

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Gláucio José Pereira da Silva

MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2015

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Gláucio José Pereira da Silva

MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a obtenção do GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Prof. Milton Erthal Júnior, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
2015

GLÁUCIO JOSÉ PEREIRA DA SILVA

MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a obtenção do GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada em: ___ de _____ de 2015.

Prof. Milton Erthal Júnior, D.Sc.
Universidade Candido Mendes

João José de Assis Rangel, D.Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof. Sylvio Botelho Junior, D.Sc.
Instituto Federal Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2015

Dedico este trabalho a Deus. A minha companheira Lohana, por toda compreensão e ajuda nos momentos necessários. Aos meus pais, Jander e Heloisa, e meu irmão Glauber, por todo apoio e incentivo para a educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, e por me iluminar, abençoar e proteger durante toda essa jornada.

A minha companheira, Lohana, pelo incentivo e paciência desde o início do curso até a finalização deste trabalho.

Aos meus pais, Jander e Heloisa, por terem me presenteado com o maior patrimônio que os pais podem dar a um filho, a educação.

Ao professor DSc. Milton Erthal Júnior, pela dedicação na orientação deste trabalho e inserção na área de Pegada Ecológica.

Ao grande colega de curso e amigo Fillipi, por ter aceitado o desafio de se matricular neste mestrado comigo, e por toda ajuda durante a jornada.

Aos colegas de trabalho Marcelo Peçanha Sarmiento e Ana Carolina Laurindo pela ajuda na obtenção dos dados do IF Fluminense Quissamã.

Aos amigos do IF Fluminense Quissamã Rui Dantier, Guilherme Miranda, Sylvio Botelho e Elaine Cristina por todo o apoio e sugestões dadas.

Ao IF Fluminense, por me proporcionar a realização do curso por meio do programa de capacitação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes, pelos conhecimentos compartilhados.

A todos os colegas de curso, pelo apoio ao longo desta caminhada.

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.

Cora Coralina

RESUMO

MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

O objetivo deste trabalho é descrever a metodologia utilizada para o cálculo, e avaliar a Pegada Ecológica de uma Instituição de Ensino Federal, localizada no município de Quissamã, no estado do Rio de Janeiro. O cálculo em questão foi realizado com dados de consumo de combustível, consumo de energia elétrica, consumo de água, consumo de papel e área construída do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense campus Quissamã para o ano de 2014. Para calcular as emissões de CO₂ e a Pegada Ecológica, utilizou-se um conjunto de métodos aplicados sobre o tema, definidos por autores que são considerados referências no assunto Pegada Ecológica, encontradas através da revisão bibliométrica sistematizada que foi realizada neste trabalho. O resultado dessa pesquisa demonstra que o campus Quissamã do IF Fluminense no ano de 2014, para os parâmetros analisados, emitiu 99,784 tCO₂. Para mitigar os efeitos desta emissão de CO₂, seria necessário plantar uma área de 8,04 ha de eucalipto, ou 16,42 ha de pastagem, ou 13,99 ha de cana-de-açúcar. Esse estudo visa fornecer uma visão integrada sobre o tema Pegada Ecológica, e espera-se que sirva de incentivo para futuras pesquisas nesta área. Além disso, o trabalho indica sugestões para a redução das emissões de CO₂, através da substituição do tipo de combustível, matriz energética e papel a serem utilizados no campus.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental, Sustentabilidade, Bibliometria.

ABSTRACT

MODEL FOR EVALUATION OF ECOLOGICAL FOOTPRINT IN EDUCATION INSTITUTIONS

The objective of this study is to describe the methodology used to calculate, and evaluate the Ecological Footprint of a Federal Education Institution, located in the municipality of Quissamã in the state of Rio de Janeiro. The calculation in question was carried out with fuel consumption data, energy consumption, water consumption, paper consumption and building area of the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense campus Quissamã for the year 2014. To calculate emissions CO₂ and the Ecological Footprint, we used a set of methods applied on the subject, defined by authors who are considered references in the subject Ecological Footprint, found through systematic bibliometric review that was carried out this work. The result of this research shows that the IF Fluminense Quissamã campus in 2014, for the parameters analyzed, issued 99.784 tCO₂. To mitigate the effects of CO₂ emissions, it would be necessary to plant an area of 8.04 ha of eucalyptus, or 16.42 ha of pasture, or 13.99 ha of sugarcane. This study aims to provide an integrated view of the Ecological Footprint theme, and it is expected to provide an incentive for future research in this area. Furthermore, the work indicates suggestions for reducing CO₂ emissions by type of fuel substitution, energy matrix and paper to be used on campus.

KEY WORDS: Environmental Management, Sustainability, Bibliometric Review.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – LIMITES PLANETÁRIOS. FONTE: (STEFFEN ET AL., 2015). | 20 |
| FIGURA 2 – RELAÇÕES ENTRE BIOSFERA, SEGURANÇA ALIMENTAR, HÍDRICA E ENERGÉTICA. FONTE: (WWF, 2014). | 25 |
| FIGURA 3 – ROSQUINHA DE OXFAM. FONTE: (WWF, 2014). | 26 |
| FIGURA 4 – EVOLUÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA GLOBAL. FONTE: (WWF, 2014). | 30 |
| FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA <i>PER CAPITA</i> . FONTE: (WWF, 2014). | 30 |
| FIGURA 6 - PAÍSES COM MAIS FILIAÇÕES DE AUTORES NA BASE SCOPUS. FONTE: (SCOPUS, 2015). | 41 |
| FIGURA 7 - AUTORES COM MAIS PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: (SCOPUS, 2015). | 42 |
| FIGURA 8 - INSTITUIÇÕES COM MAIS PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: (SCOPUS, 2015). | 44 |
| FIGURA 9 – CLASSIFICAÇÃO POR ANO DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA BASE SCOPUS. FONTE: (SCOPUS, 2015). | 46 |
| FIGURA 10 - EMISSÕES DE CO ₂ EVITADAS E EQUIVALÊNCIA EM NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS. FONTE: (BRASIL, 2013A) | 76 |
| FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PEGADAS ECOLÓGICAS DE COMBUSTÍVEL. FONTE: O AUTOR. | 90 |
| FIGURA 12– COMPARAÇÃO ENTRE AS PEGADAS ECOLÓGICAS DE ENERGIA ELÉTRICA. FONTE: O AUTOR. | 91 |
| FIGURA 13 - COMPARAÇÃO ENTRE A PEGADA ECOLÓGICA ATUAL E COM APLICAÇÃO DAS MELHORIAS. FONTE: O AUTOR | 98 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 – TRABALHOS SOBRE PEGADA ECOLÓGICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO. FONTE: O AUTOR. | 21 |
| TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 39 |
| TABELA 3 – PERIÓDICOS COM MAIOR NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 40 |
| TABELA 4 – PAÍSES COM MAIS FILIAÇÕES DE AUTORES NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 40 |
| TABELA 5 – AUTORES COM MAIS PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 42 |
| TABELA 6 – ÁREAS DE INTERESSE COM MAIS PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 43 |
| TABELA 7 – INSTITUIÇÕES COM MAIS PUBLICAÇÕES NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 44 |
| TABELA 8 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES NOS ÚLTIMOS 10 ANOS NA BASE SCOPUS. FONTE: O AUTOR. | 45 |
| TABELA 9 – FATORES DE CONVERSÃO PARA TEP MÉDIO. FONTE: (BRASIL, 1999c). | 66 |
| TABELA 10 – FATORES DE EMISSÃO DE CARBONO. FONTE: (IPCC, 1996c) E (BRASIL, 1999B) | 67 |
| TABELA 11 – FRAÇÕES DE CARBONO FIXADO. FONTE: (BRASIL, 1999B). | 68 |
| TABELA 12 – FRAÇÕES DE CARBONO OXIDADA. FONTE: (IPCC, 1996) E (BRASIL, 1999B). | 70 |
| TABELA 13 - RESUMO DA METODOLOGIA <i>TOP-DOWN</i> . FONTE: O AUTOR. | 71 |
| TABELA 14 – PERCENTUAL DE OCUPAÇÃO DOS VEÍCULOS. FONTE: (AMARAL, 2010). | 72 |
| TABELA 15 – FATOR DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS. FONTE: (AMARAL, 2010). | 72 |
| TABELA 16 – FATOR DE EMISSÃO DE CO ₂ DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ACORDO COM O MCTI. FONTE: O AUTOR. | 73 |
| TABELA 17 – TAXA DE ABSORÇÃO MÉDIA. FONTE: O AUTOR. | 75 |
| TABELA 18 - FATOR DE EMISSÃO DE CO ₂ DAS FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. FONTE: O AUTOR. | 77 |
| TABELA 19 – EMISSÕES DE CO ₂ PELO MÉTODO <i>TOP-DOWN</i> . FONTE: O AUTOR. | 82 |
| TABELA 20 – EFICIÊNCIA DOS VEÍCULOS DO IF FLUMIMENSE CAMPUS QUISSAMÃ. FONTE: O AUTOR. | 82 |
| TABELA 21 – EMISSÕES DE CO ₂ PELA METODOLOGIA AMARAL. FONTE: O AUTOR. | 83 |
| TABELA 22 – EMISSÕES DE CO ₂ DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA COM FATOR DE EMISSÃO DO MCTI. FONTE: O AUTOR. | 84 |
| TABELA 23 – EMISSÕES DE CO ₂ DA ENERGIA ELÉTRICA COM FATOR DE EMISSÃO DA ESPANHA. FONTE: O AUTOR. | 85 |
| TABELA 24 – EMISSÕES DE CO ₂ DO CONSUMO DE ÁGUA. FONTE: O AUTOR. | 86 |
| TABELA 25 – EMISSÕES DE CO ₂ DO CONSUMO DE PAPEL. FONTE: O AUTOR. | 87 |
| TABELA 26 – EMISSÕES DE CO ₂ DA ÁREA CONSTRUÍDA. FONTE: O AUTOR. | 87 |
| TABELA 27 – TOTAL DE EMISSÕES DE CO ₂ . FONTE: O AUTOR. | 88 |
| TABELA 28 – PEGADA ECOLÓGICA PELA METODOLOGIA <i>TOP-DOWN</i> . FONTE: O AUTOR. | 89 |
| TABELA 29 – PEGADA ECOLÓGICA PELA METODOLOGIA AMARAL. FONTE: O AUTOR. | 89 |
| TABELA 30 – PEGADA ECOLÓGICA DA ENERGIA ELÉTRICA. FONTE: O AUTOR. | 90 |
| TABELA 31 – PEGADA ECOLÓGICA DA ÁGUA. FONTE: O AUTOR. | 91 |

| | |
|--|----|
| TABELA 32 – PEGADA ECOLÓGICA DO PAPEL. FONTE: O AUTOR..... | 92 |
| TABELA 33 – PEGADA ECOLÓGICA DA ÁREA CONSTRUÍDA. FONTE: O AUTOR | 92 |
| TABELA 34 – TOTAL DA PEGADA ECOLÓGICA NO IF FLUMINENSE QUISSAMÃ. FONTE: O AUTOR | 93 |
| TABELA 35 – EMISSÕES REAIS DE CO ₂ PARA O COMBUSTÍVEL ÁLCOOL. FONTE: O AUTOR .. | 94 |
| TABELA 36 – EMISSÕES REAIS DE CO ₂ PARA O COMBUSTÍVEL GNV. FONTE: O AUTOR | 94 |
| TABELA 37 – EMISSÕES REAIS DE CO ₂ PARA O COMBUSTÍVEL BIODIESEL B20. FONTE: O AUTOR | 94 |
| TABELA 38 – COMPARAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES REAIS DE CO ₂ PARA OS TIPOS DE COMBUSTÍVEIS. FONTE: O AUTOR | 95 |
| TABELA 39 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PEGADAS ECOLÓGICAS PARA OS TIPOS DE COMBUSTÍVEIS. FONTE: O AUTOR | 95 |
| TABELA 40 - EMISSÕES DE CO ₂ DAS FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. FONTE: O AUTOR. | 96 |
| TABELA 41 - PEGADA ECOLÓGICA DAS FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. FONTE: O AUTOR. | 96 |
| TABELA 42 - PEGADA ECOLÓGICA COM APLICAÇÃO DE MELHORIAS. FONTE: O AUTOR. | 98 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|---|----|
| EQUAÇÃO 1 - CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA | 65 |
| EQUAÇÃO 2 - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARBONO | 67 |
| EQUAÇÃO 3 - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CARBONO FIXADO | 68 |
| EQUAÇÃO 4 - CÁLCULO DAS EMISSÕES LÍQUIDAS DE CARBONO | 69 |
| EQUAÇÃO 5 - CÁLCULO DAS EMISSÕES REAIS DE CARBONO | 69 |
| EQUAÇÃO 6 - CÁLCULO DAS EMISSÕES REAIS DE CO ₂ | 71 |
| EQUAÇÃO 7 - CÁLCULO DAS EMISSÕES PELA METODOLOGIA DE AMARAL | 71 |
| EQUAÇÃO 8 - CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CO ₂ | 73 |
| EQUAÇÃO 9 - CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA | 75 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A3P – Agenda Ambiental na Administração Pública
AID – Área de Influência Direta
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
B20 – combustível com 20% de Biodiesel misturado ao diesel tradicional
CA – Consumo Aparente
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CC – consumo de energia
Cefet – Centro Federal de Educação Tecnológica
CH₄ – metano
CO₂ – dióxido de Carbono
D – distância percorrida
E – emissões de CO₂
EaD – ensino a distância
ELC – emissões líquidas de Carbono
EMFA – Análise de Fluxo de Materiais e Energia
ERC – emissões reais de Carbono
ERCO₂ – emissões reais de CO₂
EUA – Estados Unidos da América
F – fator de emissão de CO₂
FCFix – fração de Carbono fixado
FCO – fração de Carbono oxidada
Fconv – fator de conversão
Fcorr – fator de conversão
Femiss – fFator de emissão de Carbono
GLP – Gás Liquefeito do Petróleo
GNV – Gás Natural Veicular
HANPP - Apropriação Humana da Produção Primária Líquida
IE – Instituições de Ensino
IF – Instituto Federal
IPCC - Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima
ISO – Organização Internacional para a Padronização

MCT – Ministério de Ciências e Tecnologia
MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MME – Ministério de Minas e Energia
N₂O – óxido nitroso
PCI – poder calorífico inferior
PCS – poder calorífico superior
PE – Pegada Ecológica
PEG – Programa de Eficiência do Gasto Público
PEN – Plano Nacional de Energia
PES – Projeto Esplanada Sustentável
Procel EPP – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos
PROEJA – Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica para Jovens e Adultos
QC – quantidade de carbono
QCF – quantidade de Carbono fixado
RJ – Rio de Janeiro
SIMPOI – Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais
SPO – Subsecretaria de Planejamento e Orçamento
T – taxa de absorção média
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
Upea – Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental
USP – Universidade de São Paulo
WWF – Fundo Mundial para a Natureza

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

cm – centímetros

g/m² – grama por metro cúbico

GgC – gigagrama de Carbono

GgCO₂ – gigagrama de dióxido de Carbono

Gha – gigahectare

GW - gigawatt

ha – hectare

kgCO₂ – quilograma de dióxido de Carbono

kgCO₂/kg de papel – quilograma de dióxido de Carbono por quilograma de papel

kgCO₂/km – quilograma de dióxido de Carbono por quilômetro

kgCO₂/kWh – quilograma de dióxido de Carbono por quilowatt-hora

kgCO₂/m² – quilograma de dióxido de Carbono por metro quadrado

kgCO₂/m²/ano – quilograma de dióxido de Carbono por hectare por ano

kgCO₂/m³ – quilograma de dióxido de Carbono por metro cúbico

kgCO₂/unidade – quilograma de dióxido de Carbono por unidade

km – quilômetro

km/l – quilômetro por litro

kWh – quilowatt-hora

l – litro

m² – metro quadrado

m³ – metro cúbico

Mcal – megacaloria

MgCO₂/ha/ano – megagrama de dióxido de Carbono por hectare por ano

MJ – megajoule

MW – megawatt

t – tonelada

tC – tonelada de Carbono

tC/TJ – tonelada de Carbono por terajoule

tCO₂ – tonelada de dióxido de Carbono

tCO₂/1000km - tonelada de dióxido de Carbono por 1000 quilômetros

tCO₂/km – tonelada de dióxido de Carbono por quilômetro

tEP – tonelada equivalente de petróleo

tEP/m³ – tonelada equivalente de petróleo por metro cúbico

tEP/unidade Física – tonelada equivalente de petróleo por unidade

TJ – terajoule

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 19 |
| 1.1 Introdução | 19 |
| 1.2 Objetivo | 22 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 22 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 22 |
| 1.3 Justificativa..... | 23 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 24 |
| 2.1 Limites Planetários | 24 |
| 2.2 Desenvolvimento Sustentável | 27 |
| 2.3 Gestão Ambiental..... | 27 |
| 2.4 Pegada Ecológica | 28 |
| 2.5 Sustentabilidade em Instituições de Ensino Públicas..... | 31 |
| 3 ARTIGOS | 33 |
| 3.1 ARTIGO 1..... | 33 |
| RESUMO..... | 34 |
| ABSTRACT..... | 35 |
| 1 INTRODUÇÃO | 36 |
| 1.1 Objetivos | 36 |
| 2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA | 37 |
| 3 METODOLOGIA | 38 |
| 4 RESULTADOS | 39 |
| 4.1 Título do periódico | 39 |
| 4.2 Nacionalidade da instituição | 40 |
| 4.3 Autor | 41 |
| 4.4 Área de interesse | 43 |
| 4.5 Instituição..... | 43 |
| 4.6 Ano da publicação | 45 |
| 5 RESULTADO DAS ANÁLISES | 46 |
| 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 53 |
| 7 CONCLUSÃO | 55 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 56 |
| 3.2 ARTIGO 2..... | 60 |
| RESUMO..... | 61 |
| ABSTRACT..... | 62 |
| 1 INTRODUÇÃO | 63 |
| 2 METODOLOGIA | 63 |
| 2.1 Emissões..... | 64 |
| 2.1.1 Combustível | 64 |
| Consumo de energia | 65 |
| Quantidade de carbono | 66 |
| Quantidade de carbono fixado | 68 |
| Emissões líquidas de carbono | 69 |
| Emissões reais de carbono..... | 69 |
| Emissões reais de CO ₂ | 71 |
| 2.1.2 Energia Elétrica | 72 |
| 2.1.3 Água | 74 |
| 2.1.4 Papel..... | 74 |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 2.1.5 Área construída | 74 |
| 2.2 Pegada Ecológica | 75 |
| 2.3 Proposta de Melhoria | 76 |
| 3 ESTUDO DE CASO | 78 |
| 3.1 Corpo Discente | 80 |
| 3.2 Servidores..... | 81 |
| 4 RESULTADOS | 81 |
| 4.1 Emissões | 81 |
| 4.1.1 Combustíveis..... | 81 |
| Metodologia <i>top-down</i> | 81 |
| Metodologia de Amaral | 83 |
| Comparação entre metodologias..... | 83 |
| 4.1.2 Energia elétrica | 84 |
| 4.1.3 Água | 85 |
| 4.1.4 Papel..... | 86 |
| 4.1.5 Área construída | 87 |
| 4.1.6 Total de Emissões..... | 88 |
| 4.2 Pegada Ecológica..... | 88 |
| 4.2.1 Combustíveis | 88 |
| 4.2.2 Energia Elétrica | 90 |
| 4.2.3 Água | 91 |
| 4.2.4 Papel..... | 92 |
| 4.2.5 Área Construída | 92 |
| 4.2.6 Total da Pegada Ecológica..... | 93 |
| 4.3 Proposta de Melhorias | 93 |
| 4.3.1 Combustível | 93 |
| 4.3.2 Energia Elétrica | 96 |
| 4.3.3 Água | 97 |
| 4.3.4 Papel..... | 97 |
| 4.3.5 Área Construída | 97 |
| 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 98 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 105 |
| 6.1 Conclusão | 105 |
| 6.2 Trabalhos Futuros | 106 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 107 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 113 |
| 4.1 Conclusão | 113 |
| 4.2 Trabalhos Futuros | 114 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

Atualmente, a crise ambiental está cada vez mais intensa no mundo, como consequência do modelo de crescimento econômico e demográfico implantado durante o século XIX. Desta forma, começam a surgir sinais claros de que os limites do planeta estão prestes a ser extrapolados, o que pode ser percebido através do contínuo desaparecimento de espécies da fauna e da flora, da perda de solos férteis pela erosão e pela desertificação, do aquecimento da atmosfera e as mudanças climáticas, da diminuição da camada de ozônio, da chuva ácida, do acúmulo crescente de lixo e resíduos industriais e do colapso na quantidade e na qualidade da água (GUERRA, 2008).

Rockström e colaboradores (2009) propuseram a metodologia dos “Limites Planetários” para quantificar a crise ambiental da atualidade. Estes autores fracionaram os limites da Terra em nove categorias. A Figura 1 mostra que as categorias: perda da biodiversidade, os ciclos do nitrogênio e do fósforo, mudanças climáticas e uso da terra estão em níveis acima do ideal. É importante notar que alguns destes problemas apresentam efeitos sinérgicos, como é o caso das mudanças climáticas que afetam a biodiversidade e a biocapacidade do planeta, com reflexos no bem-estar da humanidade, no que diz respeito à segurança alimentar e hídrica (WWF, 2014).

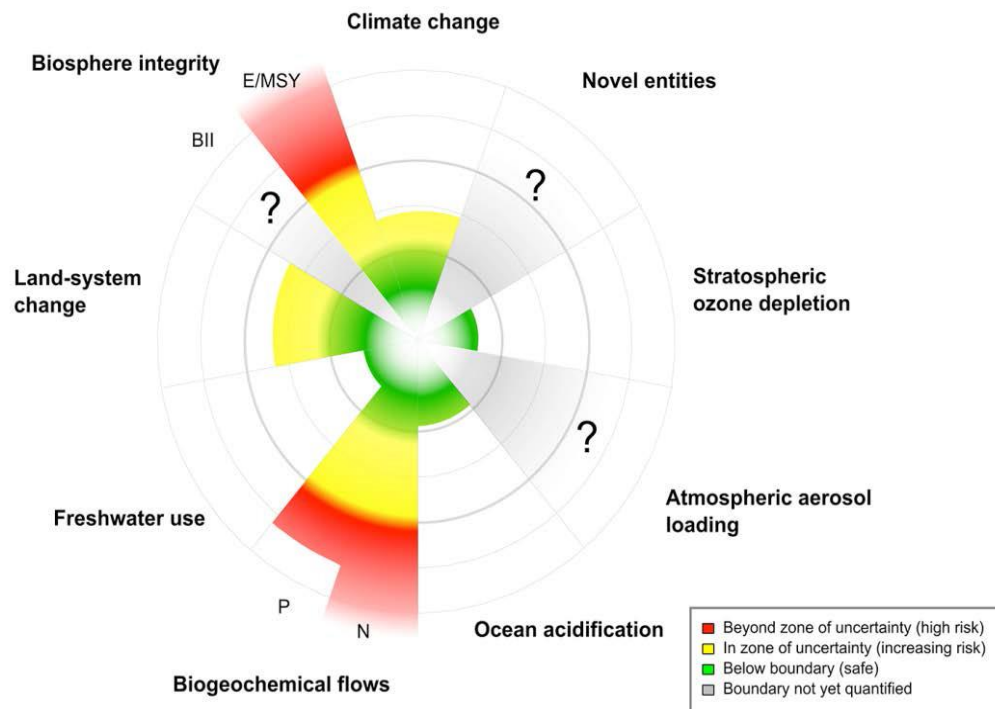


Figura 1 – Limites planetários. Fonte: (STEFFEN et al., 2015).

Estes Limites Planetários são parâmetros importantes a serem observados para estabelecer um modelo de desenvolvimento mais eficiente e menos agressivo que a forma atual, ou seja, um modelo de Desenvolvimento Sustentável. Uma das ferramentas fundamentais para se implantar o desenvolvimento sustentável, é a aplicação da Gestão Ambiental, de forma a alcançar os objetivos definidos. Dentre as medidas de Gestão Ambiental, um indicador importante para se mensurar a sustentabilidade é a Pegada Ecológica (PE), que é uma ferramenta de avaliação, proposta por Wackernagel e Rees (1996), e que representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade.

Alguns estudos sobre a PE foram realizados em Instituições de Ensino (IE), e estão listados na tabela 1. Percebe-se que esta é uma temática ainda pouco explorada no ambiente das IE, o que motivou à realização deste trabalho.

Tabela 1 – Trabalhos sobre Pegada Ecológica em Instituições de Ensino. Fonte: o autor.

| Autor (ano) | País | Instituição de Ensino | Aspectos Analisados | | | | | | |
|-------------------------|---------|--|---------------------|------------------|-------|------|-------------|-----------|----------|
| | | | Construção Civil | Energia Elétrica | Papel | Água | Combustível | Alimentos | Resíduos |
| Amaral (2010) | Brasil | Universidade de São Paulo | X | X | X | X | X | | |
| Gottlieb et al. (2012a) | Israel | Municipal high school 'E' | | X | X | | X | X | |
| Li et al. (2008) | China | Universidade de Northeastern | | X | X | X | X | X | X |
| Rodriguez et al. (2008) | Espanha | Universidade de Santiago de Compostela | X | X | X | X | X | | |

Foram escolhidos para este trabalho os parâmetros área construída, consumo de energia elétrica, consumo de papel, consumo de água e consumo de combustível. Não foi incluído nesta pesquisa o parâmetro consumo de alimentos porque na época do estudo não havia cantina nem nutricionista no IF Fluminense campus Quissamã, portanto não havia informações sobre o consumo de alimentos pelos servidores e alunos, nem o parâmetro produção de resíduos, pois não há coleta seletiva no Instituto, o que dificulta a mensuração da produção de lixo, uma vez que não há como estocá-lo para fazer uma contagem.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF Fluminense) é uma instituição que comporta, atualmente, 13 campi: Campos Centro, Campos Guarus, São João da Barra, Rio Paraíba do Sul/Upea, Macaé e Quissamã, no Norte do Estado do Rio de Janeiro; Itaperuna, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci e Santo Antônio de Pádua, no Noroeste Fluminense; Cabo Frio na Região dos Lagos; e os campi Itaboraí e Maricá, na Região Metropolitana (INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE, 2015d). Um dos cursos ofertados pela Instituição é o técnico em meio ambiente, que tem o objetivo de formar profissionais com conhecimento teórico e prático para atuarem diretamente nas questões concernentes ao meio ambiente, buscando sempre cumprir o que preconiza a legislação vigente nesta área e gerar conhecimento (BRASIL, 2013b). Porém, apesar de formar profissionais gabaritados nesta área, as ações técnicas e administrativas referentes à sustentabilidade nesta IE ainda são mínimas.

O campus Quissamã, pertencente ao IF Fluminense, foi criado no ano de 2006, e contava no ano de 2014 com 405 alunos, e 59 funcionários, oferecendo os cursos técnicos integrados de eletromecânica e informática, além do curso técnico subsequente de eletromecânica e segurança do trabalho e do curso técnico de segurança do trabalho na modalidade PROEJA (Programa Nacional de Integração

da Educação Profissional com a Educação Básica para Jovens e Adultos), e do curso técnico de segurança do trabalho na modalidade ensino a distância (EaD).

A pesquisa realizada neste trabalho refere-se ao cálculo da PE de uma IE com relação à sua emissão de dióxido de carbono mediante o consumo de combustível dos veículos oficiais da Instituição, consumo de água, energia elétrica e papel, além de sua área construída. O local escolhido para a aplicação da pesquisa foi o campus Quissamã do IF Fluminense, e foram utilizados dados de consumo referentes ao ano 2014.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a Pegada Ecológica de uma Instituição de Ensino, localizada no município de Quissamã, no estado do Rio de Janeiro.

1.2.2 Objetivos específicos

Em função do objetivo geral, os objetivos específicos são:

- I – Realizar uma revisão bibliográfica sistematizada sobre o tema “Pegada Ecológica” e sobre os métodos usados para o cálculo das emissões de CO₂.
- II – Coletar informações sobre o consumo de combustível, energia elétrica, água e papel do IF Fluminense Quissamã do ano de 2014, além da área construída do campus;
- III – Avaliar duas metodologias para o cálculo da Pegada Ecológica e propor a mais adequada para ser usada em Instituições de Ensino;
- IV – Calcular a Pegada Ecológica do IF Fluminense Quissamã.

1.3 Justificativa

Atualmente, a sociedade apresenta uma taxa de consumo muito elevada que reflete principalmente em um esgotamento gradual dos recursos naturais, e uma geração de resíduos cada vez maiores.

Assim sendo, cada continente, país ou cidade pode comparar o seu consumo com oferta de biodiversidade da Terra através de um indicador denominado PE. Esta análise pode ser feita utilizando como objeto de estudo uma IE por se tratar de uma Instituição que presta um serviço muito importante, atendendo a várias pessoas.

O que gerou o interesse pela realização deste trabalho foi a necessidade de mensurar qual o impacto ambiental que o campus Quissamã do IF Fluminense causa por ano, para que se possa pensar em estratégias para reduzir o desgaste ambiental, além de formas de compensar a degradação causada. Para esta medição dos impactos, foi utilizado o indicador PE, como ferramenta de avaliação de sustentabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Limites Planetários

Limites Planetários é um conceito que define o espaço operacional seguro para a humanidade, com base nos processos biofísicos intrínsecos que regulam a estabilidade do Sistema no planeta Terra. O objetivo deste conceito não é regular como a sociedade deve se desenvolver, mas ajudar na tomada de decisões para definir um espaço de operação segura para atuação humana (STEFFEN et al.,2015).

Segundo Viola e Franchini (2012), o conceito de limites planetários representa um instrumento fundamental para avaliar a trajetória da governança global do ambiente e, em um sentido mais profundo, para refletir sobre o rumo civilizatório da humanidade.

Rockström e colaboradores (2009) descrevem que nem todos os processos ou subsistemas na Terra possuem limites bem definidos, embora as ações da humanidade comprometam a capacidade de resistência destes processos ou subsistemas, podendo aumentar o risco dos limites de uma categoria cruzar com os de outra. O conceito de limites planetários identifica os processos ambientais que controlam a estabilidade do planeta. Com base nos melhores conhecimentos científicos disponíveis, este conceito tem o objetivo de definir os limites seguros para cada processo. Se estes limites forem ultrapassados, o planeta alcança uma zona de perigo, podendo ocorrer mudanças impactantes e negativas (WWF, 2014).

De acordo com WWF (2004), a população mundial é projetada para crescer em 2 bilhões de habitantes até o ano de 2050. Dessa forma, é difícil manter o abastecimento de todas as pessoas com os alimentos, água e energia necessários, de forma que no ano de 2004 quase um bilhão de pessoas passavam fome, 768 milhões de pessoas não tinham acesso à água limpa e segura e 1,4 bilhões de pessoas não tinham acesso a fontes de energia confiáveis. As mudanças climáticas e a degradação dos ecossistemas e recursos naturais tendem a piorar ainda mais esta situação. A segurança alimentar, hídrica e energética e a saúde dos ecossistemas são parâmetros que se encontram interligados. Esta interligação significa que os esforços para garantir um aspecto podem facilmente desestabilizar os outros, como por exemplo, as tentativas de aumentar a produtividade agrícola poderão resultar num aumento da demanda por insumos como água e energia, e impactar a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, conforme pode ser visto na figura 2.

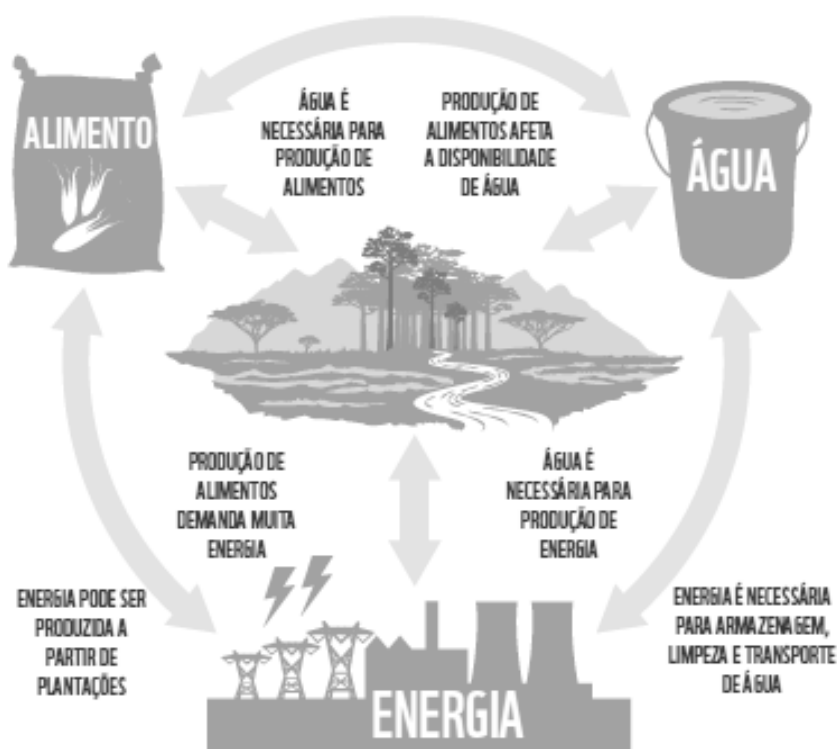


Figura 2 – Relações entre biosfera, segurança alimentar, hídrica e energética. Fonte: (WWF, 2014).

Dessa forma, torna-se urgente a busca por soluções que equilibrem estes consumos. Assim, baseado no conceito de limites planetários de Rockström et al.

(2009), e nas prioridades dos governos apresentadas na Rio +20, surgiu segundo Raworth (2012) a chamada “Rosquinha da Oxfam”, apresentada na figura 3.

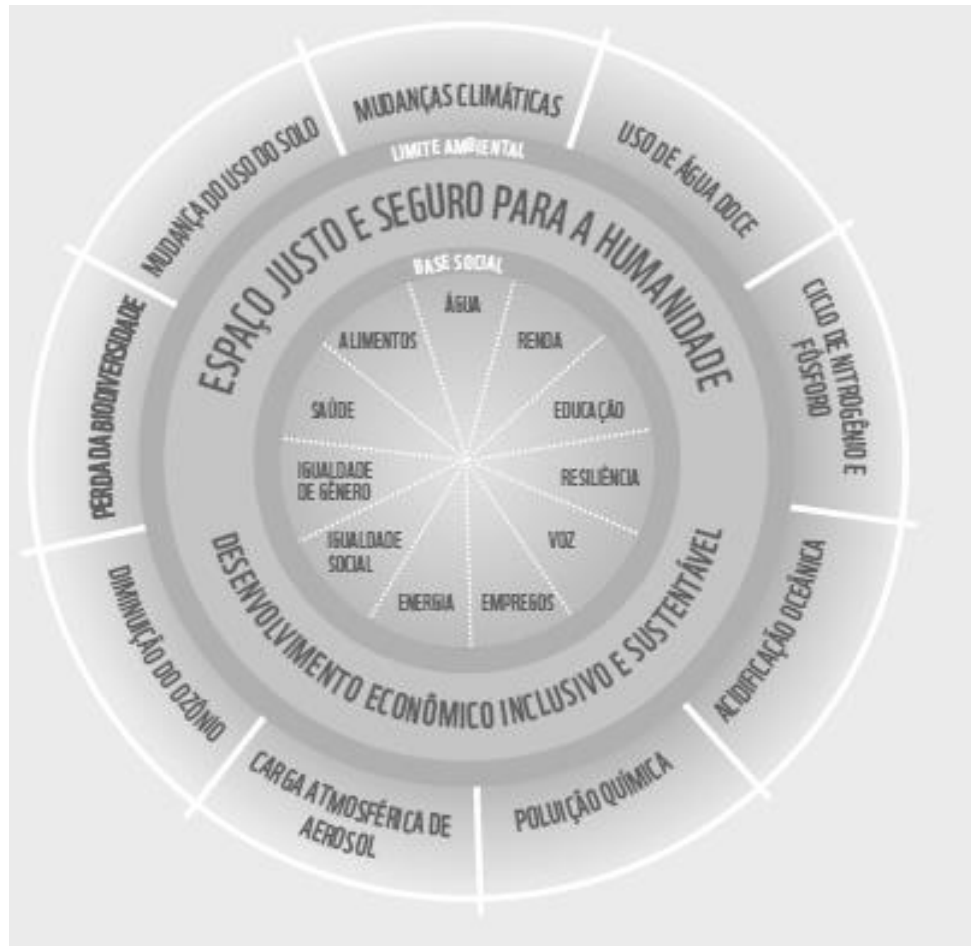


Figura 3 – Rosquinha de Oxfam. Fonte: (WWF, 2014).

A “Rosquinha da Oxfam” representa um espaço operacional seguro e justo para a humanidade, evitando que os limites planetários sejam ultrapassados, proporcionando um desenvolvimento econômico inclusivo e sustentável, deve se alcançar o equilíbrio dos itens da base social (água, alimentos, renda, educação, resiliência, voz, empregos, energia, igualdade social, igualdade de gênero, saúde) (RAWORTH, 2012).

2.2 Desenvolvimento Sustentável

Desenvolvimento sustentável implica em crescimento direcionado à satisfação de necessidades humanas básicas, usando tecnologias e matérias-primas de maneira que garantam que os recursos naturais continuarão disponíveis para o uso e a produtividade das gerações futuras (HOGAN, 1993).

Segundo WWF (2014) o desenvolvimento sustentável tem recebido grande destaque na agenda internacional durante os últimos 25 anos. As dimensões ambiental, social e econômica do desenvolvimento é um assunto tratado com seriedade pelas autoridades.

Outro conceito importante nesta área é a capacidade de suporte, que é a população máxima de uma dada espécie, numa determinada região, que pode ser sustentada indefinidamente, deixando lugar para mudanças sazonais e aleatórias, sem qualquer degradação da base de recursos naturais que diminuiria esta população máxima no futuro (KIRCHNER et al., 1985).

2.3 Gestão Ambiental

Gestão Ambiental é o conjunto de decisões e ações que devem ser tomadas pelos gestores, e que causam impacto no meio ambiente. Ela envolve planejamento, organização e orienta a empresa a alcançar metas ambientais específicas, em uma analogia, por exemplo, com o que ocorre com a gestão de qualidade (NILSSON, 1998).

As últimas décadas proporcionaram o surgimento de inúmeras ferramentas de gestão ambiental cuja aplicação é efetiva e os resultados são comprovados no setor industrial. Porém, a adoção dessas ferramentas, sobretudo dos sistemas de gestão ambiental, em áreas específicas do setor de serviços, como a educação, não tem acompanhado o setor industrial com a mesma velocidade. Desta forma, o aumento do consumo e custo crescentes com energia, água, materiais e com a necessidade de destinação adequada de resíduos sólidos fazem com que a implementação de tais ferramentas em instituições de ensino seja imprescindível; além disso, tais

medidas representam “uma demonstração clara da responsabilidade destas organizações na formação ética de profissionais e cidadãos e na construção de um futuro ambientalmente sustentável.” (FERES e ANTUNES, 2007, p.3).

Para a UNESCO (1999) as instituições educacionais têm um papel fundamental em relação à sustentabilidade e por isso, seus processos e serviços devem levar em consideração os níveis: individual, organizacional, político-econômico, sociocultural e ecológico.

De acordo com Zitzke (2002), a educação ambiental é um dos pilares do desenvolvimento sustentável, e contribui para a compreensão fundamental da relação e interação da humanidade com todo o ambiente e fomenta uma ética ambiental pública a respeito do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida, despertando nos indivíduos e nos grupos sociais organizados o desejo de participar da construção de sua cidadania.

2.4 Pegada Ecológica

A PE é um instrumento que soma os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-os em área correspondente de terra ou água existente na natureza, que seriam necessárias para sustentar o padrão de consumo do sistema analisado. (VAN BELLEN, 2006). De acordo com Fang et al. (2014) a PE é conhecida como uma ferramenta de comunicação eficaz para a sensibilização do público para os impactos ambientais decorrentes da produção e do consumo, visto que apresentam valores impactantes.

Para o WWF (2004), a PE mede a quantidade de terra biologicamente produtiva (ou biocapacidade) necessária para prestar os serviços que usamos: inclui áreas de cultivo, pastagens, áreas urbanizadas, estoques pesqueiros e florestas produtivas. Também inclui a pegada de carbono, que é a quantidade de floresta necessária para absorver as emissões adicionais de dióxido de carbono que os oceanos não conseguem absorver.

Um dos principais desafios da PE é determinar o sistema ou o ambiente que será o ponto de partida para avaliar sua validade como um indicador de avaliação ecológica. No que diz respeito às escalas de tempo e espaço, dependendo dos

objetivos e conhecimento do pesquisador, o seu sentido pode ser interpretado de diferentes maneiras como indicador unificado (CHEN et al.,2007).

Segundo o quarto relatório do IPCC (Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima), nos últimos 50 anos o aumento da temperatura global foi ocasionado por atividades humanas, como a queima da gasolina, que por ser um combustível fóssil, eleva a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás causador do efeito estufa, elevando a temperatura do planeta. Para Goldenberg e Lucon (2008), esse acúmulo do gás desregula o clima, causando enchentes, secas, tempestades, ondas de calor, entre outros efeitos degradantes ao meio ambiente. De acordo com Alvim et al. (2008) o CO₂ permanece por mais tempo na atmosfera do que outros gases e assim causa maior aumento na temperatura.

Barczak e Duarte (2012) apontam que outro problema sobre esta temática é que a mobilidade urbana tem crescido cada vez mais e, com isso, aumentam os congestionamentos, gerando maior poluição que se os veículos estivessem em movimento. Segundo informações do IPCC (2007), quando são consideradas apenas as emissões de fontes de transporte, o dióxido de carbono corresponde a 97% destas emissões. Em razão do consumo de combustíveis fósseis ser a força motriz da sociedade moderna e industrializada, tem havido crescente preocupação sobre a emissão e concentração de CO₂ que influencia o equilíbrio entre a radiação superfície da Terra e a atmosfera (CHEN et al., 2007).

Para mitigar estes efeitos do gás carbônico na atmosfera, uma solução interessante é a sua absorção através das áreas florestais existentes no planeta. Para isso, as informações obtidas por dados da PE mostram a área necessária de florestas no mundo para absorver e reter o dióxido de carbono.

Nos últimos anos, o surgimento de avanços tecnológicos, o aumento dos insumos agrícolas e a implantação de tecnologias que melhoram a irrigação estimularam um aumento de rendimento médio por hectare de áreas produtivas, especialmente em áreas de cultivo (WWF, 2014). Com isso, a biocapacidade total do planeta aumentou de 9,9 bilhões para 12 bilhões de hectares globais (gha) nos últimos 50 anos, como pode ser visto na figura 4. No entanto, no mesmo período, a população mundial aumentou de 3,1 bilhões para 7 bilhões. Então, embora a biocapacidade global tenha aumentado, não há o suficiente para todos – e a humanidade ficou para trás na sua busca para um futuro sustentável (WWF, 2014).

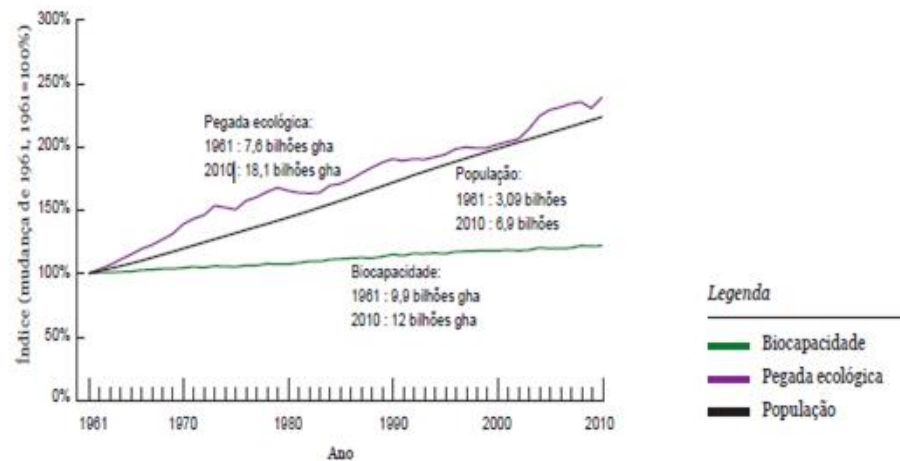


Figura 4 – Evolução da Pegada Ecológica Global. Fonte: (WWF, 2014).

Quando se faz uma análise da PE *per capita* dos países de acordo com seu padrão de renda, percebe-se que há um abismo imenso, como pode ser notado na figura 5.

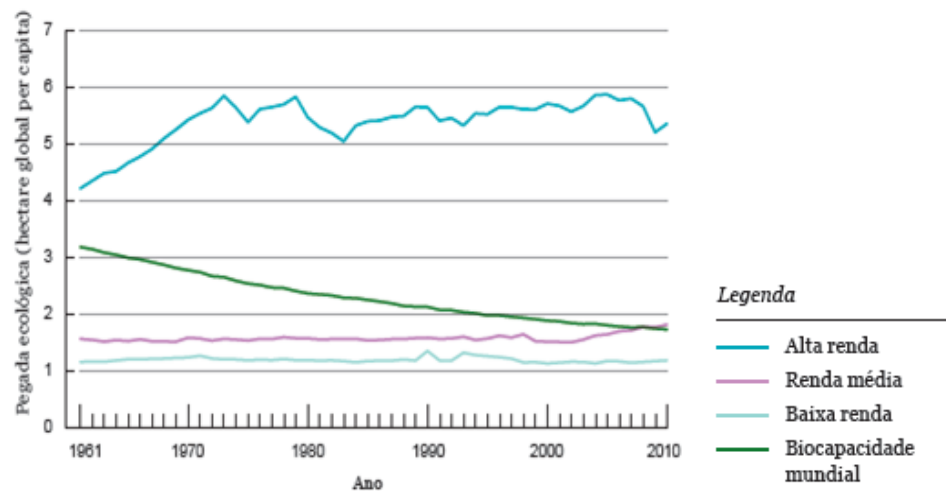


Figura 5 – Evolução da Pegada Ecológica *per capita*. Fonte: (WWF, 2014).

Analisando o gráfico da figura 5, percebe-se que há mais de meio século a PE *per capita* dos países de renda alta é maior do que a biocapacidade *per capita* do planeta, e estes países dependem em grande parte da biocapacidade de outros países para sustentar seu estilo de vida. Porém, a biocapacidade *per capita* está diminuindo, enquanto a PE *per capita* continua aumentando cada vez mais. Por outro lado, a PE *per capita* dos países de renda média também está aumentando, ultrapassando o valor da biocapacidade *per capita* do planeta.

2.5 Sustentabilidade em Instituições de Ensino Públicas

A sustentabilidade é um tema que desperta interesse no Governo Federal, e por isso há alguns projetos a fim de incentivar o desenvolvimento desta área.

Em junho de 2012, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e o Ministério da Educação firmaram o Termo de Adesão nº 2, com a finalidade de integrar esforços de órgãos governamentais para desenvolver ações destinadas à implantação do Projeto Esplanada Sustentável (PES), visando à melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos e à inserção da variável socioambiental no seu ambiente de trabalho (BRASIL, 2012).

No mês de Novembro de 2014 a Subsecretaria de Planejamento e Orçamento (SPO) do Ministério da Educação em parceria com a Secretaria de Educação Superior e Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica lançou o edital nº 1/2014, intitulado Projeto Desafio da Sustentabilidade sob a forma de uma consulta pública ocorrida entre os meses de novembro de 2014 e fevereiro de 2015, com o objetivo de identificar, avaliar e selecionar propostas inovadoras através da participação social, no qual os participantes deveriam apresentar ideias, além de avaliar e aprimorar ideias de outros participantes através de comentários acerca dos temas apresentados, acumulando pontos em conformidade com o sistema de pontuação previsto no regulamento, sendo que os 4 primeiros colocados seriam premiados (BRASIL, 2014).

Em Abril de 2015, o Ministério da Educação lançou um trabalho chamado Coletânea Desafio da Sustentabilidade. Neste projeto foram reunidas mais de 18 mil ideias referentes à busca de soluções para a redução dos gastos com água e energia elétrica nas instituições federais de ensino. As ideias foram selecionadas e analisadas por uma equipe de especialistas nas áreas hídrica e energética, que verificou a viabilidade e o custo das ideias com base em critérios técnicos. (BRASIL, 2015b).

Ainda em Abril de 2015, o Ministério da Educação lançou a Portaria nº 370/2015 para a normatização dos termos da Coletânea Desafio da Sustentabilidade, determinando que todos os órgãos e unidades da administração direta do Ministério da Educação, bem como as autarquias, fundações e empresas públicas vinculadas a este Ministério deveriam integrar esforços para o

desenvolvimento de ações destinadas à melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos. Para fins do cumprimento dos objetivos de que trata a portaria, os órgãos e entidades mencionados deverão adotar um modelo de gestão estruturado na implementação de ações voltadas para o uso racional de recursos, em consonância com os programas já existentes no Governo Federal, que são: Programa de Eficiência do Gasto Público (PEG); Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos (Procel EPP); Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P); Coleta Seletiva Solidária; e Projeto Esplanada Sustentável (PES) (BRASIL, 2015c).

3 ARTIGOS

3.1 ARTIGO 1

Estudo Bibliométrico Sistematizado Sobre Pegada Ecológica

REVISTA A SER SUBMETIDO: ACTA BIOMÉDICA

RESUMO

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SISTEMATIZADO SOBRE PEGADA ECOLÓGICA

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão bibliométrica sistematizada do tema Pegada Ecológica na base de dados Scopus, para criar um ponto de partida para pesquisas mais aprofundadas neste tema e traçar um perfil das publicações deste tema. A pesquisa em questão foi realizada em Agosto de 2015, e aconteceu através de buscas com a palavra chave “*Ecological Footprint*”, na base de dados Scopus. O resultado dessa pesquisa retornou 2772 publicações, com 1910 destas sendo artigos científicos, que passaram por uma análise mais aprofundada, quanto ao título do periódico em que foram publicados, autor da publicação, área de interesse, ano, nacionalidade da instituição a qual o autor está filiado e instituição de filiação. Após isso, foram selecionados artigos dos principais autores, e com maior semelhança ao trabalho apresentado nesta pesquisa, para servir como ponto de partida para uma pesquisa mais ampla no tema Pegada Ecológica.

PALAVRAS CHAVE: Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Sustentabilidade

ABSTRACT

STUDY ON ECOLOGICAL FOOTPRINT BIBLIOMETRIC SYSTEMATIZED

The objective of this work is to make a systematic review of bibliometric Ecologic Footprint theme in the Scopus database, to create a starting point for more in-depth research in this area and draw a profile of publications on this theme. The research in question took place in August 2015 and happened by searching with the keyword "Ecological Footprint" in the Scopus database. The result of this search returned 2772 publications, with 1910 of these being scientific articles, which underwent further analysis , as the title of journal they were published , author of the publication, area of interest, year, nationality of the institution to which the author and membership is affiliated institution. Thereafter, articles were selected from leading authors and greater resemblance to the work presented in this research, to serve as a starting point for broader research on the topic Ecological Footprint .

KEY WORDS: Environmental Management, Environmental Education, Sustainability

1 INTRODUÇÃO

A revisão bibliométrica sistematizada, ou bibliometria, é uma técnica interessante para iniciar a elaboração de trabalhos de pesquisas acadêmicas. O levantamento bibliométrico deve ser elaborado através da criação de tópicos, palavras-chaves de consulta, período, definição das bases de dados (SCOPUS, ISE, entre outras), entre outros. Esta ferramenta proporciona ao pesquisador maior segurança para definir os limites da pesquisa (CONFORTO et al., 2011).

Costa (2010) define que a revisão bibliométrica sistematizada é o estudo de técnicas e métodos para o desenvolvimento de medidas para documentos e informações, buscando associar estatística à pesquisa bibliográfica. Dessa forma, a bibliometria tem o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de uma metodologia que poderá ser sempre aplicada, de acordo com a necessidade.

A Pegada Ecológica (PE) é uma ferramenta de avaliação, proposta por Wackernagel e Rees (1996), e que representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade. Para Van Bellen (2006), a PE é um instrumento que totaliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-os em área correspondente de terra ou água existentes na natureza para sustentar o padrão de consumo do sistema analisado.

Para chegar-se à PE, calcula-se em hectares a quantidade de terra e água produtivas utilizada para a obtenção dos recursos consumidos, assim como para a absorção dos resíduos gerados, devendo ser, de maneira geral, menor do que sua porção de superfície ecologicamente produtiva.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é fazer uma revisão bibliométrica sistematizada do tema PE na base de dados Scopus, para criar um ponto de partida para pesquisas mais aprofundadas neste tema e traçar um perfil das publicações deste tema. Em função deste objetivo geral, os objetivos específicos são: pesquisar

o tema PE na base de dados Scopus; classificar as publicações deste tema conforme alguns parâmetros analisados;

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Pereira et al. (2011) apresentaram uma pesquisa bibliométrica, com o objetivo de investigar a presença do tema Sustentabilidade Socioambiental nos artigos do “International Journal of Operations & Production Management” e traçar um paralelo da pesquisa realizada com artigos publicados em periódicos brasileiros relevantes de Gestão Operacional.

Júnior et al. (2012) elaboraram um artigo com o objetivo de verificar as características da produção científica dos artigos sobre o tema sustentabilidade ambiental no Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI, no período de 1998 a 2011.

Oliveira et al. (2012) analisaram a produção científica sobre responsabilidade socioambiental nos 10 principais periódicos nacionais de Turismo, de 2001 a 2011, através de um estudo bibliométrico exploratório-descritivo e abordagem quantitativa.

Júnior et al. (2013) fizeram um artigo com o intuito de verificar as características da produção científica dos artigos sobre o tema sustentabilidade ambiental no Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI, no período de 1998 a 2011.

Peloso et al. (2013) fizeram um balanço da produção científica na área da administração de empresas sobre sustentabilidade ambiental, bem como verificaram os subtemas predominantes assim como o perfil metodológico de tais produções. Para tanto, foi feita uma análise bibliográfica e bibliométrica, sob uma avaliação crítica das publicações mais abordadas da área da Administração no Brasil do ano de 2008 até 2012 em revistas com periódicos classificados como A1, A2, B1, B2 e B3 listados pela CAPES.

Ribeiro e Corrêa (2013) elaboraram uma pesquisa bibliométrica e sociométrica para investigar a produção científica da temática gestão socioambiental publicada pela Revista de Gestão Social e Ambiental, no período de 2007 a 2012.

Souza et al. (2013) elaboraram uma bibliometria para verificar as características da produção científica das teses e dissertações que tratam do tema sustentabilidade ambiental em programas stricto sensu de administração do Brasil, no período de 1998 a 2009.

Lima (2014) elaborou uma dissertação em que analisou o desenvolvimento dos estudos sobre sustentabilidade por meio da análise bibliométrica das publicações sobre o tema nos periódicos nacionais classificados pela CAPES de A1 a B1 nas áreas de Gestão e Contabilidade entre os anos de 2011 e 2012.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa realizou-se uma extensa revisão da literatura na base de dados Scopus (o motivo de escolha desta base foi pela abrangência de publicações que a mesma possui no mundo acadêmico científico), de forma a encontrar artigos sobre o tema PE, que possam servir de ponto de partida para futuros trabalhos sobre esse assunto. Tal pesquisa foi realizada no mês de Agosto de 2015, e teve início definindo as palavras chaves para as buscas. Então, foi definido como palavra chave o próprio termo “Pegada ecológica”, porém como a base de dados Scopus não aceita termos em português para a pesquisa, foi pesquisada apenas a palavra chave em inglês “*Ecological Footprint*”.

Após a pesquisa, os resultados foram apresentados divididos quanto ao tipo de documento. Então, foram selecionados apenas os artigos para uma análise mais aprofundada, quanto ao título do periódico em que foram publicados, autor da publicação, área de interesse, ano, nacionalidade da instituição a qual o autor está filiado e instituição de filiação. Então, foram selecionados artigos dos principais autores, e que avaliavam a PE, para servir como ponto de partida para uma pesquisa mais ampla nesta área.

4 RESULTADOS

A pesquisa na base de dados Scopus apresentou 2772 resultados, quando pesquisado o termo “*Ecological Footprint*”. Dentre estes resultados, foi realizada uma separação de acordo com o tipo de documento de cada publicação. De acordo com a tabela 2, pode-se notar que os artigos representam a maior parte de publicações deste tema.

Tabela 2 – Classificação dos tipos de publicações na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Tipo de documento | Resultado |
|--------------------------|------------------|
| Artigo | 1910 |
| Pôster de Congresso | 483 |
| Revisão | 157 |
| Capítulo de livro | 83 |
| Article in Press | 47 |
| Nota | 23 |
| Amostra Curta | 21 |
| Revisão de Congresso | 18 |
| Livro | 14 |
| Carta | 5 |
| Editorial | 5 |
| Erratum | 2 |
| Relatório de Resumo | 1 |
| Não definido | 3 |

Assim, foram selecionados apenas os artigos publicados para um estudo mais detalhado. E então, estes artigos foram analisados de acordo com o título do periódico, país da publicação, autor e ano de publicação.

4.1 Título do periódico

Para a análise deste item foram listados na tabela 3 os 10 títulos de periódicos com o maior número de resultados dentre os artigos pesquisados na base de dados SCOPUS no tema PE.

Tabela 3 – Periódicos com maior número de artigos publicados na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Título do periódico | Resultado |
|--|------------------|
| Ecological Economics | 97 |
| Shengtai Xuebao Acta Ecologica Sinica | 90 |
| Ecological Indicators | 78 |
| Journal of Cleaner Production | 35 |
| Journal of Industrial Ecology | 30 |
| Plos One | 29 |
| Enviromental Science and Technology | 28 |
| Dongbei Daxue Xuebao Journal of Northeastern University | 24 |
| International Journal of Sustainable Development and World Ecology | 23 |
| Sustainability Switzerland | 23 |

Através de uma análise da tabela 3, pode-se notar que as revistas Ecological Economics, Shengtai Xuebao Acta Ecologica Sinica e Ecological Indicators possuem um número muito grande de publicações deste tema. Estas três revistas juntas respondem por 13,87% das publicações de artigos científicos na área pesquisada.

4.2 Nacionalidade da instituição

Para a análise deste item foram listados na tabela 4 os 10 países com maior número de filiação de autores, das publicações do tema analisado, de acordo com o número de resultados encontrados na pesquisa.

Tabela 4 – Países com mais filiações de autores na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Nacionalidade | Resultado |
|----------------------|------------------|
| EUA | 445 |
| China | 416 |
| Reino Unido | 188 |
| Canadá | 144 |
| Austrália | 114 |
| Alemanha | 100 |
| Espanha | 92 |
| Itália | 83 |
| Holanda | 70 |
| França | 67 |

De acordo com a tabela 4, pode-se notar que os EUA possuem um número muito grande de resultados deste tema, seguidos de perto pela China. Estes dois países juntos possuem quase 5 vezes o número de publicações do terceiro colocado desta lista, o Reino Unido. Ou seja, de acordo com a pesquisa, as publicações no tema PE estão polarizadas nestes dois países.

A classificação dos 10 países com maior número de filiação também está apresentada de forma gráfica na figura 6.

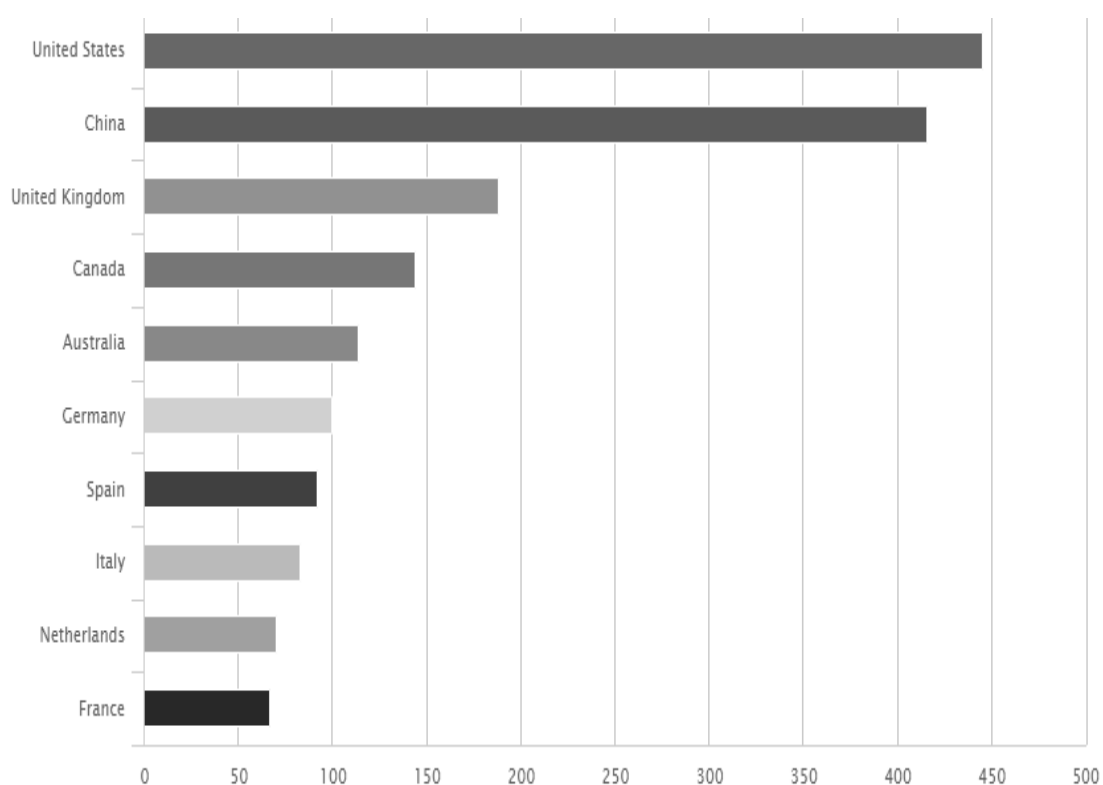


Figura 6 - Países com mais filiações de autores na base SCOPUS. Fonte: (SCOPUS, 2015).

Analisando a figura 6, fica ainda mais evidente o contraste entre o número de publicações dos EUA e China em relação aos outros países.

4.3 Autor

Para a análise deste item foram listados na tabela 5 os 10 autores com o maior número de artigos encontrados na pesquisa, para o tema analisado, de acordo com o número de resultados.

Tabela 5 – Autores com mais publicações na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Autor | Resultado |
|-----------------|------------------|
| Wackernagel, M. | 26 |
| Gu, X.W. | 26 |
| Wang, Q. | 22 |
| Galli, A. | 18 |
| Lenzen, M. | 16 |
| Liu, J.X. | 14 |
| Rees, W.E. | 14 |
| Moles, R. | 13 |
| Herva, M. | 12 |
| Kissinger, M. | 12 |

De acordo com a tabela 5, pode-se notar que Gu, X.W. e Wackernagel, M. possuem o maior número de publicações deste tema. A classificação dos 10 autores com mais publicações na base de dados SCOPUS está apresentada de forma gráfica na figura 7.

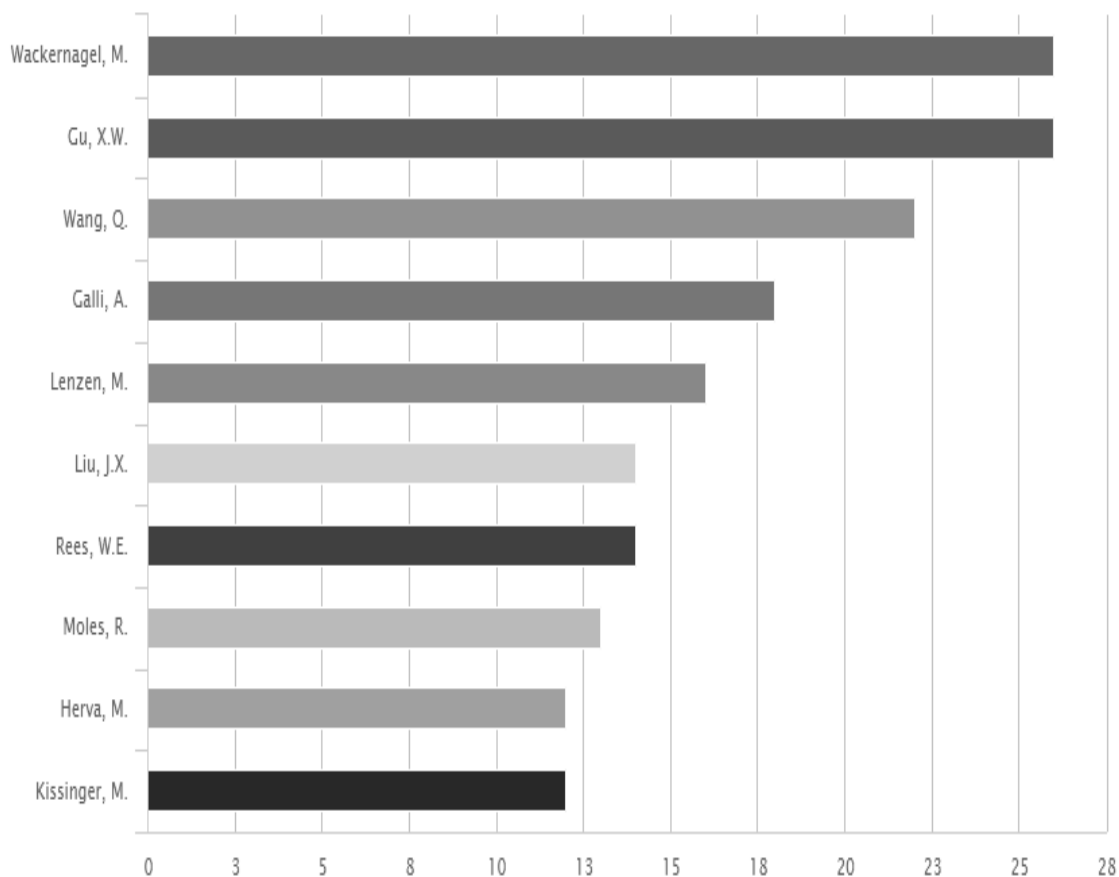


Figura 7 - Autores com mais publicações na base SCOPUS. Fonte: (SCOPUS, 2015).

4.4 Área de interesse

Para a análise deste item foram listadas na tabela 6 as 10 áreas de interesse com o maior número de artigos encontrados na pesquisa, para o tema analisado, de acordo com o número de resultados.

Tabela 6 – Áreas de interesse com mais publicações na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Área de Interesse | Resultado |
|-----------------------------------|------------------|
| Ciência Ambiental | 1183 |
| Agricultura e Ciências Biológicas | 603 |
| Ciências Sociais | 493 |
| Engenharia | 217 |
| Economia, Econometria e Finanças | 193 |
| Terra e Ciências Planetária | 191 |
| Energia | 178 |
| Negócios, Gestão e Contabilidade | 98 |
| Medicina | 94 |
| Ciências da Decisão | 81 |

De acordo com a tabela 6, pode-se notar que Ciência Ambiental possui um número muito maior de resultados que as demais áreas, com quase o dobro das publicações da área Agricultura e Ciências Biológicas, que está em segundo lugar na lista das áreas com maior número de publicações.

4.5 Instituição

Para a análise deste item foram listadas na tabela 7 as 10 instituições com o maior número de artigos encontrados na pesquisa, para o tema analisado, de acordo com o número de resultados.

Tabela 7 – Instituições com mais publicações na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Instituição | Resultado |
|--|------------------|
| Chinese Academy of Sciences | 58 |
| Graduate University of Chinese Academy of Sciences | 33 |
| Northeastern University China | 33 |
| The University of British Columbia | 29 |
| Peking University | 22 |
| The University of Sidney | 22 |
| Universitade gli Studi di Siena | 21 |
| Global Footprint Network | 20 |
| Norges Tekninsk Naturvitenskapelige University | 20 |
| Universidad de Santiago de Compostela | 20 |

De acordo com a tabela 7, pode-se notar que Chinese Academy of Sciences possui um número muito maior de resultados que as demais instituições, com quase o dobro do número de publicações que a segunda colocada nesta lista, a Graduate University of Chinese Academy of Science. A classificação das 10 instituições com mais publicações na base de dados SCOPUS está apresentada de forma gráfica na figura 8.

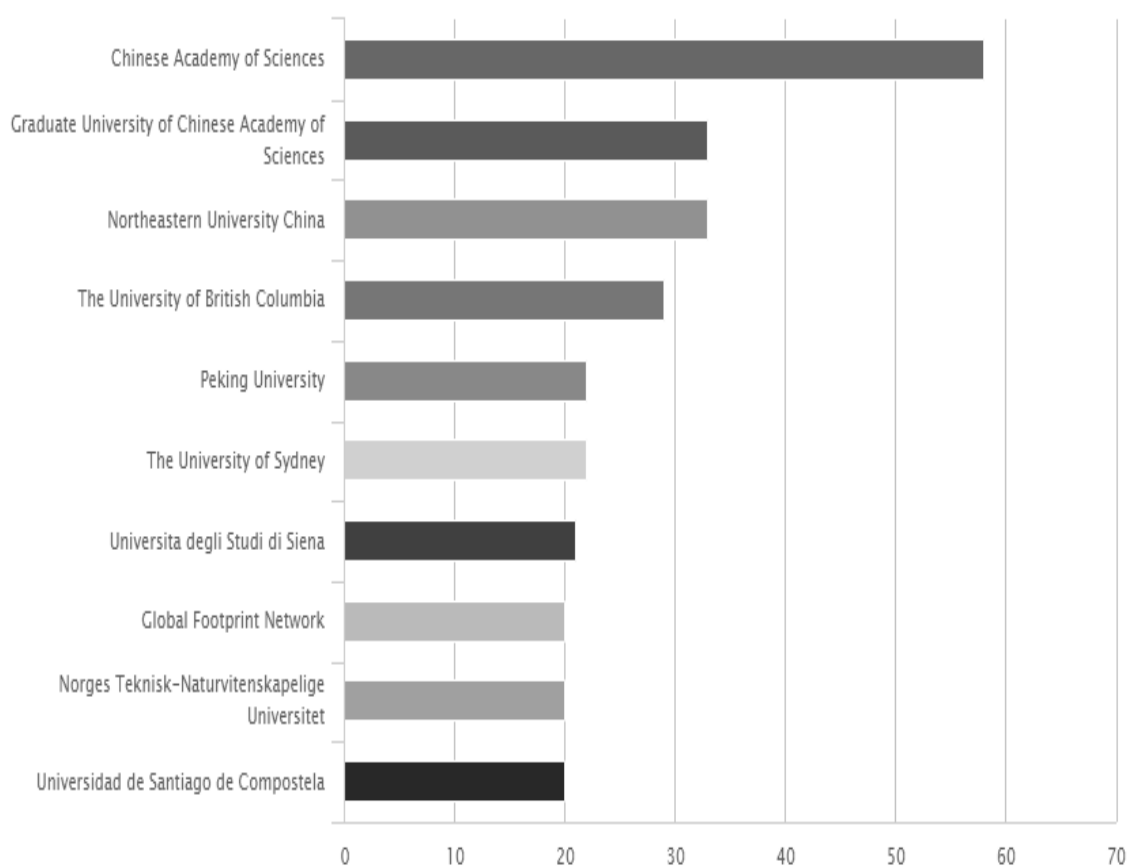


Figura 8 - Instituições com mais publicações na base SCOPUS. Fonte: (SCOPUS, 2015).

Analisando a figura 8, nota-se o contraste entre a instituição com maior número de publicações sobre a PE e as demais.

4.6 Ano da publicação

Para a análise deste item foram considerados todos os anos das publicações do tema analisado, de acordo com o número de resultados. De acordo com a tabela 8, pode-se notar que o tema obteve seu auge nos anos de 2013 e 2014, mas ainda assim é um tema bastante atual, visto que no ano de 2015 há 142 publicações até o mês de Agosto (quando foi feita esta pesquisa).

Tabela 8 – Número de publicações nos últimos 10 anos na base SCOPUS. Fonte: o autor.

| Ano | Resultado |
|-------------------|------------------|
| 2015 (até Agosto) | 142 |
| 2014 | 234 |
| 2013 | 234 |
| 2012 | 232 |
| 2011 | 205 |
| 2010 | 193 |
| 2009 | 167 |
| 2008 | 144 |
| 2007 | 110 |
| 2006 | 67 |

Na figura 9 é apresentado o resultado das publicações por ano de forma gráfica. Fazendo uma análise através da figura 9 fica visível o crescimento do número de publicações no tema PE com o passar do tempo. Nota-se que a temática cresceu muito a partir do ano de 2007.

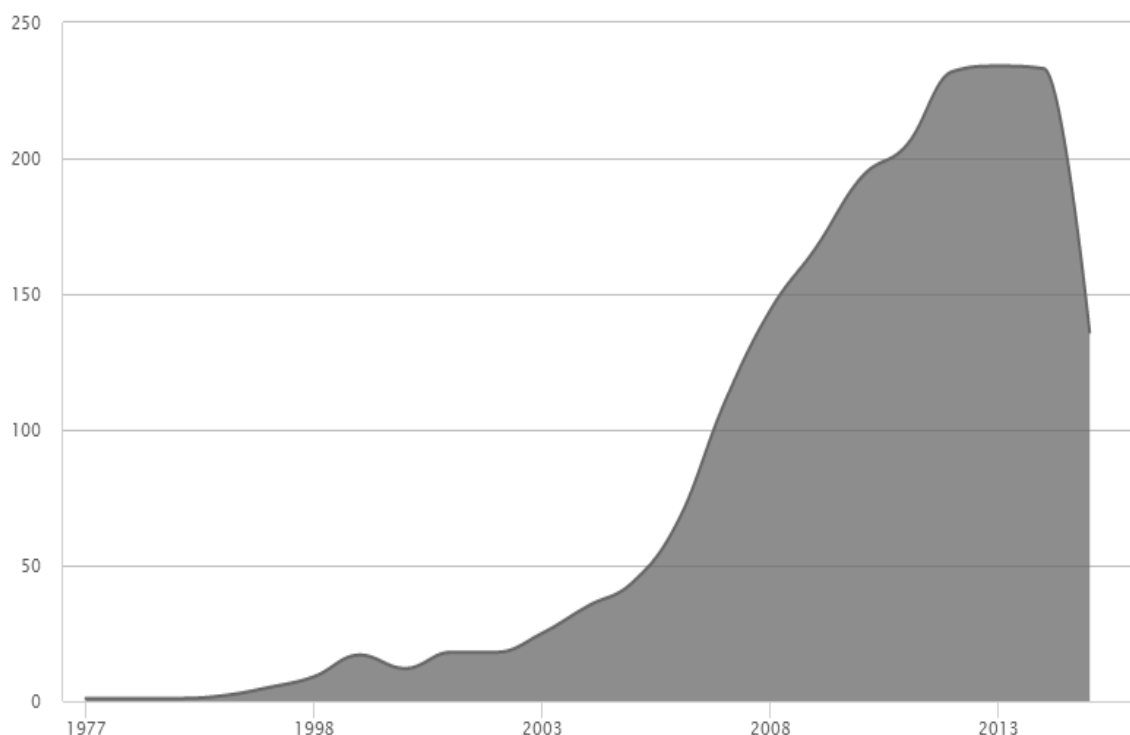


Figura 9 – Classificação por ano dos artigos publicados na base SCOPUS. Fonte: (SCOPUS, 2015).

5 RESULTADO DAS ANÁLISES

Através da pesquisa realizada neste trabalho, foram selecionados alguns artigos sobre o tema PE e com isso foi elaborado um fichamento do resumo de cada um deles com a intenção de sintetizar o objetivo do trabalho, a metodologia aplicada e as conclusões dos autores dos trabalhos. Eles serão apresentados em ordem cronológica e alfabética, caso tenham sido publicados no mesmo ano.

Vuuren e Smets (1999) elaboraram um artigo intitulado “Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands”, descrevendo a aplicação da ferramenta PE aos países Benin, Butão, Costa Rica e na Holanda em 1980, 1987 e 1994. Os resultados da avaliação são discutidos e utilizados para discutir o potencial atual e limitações da PE como um indicador de desenvolvimento sustentável. A metodologia definida originalmente foi ligeiramente adaptada pelos autores, que se concentraram em componentes individuais da PE (emissões terrestres e de dióxido de carbono), e fizeram uso de dados locais em vez de médias globais. Os dados disponíveis sugerem o aumento do uso da terra em todos os quatro países,

enquanto o uso da terra per capita diminui. A PE para a emissão de dióxido de carbono aumenta em todos os quatro países, tanto per capita quanto em termos absolutos.

Holmberg et al. (2000) elaboraram uma revisão do método de avaliar a PE a partir de uma perspectiva de sustentabilidade com base nos princípios de primeira ordem. Os autores examinaram quais aspectos da sustentabilidade já são cobertos pelas metodologias de PE existentes e quais outros aspectos da sustentabilidade poderiam ser cobertos por ela.

Lenzen e Murray (2000) elaboraram um artigo com o título “A modified ecological footprint method and its application to Australia”, e apresentaram um novo cálculo da PE da Austrália, uma vez que os autores detectaram a necessidade de alterações no conceito como originalmente proposto como forma de corrigir as deficiências percebidas.

Gossling et al. (2002) elaboraram um artigo intitulado “Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability”, com o objetivo de fornecer um quadro metodológico para o cálculo da PE relacionada com turismo de lazer, aplicada às Ilhas Seychelles. Como muitas Ilhas tropicais, Seychelles também é bastante dependente de receitas geradas por turistas que utilizam meio de transporte aéreo para chegar à Ilha.

Van Bellen (2003) elaborou um artigo com o título “Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação”, que apresenta as principais características de três métodos para mensurar o grau de sustentabilidade do desenvolvimento. Estes métodos foram selecionados por especialistas que atuam em diferentes esferas da sociedade e que lidam com o conceito de desenvolvimento sustentável. Os métodos descritos e analisados são o Ecological Footprint, o Dashboard of Sustainability e o Barometer of Sustainability.

Haberl et al. (2004) elaboraram um artigo que compara a PE com a técnica HANPP (Apropriação Humana da Produção Primária Líquida) , através de um estudo das questões de pesquisa de condução sobre cada abordagem, examina o quanto elas conseguem responder às suas respectivas perguntas, e discute a utilidade dos resultados para avaliar a sustentabilidade regional ou global.

Oliveira et al. (2005) elaboraram artigo intitulado “Ethanol as fuel: energy, carbono dioxide balances, and ecological footprint”, através de um estudo

comparando os benefícios e impactos ambientais do uso do etanol combustível, no Brasil e no Estados Unidos, usando a ferramenta PE desenvolvida.

Wackernagel et al.(2006) elaboraram um artigo que descreve a PE. Depois de explicar as premissas por trás da PE e descrever alguns resultados representativos, o artigo fornece exemplos de como esta ferramenta pode ajudar os governos locais na gestão dos seus ativos ecológicos, e apoiar os seus esforços de sustentabilidade.

Liu et al. (2007) calcularam a PE dos três setores industriais na China, através de um estudo em que analisaram a relação entre os insumos e o produto final.

Li *et al.* (2008) calcularam a PE da Universidade Northeastern, em Shenyang na China, no ano de 2003. Os componentes considerados neste estudo incluíram o consumo energético (carvão, gás natural e eletricidade), consumo de alimentos, produção de resíduos, abastecimento de água, transporte e consumo de papel.

Negro (2008) desenvolveu um artigo intitulado “Hacia El desarrollo sostenible de organizaciones y empresas: La huella ecológica corporativa y su aplicación a un productor de mejillón em Galicia (España)”, com o objetivo de identificar quais as atividades realizadas pela empresa Alfa, localizada em Ría de Arousa na Galícia, geram uma PE maior e também analisar a evolução do indicador no período do estudo.

Rodríguez et al. (2008) fizeram um relatório, calculando a PE da Universidade de Santiago de Compostela, avaliando os parâmetros consumo de energia, combustível, água, papel e também a área construída da Universidade. Neste relatório, utilizaram alguns dos fatores de emissão usados no trabalho proposto nesta dissertação.

Wang et al. (2008) calcularam a PE para analisar o efeito do consumo familiar dos estudantes de cinco escolas primárias e secundárias em Shenyang, China. Os resultados mostraram que a comida foi o maior componente da PE das famílias dos alunos, sendo responsável por 71% da PE total de pessoal.

Coutinho et al. (2009) fizeram um artigo intitulado “Avaliação da sustentabilidade ambiental das comunidades ante as transformações socioambientais oriundas da implantação do Complexo Portuário do Açú”, com o objetivo de efetuar a avaliação dos impactos ambientais do Complexo Portuário Industrial do Açú (São João da Barra–RJ), com ênfase no impacto oriundo do processo de adensamento urbano, ocasionado pelo poder de centralidade inato de grandes empreendimentos como esse. Dessa forma o presente estudo mensura e

avalia os impactos decorrentes do processo de concentração populacional da AID (Área de Influência Direta) do empreendimento. Para isso efetuar esta análise, foi utilizada a metodologia PE, como ferramenta para avaliar o impacto do processo de crescimento da população e suas implicações na capacidade de suporte ambiental da área em estudo.

Kissinger e Ress (2009) utilizaram duas ferramentas de avaliação de sustentabilidade existentes, material flow analysis (MFA) e a PE para estimar a área de ecossistema terrestre e outros insumos físicos utilizados nas pradarias canadenses para satisfazer a demanda e para ligar essa produção para processos documentados de degradação ecológica. Amaral (2010) elaborou uma monografia, calculando a PE do campus de São Carlos da Universidade de São Paulo, avaliando os parâmetros consumo de energia elétrica, água, papel e combustível, pela instituição, professores e alunos, além da pegada da área construída pelo campus.

Carvalho et al. (2010) fizeram um artigo com o objetivo avaliar algumas das principais fontes de gases do efeito estufa relacionadas à agricultura e mudança do uso da terra e, ainda, apresentar estratégias para mitigar tais emissões e aumentar o sequestro de Carbono no sistema solo planta, em três dos principais biomas do Brasil

Herva et al. (2010) desenvolveram uma metodologia para estimar os resíduos tóxicos e perigosos considerando um ciclo fechado modelado por um processo de plasma, um fenômeno que ocorre naturalmente em estrelas e vulcões. Os resíduos provenientes da indústria podem ser tratados num processo de gaseificação do plasma térmico, e, através do desenvolvimento de uma metodologia para descrever este processo, a PE de resíduos perigosos foi calculada.

Lisboa e Barros (2010) fizeram um artigo intitulado “A PE como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina”, que aborda o questionamento sobre a sustentabilidade das cidades utilizando o instrumento da PE para uma análise ambiental da cidade de Londrina, mensurando sua Pegada. O método de Wackernagel e Ress, que calcula a biocapacidade média em pegadas na escala planetária, foi referência para a autora ao aplicar o mesmo método em sua pesquisa adaptando-o para a escala urbana.

Walsh et al. (2010) elaboraram um trabalho com o intuito de incorporar maior relevância nacional, expandindo a estimativa de sequestro de carbono usada para calcular a pegada de carbono anual do consumo de energia da Irlanda.

Fasiaben et al. (2011) elaboraram um artigo intitulado “Avaliação dos componentes da PE brasileira no contexto mundial e o papel da bovinocultura”, e efetuaram um trabalho para avaliar a relevância de ações de enfrentamento das condicionantes ambientais ligadas à pecuária brasileira, como forma de alavancar seu crescimento com o mínimo de danos ao meio ambiente. Foi utilizado o indicador ambiental PE para expressar a pressão que o consumo humano efetua sobre o meio ambiente, no Brasil e no mundo. A partir da pesquisa no banco de dados internacionais da Global Footprints Network foi feito o agrupamento de países segundo a participação de cada um dos principais componentes que integram a PE.

Dexheimer (2012) produziu uma tese de doutorado intitulada “A pegada ecológica dos incidentes rodoviários”, com a finalidade de modelar a PE de incidentes rodoviários que interrompem o fluxo normal de circulação dos veículos. A PE no setor de transportes é mensurada pela área hipotética que deveria ser reservada para a absorção do CO₂ emitido. O método proposto e aplicado no trabalho em questão proporciona a identificação dos incidentes, particularmente acidentes viários e obras de manutenção de vias, em termos de PE. O estudo de caso foi realizado em uma rodovia de pista simples através da simulação de tráfego.

Galli et al. (2012) elaboraram um trabalho em que analisou as PE da Índia e da China, de forma a comprovar que o índice da China está crescendo muito enquanto na Índia se mantém mais estável, o que prova que decisões tomadas nestes países serão de fundamental importância para a futura sustentabilidade global.

Gottlieb et al. (2012a) elaboraram a PE, tanto da instituição quanto dos indivíduos, de uma escola secundária na cidade de Haifa, Israel, através de quatro componentes principais: energia elétrica, transporte, alimentação e materiais. Com base nos resultados, desenvolveu cenários de redução de potencial futuro da PE.

Gottlieb et al. (2012b) descreveram o processo de integração do conceito de PE numa escola pública de nível médio em Haifa, Israel, analisando a PE da escola, e discutindo suas contribuições à educação para sustentabilidade das escolas.

Hanafiah (2012) elaborou um artigo intitulado “Comparing the ecological footprint with the biodiversity footprint of products”, através de um estudo que compara as pegadas ecológicas com as pegadas de biodiversidade de produtos que resultam de uso da terra e as emissões de dióxido de carbono. Foi usado um conjunto de dados de 1.340 sistemas de produtos subdivididos em 13 grupos de

produtos, que inclui vários tipos de geração de energia e produção de material. Como a interpretação da pegada de biodiversidade pode ser diferente da PE, a inclusão de impactos sobre a biodiversidade foi considerada no cálculo da pegada de produtos.

Herva et al. (2012) utilizaram duas metodologias de avaliação ambiental, a EMFA (Análise de Fluxo de Materiais e Energia) e a PE para avaliar uma fábrica de costura que produziu jaquetas no período entre 2002 e 2005.

Kumar e Imam (2012) elaboraram um artigo com o título “Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure”, com o objetivo de realizar uma revisão para sintetizar o conhecimento existente sobre este tema, destacar os avanços recentes e discutir pesquisa.

Myiوشي e Mason (2012) elaboraram um artigo intitulado “The damage cost of carbono dioxide emissions produced by passengers on airport surfasse acess: the case of Manchester Airport”, com o objetivo de estimar as emissões de carbono de passageiros no aeroporto de Manchester, através do cálculo da pegada de carbono dos mesmos.

Scipioni et al. (2012) elaboraram um artigo intitulado “Monitoring the carbono footprint of products: a methodological proposal”, que oferece um modelo de monitoração dos Gases do efeito Estufa, com base nas normas ISO publicadas, através do uso da Pegada de Carbono. Os resultados mostram que, integrando as principais normas ISO para as emissões de gases de efeito estufa, seria ideal que houvesse a criação de empresas para fiscalizar as emissões relacionadas com os produtos em todo o seu ciclo de vida.

Antun e Baldin (2013) elaboraram um artigo intitulado “Pegada Ecológica: percepção de crianças em caminhadas na natureza”, que apresenta o objetivo de demonstrar o quanto crianças ficam sensibilizadas ao serem confrontadas com as marcas que deixamos no planeta, através da análise da PE. Como forma de avaliar as marcas deixadas, foram feitas caminhadas ecológicas com crianças de 9 a 10 anos de idade (tais crianças eram estudantes dos 4º e 5º anos do ensino fundamental) na cidade de Guaratuba, Paraná. Para o estudo da percepção das crianças quanto às marcas deixadas por onde passamos aplicou-se o questionário – já validado – da PE e as crianças participantes foram avaliadas mediante a pontuação obtida através da soma de cada uma das respostas dadas às questões, sobre os componentes relevantes para o cálculo da PE: a energia elétrica em casa;

a energia elétrica na escola; a alimentação em casa; a alimentação na escola; a água; o consumo; o transporte e a coleta seletiva de resíduos sólidos. A pontuação final demonstra um valor bastante alto da PE, ressaltando um consumo desenfreado e revelando a forma de viver dessas crianças.

Galli et al. (2013) desenvolveram um modelo ambiental de análise das inputs e outputs do processo para o grupo de famílias da PE. Embora seja incapaz de controlar todo o consumo, quando as PE são agrupadas dentro deste modelo é possível avaliar a apropriação de ativos ecológicos, as emissões de gases do efeito estufa, consumo de água doce e poluição associada com o consumo de produtos e serviços específicos dentro de um e determinado país.

Kissinger (2013) apresentou e analisou em seu trabalho quatro abordagens para o cálculo da PE para consumo de alimentos pelo período de um ano no Canadá, para averiguar qual das abordagens apresenta resultados mais satisfatórios.

Kissinger et al. (2013) elaboraram um artigo calculando a PE urbana e identificaram que os resíduos sólidos das cidades são um agravante, quando não há a coleta adequada.

Mengual et al. (2013) elaboraram um artigo intitulado “Environmental and self-sufficiency assessment of the energy metabolism of tourist hubs on Mediterranean Islands: The case of Menorca (Spain)”, que descrevem sua pesquisa para estimar o metabolismo energético de polos turísticos da Ilha Menorca (Espanha), integrando métodos sociais, geográficos e ambientais. A mobilidade (externa e interna) e o consumo de serviços de hospedagem foram mensurados por meio de entrevistas com turistas e gerentes de negócios locais. Foi realizada uma avaliação ambiental, que calculou as emissões de CO₂ e potencial de autossuficiência energética.

Moore et al. (2013) escreveram um artigo com o título “Na urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver” com o objetivo de demonstrar a aplicação da metodologia *bottom-up* da PE, analisando o metabolismo urbano do Metro de Vancouver, através de uma quantificação da energia gasta e do consumo de material feito pelos usuários deste sistema de transporte.

Saravia-Cortez et al. (2013) elaboraram um trabalho que apresenta os resultados da avaliação da sustentabilidade ambiental, feita através da PE, de uma empresa que fabrica produtos de madeira, localizada na Espanha.

Fang et al. (2014) elaborou um trabalho com o intuito de desenvolver uma família de PE. Com base na revisão da literatura em áreas afins, o autor descreve as pegadas da energia, carbono e água que são utilizados como indicadores selecionados para definir uma família pegada. Uma breve pesquisa é apresentada para fornecer informações básicas sobre cada uma das pegadas com ênfase em suas características principais em um sentido comparativo; isto é, as pegadas diferem em muitos aspectos mais do que apenas os impactos que eles são abordados. A pesquisa fornece novas pistas sobre a distinção entre avaliação de impacto ambiental e avaliação de sustentabilidade, servindo corretamente como uma referência para os esforços multidisciplinares em estimar limites planetários para a sustentabilidade global.

Galli et al. (2014) elaboraram um artigo com o objetivo de descrever o papel da PE na análise de impactos causados pelo homem sobre a biodiversidade proporcionando assim uma síntese de como esta ferramenta pode contribuir para o avanço conservação.

Vaughn et al. (2014) elaboraram um artigo chamado “The influence of subdivision design and conservation of open space on carbon storage and sequestration” com o objetivo de elaborar projetos de sítios e estratégias de preservação de árvores, que poderiam maximizar o sequestro e armazenamento de carbono. Para testar suas ideias, os autores usaram uma plantação de pinheiros 705 ha que foi aprovado para o desenvolvimento de 1.835 unidades residenciais perto de Gainesville, Florida.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os resultados apresentados, fica claro que a maior parte das publicações sobre o tema PE na base de dados SCOPUS é de artigos científicos, com 1910 resultados. Isso significa que 68,90% das publicações do tema são de artigos científicos. Dentre estes artigos, nota-se que as revistas *Ecological Economics* e *Shengtai Xuebao Acta Ecologica Sinica* possuem mais publicações, com 97 e 90 publicações respectivamente. Considerando o percentual de

publicações destas revistas, a *Ecological Economics* representa 5,08% e a *Shengtai Xuebao Acta Ecologica Sinica* 4,71% do total dos artigos publicados no tema PE.

Ao analisar o país de filiação dos autores, percebe-se que este tema é muito publicado nos Estados Unidos e na China, com 445 e 416 publicações respectivamente, sendo que este último país tem apresentado um crescimento nos últimos anos. Através de uma análise percentual, nota-se que os Estados Unidos possuem 23,30% das filiações de autores, enquanto a China possui 21,78%. Ambos os países juntos respondem por 45,08% do total de publicações. O terceiro colocado no ranking de filiação dos autores é o Reino Unido, com 188 publicações, o que representa 9,84% do total. Assim, percebe-se que os Estados Unidos e a China dominam este item com grande vantagem para os demais países.

Quando se analisa os autores mais publicados, Wackernagel, M. e Gu, X.W. aparecem no topo da lista com 26 publicações cada, ou 1,36% do total de publicações para cada autor. O fato do autor Wackernagel, M. estar na primeira colocação entre os mais publicados não surpreende, uma vez que foi um criador do tema deste estudo.

Quando se analisa a área de interesse das publicações deste tema na base SCOPUS, Ciência Ambiental possui um número muito alto de resultados, com 1183 publicações, o que representa 61,94% do total de artigos publicados.

Ao analisar as instituições com mais publicações, a Chinese Academy of Sciences aparece em primeiro com 58, representando 3,04% do total. Isso só comprova o fato que as publicações neste tema estão em crescimento na China, com grande participação destas Instituições de Ensino.

E, quando se olha os resultados de publicações no tema com o passar do ano, nota-se o crescimento do número de publicações sobre a PE nos últimos anos, principalmente a partir do ano de 2007. Até o mês de Agosto de 2015 já haviam sido publicados 142 artigos sobre o tema. Analisando o ano de publicação dos artigos, nota-se que 86,96% deles foi publicado entre o ano de 2007 e o mês de Agosto de 2015. O que comprova o fato do tema PE ser ainda muito recente do ponto de vista de pesquisas.

7 CONCLUSÃO

O crescente uso da PE como instrumento de análise atesta seu valor como método comparativo, de fácil comunicação, aplicável em diferentes escalas: individual, regional, nacional e mundial. A medida da PE de uma cidade, por exemplo, quantifica o território circundante que cada habitante desta cidade necessita para sobreviver.

Através do estudo realizado, nota-se um crescimento de publicações no tema na China, além do crescimento de publicações vinculadas a Universidades Chinesas. Isso mostra que este é um país preocupado com as pesquisas na área.

Este crescente uso da PE fica explícito no artigo, diante de um número cada vez maior de publicações nesta área. Por isso, torna-se necessário um aprofundamento no tema, a fim de que haja uma colaboração para que se definam estratégias de preservação ambiental a serem tomadas em diferentes locais de aplicação. Assim sendo, este trabalho de pesquisa está apto a servir como ponto de partida para uma pesquisa mais detalhada sobre a PE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONFORTO, Edivandro Carlos, AMARAL, Daniel Capaldo, SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, 8. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

COSTA, Hélder Gomes da. **Modelo para webibliomining**: proposta e caso de aplicação Model for webibliomining: proposal and application. Rev. FAE, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

GALLI, A. et al. **Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint**: A focus on China and India, Ecological Indicators, Oakland, 2012.

GALLI, A. et al. **A Footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy**, Science of the Total Environment, Genebra, 2013.

GALLI, A. et al. **Ecological Footprint**: Implications for biodiversity, Biological Conservation, Genebra, 2014.

GOTTLIEB, D, et al. **Analyzing the ecological footprint at the institutional scale – The case of an Israeli high-school**, Ecological Indicators, Haifa, 2012a.

GOTTLIEB, D, et al. **The ecological footprint as an educational tool for sustainability**: A case study analysis in an Israeli public high school, International Journal of Educational Development, Haifa, 2012b.

HABERL, H. et al. **Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison**, Land Use Policy, Viena, 2004.

HERVA, M., ÁLVAREZ, A., ROCA, E. **Combined application of energy and material flow analysis and ecological footprint for the environmental evaluation of a tailoring factory**, Journal of Hazardous Materials, Santiago de Compostela, 2012.

HERVA, M. et al. **Development of a methodology to assess the footprint of wastes**, Journal of Hazardous Materials, Santiago de Compostela, 2010.

HOLMBERG, J. et al. **Ecological footprint from a systems perspective of sustainability**, Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola, Gotemburgo, 2000.

JÚNIOR, Celso Machado, SOUZA, Maria Tereza Saraiva de, RIBEIRO, Henrique César Melo. A Contribuição dos 15 Anos do SIMPOI ao Estudo da Sustentabilidade Ambiental: Um Estudo Bibliométrico, In: SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 15. **Anais...** São Paulo, 2012.

JÚNIOR, Celso Machado et al. **Estudo bibliométrico da sustentabilidade ambiental: os 15 anos do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI**, Journal of the Health Sciences Institute, São Paulo, 2013.

KISSINGER, M., **Approaches for calculating a nation's food ecological footprint** — The case of Canada, Ecological Indicators, Beer-Sheva, 2013.

KISSINGER, M., REES, W. E., **Footprints on the prairies: Degradation and sustainability of Canadian agricultural land in a globalizing world**, Ecological Economics, Columbia, 2009.

KISSINGER, M. *et. al*, **Accounting for the ecological footprint of materials in consumer goods at the urban scale**, Sustainability (Switzerland), Beer-Sheeva, 2013.

LI, G. J. et al. **Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus**, Science Direct, Shenyang, 2008.

LIMA, Suzana Chagas de, **Uma Análise Bibliométrica do Tema Sustentabilidade nos Periódicos de Gestão e Contabilidade No Brasil**, Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), Vitória, 2014. Disponível em: <http://www.fucape.br/_public/producao_cientifica/8/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Suzana%20Chagas%20de%20Lima.pdf>. Acesso em 20 de Agosto de 2015.

LIU, J.X. et al. **Input-output analysis in application to study on China's ecological footprints**, Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University, Shenyang, 2007.

OLIVEIRA, Murilo de Alencar Souza, SOUZA, Maria José Barbosa, ESCOBAR, Maria Andréa Rocha, A responsabilidade Socioambiental (RS) nos Periódicos Científicos de Turismo no Brasil: uma Análise Bibliométrica de 2001 a 2011, Seminário de Pesquisas em Turismo do Mercosul, 7. **Anais...** Caxias do Sul, 2012. Disponível em <http://www.ucs.br/ucs/tplVSemintur%20eventos/seminarios_semintur/semin_tur_7/gt09/arquivos/09/01_29_29_Oliveira_Souza_Escobar>. Acesso em 19 de Agosto de 2015.

PELOSO, Ayslan Cavalcante et al. **Sustentabilidade Ambiental**: uma Análise Bibliométrica, ETIC – Encontro de Iniciação Científica, Presidente Prudente, 2013.

PEREIRA, Gustavo Menoncin de Carvalho et al. **Sustentabilidade socioambiental**: um estudo bibliométrico da evolução do conceito na área de gestão de operações, Produção, São Paulo, 2011.

RIBEIRO, Henrique César Melo, COORÉA, Rosany, **Análise da Produção Científica da Temática Gestão Socioambiental na Perspectiva da Revista RGSA**, Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/18317/analise-da-producao-cientifica-da-tematica-gestao-socioambiental-na-perspectiva-da-revista-rgsa>>. Acesso em 10 de Agosto de 2014.

SARAVIA-CORTEZ, A.M. et al. **Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint**, Journal of Cleaner Production, Santiago de Compostela, 2013.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de et al. **Estudo Bibliométrico de Teses e Dissertações em Administração na Dimensão Ambiental da Sustentabilidade**, Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/43910>>. Acesso em 22 de Agosto de 2015.

VAN BELLEN Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, CPGEP/UFSC, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1188902033989_1460031917_8589/Tese_de_Van_Bellen.pdf>. Acesso em 21 de Março de 2015.

WACKERNAGEL, M. et al. **The Ecological Footprint of cities and regions**: comparing resource availability with resource demand, Environment & Urbanization, 2006

WACKERNAGEL M., REES W. **Our ecological footprint, The new catalyst bioregional series**, Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers, 1996. 160p.

WALSH, C., MOLES, R., O'REGAN, B., **Application of an expanded sequestration estimate to the domestic energy footprint of the republic of Ireland**, Sustainability, Manchester, 2010.

WANG, J. et al. **Ecological footprints of primary and middle school student's households in Huanggu District of Shenyang City**, Chinese Journal of Ecology, Shenyang, 2008.

3.2 ARTIGO 2

Modelagem Para Avaliação da Pegada Ecológica em Instituições de Ensino

REVISTA A SER SUBMETIDO

RESUMO

MODELAGEM PARA AVALIAÇÃO DA PEGADA ECOLÓGICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

O objetivo deste trabalho é descrever a metodologia utilizada para o cálculo da Pegada Ecológica, aplicada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, localizado no município de Quissamã, no estado do Rio de Janeiro. Para esta pesquisa foram utilizados como parâmetros o consumo de combustível, energia elétrica, água, papel e área construída do campus. As metodologias consideradas ideais para o uso neste trabalho foram definidas com o auxílio de pesquisa realizada sobre o tema Pegada Ecológica. O resultado deste trabalho é que o IF Fluminense Quissamã no ano de 2014, para os parâmetros analisados, emitiu 99,78 tCO₂, o que necessitaria de uma área de 8,04 ha de eucalipto, 16,42 ha de pastagem ou 13,99 ha de cana-de-açúcar plantados para absorver tal emissão. O trabalho também sugere a adoção de medidas para reduzir esta emissão, como melhorias no padrão de consumo de combustível, energia elétrica e papel do campus, através de simulações utilizando consumos mais sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Sustentabilidade

ABSTRACT

MODEL FOR EVALUATION OF ECOLOGICAL FOOTPRINT IN EDUCATION INSTITUTIONS

The objective of this study is to describe the methodology used to calculate the Ecological Footprint, applied to the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, located in the municipality of Quissamã in the state of Rio de Janeiro. For this research were used as parameters fuel consumption, electricity, water, paper and building area of the campus. The methodologies considered ideal for use in this study were defined with the aid of search performed on the subject Ecological Footprint. The result of this work is that the IF Fluminense Quissamã in 2014, for the parameters analyzed, issued 99.78 tCO₂, which would require an area of 8.04 ha of eucalyptus, 16.42 grazing ha or 13.99 ha of sugarcane planted to absorb this issue. The work also suggests the adoption of measures to reduce this emission, as improvements in the standard of fuel, electricity and campus paper, through simulations using more sustainable consumption.

KEY WORDS: Environmental Management, Environmental Education, Sustainability

1 INTRODUÇÃO

A Pegada Ecológica (PE) é uma ferramenta de avaliação, proposta por Wackernagel e Rees (1996), e que representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade. Trata-se de um instrumento que contabiliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-se em área correspondente de terra ou água existentes na natureza para sustentar esse sistema (VAN BELLEN,2006). Uma forma de absorção do CO₂ da atmosfera é através das áreas florestais existentes no planeta. Para isso, informações obtidas por dados da PE mostram a área necessária de florestas no mundo para absorver e reter o dióxido de carbono.

A PE se divide em Pegada do Carbono, Pegada Hídrica e Pegada Energética. A Pegada do Carbono representa a área de terra necessária para o depósito das emissões de gás carbônico provenientes da queima de combustíveis fósseis e da produção de cimento. A Pegada Hídrica é a quantidade de água potável suficiente para produzir um determinado alimento ou mercadoria. A Pegada Energética corresponde à quantidade de energia que é utilizada nas atividades diárias, e que mantêm em funcionamento as indústrias que produzem os produtos que são consumidos (FANG et al., 2014).

A pesquisa realizada neste trabalho refere-se ao cálculo da PE de uma Instituição de Ensino com relação à sua emissão de dióxido de carbono mediante o consumo de combustível dos veículos oficiais da Instituição, consumo de água, energia elétrica e papel, além de sua área construída. O local escolhido para a aplicação da pesquisa foi o campus Quissamã do Instituto Federal de Educação, Ciência, e Tecnologia Fluminense (IF Fluminense), e foram utilizados dados de consumo referentes ao ano 2014.

2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho consiste em calcular a PE através das emissões de CO₂ geradas pelo consumo de combustível dos veículos oficiais,

energia elétrica, água, e papel, além da área construída do campus Quissamã do IF Fluminense. Não foram incluídos nos cálculos da PE o consumo de alimentos pelos discentes e a geração de resíduos. A exclusão dos alimentos deve-se a falta de dados oficiais e devido à variabilidade diária e sazonal do consumo deste item. Não há informações quanto à quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente, a gravimetria deste resíduo e a sua disposição final precisa ser avaliada de forma criteriosa.

2.1 Emissões

2.1.1 Combustível

No ano de 2014, o IF Fluminense campus Quissamã possuía 5 veículos oficiais: GM Montana Conquest 2010/2010 (Montana), Ford Fiesta Sedan 1.6 Flex 2010/2011 (Fiesta), Fiat Uno Mille Fire Flex 2007/2007 (Uno), Marcopolo Volare w8 2010/2011 (Volare) e Mitsubishi L200 Outdoor 2011/2012 (L200). Dentre estes veículos o Montana, o Fiesta e o Uno utilizam a gasolina como combustível, enquanto o Volare e o L200 utilizam o óleo diesel.

Nas pesquisas bibliográficas realizadas com o intuito de definir qual a metodologia adequada para o cálculo das emissões de CO₂ através do consumo de combustível, foram encontrados 2 trabalhos que possuem metodologias diversas, que serão descritos a seguir.

Segundo Mattos (2001), a medição das emissões de CO₂ causadas pelo consumo de combustíveis por veículos automotores deve seguir o que determina o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Segundo IPCC (1996c), a medição destas emissões de CO₂ pode ser feita através da utilização de duas metodologias: *top-down* e *bottom-up*. A metodologia *top-down* foi indicada por Mattos (2001) e escolhida para ser aplicada na elaboração deste trabalho, pois leva em conta apenas as emissões de dióxido de carbono, sem o detalhamento de como essa energia é consumida, enquanto a metodologia *bottom-up* necessita de informações detalhadas que muitas vezes não estão disponíveis. Estas

metodologias citadas foram desenvolvidas pelo IPCC (1996c) e apresentadas no documento “Diretrizes para inventários nacionais de gases do efeito estufa”, além de terem sido oficialmente adotadas pela Convenção do Clima para a elaboração das comunicações nacionais dos países que fazem parte desta convenção, inclusive o Brasil.

A metodologia *top-down* é apresentada nos itens a seguir, através da descrição dos passos necessários para sua aplicação.

Consumo de energia

Segundo Mattos (2001), cada tipo de combustível possui uma quantidade de energia diferente, dessa forma o primeiro passo para a utilização da metodologia *top-down* é a conversão do valor de consumo aparente (CA) de cada combustível, que é medido na sua unidade original, para uma unidade padrão de energia. Esta conversão é efetuada através da multiplicação do consumo de combustível pelo fator de conversão em tEP por unidade do combustível (tEP/unidade). Depois disso, esta quantidade de energia tEP é transformada para terajoule (TJ). Os fatores de conversão foram conseguidos através da análise do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 1999c), sendo que o valor médio do tEP brasileiro utilizado pela Comunicação Nacional (BRASIL, 1999b) é de 10.800 Mcal = 45217,4 MJ.

Equação 1 - Cálculo do consumo de energia

$$CC = CA \times F_{conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{corr}$$

CC = consumo de energia (TJ)

CA = consumo aparente do combustível (unidade física, por exemplo, m³, l, t, etc)

1tEP brasileiro = 45,2*10⁻³ TJ

Fconv = fator de conversão (tEP/unidade Física) da unidade física para tEP médio (em PCS), conforme tabela 9

Fcorr = fator de correção (adimensional) de poder calorífico superior (PCS) para poder calorífico inferior (PCI)

Os fatores de correção para transformar o PCS em PCI, que são usados pela Comunicação Nacional, são 0,95 para os combustíveis sólidos e líquidos e 0,90 para os combustíveis gasosos. Na tabela 9 são mostrados os fatores de conversão para tEP médio, em PCS.

Tabela 9 – Fatores de conversão para tEP médio. Fonte: (BRASIL, 1999c).

| Energéticos | Unidade | Fator de conversão |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Óleo CRU | tEP/m ³ | 0,868 |
| Gasolina | tEP/m ³ | 0,771 |
| Querosene de Aviação | tEP/m ³ | 0,811 |
| Gasolina de Aviação | tEP/m ³ | 0,759 |
| Querosene Iluminante | tEP/m ³ | 0,811 |
| Óleo Diesel | tEP/m ³ | 0,848 |
| Óleo Combustível | t | 0,934 |
| GLP | t | 1,089 |
| Nafta | tEP/m ³ | 0,736 |
| Asfaltos | tEP/m ³ | 0,954 |
| Lubrificantes | tEP/m ³ | 0,873 |
| Coque de Petróleo | tEP/m ³ | 0,819 |
| Outros Energéticos de Petróleo | tEP/m ³ | 0,864 |
| Produtos Não Energéticos de Petróleo | tEP/m ³ | 0,868 |
| Carvão Metalúrgico (Nacional) | t | 0,630 |
| Carvão Vapor (Sem Especificação) | t | 0,278 |
| Alcatrão | tEP/m ³ | 0,833 |
| Coque Carvão Mineral | t | 0,676 |
| Gás Natural (Seco) | tEP/10 ³ m ³ | 0,857 |
| Gás de Refinaria | tEP/m ³ | 0,636 |
| Gás Manufaturado | tEP/10 ³ m ³ | 0,361 |
| Outras Fontes Primárias | tEP | 1,00 |
| Lenha | t | 0,306 |
| Bagaço de Cana | t | 0,209 |
| Carvão Vegetal | t | 0,630 |
| Caldo de Cana | t | 0,057 |
| Melaço | t | 0,179 |
| Álcool Etílico Anidro | tEP/m ³ | 0,520 |
| Álcool Etílico Hidratado | tEP/m ³ | 0,496 |
| Lixívia | tEP/m ³ | 0,281 |

Legenda: As linhas em cinza indicam os fatores de correção usados neste trabalho.

No caso proposto, foram utilizados os valores 0,95 para o fator de correção, e 0,771 e 0,848 para o fator de conversão da gasolina e do diesel, respectivamente.

Quantidade de carbono

Assim como a quantidade de energia, os combustíveis possuem diferentes quantidades de carbono. Os fatores de emissão (Femiss), que serão utilizados para

o cálculo da quantidade de carbono (QC) adotados neste artigo, estão presentes na Tabela 10.

$$QC = CC \times Femiss \times 10^{-3}$$

QC = quantidade de carbono (GgC)

CC = consumo de energia (TJ)

Femiss = fator de emissão de carbono (tC/TJ) da tabela 10

10^{-3} = conversão de toneladas de carbono (tC) para gigagramas de carbono (GgC)

Tabela 10 – Fatores de emissão de carbono. Fonte: (IPCC, 1996c) e (BRASIL, 1999b)

| Combustíveis | | Fator de emissão (tC/TJ) | |
|-------------------------------|---------------------------------|---|------|
| Combustíveis Fósseis Líquidos | Combustíveis Primários | Óleo Cru | 20,0 |
| | | Líquido de Gás Natural | 17,2 |
| | | Gasolina | 18,9 |
| | | Gasolina de Aviação | 18,9 |
| | | Querosene de Aviação | 19,5 |
| | Combustíveis Secundários | Querosene Iluminante | 19,6 |
| | | Óleo Diesel | 20,2 |
| | | Óleo Combustível | 21,1 |
| | | GLP | 17,2 |
| | | Nafta | 20,0 |
| Combustíveis Fósseis Sólidos | Combustíveis Primários | Asfalto | 22,0 |
| | | Lubrificantes | 20,0 |
| | | Coque de Petróleo | 27,5 |
| | | Outros Produtos Secundários do Petróleo | 20,0 |
| | | Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo | 20,0 |
| | Combustíveis Secundários | Carvão Metalúrgico | 25,8 |
| | | Carvão Vapor | 25,8 |
| | | Alcatrão | 25,8 |
| | | Coque Carvão Mineral | 29,5 |
| | | Gás Natural (seco) | 15,3 |
| Combustíveis Fósseis Gasosos | Gás Manufaturado | 20,2 | |
| | Gás de Refinaria | 18,2 | |
| | Outras Fontes Primárias Fósseis | 20,0 | |
| Biomassas Sólidas | Lenha p/ Queima Direta | 29,9 | |
| | Lenha p/ Carvoaria | 29,9 | |
| | Bagaço de Cana | 29,9 | |
| | Resíduos Vegetais | 29,9 | |
| | Carvão Vegetal | 29,9 | |
| Biomassas Líquidas | Caldo-de-Cana | 20,0 | |
| | Melaço | 20,0 | |
| | Álcool Anidro | 14,81 | |
| | Álcool Hidratado | 14,81 | |
| Biomassa Gasosa | Lixívia | 20,0 | |
| | | 30,6 | |

Legenda: As linhas em cinza indicam os fatores de emissão de Carbono usados neste trabalho.

De acordo com a Tabela 10, os valores utilizados no artigo como fator de emissão de carbono são 18,9 para a gasolina e 20,2 para o óleo diesel.

Quantidade de carbono fixado

Alguns combustíveis são empregados para fins não energéticos e, desta forma, parte do carbono fica estocada ou fixada (QCF). Assim sendo, a tabela 11, mostrada a seguir, apresenta os valores para a fração de carbono que fica aprisionada, ou, como se refere a metodologia do IPCC (1996c), carbono estocado ou fixado. Para os combustíveis energéticos a fração de carbono estocado empregada é zero.

Equação 3 - Cálculo da quantidade de carbono fixado

$$QCF = QC \times FCFix$$

QCF = quantidade de carbono fixado (GgC)

QC = quantidade de carbono no combustível (GgC)

FCFix = fração de carbono fixado (adimensional)

Tabela 11 – Frações de carbono fixado. Fonte: (BRASIL, 1999b).

| Substância | Fração de carbono fixado (adimensional) |
|---|--|
| Querosene iluminante | 1,00 |
| Nafta | 0,80 |
| Asfalto | 1,00 |
| Lubrificantes | 0,50 |
| Alcatrão | 0,75 |
| Gás Natural | 0,33 |
| Gás de Refinaria | 1,00 |
| Álcool Anidro | 1,00 |
| Álcool Hidratado | 1,00 |
| Outros produtos não energéticos de petróleo | 1,00 |
| Gasolina | 0,00 |
| Óleo Diesel | 0,00 |

Legenda: As linhas em cinza indicam os valores de fração de carbono fixado usados neste trabalho.

Portanto, como gasolina e óleo diesel são combustíveis energéticos, o valor utilizado para a fração de carbono fixado deles será zero.

Emissões líquidas de carbono

As emissões líquidas de carbono (ELC) representam o balanço de massa entre o que existe de carbono no combustível. Para ser calculado, subtrai-se a quantidade de carbono fixado em usos não energéticos da quantidade de carbono no combustível.

Equação 4 - Cálculo das emissões líquidas de carbono

$$ELC = QC - QCF$$

ELC = emissões líquidas de carbono (GgC)

QC = quantidade de carbono no combustível (GgC)

QCF = quantidade de carbono fixado (GgC)

Como a quantidade de carbono fixado do experimento deste trabalho foi zero, as emissões líquidas de carbono serão iguais à quantidade de carbono no combustível.

Emissões reais de carbono

Na tabela a seguir são mostradas as frações de carbono oxidadas (FCO) utilizadas com base nos valores usados pela Comunicação Nacional para cálculo das emissões reais de carbono (ERC).

Equação 5 - Cálculo das emissões reais de carbono

$$ERC = ELC \times FCO$$

ERC = emissões reais de carbono (GcC)

ELC = emissões líquidas de carbono (GcC)

FCO = fração de carbono oxidada (adimensional)

Tabela 12 – Frações de carbono oxidada. Fonte: (IPCC, 1996) e (BRASIL, 1999b).

| Combustíveis | | Fator de emissão (adimensional) | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|--------------------|-------|
| Combustíveis Fósseis Líquidos | Combustíveis Primários | Óleo Cru | 0,99 | | |
| | | Líquido de Gás Natural | 0,99 | | |
| | | Gasolina | 0,99 | | |
| | | Gasolina de Aviação | 0,99 | | |
| | | Querosene de Aviação | 0,99 | | |
| | | Querosene Iluminante | 0,99 | | |
| | Combustíveis Fósseis Líquidos | Combustíveis Secundários | Óleo Diesel | 0,99 | |
| | | | Óleo Combustível | 0,99 | |
| | | | GLP | 0,99 | |
| | | | Nafta | 0,99 | |
| | | | Asfalto | 0,99 | |
| Combustíveis Fósseis Sólidos | Combustíveis Secundários | Lubrificantes | 0,99 | | |
| | | Coque de Petróleo | 0,99 | | |
| | | Outros Produtos Secundários do Petróleo | 0,99 | | |
| | | Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo | 0,99 | | |
| | | Carvão Metalúrgico | 0,98 | | |
| | | Carvão Vapor | 0,98 | | |
| | | Alcatrão | 0,98 | | |
| | | Coque Carvão Mineral | 0,98 | | |
| | | Combustíveis Fósseis Gasosos | Combustíveis Secundários | Gás Natural (seco) | 0,995 |
| | | | | Gás Manufaturado | 0,995 |
| | | | | Gás de Refinaria | 0,995 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | | 0,99 | | | |
| Biomassas Sólidas | Combustíveis Secundários | Lenha p/ Queima Direta | 0,87 | | |
| | | Lenha p/ Carvoaria | 0,891 | | |
| | | Bagaço de Cana | 0,88 | | |
| | | Resíduos Vegetais | 0,88 | | |
| | | Carvão Vegetal | 0,88 | | |
| Biomassas Líquidas | Combustíveis Secundários | Caldo-de-Cana | 0,99 | | |
| | | Melaço | 0,99 | | |
| | | Álcool Anidro | 0,99 | | |
| | | Álcool Hidratado | 0,99 | | |
| | | Lixívia | 0,99 | | |

Legenda: As linhas em cinza indicam os valores de fração de carbono oxidada usados neste trabalho.

De acordo com a tabela 12, serão utilizados os valores 0,99, tanto para gasolina quanto para diesel.

Emissões reais de CO₂

A partir das emissões reais de carbono, é possível calcular as emissões reais de CO₂ (ERCO₂) devidas ao uso de energia, levando-se em conta sua quantidade de átomos de carbono: em 44t de CO₂ há 12t de carbono.

Equação 6 - Cálculo das emissões reais de CO₂

$$ERCO_2 = ERC \times \frac{44}{12}$$

ERCO₂ = emissões reais de CO₂ (GgCO₂)

ERC = emissões reais de carbono (GgC)

1 GgCO₂ = [44/12] GgC

A tabela 13 apresenta um resumo da metodologia *top-down*, com as equações necessárias para o cálculo das emissões reais de CO₂.

Tabela 13 - Resumo da metodologia *top-down*. Fonte: o autor.

| Parâmetro | Equação | Unidade | Valor de referência | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|---------------------|-------------|--------|-------|
| | | | Gasolina | Óleo Diesel | Álcool | GNV |
| Consumo de energia | $CC = CA * F_{conv} * 45,2 * 10^{-3} * F_{corr}$ | TJ | 0,771 | 0,848 | 0,52 | 0,857 |
| Quantidade de carbono | $QC = CC * F_{emiss} * 10^{-3}$ | GgC | 18,9 | 20,2 | 14,81 | 15,3 |
| Quantidade de carbono fixado | $QCF = QC * F_{CFix}$ | GgC | 0 | 0 | 1 | 0,33 |
| Emissões líquidas de carbono | $ELC = QC - QCF$ | GgC | - | - | - | - |
| Emissões reais de carbono | $ERC = ELC * FCO$ | GgC | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,995 |
| Emissões reais de CO ₂ | $ERCO_2 = ERC * [44/12]$ | GgCO ₂ | - | - | - | - |

Já Amaral (2010) utilizou em seu trabalho a metodologia que Rodríguez et al. (2008) desenvolveu para a medição das emissões de CO₂, e que determina que para calcular as emissões causadas pelo consumo de combustíveis deve-se multiplicar o valor da distância percorrida pelo veículo pelo fator de emissão, de acordo com a equação 7.

Equação 7 - Cálculo das emissões pela metodologia de Amaral

$$E = D \times F$$

E = emissões de CO₂ (kgCO₂)

D = distância percorrida (km)

F = fator de emissão de CO₂ (kgCO₂/km)

Para calcular o fator de emissão dos veículos, Amaral (2010) utilizou como fundamento que os veículos da USP São Carlos (local de aplicação do estudo) trafegavam com no máximo 2 pessoas. Desta forma, conforme a tabela 14, cada veículo possuía um nível de ocupação de 25%.

Tabela 14 – Percentual de ocupação dos veículos. Fonte: (AMARAL, 2010).

| Nível de ocupação | Número de pessoas |
|--------------------------|--------------------------|
| 100% | 5 |
| 75% | 4 |
| 50% | 3 |
| 25% | 1 ou 2 |

Assim sendo, de acordo com a tabela 15, Amaral (2010) definiu o fator de emissão igual a 0,20 kgCO₂/km.

Tabela 15 – Fator de emissão dos veículos. Fonte: (AMARAL, 2010).

| Nível de ocupação do veículo | Fator de emissão (kgCO₂/km) |
|-------------------------------------|---|
| 25% | 0,20 |
| 50% | 0,10 |
| 75% | 0,07 |
| 100% | 0,05 |

Legenda: A linha em cinza indica o fator que Amaral (2010) usou em seu trabalho.

2.1.2 Energia Elétrica

De acordo com Rodríguez et al. (2008), para o cálculo das emissões de CO₂ ocasionadas pelo consumo de energia elétrica deve se multiplicar o valor total consumido no período analisado pelo fator de emissão, conforme apresentado na equação 8.

Equação 8 - Cálculo das emissões de CO₂

$$E = C \times F$$

E = emissão (kgCO₂)

C = consumo (unidade)

F = fator de emissão de CO₂ (kgCO₂/unidade)

O valor de fator de emissão de CO₂ que deve ser utilizado em inventários, com o objetivo estimar a quantidade de CO₂ associada a uma geração de energia elétrica determinada é definido pelo MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação). Ele calcula a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem (BRASIL, 2015a). Estes fatores de emissão do ano de 2014 se encontram na tabela 16, e estão apresentados a cada mês, assim como o consumo e as emissões de CO₂ calculadas.

Tabela 16 – Fator de emissão de CO₂ do consumo de energia elétrica de acordo com o MCTI. Fonte: o autor

| Mês | Fator de emissão (kgCO₂/kWh) |
|------------|--|
| Janeiro | 0,0911 |
| Fevereiro | 0,1169 |
| Março | 0,1238 |
| Abril | 0,1310 |
| Maio | 0,1422 |
| Junho | 0,1440 |
| Julho | 0,1464 |
| Agosto | 0,1578 |
| Setembro | 0,1431 |
| Outubro | 0,1413 |
| Novembro | 0,1514 |
| Dezembro | 0,1368 |

Já o trabalho efetuado por Amaral (2010) utilizou como fator de emissão 0,57 kgCO₂/kWh, valor este descrito por Rodríguez et al. (2008) em seu estudo da PE da Universidade de Santiago de Compostela. Este valor utilizado por Rodríguez et al. (2008) se refere ao fator de emissão da Espanha. Portanto, neste trabalho será chamado de fator da Espanha.

2.1.3 Água

De acordo com Rodríguez et al. (2008), para o cálculo das emissões de CO₂ ocasionadas pelo consumo de água deve se multiplicar o valor total consumido no período analisado pelo fator de emissão, conforme apresentado na equação 8.

Segundo Rodríguez et al. (2008), em seu estudo da PE da Universidade de Santiago de Compostela, o valor utilizado para o fator de emissão do consumo de água é 0,5 kgCO₂/m³. Ou seja, a cada m³ de água consumido, 0,5 kg de CO₂ são liberados para a natureza.

2.1.4 Papel

De acordo com Rodríguez et al. (2008), para o cálculo das emissões de CO₂ ocasionadas pelo consumo de papel deve se multiplicar o valor total consumido no período analisado pelo fator de emissão, conforme apresentado na equação 8.

Segundo Rodríguez et al. (2008), o valor utilizado para o fator de emissão do consumo de papel é 1,84 kgCO₂/kg de papel, se o papel utilizado for de fibra virgem, e 0,61 kgCO₂/kg de papel se o papel for reciclado.

2.1.5 Área construída

De acordo com Rodríguez et al. (2008), para o cálculo das emissões de CO₂ ocasionadas pela área construída no campus Quissamã, deve se multiplicar a área do local analisado pelo fator de emissão, conforme apresentado na equação 8.

Segundo Rodríguez et al. (2008), o valor utilizado para o fator de emissão para área construída é 520 kgCO₂/m², considerando que a vida útil de um prédio é de 50 anos. Portanto, para uma análise num período de um ano (como é o caso deste trabalho), tal valor deve ser dividido por 50, resultando num fator de emissão de 10,4 kgCO₂/m²/ano.

2.2 Pegada Ecológica

Para calcular a PE do campus Quissamã no ano de 2014, considerou-se as emissões procedentes dos itens: a) água; b) energia elétrica; c) papel de impressão; d) combustíveis veiculares; e e) construção civil. A partir desses dados, converteu-se o consumo de cada segmento em uma quantidade correspondente de massa de CO₂ liberado. Esta informação foi usada para calcular a quantidade de área verde (em hectares), necessária para absorção do CO₂ emitido (em toneladas). De acordo com Rodríguez et al. (2008), para calcular a PE deve se dividir o valor de emissão de CO₂ pelo valor da taxa de absorção média da vegetação a ser utilizada, de acordo com a equação 9.

Equação 9 - Cálculo da Pegada Ecológica

$$PE = \frac{E}{T}$$

PE = pegada ecológica (ha)

E = emissão de CO₂(tCO₂)

T = taxa de absorção média (MgCO₂/ha/ano)

Para estimar a taxa de absorção de CO₂, considerou-se a ocupação do solo com culturas agrícolas com tradição no município de Quissamã, como eucalipto, pastagem e cana-de-açúcar. O valor médio da taxa de absorção do eucalipto foi estimado por Jacovine et al. (2006) na Zona da Mata no Estado de Minas Gerais; o valor referente à pastagem foi estimado por Segnini et al. (2007) no estado de São Paulo, utilizando a espécie *Brachiaria decumbens*; já o valor da taxa da cana-de-açúcar foi estimado por Campos (2003) no município de Ribeirão Preto (Tabela 17).

Tabela 17 – Taxa de absorção média. Fonte: o autor

| Planta | Taxa de absorção média de carbono (MgCO ₂ /ha/ano) |
|----------------|--|
| Eucalipto | 12,38 |
| Pastagem | 6,10 |
| Cana-de-açúcar | 7,13 |

2.3 Proposta de Melhoria

Para melhorar a eficiência da PE do IF Fluminense campus Quissamã, foram realizadas simulações com alterações de combustíveis, papel e matriz energética, mantendo os mesmos valores de consumo destes parâmetros.

No item combustível, propôs-se a alteração do uso de gasolina por duas possíveis alternativas: álcool anidro ou gás natural veicular (GNV). No caso dos veículos movidos a óleo diesel B5, optou-se pela substituição pelo combustível B20. Esta classificação refere-se ao valor percentual de biodiesel que é misturado ao diesel tradicional. Segundo o relatório Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o uso do B20 evitaria uma emissão de cerca de 20,8 milhões de toneladas de CO₂. Estas emissões que não ocorreriam com o uso do B20 equivalem a 144 milhões de árvores plantadas por ano, conforme demonstra a figura 10 (BRASIL, 2013a).

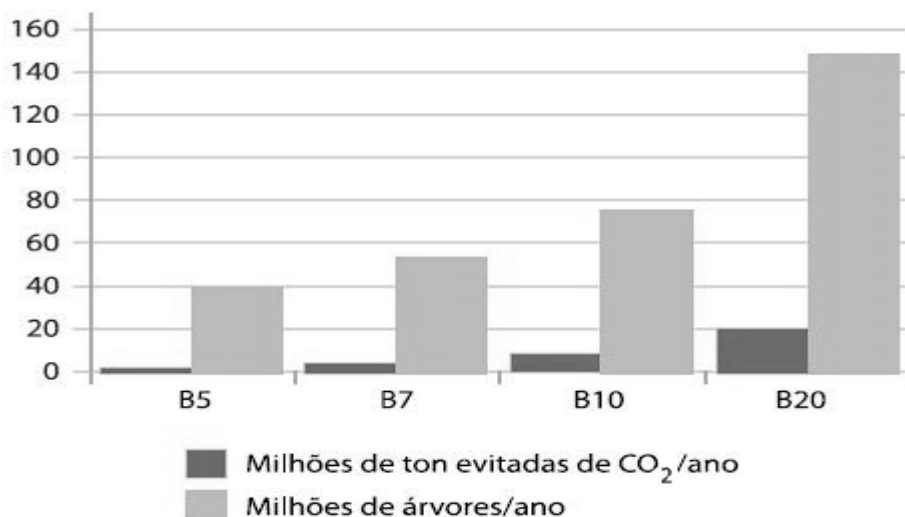


Figura 10 - Emissões de CO₂ evitadas e equivalência em número de árvores plantadas. Fonte: (BRASIL, 2013a)

Para efetuar os cálculos para o uso do álcool anidro, considerou-se que de acordo com o site icarros, o Montana tem uma eficiência de 8,4 km/l na cidade, o Fiesta tem eficiência de 8,0 km/l na cidade e o Uno tem uma eficiência de 7,2 km/l na cidade. Caso seja feita a alteração no combustível para o GNV, o fator de conversão de gasolina para GNV é 1,00, segundo a Gasmig. Para os cálculos das emissões do uso do Biodiesel, foi considerado que o B20 reduz as emissões de CO₂

em 14,5%, de acordo com o relatório Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel (BRASIL, 2013a). Assim sendo, recomenda-se que o IF Fluminense campus Quissamã utilize como combustível o GNV e o Biodiesel B20.

No item energia elétrica, propôs-se a alteração matriz energética. Na tabela 18 são apresentados alguns fatores de emissão de fontes geradoras de energia elétrica. O fator da energia solar foi calculado pelo National Renewable Energy Laboratory (2012) na cidade de Golden nos Estados Unidos, enquanto as outras fontes geradoras de energia foram mensuradas por Miranda (2012) no seu trabalho sobre a matriz energética usada no Brasil no ano de 2010.

Tabela 18 - Fator de emissão de CO₂ das fontes de geração de energia elétrica. Fonte: o autor.

| Fonte de geração | Fator de emissão (kgCO₂/kwh) |
|----------------------------------|--|
| Hidroelétrica | 0,086 |
| Eólica | 0,016 |
| Nuclear | 0,014 |
| Solar | 0,040 |
| Sistema Híbrido (solar + eólico) | 0,028 |
| Termoelétrica a carvão mineral | 1,144 |
| Termoelétrica a gás natural | 0,518 |
| Termoelétrica a óleo combustível | 0,781 |
| Termoelétrica a óleo diesel | 0,829 |

Analisando a tabela 18, nota-se que os fatores de emissão de CO₂ da energia solar, eólica e nuclear são menores que o da energia hidrelétrica, enquanto o da energia termoelétrica por carvão mineral é muito maior. Dessa forma, seria recomendável o uso das energias solar e eólica como fonte de geração de energia elétrica através de um sistema híbrido, aproveitando o fato do município de Quissamã ter uma grande incidência de ventos e radiação solar. Apesar de a energia nuclear apresentar o menor valor de fator de emissão, o seu uso não depende apenas do IF Fluminense.

Para o item água não houve proposta de metodologia para redução nos valores de emissão de CO₂ e PE, pois há apenas uma empresa prestadora de serviço de oferta de água tratada na cidade de Quissamã.

Para o item papel, a solução proposta para reduzir a PE causada pelo seu consumo foi utilizar apenas o papel reciclável, uma vez que seu fator de emissão de CO₂ é menor que o do papel de fibra virgem.

Para o item área construída não houve proposta de melhorias, pois a pesquisa bibliográfica efetuada neste trabalho não encontrou dados de fator de emissão para materiais mais sustentáveis.

3 ESTUDO DE CASO

O campus Quissamã, pertencente ao IF Fluminense, foi criado no ano de 2006 através de uma parceria entre o então Cefet Campos, e a prefeitura de Quissamã, implantando o Núcleo Avançado Quissamã. O Núcleo Avançado Quissamã foi criado, em 2006, mediante um convênio entre a Prefeitura Municipal de Quissamã e o Governo Federal, ofertava o curso técnico de eletrotécnica e as aulas eram realizadas na Escola Municipal Tânia Regina (IF FLUMINENSE, 2015a).

A partir desta parceria, a prefeitura de Quissamã construiu um prédio, que foi doado em seguida ao Governo Federal. No dia 01 de fevereiro de 2010, o Governo Federal transformou o núcleo avançado em campus avançado. Já no dia 11 de junho de 2010, a prefeitura de Quissamã realizou a entrega oficial do prédio ao IF Fluminense, na semana de comemoração dos 21 anos de aniversário do município. Com a mudança de núcleo avançado para campus, torna-se possível um processo de expansão mais autônomo e consistente, em especial, de cursos técnicos integrados que possibilitam a formação integral do cidadão trabalhador. Neste campus são ofertadas duas modalidades de cursos técnicos presenciais: o integrado e o subsequente. Atualmente, o campus Quissamã ocupa uma área total de 9487 m², sendo que no térreo possui construção de 1616 m², no segundo piso 1323 m², a gastronomia 356 m², área externa pavimentada de 1483 m², resultando numa área 4478 m².

Sobre os cursos ofertados, na modalidade integrado, são oferecidos os cursos técnicos de eletromecânica e informática, na modalidade subsequente são oferecidos os cursos técnicos de eletromecânica e segurança do trabalho. Também é ofertado o curso técnico em segurança do trabalho nas modalidades PROEJA e EaD.

No que diz respeito à estrutura dos cursos, o curso integrado é voltado para quem deseja cursar o ensino médio juntamente com a educação profissional em

uma única matriz curricular. Ou seja, ele nada mais é que a realização do ensino médio de forma integrada ao curso técnico, e possui duração de 3 anos, funcionando em período integral (manhã e tarde). Ao final do curso, o aluno obtém o certificado de conclusão do ensino médio e o diploma do curso técnico correspondente (IF FLUMINENSE, 2015b).

Já o curso técnico subsequente é voltado para quem está cursando ou já concluiu o ensino médio em outra instituição. Possui a duração de dois anos (sendo composto por 4 módulos), e pode ser cursado tanto no turno da tarde quanto no turno da noite (dependendo da oferta do curso). Ao final do curso, o aluno obterá o diploma do curso técnico correspondente, desde que tenha concluído o ensino médio (IF FLUMINENSE, 2015b).

O curso PROEJA abrange cursos que, como o próprio nome diz, proporcionam formação profissional e básica para jovens e adultos que não fizeram o ensino médio e possuem 18 (dezoito) anos de idade completos até a data da matrícula. Como se trata de curso único, realizado de forma integrada e interdependente, não é possível ao aluno concluir o ensino médio de forma independente da conclusão do ensino técnico de nível médio ou o contrário (IF FLUMINENSE, 2015b).

O profissional formado como técnico em eletromecânica atua nas áreas de manutenção e de projetos eletromecânicos, devendo possuir conhecimento para ações em coordenação de grupos de trabalho bem como planejamento e execução de manutenção elétrica e mecânica de equipamentos industriais. Ele também projeta e executa instalações elétricas e mecânicas de equipamentos industriais conforme especificações técnicas, normas de segurança e com responsabilidade ambiental, assim como projeta, instala e mantém sistemas de acionamento elétrico e mecânico (BRASIL, 2013c).

O profissional formado como técnico em informática deve possuir o conhecimento de componentes de sistemas de computação e sistemas de informação; além de dominar as diversas técnicas de modelagem de dados e de implementação de banco de dados; arquitetura básica de redes e seus principais componentes; instalação de componentes básicos de software e hardware (BRASIL, 2013c).

O profissional formado como técnico em segurança do trabalho deve trabalhar de acordo com normas regulamentadoras e princípios de higiene e saúde no

trabalho, além de orientar o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC); ele também realiza a coleta e organização de informações de saúde e de segurança no trabalho; além disso, também executa o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), investiga, analisa acidentes e recomenda medidas de prevenção e controle (BRASIL, 2013c).

3.1 Corpo Discente

Com o auxílio de funcionários do registro acadêmico do IF Fluminense campus Quissamã foram coletados os dados dos alunos que estudaram nos cursos integrados de informática e eletromecânica, dos alunos dos cursos subsequentes de eletromecânica e segurança do trabalho, e dos alunos do PROEJA e do EaD de segurança do trabalho durante o ano de 2014. Através dos dados coletados, foi efetuada uma análise dos mesmos para se obter informações sobre a cidade que os alunos residem, a idade deles e o seu gênero sexual, a fim de se obter um perfil sobre a cidade em que moram os alunos de cada curso, e também para que fosse possível traçar uma pirâmide etária de cada curso, na tentativa de entender qual o público alvo dos mesmos.

Nas modalidades de ensino analisadas, o IF Fluminense campus Quissamã contava no ano de 2014 com 405 alunos, sendo que destes 62 alunos cursavam o curso técnico integrado de eletromecânica, 61 estudavam no curso técnico integrado de informática, 186 cursavam o curso técnico subsequente de eletromecânica, 39 alunos do curso técnico subsequente de segurança do trabalho, 20 alunos cursavam o PROEJA de segurança do trabalho e 37 alunos cursavam o curso técnico de segurança do trabalho EaD.

3.2 Servidores

No ano de 2014 o campus Quissamã do IF Fluminense contava com um total de 59 funcionários concursado. Deste total, 30 eram técnicos administrativos e 29 docentes.

4 RESULTADOS

4.1 Emissões

4.1.1 Combustíveis

O primeiro passo para calcular a PE associada ao consumo de combustível dos veículos oficiais do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 é calcular a emissão de CO₂ deles, através da aplicação das metodologias já explicadas anteriormente.

Metodologia top-down

De acordo com a metodologia *top-down*, o primeiro passo é calcular o consumo de energia, conforme está apresentado na tabela 19.

Tabela 19 – Emissões de CO₂ pelo método *top-down*. Fonte: o autor.

| Parâmetro | Unidade | Veículo | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | Montana | Fiesta | Uno | Volare | L200 |
| Consumo total | m ³ | 1,8248 | 2,5312 | 0,7969 | 1,7348 | 3,3608 |
| Fator de conversão | tEP/m ³ | 0,771 | 0,771 | 0,771 | 0,848 | 0,848 |
| Fator de correção | adimensional | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Consumo de energia | TJ | 0,0604 | 0,0838 | 0,0264 | 0,0632 | 0,1224 |
| Fator de emissão | tC/TJ | 18,9 | 18,9 | 18,9 | 20,2 | 20,2 |
| Quantidade de carbono | GgC | 0,0011 | 0,0016 | 0,0005 | 0,0013 | 0,0025 |
| Fração de carbono fixado | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Quantidade de carbono fixado | GgC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Emissões líquidas de Carbono | GgC | 0,0011 | 0,0016 | 0,0005 | 0,0013 | 0,0025 |
| Fração de Carbono oxidada | adimensional | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Emissões reais de Carbono | GgC | 0,0011 | 0,0016 | 0,0005 | 0,0013 | 0,0024 |
| Emissões reais de CO ₂ | GgCO ₂ | 0,0041 | 0,0057 | 0,0018 | 0,0046 | 0,009 |
| | tCO ₂ | 4,1 | 5,7 | 1,8 | 4,6 | 9 |

Como os valores das emissões reais de CO₂ são calculados em GgCO₂, deve-se multiplicá-los por 1000 a fim de convertê-los para tCO₂, (uma vez que 1 GgCO₂ equivale a 1000 tCO₂). Assim, o valor total de emissões reais de CO₂ dos veículos do IF Fluminense campus Quissamã no ano de 2014 foi 25,2 tCO₂.

De acordo com a tabela 20, fica evidente que o veículo que possui maior valor de emissões reais de CO₂ é a L200, uma vez que além de possuir um maior consumo de combustível, ainda utiliza o diesel, que possui um fator de conversão maior que a gasolina. Os veículos Volare, Fiesta e Montana estão em um patamar intermediário, pois emitiram em média 4,8 t de CO₂ no ano de 2014. O veículo Uno foi o que menos colaborou nas emissões.

Tabela 20 – Eficiência dos veículos do IF Fluminense campus Quissamã. Fonte: o autor.

| Veículo | Emissões Reais de CO ₂ | Distância Percorrida | Eficiência | Eficiência |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Unidade | tCO ₂ | Km | tCO ₂ /km | tCO ₂ /1000km |
| Montana | 4,1 | 17.809,41 | 0,00023 | 0,23 |
| Fiesta | 5,7 | 28.844,86 | 0,00020 | 0,20 |
| Uno | 1,8 | 10.037,81 | 0,00018 | 0,18 |
| Volare | 4,6 | 8.847,58 | 0,00052 | 0,52 |
| L200 | 9 | 30.156,23 | 0,00030 | 0,30 |
| Total | 25,2 | 95.695,89 | - | - |

A tabela 20 demonstra a eficiência dos veículos, de forma que foi calculado quantas toneladas de CO₂ cada um deles emite para percorrer 1000km. Assim, nota-

se que o Uno é o veículo mais eficiente, pois emite menos CO₂ por quilômetro, enquanto o Volare é responsável por mais que o dobro das emissões do Montana, Fiesta e Uno.

Metodologia de Amaral

De acordo com a metodologia utilizada por Amaral (2010), tem-se o resultado apresentado na tabela 21.

Tabela 21 – Emissões de CO₂ pela metodologia Amaral. Fonte: o autor

| Veículo | Combustível | Distância Percorrida | Emissões reais de CO₂ | Emissões reais de CO₂ |
|----------------|--------------------|---------------------------------|---|---|
| Unidade | - | Km | kgCO₂ | tCO₂ |
| Montana | Gasolina | 17.809,41 | 3.560 | 3,56 |
| Fiesta | Gasolina | 28.844,86 | 5.770 | 5,77 |
| Uno | Gasolina | 10.037,81 | 2.010 | 2,01 |
| Volare | Diesel | 8.847,58 | 1.770 | 1,77 |
| L200 | Diesel | 30.156,23 | 6.030 | 6,03 |
| Total | - | 95.695,89 | 19.140 | 19,14 |

Analisando a tabela 21, fica claro que o veículo L200 apresenta o maior valor de emissões reais de CO₂, uma vez que possui maior distância percorrida entre os cinco.

Comparação entre metodologias

Através dos resultados obtidos, pode ser feita uma comparação entre as metodologias para que se defina qual a mais adequada ao uso. A metodologia *top-down* apresentou um resultado total de emissões de 26,5 tCO₂, enquanto que pela metodologia usada por Amaral (2010) foram encontrados 19,14 tCO₂. Como o estudo descrito neste trabalho aborda problemas ambientais, torna-se mais adequado o uso de uma metodologia que produza resultados mais elevados, uma

vez que com resultados com valores menores podem resultar em ações que não propiciem a proteção adequada ao meio ambiente.

4.1.2 Energia elétrica

Para calcular as emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia elétrica do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 deve-se aplicar a metodologia já explicada anteriormente.

Na tabela 22 está a descrição do consumo de energia elétrica e a emissão de CO₂ de cada mês, utilizando o fator de emissão descrito pelo MCTI.

Tabela 22 – Emissões de CO₂ do consumo de energia elétrica com fator de emissão do MCTI. Fonte: o autor

| Mês | Fator de Emissão | Consumo | Emissões de CO ₂ |
|--------------|------------------------|----------------|-----------------------------|
| Unidade | kgCO ₂ /kWh | KWh | tCO ₂ |
| Janeiro | 0,0911 | 6.796 | 0,62 |
| Fevereiro | 0,1169 | 12.744 | 1,49 |
| Março | 0,1238 | 13.412 | 1,66 |
| Abril | 0,1310 | 11.115 | 1,46 |
| Maio | 0,1422 | 11.178 | 1,59 |
| Junho | 0,1440 | 7.481 | 1,08 |
| Julho | 0,1464 | 6.828 | 1,00 |
| Agosto | 0,1578 | 11.092 | 1,75 |
| Setembro | 0,1431 | 12.311 | 1,76 |
| Outubro | 0,1413 | 15.283 | 2,16 |
| Novembro | 0,1514 | 14.177 | 2,15 |
| Dezembro | 0,1368 | 14.896 | 2,04 |
| Total | - | 137.313 | 18,76 |

Analisando a tabela 22, fica claro que os meses de Outubro, Novembro e Dezembro são os de maior emissão de CO₂ (consequentemente de maior consumo de energia elétrica), enquanto que os meses de Janeiro e Julho possuem menor emissão (com menor consumo de energia elétrica).

Caso fosse utilizado neste trabalho o fator de emissão que Amaral (2010) usou em seu trabalho, chamado no capítulo de metodologia de fator da Espanha, os resultados de emissão de CO₂ seriam os descritos na tabela 23.

Tabela 23 – Emissões de CO₂ da energia elétrica com fator de emissão da Espanha. Fonte: o autor

| Mês | Fator de Emissão | Consumo | Emissões de CO ₂ |
|--------------|------------------------|----------------|-----------------------------|
| Unidade | kgCO ₂ /kWh | KWh | tCO ₂ |
| Janeiro | 0,57 | 6.796 | 3,87 |
| Fevereiro | 0,57 | 12.744 | 7,26 |
| Março | 0,57 | 13.412 | 7,64 |
| Abril | 0,57 | 11.115 | 6,34 |
| Mai | 0,57 | 11.178 | 6,37 |
| Junho | 0,57 | 7.481 | 4,26 |
| Julho | 0,57 | 6.828 | 3,89 |
| Agosto | 0,57 | 11.092 | 6,32 |
| Setembro | 0,57 | 12.311 | 7,02 |
| Outubro | 0,57 | 15.283 | 8,71 |
| Novembro | 0,57 | 14.177 | 8,08 |
| Dezembro | 0,57 | 14.896 | 8,49 |
| Total | - | 137.313 | 78,25 |

Analisando a tabela 23 nota-se que os valores encontrados de emissão de CO₂ são maiores utilizando o fator da Espanha. Porém, este fator não será utilizado neste trabalho, pois refere-se a um estudo feito na cidade de Santiago de Compostela, na Espanha. Portanto, o valor considerado aconselhável para o uso é o descrito pelo MCTI, que retrata a condição de emissões do Brasil, país em que foi realizado o estudo.

4.1.3 Água

Para calcular as emissões de CO₂ associadas ao consumo de água do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 deve-se aplicar a metodologia já explicada anteriormente. Na tabela 24 é apresentada a descrição do consumo de água e a emissão de CO₂ de cada mês.

Tabela 24 – Emissões de CO₂ do consumo de água. Fonte: o autor

| Mês | Consumo | Emissões de CO₂ |
|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| Unidade | m³ | tCO₂ |
| Janeiro | 218 | 0,11 |
| Fevereiro | 176 | 0,09 |
| Março | 176 | 0,09 |
| Abril | 146 | 0,07 |
| Mai | 120,9 | 0,06 |
| Junho | 108 | 0,05 |
| Julho | 89 | 0,04 |
| Agosto | 92 | 0,05 |
| Setembro | 61 | 0,03 |
| Outubro | 340 | 0,17 |
| Novembro | 253 | 0,13 |
| Dezembro | 271 | 0,14 |
| Total | 2.050,9 | 1,03 |

Analisando a tabela 24 fica claro que os meses de Outubro, Novembro e Dezembro são os de maior emissão de CO₂ (consequentemente de maior consumo de água), enquanto que os meses de Setembro e Julho possuem menor emissão (com menor consumo de água).

4.1.4 Papel

Para calcular as emissões de CO₂ associadas ao consumo de papel do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 é calcular sua emissão de CO₂, através da aplicação da metodologia já explicada anteriormente. Na tabela 25 é apresentada a descrição do consumo de papel e a emissão de CO₂ de cada um dos tipos utilizados pelo campus.

Para calcular o peso do papel consumido, de acordo com Amaral (2010), levou-se em conta que cada folha tem a dimensão de 21,0 X 29,5 cm (ou seja, área de 0,062 m²), e de acordo com os fabricantes, a gramatura da folha é de 75 g/m². Portanto, cada folha pesa 4,678 g.

Tabela 25 – Emissões de CO₂ do consumo de papel. Fonte: o autor

| Tipo | Quantidade de caixas | Quantidade de folhas | Peso de papel consumido | Emissões de CO₂ |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Unidade | - | - | kg | tCO₂ |
| Fibra virgem | 100 | 500.000 | 2.339 | 4,30 |
| Reciclável | 50 | 250.000 | 1.169,5 | 0,71 |
| Total | 150 | 750.000 | 3.508,5 | 5,01 |

Analisando a tabela 25, fica claro que o papel de fibra virgem possui maior emissão de CO₂ se comparado ao papel reciclável, uma vez que seu consumo e sua taxa de emissão são muito maiores que o reciclável.

4.1.5 Área construída

No ano de 2014 o campus Quissamã ocupava uma área total de 9.487 m², sendo que no térreo possui construção de 1.616 m², no segundo piso 1.323 m², a gastronomia 356 m², área externa pavimentada de 1.483 m², resultando numa área 4.478 m².

Para calcular as emissões de CO₂ relativas à área construída do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 é calcular sua emissão de CO₂, através da aplicação da metodologia já explicada anteriormente. Segue na tabela 26 a descrição dos locais construídos no campus, além de sua área e emissão de CO₂.

Tabela 26 – Emissões de CO₂ da área construída. Fonte: o autor

| Local | Área Construída | Emissões de CO₂ |
|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Unidade | m² | tCO₂ |
| Térreo | 1.616 | 16,81 |
| 2° piso | 1.323 | 13,76 |
| Gastronomia | 356 | 3,70 |
| Área pavimentada | 1.483 | 15,42 |
| Total | 4.778 | 49,69 |

Analisando a tabela 26 fica claro que o térreo possui o maior valor de emissão de CO₂, enquanto a gastronomia possui o menor valor.

4.1.6 Total de Emissões

Na tabela 27 está demonstrado o valor total das emissões de CO₂, considerando todos os parâmetros analisados (combustível, energia elétrica, água, papel e área construída).

Tabela 27 – Total de emissões de CO₂. Fonte: o autor

| Parâmetro | Emissões |
|------------------|------------------------|
| Unidade | tCO₂ |
| Combustível | 25,30 |
| Energia Elétrica | 18,76 |
| Água | 1,03 |
| Papel | 5,01 |
| Área Construída | 49,69 |
| Total | 99,79 |

Analisando a tabela 27, fica claro que o parâmetro área construída possui maior valor de emissão de CO₂, enquanto o consumo de água possui o menor valor.

4.2 Pegada Ecológica

4.2.1 Combustíveis

Na Tabela 28 estão apresentadas as PE relativas ao consumo de combustível pelos 5 veículos oficiais do IF Fluminense Quissamã, no ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação, utilizando a metodologia *top-down*.

Tabela 28 – Pegada Ecológica pela metodologia *top-down*. Fonte: o autor

| Veículo | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Montana | 0,33 | 0,68 | 0,58 |
| Fiesta | 0,46 | 0,94 | 0,81 |
| Uno | 0,15 | 0,30 | 0,25 |
| Volare | 0,37 | 0,80 | 0,65 |
| L200 | 0,72 | 1,47 | 1,26 |
| Total | 2,03 | 4,19 | 3,55 |

Analisando os resultados, fica claro que o eucalipto é a vegetação mais adequada a ser plantada, do ponto de vista da redução do CO₂ na atmosfera. Sobre os veículos, a caminhonete L 200 apresenta a maior PE, juntamente com o Fiesta, uma vez que são os veículos mais usados do IF Fluminense Quissamã.

Na Tabela 29 estão apresentadas as PE relativas ao consumo de combustível utilizando a metodologia proposta por Amaral (2010).

Tabela 29 – Pegada Ecológica pela metodologia Amaral. Fonte: o autor

| Veículo | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Montana | 0,29 | 0,58 | 0,50 |
| Fiesta | 0,47 | 0,95 | 0,81 |
| Uno | 0,16 | 0,33 | 0,28 |
| Volare | 0,14 | 0,29 | 0,25 |
| L200 | 0,49 | 0,99 | 0,85 |
| Total | 1,55 | 3,14 | 2,69 |

Através de uma análise da figura 11, pode-se notar que a metodologia *top-down* produz resultados mais elevados que a utilizada por Amaral (2010). Como o estudo descrito neste trabalho aborda problemas ambientais, torna-se mais adequado o uso de uma metodologia que produza resultados mais elevados, uma vez que com resultados com valores menores podem resultar em ações que não propiciem a proteção adequada ao meio ambiente.

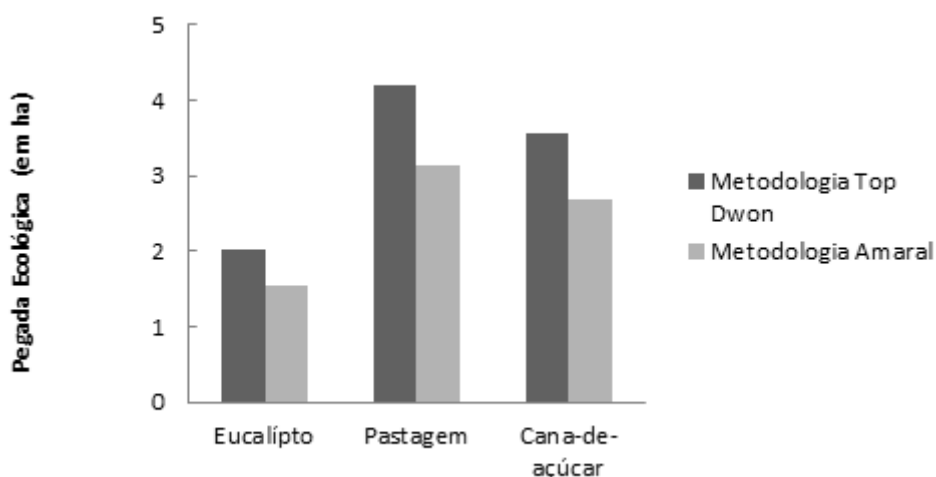


Figura 11 – Comparação entre as Pegadas Ecológicas de combustível. Fonte: o autor.

4.2.2 Energia Elétrica

Na Tabela 30 estão apresentadas as PE relativas ao consumo de energia elétrica do IF Fluminense campus Quissamã para o ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação, utilizando o fator de emissão fornecido pelo MCTI e o fator de emissão da Espanha, utilizado por Rodríguez et al. (2008) em seu estudo da PE da Universidade de Santiago de Compostela.

Tabela 30 – Pegada Ecológica da energia elétrica. Em parênteses a unidade ha = hectares. Fonte: o autor

| Vegetação | Fator do MCTI (ha) | Fator da Espanha (ha) |
|----------------|-----------------------|--------------------------|
| Eucalypto | 1,50 | 6,31 |
| Pastagem | 3,08 | 12,83 |
| Cana-de-açúcar | 2,63 | 10,97 |

Analisando a tabela 30, e a figura 12, nota-se que os valores encontrados de PE são maiores utilizando o fator de emissão da Espanha. Porém, este fator não será utilizado neste trabalho, pois refere-se a um estudo feito em Santiago de Compostela na Espanha. Este valor foi mais alto, uma vez que a matriz energética da Espanha é menos sustentável que a do Brasil, visto que o Brasil possui sua maior parte de geração de energia elétrica produzido por hidroelétricas, uma forma de

geração sustentável. Assim sendo, o valor considerado ideal para o uso é o descrito pelo MCTI, que retrata a condição de emissões do Brasil, país em que foi realizado o estudo.

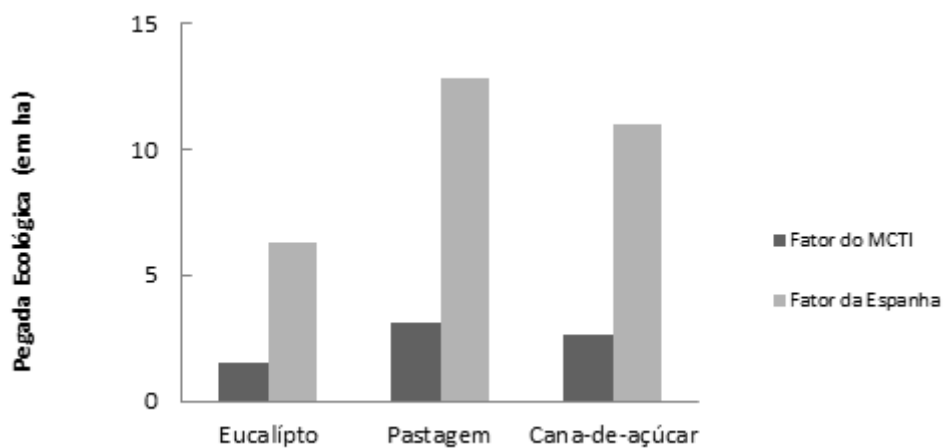


Figura 12– Comparação entre as Pegadas Ecológicas de energia elétrica. Fonte: o autor.

4.2.3 Água

Na Tabela 31 estão apresentadas as PE relativas ao consumo de água do IF Fluminense campus Quissamã para o ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação.

Tabela 31 – Pegada Ecológica da água. Fonte: o autor

| Vegetação | Pegada Ecológica (ha) |
|----------------|-----------------------|
| Eucalipto | 0,08 |
| Pastagem | 0,17 |
| Cana-de-açúcar | 0,14 |

4.2.4 Papel

Na Tabela 32 estão apresentadas as pegadas ecológicas relativas ao consumo de papel do IF Fluminense campus Quissamã, utilizado no ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação.

Tabela 32 – Pegada Ecológica do papel. Fonte: o autor

| Tipo | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|--------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Fibra virgem | 0,35 | 0,70 | 0,60 |
| Reciclável | 0,06 | 0,12 | 0,10 |
| Total | 0,41 | 0,82 | 0,70 |

Analisando a tabela 32, fica claro que o papel de fibra virgem possui maior PE em relação ao papel reciclável.

4.2.5 Área Construída

Na Tabela 33 estão apresentadas as PE relativas à área construída do IF Fluminense Quissamã, no ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação.

Tabela 33 – Pegada Ecológica da área construída. Fonte: o autor

| Local | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Térreo | 1,36 | 2,76 | 2,36 |
| 2° piso | 1,11 | 2,26 | 1,93 |
| Gastronomia | 0,30 | 0,61 | 0,52 |
| Área pavimentada | 1,25 | 2,53 | 2,16 |
| Total | 4,02 | 8,16 | 6,97 |

Analisando a tabela 33, nota-se que o térreo possui maior valor de PE, e a gastronomia o menor, independente da vegetação adotada no cálculo.

4.2.6 Total da Pegada Ecológica

Na Tabela 34 estão apresentadas as PE relativas aos parâmetros analisados do IF Fluminense Quissamã no ano de 2014, calculadas para cada tipo de vegetação. Se for considerado o número de alunos que estudavam no IF Fluminense Quissamã no ano de 2014 (405 alunos) e o número de servidores do mesmo (59 servidores), a PE por aluno e por servidor ficará conforme apresentado na tabela 34.

Tabela 34 – Total da Pegada Ecológica no IF Fluminense Quissamã. Fonte: o autor

| Parâmetro | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Por Aluno | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| Por Servidor | 0,14 | 0,28 | 0,24 |
| Combustível | 2,03 | 4,19 | 3,55 |
| Energia Elétrica | 1,50 | 3,08 | 2,63 |
| Água | 0,08 | 0,17 | 0,14 |
| Papel | 0,41 | 0,82 | 0,70 |
| Área Construída | 4,02 | 8,16 | 6,97 |
| Total | 8,04 | 16,42 | 13,99 |

4.3 Proposta de Melhorias

4.3.1 Combustível

Para melhorar a sustentabilidade do IF Fluminense campus Quissamã sugere-se que seja feita uma alteração nos combustíveis, passando a utilizar álcool e GNV para os veículos movidos a gasolina, e biodiesel B20 para os movidos a diesel tradicional. Dessa forma, refazendo os cálculos considerando o uso do álcool, seria encontrado o resultado para as emissões reais de CO₂.

Tabela 35 – Emissões Reais de CO₂ para o combustível álcool. Fonte: o autor

| Veículo | Distância Percorrida | Consumo Total | Emissões Reais de CO₂ | Eficiência | Eficiência |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Unidade | Km | m³ | tCO₂ | tCO₂/km | tCO₂/1000km |
| Montana | 17.809,41 | 2,12 | 2,54 | 0,000143 | 0,143 |
| Fiesta | 30.156,23 | 3,97 | 4,33 | 0,000144 | 0,144 |
| Uno | 10.037,81 | 1,39 | 1,67 | 0,000166 | 0,166 |

A tabela 35 demonstra a eficiência dos veículos caso utilizassem o álcool como combustível, de forma que foi calculado quantas toneladas de CO₂ cada um deles emite para percorrer 1000km. O veículo Uno é o que mais emitiu CO₂ com o combustível álcool, pois possui o menor rendimento entre os veículos analisados para este combustível.

Tabela 36 – Emissões Reais de CO₂ para o combustível GNV. Fonte: o autor

| Veículo | Distância Percorrida | Consumo Total | Emissões Reais de CO₂ | Eficiência | Eficiência |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Unidade | Km | m³ | tCO₂ | tCO₂/km | tCO₂/1000km |
| Montana | 17.809,41 | 1,82 | 2,37 | 0,000133 | 0,133 |
| Fiesta | 28.844,86 | 2,53 | 3,28 | 0,000114 | 0,114 |
| Uno | 10.037,81 | 0,8 | 1,03 | 0,000103 | 0,103 |

Analisando a tabela 36, percebe-se que o Uno é o carro mais eficiente usando o GNV.

A tabela 37 demonstra a eficiência dos veículos caso utilizassem o biodiesel B20 como combustível, de forma que foi calculado quantas toneladas de CO₂ cada um deles emite para percorrer 1000km.

Tabela 37 – Emissões Reais de CO₂ para o combustível biodiesel B20. Fonte: o autor

| Veículo | Distância Percorrida | Consumo Total | Emissões Reais de CO₂ | Eficiência | Eficiência |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Unidade | Km | m³ | tCO₂ | tCO₂/km | tCO₂/1000km |
| Volare | 8.847,58 | 1,87 | 3,93 | 0,000444 | 0,444 |
| L200 | 30.156,23 | 3,63 | 7,70 | 0,000255 | 0,255 |

Analisando a tabela 37, nota-se que o veículo Volare é o que mais emitiu CO₂ com o combustível biodiesel B20, pois possui o menor rendimento entre os veículos analisados para este combustível. Através de uma análise percentual, o Volare emite 174,12% do CO₂ emitido pelo L200.

Na tabela 38 foi elaborada uma comparação entre os veículos do IF Fluminense campus Quissamã, de forma a retratar a diferença entre os valores de emissões de CO₂ para os diferentes combustíveis utilizados.

Tabela 38 – Comparação entre as emissões reais de CO₂ para os tipos de combustíveis. Fonte: o autor

| Combustível | Emissões de CO ₂ (tCO ₂) | | | | |
|---------------|---|---------|--------|------|--------|
| | Veículo | Montana | Fiesta | Uno | Volare |
| Gasolina | 4,10 | 5,70 | 1,80 | - | - |
| Álcool | 2,54 | 4,56 | 1,67 | - | - |
| GNV | 2,37 | 3,28 | 1,03 | - | - |
| Óleo Diesel | - | - | - | 4,60 | 9,00 |
| Biodiesel B20 | - | - | - | 3,93 | 7,70 |

Na tabela 39 é apresentada a PE dos veículos do IF Fluminense campus Quissamã, de acordo com o tipo de combustível consumido e com a vegetação utilizada.

Tabela 39 – Comparação entre as Pegadas Ecológicas para os tipos de combustíveis. Fonte: o autor

| Vegetação | Combustível | Unidade | Veículo | | | | |
|----------------|---------------|---------|---------|--------|------|--------|------|
| | | | Montana | Fiesta | Uno | Volare | L200 |
| Eucalipto | Gasolina | ha | 0,33 | 0,46 | 0,15 | - | - |
| | Álcool | ha | 0,20 | 0,35 | 0,13 | - | - |
| | GNV | ha | 0,19 | 0,26 | 0,08 | - | - |
| | Óleo Diesel | ha | - | - | - | 0,37 | 0,72 |
| | Biodiesel B20 | ha | - | - | - | 0,32 | 0,62 |
| Pastagem | Gasolina | ha | 0,67 | 0,93 | 0,30 | - | - |
| | Álcool | ha | 0,42 | 0,75 | 0,27 | - | - |
| | GNV | ha | 0,39 | 0,54 | 0,17 | - | - |
| | Óleo Diesel | ha | - | - | - | 0,75 | 1,48 |
| | Biodiesel B20 | ha | - | - | - | 0,64 | 1,26 |
| Cana-de-açúcar | Gasolina | ha | 0,58 | 0,81 | 0,25 | - | - |
| | Álcool | ha | 0,36 | 0,61 | 0,23 | - | - |
| | GNV | ha | 0,33 | 0,46 | 0,14 | - | - |
| | Óleo Diesel | ha | - | - | - | 0,65 | 1,26 |
| | Biodiesel B20 | ha | - | - | - | 0,55 | 1,08 |

4.3.2 Energia Elétrica

Para melhorar a sustentabilidade do IF Fluminense campus Quissamã sugere-se que seja feita uma alteração na matriz energética. Dessa forma, refazendo os cálculos considerando outras fontes de geração de energia encontra-se como valores de emissões o resultado da tabela 39.

Tabela 40 - Emissões de CO₂ das fontes de geração de energia elétrica. Fonte: o autor.

| Fonte de Geração | Emissões de CO₂ (tCO₂) |
|----------------------------------|---|
| Hidroelétrica | 11,81 |
| Eólica | 2,20 |
| Nuclear | 1,92 |
| Solar | 5,49 |
| Sistema Híbrido (solar + eólico) | 3,84 |
| Termoelétrica Carvão Mineral | 157,09 |
| Termoelétrica Gás Natural | 71,13 |
| Termoelétrica Óleo Combustível | 107,24 |
| Termoelétrica Óleo Diesel | 113,83 |

Analisando a tabela 39, nota-se que a geração de energia elétrica por fontes mais renováveis como solar, eólica e nuclear emitem muito menos que por fontes não renováveis como carvão mineral, óleo diesel e óleo combustível. Isso só comprova que deve-se escolher utilizar energias renováveis como forma de preservar o meio ambiente. Na tabela 40 é calculada a PE para as diferentes fontes de geração de Energia.

Tabela 41 - Pegada Ecológica das fontes de geração de energia elétrica. Fonte: o autor.

| Fonte de Geração | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Hidroelétrica | 0,95 | 1,94 | 1,66 |
| Eólica | 0,18 | 0,36 | 0,31 |
| Nuclear | 0,16 | 0,31 | 0,27 |
| Solar | 0,44 | 0,90 | 0,77 |
| Sistema Híbrido (solar + eólico) | 0,28 | 0,63 | 0,54 |
| Termoelétrica Carvão Mineral | 12,69 | 25,75 | 22,03 |
| Termoelétrica Gás Natural | 5,74 | 11,66 | 9,98 |
| Termoelétrica Óleo Combustível | 8,66 | 17,58 | 15,04 |
| Termoelétrica Óleo Diesel | 9,19 | 18,66 | 15,96 |

4.3.3 Água

Como há apenas uma empresa prestadora de serviço de oferta de água tratada na cidade de Quissamã, não foi possível propor uma alternativa para se minimizar as emissões neste item. No entanto, a redução pode ser obtida através da redução do consumo por ações de educação ambiental no Instituto ou com técnicas específicas para reduzir o consumo, como pode ser visto no próximo capítulo de Discussão dos Resultados.

4.3.4 Papel

Uma solução para reduzir a PE causada pelo consumo de papel seria utilizar apenas o papel reciclável, uma vez que seu fator de emissão de CO₂ é menor que o do papel de fibra virgem. Dessa forma, o consumo de papel iria emitir 2,14 tCO₂, o que daria uma PE de 0,17 ha para o eucalipto, 0,35 ha para a pastagem, e 0,30 ha para a cana-de-açúcar.

4.3.5 Área Construída

Como a pesquisa bibliográfica efetuada neste trabalho não encontrou dados de fator de emissão para materiais mais sustentáveis, não foi possível propor uma alternativa que reduzisse as emissões de CO₂ com a substituição de materiais. Porém, uma redução no valor destas emissões pode ser obtida através de alterações nas técnicas de construção e projeto, como pode ser visto no próximo capítulo de Discussão dos Resultados.

Na tabela 42 está apresentado o resultado total da PE, caso as melhorias propostas fossem implementadas.

Tabela 42 - Pegada Ecológica com aplicação de melhorias. Fonte: o autor.

| Parâmetro | Eucalipto (ha) | Pastagem (ha) | Cana-de-açúcar (ha) |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------------|
| Combustível | 1,47 | 3,00 | 2,56 |
| Eletricidade | 0,28 | 0,63 | 0,54 |
| Água | 0,08 | 0,17 | 0,14 |
| Papel | 0,17 | 0,35 | 0,30 |
| Área Construída | 4,02 | 8,16 | 6,97 |
| Total | 6,02 | 12,31 | 10,51 |

Na figura 13 é feita uma comparação entre a PE atual do IF Fluminense campus Quissamã, e caso fossem aplicadas as melhorias sugeridas neste trabalho. Nota-se que a aplicação das melhorias reduziria o valor da PE.

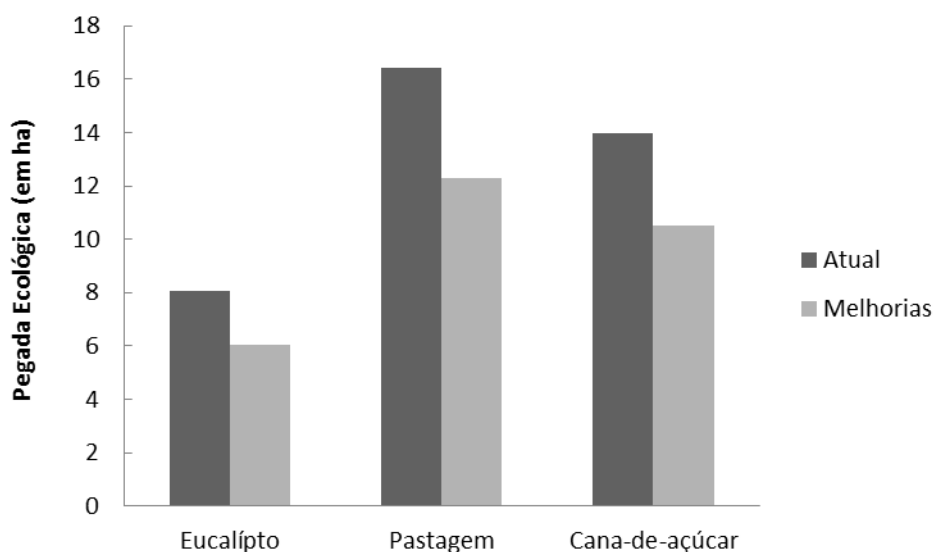


Figura 13 - Comparação entre a Pegada Ecológica atual e com aplicação das melhorias. Fonte: o autor

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta pesquisa baseou-se na aplicação das metodologias que foram encontradas através de pesquisa bibliográfica para cálculo da PE. Nesta pesquisa foram encontrados alguns estudos envolvendo o cálculo da PE em IE, como o trabalho de Amaral (2010) que elaborou uma monografia, calculando a PE do campus de São Carlos da Universidade de São Paulo, avaliando os parâmetros área construída, consumo de energia elétrica, água, papel e combustível, pela instituição,

professores e alunos, além da pegada da área construída pelo campus. Rodríguez et al. (2008) realizaram um estudo sobre o impacto ambiental, através do cálculo da PE considerando os parâmetros área construída, consumo de energia elétrica, água, papel e combustível em dois centros da Universidade de Santiago de Compostela: a Escola Universitária de Formação do Professorado (Campus Lugo) e a Faculdade de Ciências Económicas e Empresariais (Campus Norte, Santiago). Li et al. (2008) calcularam a PE da Universidade Northeastern, em Shenyang na China, no ano de 2003. Os componentes considerados no estudo incluíram o consumo energético (carvão, gás natural e eletricidade), consumo de alimentos, produção de resíduos, abastecimento de água, transporte e consumo de papel. Gottlieb et al. (2012a) calcularam a PE da instituição e dos indivíduos, aplicado a uma escola secundária na cidade de Haifa, Israel, através de quatro parâmetros: energia elétrica, transporte, alimentação e materiais.

Com base nos parâmetros avaliados em pesquisas já feitas na área e na disponibilidade de dados fornecidos pelo IF Fluminense campus Quissamã, definiu-se que os parâmetros analisados seriam: consumo de combustível, eletricidade, água, papel e área construída. Estes parâmetros são os mais importantes, no entanto, sabe-se que as emissões também são geradas pela alimentação dos alunos, pelo lixo gerado, pelos equipamentos (data show, televisões, impressoras, entre outros) e pelo material de consumo (material de limpeza, caneta de quadro branco, apagador, entre outros), que não foram incluídos nos cálculos devido à falta de dados oficiais e devido à variabilidade diária e sazonal do consumo destes itens. Além disso, não há informações quanto à quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente, uma vez que a gravimetria deste resíduo e a sua disposição final precisa ser avaliada de forma criteriosa. E sobre o material de consumo e equipamentos, não foram encontradas informações sobre os valores de fator de emissão de CO₂ deles, o que impossibilitou sua inclusão nesta pesquisa.

Analisando os resultados obtidos através do cálculo da PE dos parâmetros avaliados do IF Fluminense campus Quissamã, percebe-se que a área construída, o consumo de combustível e o consumo de energia elétrica apresentam valores maiores que o consumo de papel e consumo de água. Isso se deve ao fato de serem atividades que causam grande emissão de CO₂. O consumo de combustível foi analisado detalhadamente, pois além de ser um dos parâmetros mais críticos, também apresentou diversas metodologias para serem aplicadas.

Para o cálculo da PE relativo ao consumo de combustível pelos veículos oficiais do IF Fluminense campus Quissamã foram encontradas três metodologias: *top-down* e *bottom-up* (propostas pelo IPCC), e uma metodologia utilizada por Amaral (2010) em seu trabalho. A metodologia *bottom-up* foi a única não utilizada nesta pesquisa, pois sua aplicação necessita de dados mais aprofundados, que não foram possíveis de se mensurar neste trabalho. Através da comparação entre os resultados obtidos pela aplicação das duas metodologias utilizadas para o cálculo das emissões reais de CO₂, fica claro que os valores encontrados pela metodologia utilizada por Amaral (2010) são menores que os valores encontrados pela metodologia *top-down*. Porém, como o estudo descrito neste trabalho aborda problemas ambientais, torna-se mais adequado o uso de uma metodologia que produza resultados mais elevados, uma vez que com resultados com valores menores podem resultar em ações que não propiciem a proteção adequada ao meio ambiente. Desta forma, para fins de cálculo de PE através do consumo de combustíveis, é aconselhável que se utilize a metodologia *top-down*.

Para o cálculo da PE relativo ao consumo de eletricidade do IF Fluminense campus Quissamã foram encontrados dois valores diferentes de fator de emissão de CO₂, um deles já utilizado em um estudo semelhante a este, e outro fornecido pelo MCTI que é recomendado para ser utilizado em inventários no país. Através da comparação entre os resultados obtidos pela aplicação dos fatores de emissão de CO₂ utilizados, fica claro que os valores encontrados caso fosse utilizado neste trabalho o valor Amaral (2010) usou em seu trabalho, e que foi descrito por Rodríguez et al. (2008) em seu estudo da PE da Universidade de Santiago de Compostela, são maiores que quando se usa os fatores de emissão indicados pelo MCTI. Porém, apesar do uso do fator de emissão descrito por Rodríguez et al. (2008) gerar um valor mais elevado de PE, deve ser levado em conta que o fator de emissão usado pelo autor refere-se à matriz energética da cidade de Santiago de Compostela, na Espanha. Portanto, escolheu-se utilizar para este trabalho os valores de fator de emissão fornecidos pelo MCTI, o qual foi considerado mais adequado por se tratar de um órgão do governo federal, com valores para serem utilizados em inventários no Brasil.

Para o cálculo da PE relativa ao consumo de água, papel e da área construída só foi encontrada uma metodologia e um valor de fator de emissão de

CO₂, descritos por Amaral (2010) em seu trabalho, e que foram definidos por Rodríguez et al. (2008).

Os valores de PE encontrados neste trabalho mostraram que a situação de sustentabilidade do IF Fluminense campus Quissamã é crítica, portanto este trabalho também tem o intuito de oferecer alternativas para a redução das emissões desta IE, e conseqüentemente a redução da PE do campus. Assim sendo, foi feita uma análise das reduções de CO₂ caso fosse feita uma troca no combustível utilizado pelos veículos, sendo que dentre os 5 veículos, apenas os movidos a gasolina podem ser substituídos pelo álcool. O veículo Montana emite 4,1 tCO₂ utilizando a gasolina; caso fosse utilizado o álcool, emitiria 2,54 tCO₂ e 2,37 tCO₂ se usasse o GNV. Já o veículo Fiesta que emite 5,7 tCO₂ para a gasolina, emitiria 4,56 tCO₂ se usasse álcool e 3,28 tCO₂ com o GNV. O veículo Uno, que emite 1,8 tCO₂ com gasolina, emitiria 1,67 tCO₂ com o álcool e 1,03 tCO₂ com GNV. O veículo Volare que emite 4,6 tCO₂ com o uso do óleo diesel, emitiria 3,93 tCO₂ se usasse biodiesel B20. E o veículo L200 que emite 9,00 tCO₂ com o uso do óleo diesel, emitiria 7,70 tCO₂ se usasse biodiesel B20. Com isso, os valores calculados de PE para o uso do GNV são menores que da gasolina no caso dos veículos leves, assim como os valores encontrados para o biodiesel B20 são menores que do óleo diesel para os veículos pesados, comprovando que deve ser feita uma alteração assim que possível no tipo de combustível utilizado. Dentre os veículos utilizados, o Uno apresenta um valor de eficiência de 0,103 tCO₂ por 1000km percorridos, enquanto o Montana apresentou 0,114 tCO₂ por 1000km, o Fiesta 0,133 tCO₂ por 1000km, o L200 0,275 tCO₂ por 1000km e o Volare 0,275 tCO₂ por 1000km. Assim, fica perceptível que o Uno é o veículo mais indicado ao uso, uma vez que a cada 1000km que percorre emite um valor equivalente a 37,45% do CO₂ que o Volare emite. Dentre os veículos de passeio, o Uno emite um valor equivalente a 90,35% do CO₂ que o Fiesta emite, e um valor equivalente a 77,44% do CO₂ que o Montana emite. Dessa forma, seria recomendável que se privilegiasse o uso do Uno.

Outra análise feita no trabalho, que servirá de sugestão futura para a redução das emissões de CO₂, e conseqüentemente da PE do campus é a troca no tipo de geração de energia elétrica. Dentre os argumentos favoráveis à expansão do aproveitamento eólico para geração de energia elétrica, a questão ambiental certamente é a que apresenta maior importância, uma vez que ela não emite poluentes durante sua operação. Segundo o Plano Nacional de Energia (PEN) 2030,

o Brasil possui potencial instalado da energia eólica 143 GW. (BRASIL, 2007d). Sobre a energia solar, o principal fator ambiental que favorece o seu aproveitamento para produção de energia é o fato de também não emitir gases poluentes durante sua operação. De acordo o PEN 2030, a capacidade instalada no Brasil de fotovoltaicas gira em torno de 12 MW. (BRASIL, 2007d). Outro tipo de energia sustentável analisado neste trabalho é a energia nuclear. De acordo com o PEN 2030, o Brasil detém uma das maiores reservas globais do mineral, ainda que a prospecção esteja em fase inicial. Além disso, o país domina todo o ciclo de fabricação do combustível nuclear, ainda que algum investimento complementar seja demandado para iniciar-se o enriquecimento no país. De acordo com o PEN 2030, mesmo que se considerem apenas as reservas medidas e indicadas de urânio, há recursos no Brasil em quantidade suficiente para abastecer, por 40 anos, pelo menos 14 usinas nucleares com 1.300 MW, operando com um fator de capacidade médio de 85%. (BRASIL, 2007c). Para estimar os benefícios da alteração da matriz energética, foram feitas simulações usando a energia eólica, nuclear e solar como fonte de geração de eletricidade. Como a energia eólica tem um fator de emissão de CO₂ de 0,016 kgCO₂/kWh, a nuclear tem um fator de emissão de CO₂ de 0,014 kgCO₂/kWh e a solar 0,040 kgCO₂/kWh, nota-se que estes são valores menores que o fornecido pelo MCTI para ser usado em cálculos da matriz brasileira, o que significa que são energias menos poluentes que a utilizada atualmente no país. Dessa forma, caso fosse usada a energia eólica, o IF Fluminense campus Quissamã teria emitido 2,20 tCO₂, enquanto que com o uso de energia nuclear emitiria 1,92 tCO₂ e com energia solar emitiria 5,49 tCO₂, e caso fosse utilizado um sistema híbrido (com energia solar e eólica) seria emitido 3,84 tCO₂. Enquanto isso, com a fonte de geração atual emitiu-se 18,76 tCO₂ no ano de 2014. Ou seja, caso fosse utilizada a geração de eletricidade por meio da energia eólica, o campus emitiria um valor equivalente a 11,73% das emissões atuais. Utilizando a energia nuclear, seria emitido 10,23% do valor atual. Já utilizando a energia solar emitiria 29,26 % do valor atual. E com o uso do sistema híbrido, seria utilizado 20,47% do valor atual. Assim, recomenda-se que seja utilizada uma fonte de geração de energia mais sustentável.

Outra possibilidade real de diminuição das emissões é utilizar apenas papel reciclável. No ano de 2014, o IF Fluminense campus Quissamã utilizou 100 caixas de papel de fibra virgem e 50 caixas de papel reciclável, emitindo 5,01 tCO₂. Caso

utilizasse 150 caixas de papel reciclável, teria emitido 2,14 tCO₂. Ou seja, seria emitido 42,71% do valor atual.

Além disso, outra forma eficiente de reduzir as emissões de CO₂ e a PE seria reduzir o consumo dos parâmetros avaliados. Assim, o consumo de combustível, por exemplo, poderia ser reduzido através do uso racional dos veículos oficiais do campus, através da implantação de melhorias na logística para evitar que viagens desnecessárias sejam feitas. O consumo de energia elétrica poderia ser racionado, evitando deixar lâmpadas acesas desnecessariamente, além da troca de equipamentos já existentes por outros mais sustentáveis, como por exemplo o uso de lâmpadas mais eficientes, uma vez que as técnicas de iluminação têm sofrido um progresso acelerado em termos de eficiência energética nas últimas décadas, não só em termos de lâmpadas mais eficientes, como em reatores, luminárias e controles. Maior eficiência energética em iluminação pode ser conseguida também através de melhor aproveitamento da iluminação natural, controle do acendimento, usando sensores de presença, timers, e outros equipamentos. Além disso, deve se utilizar aparelhos de ar-condicionado mais eficientes, de forma a evitar o consumo exagerado de eletricidade. (BRASIL, 2007a). O consumo de água poderia ser diminuído evitando-se deixar torneiras abertas; fazendo uso de equipamentos hidráulicos de qualidade, pois a qualidade sanitária da água está relacionada com a durabilidade dos materiais; fazendo reuso das águas de lavatório e banho para a descarga das bacias sanitárias; fazendo reuso da água de condensação dos condicionadores de ar; aproveitando as águas pluviais com a implantação de sistemas de retenção de água de chuva em áreas permeáveis e de reservatórios; reaproveitando as chamadas águas cinza (derivadas de chuveiros e lavatórios de banheiro, tanques, máquinas de lavar etc.); instalando medidores individuais para monitoramento do consumo de água; instalando sensores de automação nas torneiras e mictórios, bem como de vasos sanitários de baixa vazão; regando a grama e os jardins com águas reaproveitadas; e irrigando de forma automática os jardins, desde que o equipamento esteja bem regulado e em condições de funcionamento para não haver desperdício de água. (ABREU, 2012). Também pode ser evitado o consumo de papel de forma desnecessária, evitando a impressão errada de folhas. Sobre a redução das emissões de CO₂ do parâmetro área construída, o que apresentou maior valor de PE, algumas medidas podem ser tomadas desde a fase do projeto arquitetônico, como: priorização da ventilação e

iluminação naturais, reduzindo assim a dependência dos sistemas de iluminação e climatização e conseqüente o consumo de energia; opção por materiais com menores níveis de emissões e de fornecedores que apresentem menores níveis de emissões na produção de materiais; implementação de mecanismos de controle de consumo de energia; e previsão de plantio de árvores e reflorestamento para resgate de carbono. Já na fase de construção, podem ser tomadas as seguintes medidas: implementação de técnicas de manejo do solo, que, combinadas com o reflorestamento, podem controlar as emissões de CO₂; reaproveitamento de recursos e utilização de materiais renováveis; emprego de técnicas de reciclagem de resíduos por meio das quais é possível reduzir o consumo de energia, obtendo-se economia energética; e uso de combustíveis com menores níveis de emissões nos equipamentos. (ABREU, 2012).

Analisando o tipo de vegetação que deveria ser utilizado para mitigar os efeitos da emissão de CO₂, fica claro que os dois tipos que causam uma menor PE são o eucalipto e a cana-de-açúcar; por isso, estas vegetações são as mais indicadas para serem usadas. Dessa forma, seria interessante que o IF Fluminense campus Quissamã disponibilizasse uma área de terra e fizesse o plantio de espécies escolhidas neste trabalho, a fim de mitigar os efeitos de suas emissões de CO₂. Sobre o uso da cana-de-açúcar como vegetação a ser plantada, além de ser uma espécie que possui um ciclo de 1 ano e meio, em média (menor que o do eucalipto que dura em média 7 anos), o município de Quissamã, onde se encontra a IE na qual foi aplicado este estudo, possui várias plantações de cana-de-açúcar, desde os tempos que esta cultura era forte na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Outra vantagem do plantio da cana-de-açúcar é que pode ser implantado um sistema de cogeração, uma vez que a médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar um maior aproveitamento energético da biomassa. Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tecnologias de conversão mais eficientes vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas, como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. (BRASIL, 2007b).

Uma ideia interessante para o IF Fluminense é desenvolver alguns projetos de pesquisa e extensão nesta área, de forma a envolver tanto alunos quanto a comunidade no entorno do Instituto. A pesquisa no IF Fluminense é desenvolvida pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação, e busca promover e estimular a pesquisa de uma forma verticalizada, do ensino técnico ao mestrado, trabalhando para a região na qual o instituto está inserido, sendo feita de forma integrada ao ensino e à extensão, instigando o aluno na produção de novos conhecimentos e no alcance de resultados (IF FLUMINENSE, 2015f). Já a extensão no IF Fluminense possibilita a prática dos conhecimentos adquiridos e produzidos no ambiente educacional por meio da sua aplicação na sociedade, de forma a trazer melhorias. A Pró-Reitoria de Extensão planeja, coordena, fomenta e acompanha essas atividades. (IF FLUMINENSE, 2015e). Esses projetos desenvolvidos poderiam contar com parcerias entre o Instituto e produtores locais, de forma a desenvolver estratégias de plantio das vegetações pesquisadas neste trabalho, para assim mitigar os efeitos das emissões de CO₂ causadas pelo Instituto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusão

Um dos principais resultados que foram retornados por esta pesquisa é a possibilidade de fazer um banco de dados com informações pertinentes à PE do campus Quissamã do IF Fluminense. Com isso, torna-se interessante que estes dados sejam divulgados, para conhecimento geral, e como forma de incentivar a implantação de estratégias de gestão ambiental para que os resultados encontrados possam ser mitigados, e com isso o campus se torne cada vez mais sustentável.

Sobre o resultado encontrado, o alto valor de PE torna alarmante a situação, visto que o campus Quissamã é um dos menores do IF Fluminense, contando com 405 alunos e 59 servidores no ano de 2014. Este alto valor mostra que é imprescindível que se adote medidas para reduzir as emissões de CO₂ por parte da Instituição, além de medidas compensatórias para o impacto causado. Algumas

destas medidas são discutidas durante o trabalho, através da implantação de estratégias para a redução do consumo, ou a substituição da gasolina e óleo diesel por álcool (quando possível) e GNV, a utilização da energia eólica e nuclear para geração de eletricidade e o uso do papel reciclável no lugar do de fibra virgem.

Do ponto de vista da vegetação a ser utilizada para mitigar os efeitos do consumo de CO₂, fica claro que o eucalipto possui a melhor eficiência dentre as estudadas, uma vez que sua taxa de absorção é maior que as demais consideradas nesta pesquisa. Porém, a cana-de-açúcar também se apresenta como uma solução interessante, pois mesmo que tenha valor de taxa de absorção um pouco menor que o do eucalipto, possui um ciclo de plantio menor (o ciclo do eucalipto é de 7 anos, enquanto o ciclo da cana-de-açúcar é de 1 ano e meio, em média). Além disso, o município de Quissamã, onde se encontra a IE na qual foi aplicado este estudo, possui várias plantações de cana-de-açúcar, desde os tempos que esta cultura era forte na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Segundo Ribeiro (2014) no ano de 2012 o município de Quissamã possuía uma área colhida de 12.600 hectares.

Porém, caso seja escolhido o plantio da Cana-de-açúcar, deve-se evitar que a prática de queimadas em seu processo de colheita, pois segundo Campos (2003) a queima do canavial, usada para facilitar o corte manual da cana-de-açúcar, libera para a atmosfera uma grande quantidade de CO₂, N₂O e CH₄.

6.2 Trabalhos Futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, pode ser feito o cálculo da PE dos alunos e servidores, através da aplicação de questionários para mensurar o padrão de emissão de CO₂ deles, uma vez que nesta pesquisa foi calculada apenas a PE da Instituição. Outra sugestão interessante é utilizar esta metodologia para calcular a PE nos outros campi do IF Fluminense, além de outras IE da região. Também seria interessante calcular os fatores de emissão dos parâmetros água, papel e construção civil, uma vez que não há dados referentes ao Brasil para estes parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Wagner Gomes de. **Identificação de Práticas Sustentáveis Aplicadas às Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/disseracaoformatada.pdf>. Acesso em: 25 de Agosto de 2015.

ALVIM, Carlos Feu, FERREIRA, Omar Campos, VARGAS, José Israel. **Revisitando a concentração do metano na atmosfera**. Economia e Energia, n. 65, p. 29-35, 2008.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/>. Acessado em: 13 de maio de 2015.

BARCZAK, Rafael, DUARTE, Fábio. **Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras**. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, 2012, vol.4, n.1, p. 13-32. ISSN 2175-3369.

BRASIL. **Decreto n. 7.566**, de 23 de setembro de 1909. Cria nas capitais dos Estados da República Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Decreto n. 2.494**, 10 de fevereiro de 1998. Regulamenta o Art. 80 da LDB (Lei n. 9.394/96). Brasília, DF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/D2494.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Decreto n. 5.622**, 19 de dezembro de 2005. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5622.htm>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Lei n. 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel – 1ª edição, Brasília, DF, 2013a.

_____. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima, Brasília, DF, 1999a.

_____. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. Relatório das emissões de carbono derivadas do sistema energético: abordagem *top-down*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF, 1999b.

_____. **Ministério da Educação**. Ensino Técnico: guia de profissões. Brasília, DF, 2013b. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/educacao/ensino-tecnico/guia-de-profissoes>>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Balanço energético nacional 1999: ano base 1998, Brasília, DF, 1999c.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética, Brasília, DF, 2007a.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Geração Termoelétrica (Biomassa), Brasília, DF, 2007b.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Geração Termonuclear, Brasília, DF, 2007c.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Outras Fontes, Brasília, DF, 2007d.

_____. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Classificação Brasileira de Ocupações. Brasília, DF, 2013c. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaDescricao.jsf>>. Acesso em: 08 out. 2014

CAMPOS, Dinailson Corrêa. **Potencialidade do Sistema de Colheita sem Queima da Cana-de-Açúcar para o Sequestro de Carbono**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, João Luís Nunes et al. **Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomassas do Brasil**, Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2010.

CHEN, B. et al. **Ecological footprint accounting for energy and resource in China**, Energy Policy, Pequim, 2007.

FANG, K., HEIJUNGS, R., SNOO, G.R., **Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints**: Overview of a footprint Family, Ecological Indicators, Leiden, 2013.

FERES, Yuri Nogueira, ANTUNES, Felipe, Zacari. **Gestão Ambiental em Instituições de Ensino: Programa Ecoeficiência e Sistema de Gestão Ambiental do SENAC São Paulo**. In: ENGEMA – Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 10. **Anais...**Curitiba, 2007.

FOURNIER, Anna Carolina Pires, PENTEADO, Cláudio Luis de Camargo. **Eletrificação Rural**: um desafio para universalização da energia. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/download/livros/eletrificacao_XII.pdf. Acessado em: 31 de agosto de 2014.

GASMIG. **Gás Natural**: Equivalência Energética. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/Gas/Equivalencia.aspx>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

GOLDEMBERG, José, LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

HODGE, B.K. **Sistema e Aplicações de Energia Alternativas**. São Paulo. Editora LTC. 2011, 324p.

HOGAN, Daniel Joseph. **Crescimento Populacional e Desenvolvimento Sustentável**, Lua Nova, São Paulo, 1993.

ICARROS. **Ficha Técnica de Chevrolet Montana 2010**. Disponível em: <http://www.icarros.com.br/chevrolet/montana/2010/ficha-tecnica>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

_____. **Ficha Técnica de Fiat Uno Mille 2007**. Disponível em: <http://www.icarros.com.br/fiat/uno-mille/2007/ficha-tecnica>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

_____. **Ficha Técnica de Ford Fiesta Sedan 2011**. Disponível em: <<http://www.icarros.com.br/ford/fiesta-sedan/2011/ficha-tecnicatecnica>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. **Apresentação**. 2015a. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/institucional/historico>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Cursos**. 2015b. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/institucional>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Histórico**. 2015c. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/campus-avancado>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **IF Fluminense**. 2015d. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/cursos>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Pró-Reitoria de Extensão e Cultura**. 2015e. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/pro-reitoria-de-extensao-1>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação**. 2015f. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/outros>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. **Climate change 1995: The economic and social dimensions of climate change**. IPCC Geneva, 1996a.

_____. **Climate change 1995: The science of climate change**. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Geneva, 1996b.

_____. **Greenhouse gas inventory reporting instructions: IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Vol 1, 2, 3. United Nations Environment Program, the Organization for Economic Co-operation and Development and the International Energy Agency, London, v.3, 1996c.

_____. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers**. IPCC Geneva, 2007.

JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves et al. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, Antônio de Pádua, CARMO, Ciriaca .A. Ferreira de Santana. **Sequestro de carbono: Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa, MG, EPAMIG, 2006. p.1-41.

KIRCHNER, J. et al. **Carrying Capacity, Population Growth and Sustainable Development**. Rapid Population Growth and Human Carrying Capacity. World Bank Staff Working Papers (690), Population and Development Series no. 15,1985, p.45.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego de. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa** – O Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/lbrmattos.pdf> >. Acesso em 18 de Novembro de 2014.

MIRANDA, Mariana Maia de. **Fator de Emissão de Gases de efeito Estufa da Geração de Energia Elétrica no Brasil**: Implicações da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/pt-br.php>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2015.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY NREL, **Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics**, Golden, 2012. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf> >. Acesso em: 24 de Setembro de 2015.

NILSSON, W. R., **Services Instead of Products**: Experiences from Energy Markets – Examples from Sweden. In: MEYER-KRAHMER, F. (Ed.). Innovation and sustainable development: lessons for innovation policies. Heidelberg: Physica-Verlag, 1998.

OLIVEIRA, Murilo de Alencar Souza, SOUZA, Maria José Barbosa, ESCOBAR, Maria Andréa Rocha, A responsabilidade Socioambiental (RS) nos Periódicos Científicos de Turismo no Brasil: uma Análise Bibliométrica de 2001 a 2011, Seminário de Pesquisas em Turismo do Mercosul, 7. **Anais...** Caxias do Sul, 2012. Disponível em <http://www.uces.br/ucs/tpIVSeminTur%20eventos/seminarios_semintur/semin_tur_7/gt09/arquivos/09/01_29_29_Oliveira_Souza_Escobar>. Acesso em 19 de Agosto de 2015.

RAWORTH, KATE. **A safe and Just Space for Humanity**. Oxfam Discussion Papers, 2012. Disponível em <<https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf>>. Acesso em 31 de Agosto de 2015.

RIBEIRO, Alcimar das Chagas. **A Economia Norte Fluminense: análise da conjuntura e perspectivas**. 3ª. ed. Campos dos Goytacazes: Fundação Cultural Jornalista Oswaldo Lima, 2014. v. 500. 182p.

RODRÍGUES, R. L., IGLESIAS, J.L.T., ÁLVAREZ, N.L., **Impacto Ambiental en Centros da Universidade de Santiago de Compostela**. Vicereitoria de Calidade e Planificación, Santiago de Compostela, 2008

SEGNINI, Aline et al. Potencial de Sequestro de Carbono em Áreas de Pastagem de *Brachiaria Decumbens*, XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31. **Anais...** Gramado, 2007.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, CPGEP/UFSC, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1188902033989_1460031917_8589/Tese_de_Van_Bellen.pdf>. Acesso em 21 de Março de 2015.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE WWF. Relatório Planeta Vivo 2014. Gland, 2014.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusão

Através da elaboração desta pesquisa foi possível constatar que a PE é um tema que vem sendo muito abordado nos últimos anos, com um crescimento de publicações na China e nos Estados Unidos. Por isso, torna-se necessário um aprofundamento no tema, e a fim de que haja uma colaboração para que se definam estratégias de preservação ambiental a serem tomadas em diferentes locais de aplicação. Assim sendo, este trabalho de pesquisa está apto a servir como ponto de partida para uma pesquisa mais detalhada sobre a PE. Com isso, torna-se interessante que estes dados sejam divulgados, para conhecimento geral, e como forma de incentivar a implantação de estratégias de gestão ambiental para que os resultados encontrados possam ser mitigados, e com isso o campus se torne cada vez mais sustentável.

Além disso, foram encontrados poucos estudos relacionados ao cálculo da PE em IE, o que motiva a realização deste trabalho, mostrando que esta é uma área ainda pouco explorada, tornando imprescindível a obtenção de um modelo para mensurar as emissões de CO₂ e da PE no ambiente educacional. Assim, calcular a PE numa IE acaba sendo uma forma interessante de ensinar aos estudantes estratégias de Gestão Ambiental que poderão ser aplicadas também em suas residências.

Sobre o resultado da PE do campus Quissamã do IF Fluminense, o alto valor encontrado demonstra o quanto a situação é alarmante, uma vez que este é um dos menores campus do Instituto, contando com 405 alunos e 59 servidores no ano de 2014. Este resultado da PE comprova também que é fundamental a adoção de medidas de Gestão Ambiental para reduzir as emissões de CO₂ por parte da Instituição, além de medidas compensatórias para minimizar o impacto causado. Algumas destas medidas são discutidas durante este trabalho, e envolvem a implantação de estratégias para a redução do consumo dos parâmetros estudados, a substituição da gasolina e óleo diesel por álcool (quando possível) e GNV, a utilização da Energia Eólica e Nuclear para geração de eletricidade e o uso do papel reciclável no lugar do de fibra virgem, além da escolha do eucalipto e da cana-de-açúcar como vegetações apropriadas para serem plantadas.

4.2 Trabalhos Futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, pode ser feito o cálculo da PE dos alunos e servidores, através da aplicação de questionários para mensurar o padrão de emissão de CO₂ deles, uma vez que nesta pesquisa foi calculada apenas a PE da Instituição. Outra sugestão interessante é utilizar esta metodologia para calcular a PE nos outros campi do IF Fluminense, além de outras Instituições de Ensino da região. Seria interessante também calcular os fatores de emissão dos parâmetros água, papel e construção civil, uma vez que não há dados referentes ao Brasil para estes parâmetros. Também seria interessante a realização de um estudo bibliométrico sistematizado a cada ano, para mensurar a evolução dos estudos nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Wagner Gomes de. **Identificação de Práticas Sustentáveis Aplicadas às Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/disseracaoformatada.pdf>. Acesso em: 25 de Agosto de 2015.

ALVIM, Carlos Feu, FERREIRA, Omar Campos, VARGAS, José Israel. **Revisitando a concentração do metano na atmosfera**. Economia e Energia, n. 65, p. 29-35, 2008.

AMARAL, Renata Castiglioni, **Análise da aplicabilidade da pegada ecológica em contextos universitários**: estudo de caso no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180300/tce-15022011-145930/?&lang=br>>. Acesso em 21 de Dezembro de 2014.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/>>. Acessado em: 13 de maio de 2015.

BARCZAK, Rafael, DUARTE, Fábio. **Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras**. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, 2012, vol.4, n.1, p. 13-32. ISSN 2175-3369.

BRASIL. **Decreto n. 7.566**, de 23 de setembro de 1909. Créa nas capitais dos Estados da Republica Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Decreto n. 2.494**, 10 de fevereiro de 1998. Regulamenta o Art. 80 da LDB (Lei n. 9.394/96). Brasília, DF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/D2494.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Decreto n. 5.622**, 19 de dezembro de 2005. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 2005. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5622.htm>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Lei n. 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel – 1ª edição, Brasília, DF, 2013a.

_____. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima, Brasília, DF, 1999a.

_____. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Relatório das emissões de carbono derivadas do sistema energético: abordagem *top-down*. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, DF, 1999b.

_____. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Fatores de Emissão de CO₂ pela geração de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, Brasília, DF, 2015a. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764.html>>. Acesso em: 12 de Junho de 2015.

_____. **Ministério da Educação**. Ensino Técnico: guia de profissões. Brasília, DF, 2013b. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/educacao/ensino-tecnico/guia-de-profissoes>>. Acesso em: 08 out. 2014.

_____. **Ministério da Educação**. Projeto Desafio da Sustentabilidade, Brasília, DF 2014.

_____. **Ministério da Educação**. Coletânea Desafio da Sustentabilidade, Brasília, DF, 2015b.

_____. **Ministério da Educação**. Portaria nº 370/2015, Brasília, DF, 2015c.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Balanço energético nacional 1999: ano base 1998, Brasília, DF, 1999c.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030, Brasília, DF, 2007a.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Geração Termoelétrica (Biomassa), Brasília, DF, 2007b.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Geração Termonuclear, Brasília, DF, 2007c.

_____. **Ministério das Minas e Energia**. Plano Nacional de Energia 2030 – Outras Fontes, Brasília, DF, 2007d.

_____. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério da Educação**. Termo de Adesão nº 2, que entre si celebram o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e Ministério da Educação, para a Implantação do Projeto Esplanada Sustentável – PES. Brasília, DF, 2012.

_____. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Classificação Brasileira de Ocupações. Brasília, DF, 2013c. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaDescricao.jsf>>. Acesso em: 08 out. 2014

CAMPOS, Dinailson Corrêa. **Potencialidade do Sistema de Colheita sem Queima da Cana-de-Açúcar para o Sequestro de Carbono**. Tese (Doutorado em Agronomia) -Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, João Luís Nunes et al. **Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomas do Brasil**, Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2010.

CHEN, B. et al. **Ecological footprint accounting for energy and resource in China**, Energy Policy, Pequim, 2007.

CONFORTO, Edivandro Carlos, AMARAL, Daniel Capaldo, SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, 8. **Anais...**Porto Alegre, 2011.

COSTA, Hélder Gomes da. **Modelo para webibliomining**: proposta e caso de aplicação Model for webibliomining: proposal and application. Rev. FAE, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

FANG, K., HEIJUNGS, R., SNOO, G.R., **Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints**: Overview of a footprint Family, Ecological Indicators, Leiden, 2013.

FERES, Yuri Nogueira, ANTUNES, Felipe, Zacari. Gestão Ambiental em Instituições de Ensino: Programa Ecoeficiência e Sistema de Gestão Ambiental do SENAC São Paulo. In: ENGEMA – Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 10. **Anais...**Curitiba, 2007.

FOURNIER, Anna Carolina Pires, PENTEADO, Cláudio Luis de Camargo. **Eletrificação Rural**: um desafio para universalização da energia. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/biblioteca/download/livros/eletrificacao XII.pdf](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/download/livros/eletrificacao%20XII.pdf). Acessado em: 31 de agosto de 2014.

GALLI, A. et al. **Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint**: A focus on China and India, Ecological Indicators, Oakland, 2012.

GALLI, A. et al. **A Footprint Family extended MRIO model to support Europe's transition to a One Planet Economy**, Science of the Total Environment, Genebra, 2013.

GALLI, A. et al. **Ecological Footprint**: Implications for biodiversity, Biological Conservation, Genebra, 2014.

GASMIG. **Gás Natural**: Equivalência Energética. Disponível em: <<http://www.gasmig.com.br/Gas/Equivalencia.aspx>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

GOLDEMBERG, José, LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

GOTTLIEB, D., et al. **Analyzing the ecological footprint at the institutional scale** – The case of an Israeli high-school, Ecological Indicators, Haifa, 2012a.

_____. **The ecological footprint as an educational tool for sustainability: A case study analysis in an Israeli public high school**, International Journal of Educational Development, Haifa, 2012b.

GUERRA, Sidney. **Desenvolvimento Sustentável X Crise Ambiental: Breves Reflexões Sobre o Direito Internacional Ambiental na Sociedade de Risco Global**, Lusíada, Direito e Ambiente, Lisboa, 2008.

HABERL, H. et al. **Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison**, Land Use Policy, Viena, 2004.

HERVA, M., ÁLVAREZ, A., ROCA, E. **Combined application of energy and material flow analysis and ecological footprint for the environmental evaluation of a tailoring factory**, Journal of Hazardous Materials, Santiago de Compostela, 2012.

HERVA, M. et al. **Development of a methodology to assess the footprint of wastes**, Journal of Hazardous Materials, Santiago de Compostela, 2010.

HODGE, B.K. **Sistema e Aplicações de Energia Alternativas**. São Paulo. Editora LTC. 2011, 324p.

HOGAN, Daniel Joseph. **Crescimento Populacional e Desenvolvimento Sustentável**, Lua Nova, São Paulo, 1993.

HOLMBERG, J. et al. **Ecological footprint from a systems perspective of sustainability**, Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola, Gotemburgo, 2000.

ICARROS. **Ficha Técnica de Chevrolet Montana 2010**. Disponível em: <<http://www.icarros.com.br/chevrolet/montana/2010/ficha-tecnica>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

_____. **Ficha Técnica de Fiat Uno Mille 2007**. Disponível em: <<http://www.icarros.com.br/fiat/uno-mille/2007/ficha-tecnica>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

_____. **Ficha Técnica de Ford Fiesta Sedan 2011**. Disponível em: <<http://www.icarros.com.br/ford/fiesta-sedan/2011/ficha-tecnicatecnica>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2015.

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. **Apresentação**. 2015a. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/institucional/historico>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Cursos**. 2015b. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/institucional>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Histórico**. 2015c. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/campus-avancado>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **IF Fluminense**. 2015d. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/cursos>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Pró-Reitoria de Extensão e Cultura**. 2015e. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/pro-reitoria-de-extensao-1>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

_____. **Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação**. 2015f. Disponível em: <<http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/outros>>. Acesso em: 12 de Julho de 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. **Climate change 1995: The economic and social dimensions of climate change**. IPCC Geneva, 1996a.

_____. **Climate change 1995: The science of climate change**. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Geneva, 1996b.

_____. **Greenhouse gas inventory reporting instructions: IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Vol 1, 2, 3. United Nations Environment Program, the Organization for Economic Co-operation and Development and the International Energy Agency, London, v.3, 1996c.

_____. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers**. IPCC Geneva, 2007.

JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves et al. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, Antônio de

Pádua, CARMO, Ciriaca .A. Ferreira de Santana. **Sequestro de carbono: Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Viçosa, MG, EPAMIG, 2006. p.1-41.

JÚNIOR, Celso Machado, SOUZA, Maria Tereza Saraiva de, RIBEIRO, Henrique César Melo. A Contribuição dos 15 Anos do SIMPOI ao Estudo da Sustentabilidade Ambiental: Um Estudo Bibliométrico, In: SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 15.**Anais...** São Paulo, 2012.

JÚNIOR, Celso Machado et al. **Estudo bibliométrico da sustentabilidade ambiental: os 15 anos do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI**, Journal of the Health Sciences Institute, São Paulo, 2013.

KIRCHNER, J. et al. **Carrying Capacity, Population Growth and Sustainable Development**. Rapid Population Growth and Human Carrying Capacity. World Bank Staff Working Papers (690), Population and Development Series no. 15,1985, p.45.

KISSINGER, M., **Approaches for calculating a nation's food ecological footprint**—The case of Canada, Ecological Indicators, Beer-Sheva, 2013.

KISSINGER, M., REES, W. E., **Footprints on the prairies: Degradation and sustainability of Canadian agricultural land in a globalizing world**, Ecological Economics, Columbia, 2009.

KISSINGER, M. et al. **Accounting for the ecological footprint of materials in consumer goods at the urban scale**, Sustainability (Switzerland), Beer-Sheeva, 2013.

LI, G. J. et al. **Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus**, Science Direct, Shenyang, 2008.

LIMA, Suzana Chagas de, **Uma Análise Bibliométrica do Tema Sustentabilidade nos Periódicos de Gestão e Contabilidade No Brasil**, Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), Vitória, 2014. Disponível em: <http://www.fucape.br/_public/producao_cientifica/8/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Suzana%20Chagas%20de%20Lima.pdf>. Acesso em 20 de Agosto de 2015.

LIU, J.X. et al. **Input-output analysis in application to study on China's ecological footprints**, Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University, Shenyang, 2007.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego de. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa** – O Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lbrmattos.pdf> >. Acesso em 18 de Novembro de 2014.

MIRANDA, Mariana Maia de. **Fator de Emissão de Gases de efeito Estufa da Geração de Energia Elétrica no Brasil**: Implicações da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22012013-112737/pt-br.php>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2015.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY NREL, **Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics**, Golden, 2012. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf> >. Acesso em: 24 de Setembro de 2015.

NILSSON, W. R., **Services Instead of Products**: Experiences from Energy Markets – Examples from Sweden. In: MEYER-KRAHMER, F. (Ed.). Innovation and sustainable development: lessons for innovation policies. Heidelberg: Physica-Verlag, 1998.

OLIVEIRA, A. S. Modalidades e procedimentos simplificados do mecanismo de desenvolvimento limpo e a eletrificação residencial rural baseada em projetos de geração de energia renovável em pequena escala. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4. **Anais...**Campinas, 2002.

OLIVEIRA, Murilo de Alencar Souza, SOUZA, Maria José Barbosa, ESCOBAR, Maria Andréa Rocha, A responsabilidade Socioambiental (RS) nos Periódicos Científicos de Turismo no Brasil: uma Análise Bibliométrica de 2001 a 2011, Seminário de Pesquisas em Turismo do Mercosul, 7. **Anais...** Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ucs/tpl/VSemTur%20eventos/seminarios_semintur/semin_tur_7/gt09/arquivos/09/01_29_29_Oliveira_Souza_Escobar>. Acesso em 19 de Agosto de 2015.

PELOSO, Ayslan Cavalcante et al. **Sustentabilidade Ambiental: uma Análise Bibliométrica**, ETIC – Encontro de Iniciação Científica, Presidente Prudente, 2013.

PEREIRA, Gustavo Menoncin de Carvalho et al. **Sustentabilidade socioambiental: um estudo bibliométrico da evolução do conceito na área de gestão de operações, Produção**, São Paulo, 2011.

RAWORTH, KATE. **A safe and Just Space for Humanity**. Oxfam Discussion Papers, 2012. Disponível em <<https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf>>. Acesso em 31 de Agosto de 2015.

RIBEIRO, Alcimar das Chagas. **A Economia Norte Fluminense: análise da conjuntura e perspectivas**. 3^a. ed. Campos dos Goytacazes: Fundação Cultural Jornalista Oswaldo Lima, 2014. v. 500. 182p.

RIBEIRO, Henrique César Melo, COORÊA, Rosany, **Análise da Produção Científica da Temática Gestão Socioambiental na Perspectiva da Revista RGSA**, Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/18317/analise-da-producao-cientifica-da-tematica-gestao-socioambiental-na-perspectiva-da-revista-rgsa>>. Acesso em 10 de Agosto de 2014.

ROCKSTRÖM, J et al. **A Safe Operating Space for Humanity**, Nature, 2009.

RODRÍGUES, R. L., IGLESIAS, J.L.T., ÁLVAREZ, N.L., **Impacto Ambiental en Centros da Universidade de Santiago de Compostela**. Vicereitoria de Calidade e Planificación, Santiago de Compostela, 2008

SARAVIA-CORTEZ, A.M. et al. **Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint**, Journal of Cleaner Production, Santiago de Compostela, 2013.

SEGNINI, Aline et al. Potencial de Sequestro de Carbono em Áreas de Pastagem de *Brachiaria Decumbens*, XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31. **Anais...** Gramado, 2007.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de et al. **Estudo Bibliométrico de Teses e Dissertações em Administração na Dimensão Ambiental da Sustentabilidade**, Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, 2013. Disponível em:

<<http://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/43910>>. Acesso em 22 de Agosto de 2015.

STEFFEN, W. et al. **Planetary Boundaries**: Guiding Human Development on a Changing Planet, Science Express, 2015.

UNESCO. **Education and Population Dynamics**: Mobilizing Minds for a Sustainable Future, EPD-99, 1999.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, CPGEP/UFSC, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1188902033989_1460031917_8589/Tese_de_Van_Bellen.pdf>. Acesso em 21 de Março de 2015.

VIOLA, Eduardo, FRANCHINI, Matías. **Sistema Internacional de Hegemonia Conservadora**: o Fracasso da Rio +20 na Governança dos Limites Planetários, Ambiente & Sociedade, São Paulo, 2012.

WACKERNAGEL M., REESW. **Our ecological footprint, The new catalyst bioregional series**, Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers, 1996. 160p.

WACKERNAGEL, M. et al. **The Ecological Footprint of cities and regions**: comparing resource availability with resource demand, Environment & Urbanization, 2006

WALSH, C., MOLES, R., O'REGAN, B., **Application of an expanded sequestration estimate to the domestic energy footprint of the republic of Ireland**, Sustainability, Manchester, 2010.

WANG, J. et al. **Ecological footprints of primary and middle school student's households in Huanggu District of Shenyang City**, Chinese Journal of Ecology, Shenyang, 2008.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE WWF. Relatório Planeta Vivo 2014. Gland, 2014.

ZITZKE, V. A. **Educação Ambiental e Ecodesenvolvimento**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. v. 9, 2002.