg)	
<b>2008</b>	31.444,71	49,76	0,82	32.831,25	39.898,55	15.116,52
<b>2009</b>	13.920,64	22,03	0,36	14.534,46	15.412,89	6.692,11

A análise dos dados permite visualizar que as emissões de GEE quando contabilizadas ao longo do ciclo de vida do papel equivalem a mais que o dobro das emissões diretas relativas à transformação da matéria-prima beneficiada em produto final. Portanto, as reais emissões decorrentes causadas pela existência do consumo do papel referido, e logo a influência que esta atividade causa nas mudanças climáticas, são bem superiores às emissões contabilizadas na maioria dos inventários empresariais, os quais delimitam a fronteira de mensuração apenas às emissões diretas.

Pode-se perceber também a significância das medidas adotadas pela unidade sede da Petrobras em Natal – impressão na frente e verso dos papéis e adoção do papel reciclado. Se considerados os índices de Galdiano, tais medidas resultaram em um excelente resultado, de redução de 56% das emissões de GEE – referentes a este item, em apenas um ano. Além do ganho ambiental, na questão das alterações climáticas e outros aspectos (geração de resíduos, consumo de água e energia, dentre outras), houve um ganho econômico para a unidade, pela redução da quantidade de papel adquirida, caracterizando-se como um bom exemplo de prática que atende ambas as dimensões.

Na aferição dos cálculos das emissões de GEE respectivas, uma opção para se totalizar a Pegada de Carbono do papel de escritório na unidade sede da Petrobras em Natal é promover a mensuração das emissões resultantes do transporte final do papel, da fábrica à unidade. Através dos dados da localização da indústria fabricante do papel (contidos na embalagem do papel utilizado na empresa), aferimos que a distância desta à unidade corresponde a 2.246km. Apesar de não se conhecer precisamente os dados do transporte utilizado, o uso de algumas considerações nos permitem formar uma idéia aproximada das emissões referentes a esta etapa do ciclo de vida do papel *offset* na realidade nacional.

O GEMIS 4.6 disponibiliza metodologias próprias para fretamentos por caminhões com base na realidade de países em desenvolvimento. Existem metodologias para diferentes veículos segundo a massa de carga transportada (i.e. 9t, 18t, 40t, etc), combustível e tecnologia de controle de emissões. Apesar de as metodologias terem sido desenvolvidas para o ano de 1995, os fatores de emissão de GEE podem ser alterados para valores mais atuais. Consideramos o transporte por caminhão a diesel, com capacidade para transporte de 18t e sem tecnologia de controle de emissões. Adotando-se os fatores de emissão de GEE do IPCC e corrigindo-se para a devida proporção da carga transportada (toneladas de papel utilizadas pela unidade em cada exercício), os valores da Pegada de Carbono para o item papel (*offset*)

nos anos de 2008 e 2009 podem ser aferidos (Tabela 5). Nota-se que as emissões dessa etapa, por serem derivadas de transportes, são deveras significativas, resultando em um incremento de 12% no valor das emissões anteriormente estimado.

**Tabela 5 - Pegada de Carbono da unidade sede da Petrobras em Natal referente ao papel consumido.**

Emissões	CO <sub>2</sub> eq (kg)	
	2008	2009
Do berço ao portão da fábrica	32.831,25	14.534,46
Do portão da fábrica ao consumo	4.098,13	1.583,12
<b>Total</b>	<b>36.929,38</b>	<b>16.117,56</b>

Ainda assim, a aferição da Pegada de Carbono completa do papel consumido na unidade ainda não está completa, haja vista faltar a contabilização das emissões referentes à última etapa do ciclo de vida deste item, que é o descarte, na qual estariam envolvidas basicamente as emissões referentes ao transporte correlato. Porém seria necessário conhecer o destino dado a estes resíduos, se enviados ao aterro sanitário de Natal ou encaminhados à reciclagem, para caracterização do transporte a ser utilizado e, no caso da reciclagem, as emissões a serem evitadas. A empresa promove a coleta dos papéis utilizados para destinação destes resíduos a cooperativas de catadores, auxiliando indiretamente na reciclagem. Nesse caso, seriam nulas as emissões por transporte nessa etapa, podendo sim haver uma melhoria no saldo entre GEE emitidos e emissões evitadas. Para tal determinação, no entanto, seria necessário quantificar o montante dos resíduos de papéis repassados aos catadores e confirmar sua destinação à reciclagem.

Ainda com relação à redução no uso de papel, outras alternativas existem além do uso frente e verso. Um estudo realizado no CENPES<sup>8</sup> (Rio de Janeiro), publicado no congresso ‘*Rio Oil e Gas*’ (MONTE e MACHADO, 2010), buscou a implantação de medidas para a modificação de hábitos, visando à transformação de velhas práticas em rotinas sustentáveis. Uma das medidas foi a abolição do uso de papel de forração de bandejas no refeitório – de junho de 2006 a dezembro de 2009, 1 milhão e 666 mil folhas de papel deixaram de ser consumidas. Outra providência foi a disponibilização de porta-guardanapos nas mesas do restaurante, o que reduziu o consumo médio mensal do CENPES de 52 para 31 guardanapos *per capita* (queda de 40%). Com isso, em um ano (ago/2008 a ago/2009) houve a redução de 900 Kg de papel antes descartados no lixo.

O CENPES também adotou as mesmas medidas implantadas pela unidade sede de Natal, o que redundou em um abatimento de 62 % no consumo total de papéis. Evitou-se o uso de 6 milhões de folhas, passando-se de 3.500 folhas *per capita* em 2004 para próximo de 1.400 folhas *per capita* em 2009 (sendo 900 folhas de papel branco e 500 de papel reciclado, o qual não era utilizado em 2004). Em suma, com a legitimação dessas ações, de 2005 a 2009, o CENPES, no Rio de Janeiro, conseguiu resultados expressivos, evitando a utilização de 67 milhões de litros de água (os quais seriam gastos na fabricação do papel e equivalem ao consumo anual de 992 brasileiros), e o descarte de 4,5 t de papel no lixo e emitir 9.389 tCO<sub>2</sub>eq. Se o consumo *per capita* de papel A4, copos plásticos e garrafas de água mineral de 2005 a 2009 tivessem se mantido no mesmo patamar de 2004, os gastos teriam sido 673 mil reais a mais do que foram.

<sup>8</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), responsável por fomentar pesquisas científicas com objetivo de aprimorar os processos produtivos da companhia e adequá-los a legislação ambiental e à sustentabilidade

## COPOS PLÁSTICOS DESCARTÁVEIS

A aferição da Pegada de Carbono dos copos plásticos descartáveis é referente aos exercícios de 2008 e 2009 (Tabela 7 Tabela 6). A mensuração das emissões foi obtida através do *software* GEMIS 4.6, por meio dos dados do material dos copos (poliestireno) e da gramatura dos mesmos. A metodologia do GEMIS para este item refere-se à realidade produtiva alemã, tendo sido adotado o ano de referência 2010. As emissões estimadas pelo GEMIS não incluem a extração e transporte do petróleo à industrialização deste e possuem sua fronteira delimitada até o portão da fábrica. Em 2008, foram consumidos aproximadamente 857 copos *per capita*, havendo um aumento em 2009 para 986 copos *per capita*, quando houve acréscimo do efetivo na unidade.

**Tabela 6 – Emissões de GEE (kg/ano) referentes aos copos plásticos descartáveis consumidos na unidade sede da Petrobras em Natal, para 2008 e 2009.**

	CO <sub>2</sub> (kg)	CH <sub>4</sub> (kg)	N <sub>2</sub> O (kg)	CO <sub>2</sub> eq (kg/ano)
<b>2008</b>	4.891,48	7,98	0,51	5.225,66
<b>2009</b>	5.625,21	9,18	0,59	6.009,51

Conforme exposto para o item papel, também podemos estimar as emissões referentes ao transporte dos copos plásticos descartáveis do portão da fábrica à unidade. Neste caso, a indústria produtora fica localizada na grande Natal, distando apenas 21,3km da unidade da Petrobras. Assim, as emissões resultantes são de apenas 2,45 kgCO<sub>2</sub>eq anuais para 2009, representando somente 0,04% a mais das emissões contabilizadas, lembrando que seriam ainda menos relevantes se contabilizadas as etapas iniciais do ciclo de vida do poliestireno. Desta feita, uma outra estratégia, nem sempre possível de ser adotada por empresas, para minoração de emissões de GEE é a escolha por fornecedores mais próximos geograficamente.

Na unidade sede da Petrobras em Natal, está sendo estudada a proposta de abolição do uso de copos plásticos descartáveis, evitando-se, assim, o consumo destes produtos e, por conseguinte, os impactos causados, estando inclusas as emissões de GEE mencionadas. A proposta visa à substituição dos copos descartáveis pela implantação de canecas/copos (mais resistentes) individuais. Contudo, importa se fazer um estudo dos GEE a serem emitidos pela lavagem dos novos copos/canecas e uso de produtos de limpeza relativos. Logicamente, outros fatores também devem ser analisados (i.e. custos, logística e outros), visando à relação mais satisfatória de custo-benefício em termos financeiros e ambientais. Como a proposta ainda não foi adotada, não foi incluída neste estudo.

## COMPILAÇÃO DAS EMISSÕES

Os itens avaliados podem ser considerados significativos dentre aqueles pertencentes ao setor administrativo de produção, desde que Goldemberg e Lucon (2008, p.215) asseguram que “a principal causa dos problemas ambientais decorrentes do uso de energia identificados é o uso de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, no setor de transportes, na indústria e nos edifícios”. Como exemplo de importância, vê-se que um estudo a respeito da quantificação da Pegada de Carbono em escolas do Reino Unido (ano 2001) identificou que 74% das emissões são originárias de fontes indiretas, sendo estas o consumo de energia elétrica (22%), transporte (20%), papel (4%) e outras, estando os copos plásticos inseridos na categoria químicos (5%) (WIEDMANN, 2008, p.7).

Compilando-se as emissões estimadas para os 4 itens, pode-se perceber o montante de GEE emitidos referentes às atividades em questão, bem como o peso de cada uma no valor total (Tabela 7). Inicialmente cabe destacar que para uma aferição mais precisa das emissões de

GEE relativas, dois fatores seriam necessários: a utilização de dados mais completos e precisos e metodologias mais apropriadas e específicas à realidade nacional e temporal atual. Quanto à disponibilidade dos dados, o fator que mais pesa é justamente ao grau de dificuldade ou facilidade encontrado para a coleta dos mesmos.

**Tabela 7 - Emissões de GEE (tCO<sub>2</sub>eq) mensuradas na unidade sede da Petrobras em Natal em 2009, segundo metodologias e fatores de emissão citados.**

Itens	Emissões (tCO <sub>2</sub> eq)				
<b>Veículos</b>	diretas	17,80	GEMI S 4.6	16,04	IPCC (2006)
<b>Energia elétrica</b>		3.772,90		3.772,90	GEMIS 4.6
<b>Papel de escritório</b>	diretas + indiretas	16,12		17,00	Galdiano (2006)
<b>Copos plásticos</b>		6,00		6,00	GEMIS 4.6
<b>Total</b>		<b>3.812,82</b>		<b>3.811,94</b>	

A obtenção de resultados mais acurados demanda a obtenção de informações em diversos segmentos das variadas etapas dos ciclos de vida dos produtos e processos produtivos. Com o uso do GEMIS, são diminuídas as necessidades por dados, haja vista a integração entre as etapas da cadeia produtiva já realizada pelas metodologias do programa, contudo, ainda assim em muitos casos são necessárias informações relacionadas às etapas iniciais e/ou finais dos ciclos de vida, demandando investigações mais detalhadas junto às empresas de logística, fornecedores e demais atores. No caso de a própria companhia realizar o inventário de sua Pegada de Carbono, com certeza o acesso aos dados é facilitado e pode-se chegar a resultados bem mais exatos. Neste estudo propriamente, os resultados poderiam ser mais acurados se tivesse havido uma maior disponibilização de dados necessários, os quais, em alguns casos, nem mesmo são controlados, como a eficiência dos motores dos veículos da empresa ou consumo real destes.

Ao analisarmos os resultados deste estudo, verificamos uma diferença não significativa (da ordem de 2%) entre os valores encontrados pelo *software* GEMIS 4.6 e as demais opções de cálculo. Tal constatação assume um caráter fundamental, posto que, pelas considerações e argumentações delineadas ao longo do estudo, poder-se-ia pensar que o *software* GEMIS não seria adequado à quantificação da Pegada de Carbono empresarial. Porém, podemos claramente perceber que, havendo a conhecimento dos dados relacionados às atividades logísticas e intrínsecas às atividades produtivas das etapas de uma cadeia produtiva, o GEMIS configura-se como excelente ferramenta na quantificação, não só das emissões de GEE, mas dos impactos sociais, ambientais e econômicos referentes ao ciclo de vida um produto ou processo produtivo. O programa é ainda mais eficaz para atividades industriais, mesmo que passível de aprimoramentos, principalmente quanto à inclusão de metodologias desenvolvidas para a realidade brasileira. Resumindo, o *software* GEMIS 4.6 pode ser classificado como adequado para quantificação de Pegadas de Carbono empresariais a depender do foco de utilização (geográfico e temporal) pretendido.

Para o caso de a Petrobras adotar a Pegada de Carbono como indicador de sustentabilidade empresarial, sua parcela de responsabilidade e ações aumentaria, pela ampliação do foco. Uma empresa do porte da Petrobras possui plenas condições de buscar uma minoração de emissões de GEE mais acentuada, tanto pela capacidade de adoção de medidas inteligentes e eficientes, bem como por seu favorável poder de influenciar o mercado – fornecedores e consumidores. Ressalta-se que tal argumentação é destinada a quaisquer empresas

comprometidas com a sustentabilidade e que prometem uma Responsabilidade Sócio-Ambiental Empresarial inteira, para além de seus portões.

Além das alternativas discutidas, no caso da adoção de responsabilidade sobre essas emissões, uma ação que possibilitaria a neutralização das mesmas seria o plantio de árvores. Mesmo que as ações de reflorestamento somente sequestram o CO<sub>2</sub> (deixando os demais GEE de lado), este é, de longe, o GEE mais representativo. Além disso, no desafio de reversão das mudanças climáticas configura-se como um dos eixos de ações definidos pela própria empresa o estímulo a projetos de abatimentos de emissões através da fixação de carbono na biomassa (PETROBRAS, 2005, pp.14 e 35). Se porventura a companhia quisesse voluntariamente se dignar a neutralizar a Pegada de Carbono de 2009 para os itens aferidos, adotando-se os valores indicados por Resende (2001), teria de reflorestar 90,8 ha com vegetação de floresta tropical decídua, 47,7 ha de mata atlântica ou 26,8 ha de floresta primária neotropical. Uma sugestão seria a promoção de parcerias ou investimento da empresa para o reflorestamento de uma área degradada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista do arrazoado, percebe-se que a Pegada de Carbono possui um potencial especial para um entendimento mais real das responsabilidades pelos impactos gerados pelas emissões de GEE. Em termos produtivos e competitivos, a preocupação empresarial com sua Pegada de Carbono e formas de mitigá-la pode constituir-se como um diferencial competitivo e um passo à frente das demais, em respeito a seu comportamento sócio-ambiental e a sua própria imagem. Cabe ressaltar que as propostas de minimização de emissões elencadas não se restringem à Petrobras, mas são de âmbito geral e que, principalmente, tais propostas devem ser prezadas segundo livre-arbítrio e julgamento de pertinência do(s) responsável(is) pelas emissões, visto não existir qualquer obrigatoriedade de mitigação das emissões apontadas.

## REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, Ricardo Teixeira Gregório de Andrade. **A Pegada de Carbono como um dos indicadores de sustentabilidade para medição da responsabilidade sócio-ambiental empresarial**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal-RN, 2010.
2. ANTUNES, Ana Rita. **Papel Reciclado** – para um Desenvolvimento Sustentável. 193f. Dissertação (Mestrado em Eng. Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. de Lisboa. Portugal, 2001.
3. CDP – Carbon Disclosure Project . **The Carbon Chasm**. British Telecommunications plc: England. 2009.
4. \_\_\_\_\_. **Global 500 Report**. PriceWaterHouse Coopers: England. 2009.
5. FRITSCH, Uwe R.. **Comparison of Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective**. Updated version. Darmstadt: Öko-Institut e.V. (Institute for Applied Ecology), 2006.
6. FRITSCH, Uwe R.; SCHMIDT, Klaus. **Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS) Manual**. Darmstadt-Germany: Öko-Institut e.V. (Institute for Applied Ecology), 2008.
7. GALDIANO, Guilherme de Paula. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset Produzido no Brasil**. 280f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-USP, 2006.

8. GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3ª ed. São Paulo–SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
9. GUIMARÃES, Cláudia; FAJARDO, Elias. Aquecimento Global: o desafio do século. **Senac e educação ambiental**, Rio de Janeiro–RJ, v. 16, n. 1, p. 20–31, jan./abr. 2007.
10. IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: Sythesis Reporty**. 1ª ed. Cambridge–United Kingdom, and New York–USA: Cambridge University Press, 2001.
11. \_\_\_\_\_. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge–UK: Cambridge University Press, 2007.
12. \_\_\_\_\_. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Hayama, Japan: IGES – Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
13. \_\_\_\_\_. **Quarto relatório do painel intergovernamental sobre mudança do clima, AR4**. Organização das Nações Unidas (ONU): 2007.
14. HACKBART, Eugenio. Por que estes dados são escondidos? **MetSul Meteorologia**. Porto Alegre – RS: 06 Fev 2007. Disponível em: <[http://www.metsul.com/secoes/visualiza.php?cod\\_subsecao=33&cod\\_texto=557](http://www.metsul.com/secoes/visualiza.php?cod_subsecao=33&cod_texto=557)>. Acesso em: 10 Dez 2009.
11. HACKBART, Eugenio. Terra vive resfriamento global. *Correio do Povo*. Porto Alegre – RS, 5 Jun 2008, p.31
15. IWR (Institut für Regenerative Energiewirtschaft) – Instituto Alemão de Energias Renováveis. **Monatsreport**. n.08. 2009.
16. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Metodologias de Linha de Base e Monitoramento Aprovadas**. Disponível em: <[www.mct.gov.br/index.php/content/view/24102.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/24102.html)>. Acesso:m 25 jul. 2010.
17. MONTE, Vânia Lúcia de Araújo Silva; MACHADO, Luiz Vicente Costa da Silva. **Rotinas Sustentáveis no Ambiente de Trabalho – Experiência do Centro de Pesquisas da Petrobras**. Rio Oil & Gas. 13–16 set 2010.
18. PETROBRAS. **Diretrizes de Sustentabilidade**: para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia. Rio de Janeiro–RJ, 2006.
19. \_\_\_\_\_. **Gestão de Emissões Atmosféricas**: Relatório de desempenho. 2005.
20. RESENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. T.. **Seqüestro de carbono**: Uma experiência concreta. Instituto Ecológica. Palmas–TO, 2001
21. UNEP – United Nations Environment Programme. **Global Green New Deal: An Update for the G20 Pittsburgh Summit**. 2009.
22. WIEDMANN, T.; MINX, J. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: PERTSOVA, C. C. **Ecological Economics Research Trends**. Hauppauge–NY, USA: Nova Science Publishers, 2008.
23. WRI – World Resources Institute; WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. **Protocolo de Gases com Efeito Estufa – Normas Corporativas de Transparência e Contabilização**. 2003.