

## **VI-135 - APLICABILIDADE DO INDICADOR “PEGADA ECOLÓGICA” EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA, PARANÁ**

**Rafaela da Silva Limons<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental, mestre em Engenharia Química pela Unioeste, especialista em Engenharia de SMS – PUCPR. Atualmente é professora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR, pesquisadora do grupo de pesquisa do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR.

**Altair Rosa<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela PUCPR, mestre em Gestão Urbana pela PUCPR, especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho – UTFPR. Atualmente é professor do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR, pesquisador do grupo de pesquisa do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR doutorando em Engenharia Hidráulica e Saneamento USP São Carlos.

**Natália Aubrift de Lara e Silva<sup>(3)</sup>**

Aluna do curso de Engenharia Ambiental da PUCPR. Bolsista no programa de iniciação científica.

**Vitória de Oliveira<sup>(4)</sup>**

Aluna do curso de Engenharia Ambiental da PUCPR.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho – Curitiba – PR – CEP: 80215-901 – Brasil – Tel: (41) 32711599 – e-mail: [rafaela.limons@pucpr.br](mailto:rafaela.limons@pucpr.br)

### **RESUMO**

As questões ambientais tornaram-se um dos temas importantes nos debates e nas preocupações internacionais, envolvendo diferentes camadas e setores da sociedade mundial e as Instituições de Ensino Superior - IES devem participar ativamente no exercício da reflexão crítica sobre elas. As IES são grandes geradores de impactos ambientais, pois consomem grandes quantidades de água, energia, papel, produtos químicos entre outros insumos necessários para a realização de suas atividades. Ainda ocorre a geração de resíduos sólidos pelos estudantes, professores e colaboradores, além dos resíduos perigosos provenientes das atividades laboratoriais, efluentes líquidos, consumo de combustível dentro do campus e aquele necessário para que seus alunos, colaboradores e professores cheguem às suas instalações. No entanto, podemos observar que apesar das IES contribuíram de forma bastante significativa nos impactos ambientais produzidos em uma comunidade a mesma dispõe de conhecimento em diferentes áreas e competências necessárias para um estudo multidisciplinar sobre esta problemática. Os assuntos envolvidos podem ser aplicados em disciplinas de diferentes cursos, além da possibilidade de ser objeto de pesquisas com o intuito de conhecer as diferentes atividades realizadas em uma IES e os impactos ambientais associados, analisando e sugerindo possíveis soluções para redução destes impactos, incorporando assim, a sustentabilidade ambiental na vida universitária. Para mensurar os impactos ambientais de uma determinada atividade são utilizados indicadores que facilitam a visualização e comunicação dos resultados para a comunidade, e a “pegada ecológica” é um destes indicadores que tem recebido bastante atenção nos últimos anos, pois demonstra de forma clara qual é a área necessária para garantir a sobrevivência de uma determinada população. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi a aplicação do indicador “pegada ecológica” como ferramenta para mensurar o impacto ambiental gerado em uma das instalações da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Foram analisados os parâmetros, consumo de água, energia, papel e combustível em relação aos estudantes, professores e colaboradores da IES. Como resultado final obteve-se uma pegada ecológica de aproximadamente 0,011 ha/pessoa/ano, e identificou-se que entre os parâmetros analisados o que mais contribui para o impacto gerado na universidade é o consumo de combustível e em segundo lugar o consumo de papel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pegada Ecológica, Impactos Ambientais, Universidade, Indicadores Ambientais.

### **INTRODUÇÃO**

Sustentabilidade ambiental é um termo diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e material sem haver agressão ao meio ambiente. É a utilização dos recursos naturais de forma responsável e consciente, de uma forma não prejudicial às gerações futuras. No âmbito universitário, esse conceito é muito utilizado na

teoria, mas nem sempre praticado com afinco. Porém, é visível a crescente preocupação por parte das IES com o desenvolvimento sustentável do próprio estabelecimento. Segundo UEHARA (2010), as universidades, como centros de produção de conhecimento, vêm sendo convocadas a adotar diretrizes mais sustentáveis na gestão de seus campi universitários e oferecer exemplos de projetos sustentáveis que possam ser aplicados em outras áreas.

Existe um número diversificado de ferramentas para quantificar e qualificar a (in) sustentabilidade ambiental de uma determinada área, que são parâmetros representativos concisos e fáceis de interpretar, que auxiliam na avaliação da evolução de uma sociedade (MATTAR NETO, J. *ET AL.*, 2007). A “pegada ecológica” é um indicador que tem ganhado destaque, pois apresenta de forma clara e objetiva os impactos gerados por uma determinada atividade, e seus resultados são um indicador de quantificação da área necessária para produzir os recursos e assimilar os resíduos gerados por certa população, sem prejuízos do ecossistema natural (WACKERNAGEL & RESS, 1996).

No contexto internacional identifica-se a aplicação deste método em diferentes Universidades, sendo que, segundo OLALLA-TARRAGA (2003) as iniciativas de se utilizar essa metodologia tiveram início nas universidades americanas e de países de língua anglo-saxônica, dentre as quais a Universidade de Redland na Califórnia e a Universidade do Texas.

Este indicador foi desenvolvido por Wackernagel e Rees, em 1996, em que, os pesquisadores concluíram que todo indivíduo ou região, ao desenvolver seus diferenciados processos, produz um impacto sobre a Terra, através dos recursos consumidos e dos desperdícios causados, e quando se aplica a metodologia da “pegada ecológica” pode-se calcular em hectares, a terra e água produtivas utilizada para a obtenção dos recursos que uma pessoa, cidade ou país utilizam, assim como para a absorção dos resíduos gerados. Como resultante do cálculo, chegamos ao indicador do impacto que provocamos no meio ambiente e assim, conseguimos canalizar recursos de melhoria e compensação (WACKERNAGEL E RESS, 1996).

A “pegada ecológica” consiste no cálculo da área necessária para garantir a sobrevivência de uma determinada população ou sistema econômico indefinidamente: fornecendo energia e recursos naturais e assegurando capacidade de absorver os resíduos ou dejetos produzidos por tal sistema, conforme apresentado na Figura 1 (WACKERNAGEL e REES, 1996 *apud* RIBEIRO, M. F. *ET AL.*, 2007).



**Figura 1: Resumo Pegada Ecológica.**

**Fonte:** Adaptado de FootprintNetwork.org *apud* Amaral (2010)

Algumas IES já utilizaram a ferramenta “pegada ecológica” para o dimensionamento e cálculo dos impactos ambientais da sua própria área, como por exemplo, a Universidade de Santiago de Compostela (USC), na Espanha, e nacionalmente a Universidade de São Paulo.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi à aplicação do indicador “pegada ecológica” como ferramenta para mensurar o impacto ambiental gerado na área da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, e visualizar entre os parâmetros estudados aqueles que contribuem de forma mais importante para a “pegada ecológica” do

campus, sendo possível elaborar recomendações de boas práticas de gestão ambiental que possam auxiliar no planejamento estratégico da instituição. Nesse projeto foram analisados os seguintes parâmetros: o consumo de água, energia, papel e combustível.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas de pesquisa desenvolvidas neste trabalho podem ser divididas em quatro fases fundamentais. Na primeira etapa deste projeto foi realizada uma extensiva pesquisa em livros, dissertações, teses e artigos buscando informações e definições sobre o gerenciamento ambiental em universidades com ênfase na pesquisa de indicadores de sustentabilidade ambiental e aplicação do indicador “pegada ecológica” em IES e em outras atividades.

Na segunda fase da pesquisa definiu-se como unidade de estudo para aplicação deste indicador a Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Curitiba. No entanto, devido à quantidade de alunos, professores e colaboradores que utilizam as instalações do campus, decidiu-se em aplicar inicialmente o método somente para um dos cinco blocos da universidade.

No terceiro passo do estudo iniciou-se a coleta de dados para o cálculo da “pegada ecológica”, que foram classificados em dois tipos, dados diretos e indiretos, conforme apresentado na Tabela 1 com a fonte respectiva da coleta de cada informação.

**Tabela 1 – Parâmetros usados no cálculo da Pegada Ecológica e suas respectivas fontes de coleta de dados.**

DADOS COLETADOS	FONTE
Papel utilizado por docentes, alunos e colaboradores	Questionário
Consumo de Água	DSG – Diretoria de Serviços Gerais/PUC Campus Curitiba
Consumo de Energia Elétrica	DSG – Diretoria de Serviços Gerais/PUC Campus Curitiba
Mobilidade e Transporte (docentes, colaboradores e alunos)	Questionário

Os dados diretos referem-se às informações que foram obtidas em diferentes setores da Universidade, como: o consumo de água e energia elétrica. Os dados indiretos referem-se às informações relativas ao consumo de papel nos diversos departamentos localizados no bloco azul além do consumo médio de papel pelos alunos, professores e colaboradores; também foi analisado o consumo médio de combustível gasto pelos alunos, professores e colaboradores no trajeto de suas residências ou local de trabalho até a universidade. Os dados indiretos foram obtidos com os alunos e professores a partir da aplicação de questionários on-line utilizando o serviço Google Docs e no caso dos colaboradores aplicou-se uma entrevista tradicional utilizando papel de rascunho.

Foi amostrado um total de 1299 participantes, considerando uma média de alunos, professores e colaboradores que utilizam as dependências do edifício em estudo, o que representa 25% da amostra da população total. A quantidade de participantes que foram amostrados em cada categoria pode ser visualizada na Tabela 2.

**Tabela 2 – Total de participantes do questionário em relação à população total.**

CATEGORIA	NÚMERO TOTAL	AMOSTRA PARTICIPANTE DO QUESTIONÁRIO
Alunos	4676	1179
Professores	297	90
Colaboradores	30	30

Na quarta etapa desta pesquisa definiram-se com base em dados obtidos na bibliografia os fatores de emissão para cada parâmetro que seria analisado, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida para no ciclo de vida de cada um dos recursos analisados, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Parâmetros, fatores de emissão e respectivas fontes.**

RECURSOS ANALISADOS		FATOR DE EMISSÃO	UNIDADES	FONTE
<b>Papel</b>	Reciclado	0,61	kgCO <sub>2</sub> /kg papel	<b>Projeto Cálculo da Pegada Ecológica Universidade de São Paulo (USP)</b>
	Virgem	1,84		
<b>Energia Elétrica</b>		0,57	kgCO <sub>2</sub> /kWh	<b>Projeto Cálculo da Pegada Ecológica Universidade de São Paulo (USP)</b>
<b>Água</b>		0,50	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	<b>Projeto Cálculo da Pegada Ecológica Universidade São Paulo (USP)</b>
<b>Meios de Transporte</b>	Moto	0,07	kgCO <sub>2</sub> /km	<b>Projeto Cálculo da Pegada Ecológica Universidade São Paulo (USP)</b>
	Ônibus	0,04		
<b>Meios de Transporte</b>	Carr o	1 ou 2 pessoas	0,20	<b>Projeto Cálculo da Pegada Ecológica Universidade São Paulo (USP)</b>
		3 pessoas	0,10	
		4 pessoas	0,07	
		5 pessoas	0,05	

Considerando os fatores de emissão apresentados anteriormente e com base na compilação dos dados diretos e indiretos que foram obtidos na Universidade foi possível aplicar equações para o cálculo da Pegada Ecológica.

Foram utilizadas duas equações para o cálculo sendo que a equação 1 determina a conversão do consumo em emissão de CO<sub>2</sub>, enquanto a equação 2 representa quantos hectares em área verde seriam necessários para a absorção do CO<sub>2</sub> emitido no ciclo de vida de cada um dos recursos analisados.

$$\text{Emissão (kgCO}_2\text{)} = \text{Consumo (unidade)} \cdot \text{Fator Emissão (kgCO}_2\text{/unidade)} \quad \text{equação 1}$$

$$\text{Área(ha)} = \text{Emissão (kgCO}_2\text{)} / \text{Taxa Absorção Carbono((kgCO}_2\text{)} / \text{(ha/ano))} \quad \text{equação 2}$$

Para aplicação da equação 2 foi considerado que a taxa de absorção de carbono equivale a 6,27 toneladas de gás carbônico por hectare de área, conforme pesquisa realizada pela Universidade de Santiago de Compostela.

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA: DADOS DIRETOS

### Consumo de Água

Obteve-se junto ao Departamento de Meio Ambiente o consumo médio de água do bloco analisado equivalente a 345000 litros/mês ou 345 m<sup>3</sup>/mês. Com base neste valor e considerando os dados fornecidos na Tabela 3 observa-se que a cada m<sup>3</sup> de água consumida nas diferentes instalações são liberados 0,5 Kg de CO<sub>2</sub> e considerando que o consumo anual de água no bloco azul foi de 4140 m<sup>3</sup> de água obtêm-se a partir da equação 1 o equivalente a emissão de 2,07 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente.

E com auxílio da equação 2 calculou-se a área necessária para o sequestro de carbono emitido no ciclo de vida do consumo de água e obteve-se uma pegada ecológica para este parâmetro de 0,33 hectares por ano ou o equivalente a 0,66 m<sup>2</sup> por pessoa que utiliza as instalações do bloco analisado.

### **Consumo de Energia**

Com base nos dados obtidos no consumo de energia somente do edifício analisado da Universidade foi identificado um consumo médio equivalente a 81,5 KWh em horário de ponta, e considerando o fator de emissão de 0,57 Kg de gás carbônico emitido para cada KWh de energia consumida obteve-se o equivalente a 119,02 toneladas, aplicando-se a equação 1, de gás carbônico que são emitidos anualmente pelo uso desta quantidade de energia.

A partir da aplicação da equação 2 obtêm-se a pegada ecológica de 18,98 ha/ano o que representa de forma bastante clara qual é a área necessária para o sequestro do carbono emitido durante todo o ciclo de vida de produção e consumo da energia elétrica que é consumido nas salas de aula, secretarias, laboratórios durante o período de um ano. Considerando a população total média de 5003 pode-se considerar que cada pessoa gera uma “pegada ecológica” de 37,94 ha/ano.

## **RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA: DADOS INDIRETOS**

### **Consumo de Papel**

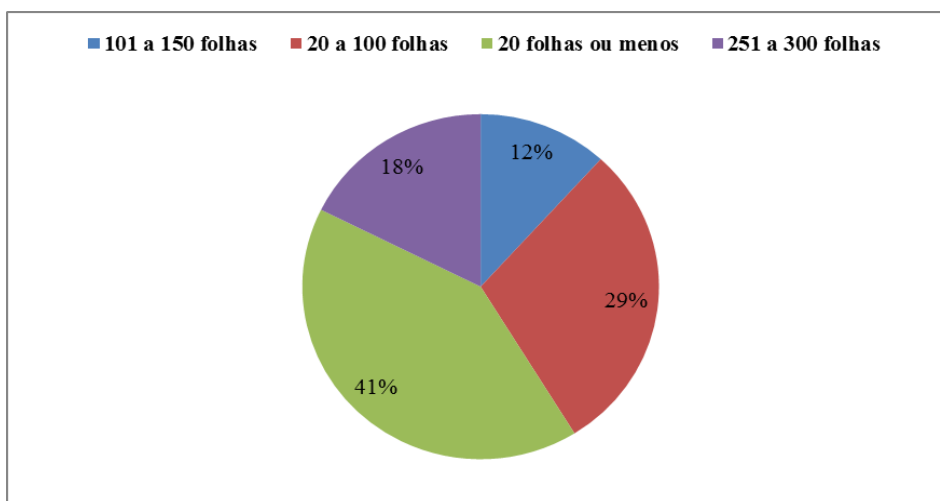
Para obtenção dos dados referente ao consumo de papel na Universidade foram realizadas entrevistas com os professores, colaboradores e alunos que utilizam as dependências do bloco analisado, conforme apresentado na metodologia. Na aplicação das entrevistas foram elaboradas diversas perguntas com o objetivo de identificar o consumo médio anual de papel em cada categoria da população analisada para o cálculo da “pegada ecológica”. Além disso, foram analisados parâmetros como o consumo médio de papel reciclado, o percentual de alunos e professores que reutilizam as folhas de papel e qual o formato principal exigido pelos docentes na entrega dos trabalhos acadêmicos pelos alunos.

As últimas questões apresentavam como intenção principal identificar qual a visão desta população em relação ao consumo de papel para que posteriormente pudessem ser formuladas sugestões para aplicação na Universidade.

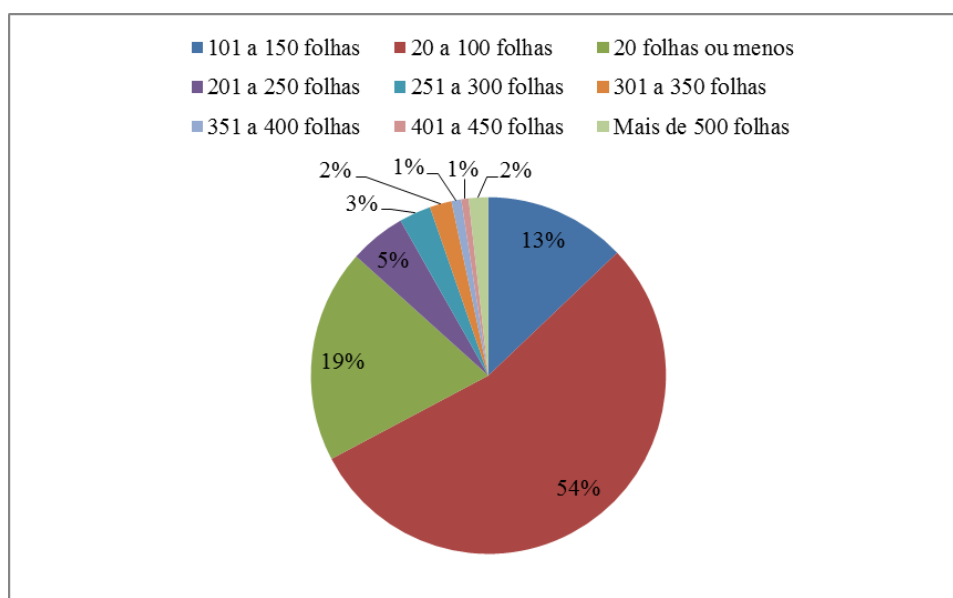
Considerando os dados fornecidos na Tabela 3 observa-se que a cada quilo de papel virgem que é consumido foram emitidos 1,84 Kg de CO<sub>2</sub> em todo o seu ciclo de vida enquanto para cada quilo de papel reciclado que é consumido foram emitidos 0,61 Kg de CO<sub>2</sub>. Com essa informação analisada anteriormente e com base no consumo médio de papel obtido nas entrevistas obteve a partir da equação 1 o equivalente a emissão de 2,33 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente.

E com auxílio da equação 2 calculou-se a área necessária para o sequestro de carbono emitido no ciclo de vida do consumo de papel e obteve-se uma pegada ecológica para este parâmetro de 0,36 hectares por ano ou o equivalente a 0,72 m<sup>2</sup> por pessoa.

As Figuras 2 e 3 apresentam respectivamente o consumo médio de papel pelos docentes e alunos do bloco analisado. Em relação ao consumo de papel reciclado foi observado que a grande maioria dos docentes e alunos não apresenta o costume de utilizar papel reciclado, sendo que a porcentagem refere-se a 41% e 56% dos professores e alunos, que nunca utilizam papel reciclado. Considerando o formato principal que os docentes exigem a entrega dos trabalhos acadêmicos observou-se um resultado de 82% no formato digital.



**Figura 2: Consumo médio de folhas de papel pelos docentes**



**Figura 3: Consumo médio de folhas de papel pelos alunos**

### Consumo de Combustível

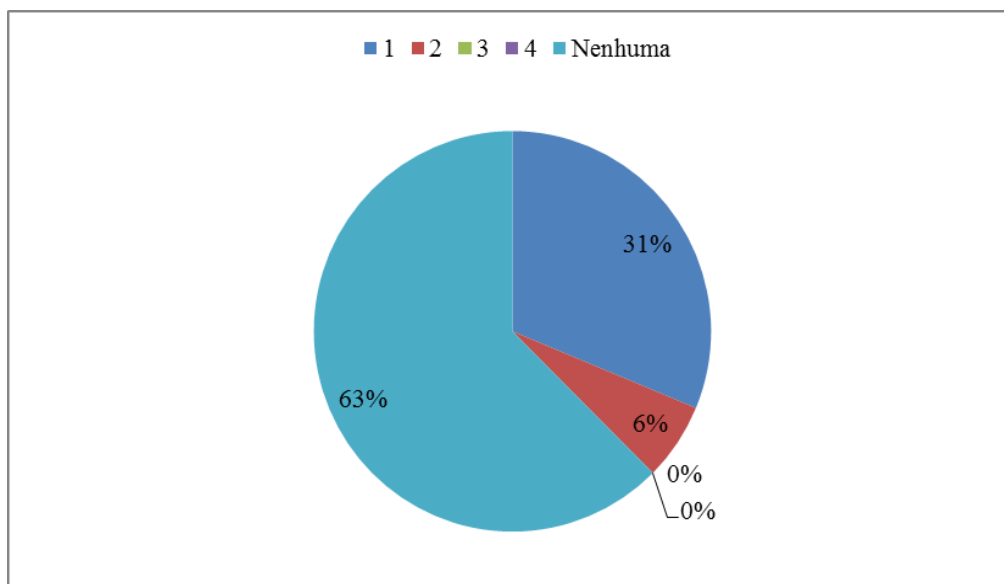
Para obtenção dos dados referente ao consumo de combustível na Universidade foram realizadas entrevistas com os professores, colaboradores e alunos que utilizam as dependências do bloco analisado, conforme apresentado na metodologia. Na aplicação das entrevistas foram elaboradas perguntas com o objetivo de identificar o meio de transporte utilizado, quantos quilômetros eram percorridos no trajeto, o tipo de combustível adotado e quantas pessoas dividiam carona no mesmo veículo.

Considerando os dados fornecidos na Tabela 3 observa-se um fator de emissão diferente para cada meio de transporte utilizado e no caso da utilização do carro como meio de transporte identifica-se que a emissão de carbono é reduzida à medida que se aumenta o número de passageiros que dividem o mesmo veículo.

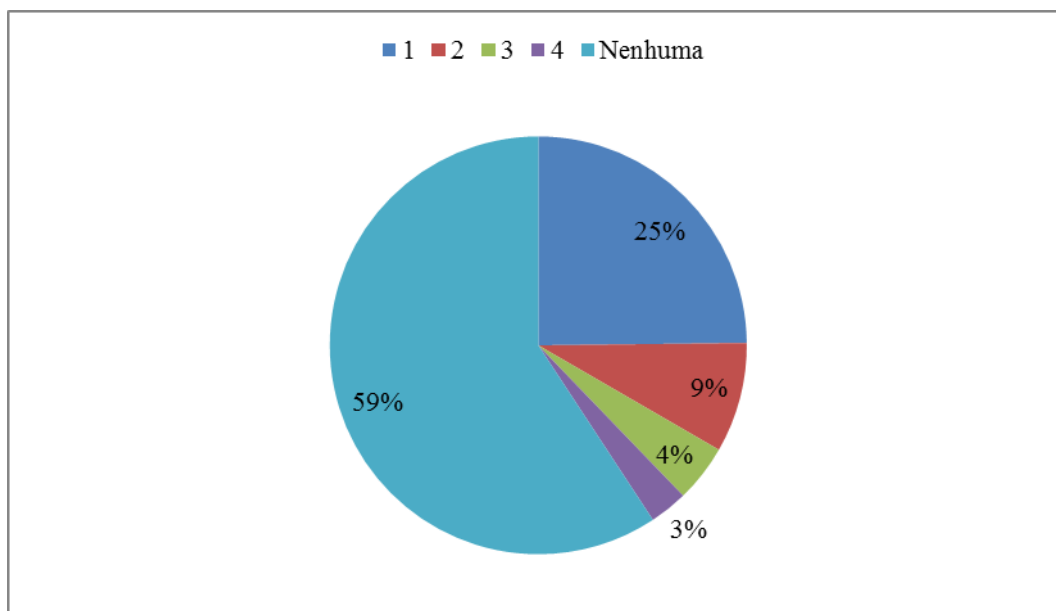
Com a identificação do meio de transporte utilizado, quantos quilômetros cada pessoa percorriam no trajeto e identificando o número de passageiros em cada obteve a partir da equação 1 o equivalente a emissão de 224,34 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente.

Com auxílio da equação 2 calculou-se a área necessária para o sequestro de carbono emitido no ciclo de vida do consumo de combustível e obteve-se uma pegada ecológica para este parâmetro de 35,75 hectares por ano ou o equivalente a 71,46 m<sup>2</sup> por pessoa.

Pelo resultado obtido observa-se que a emissão de gás carbônico pode ser considerada elevada no aspecto do consumo de combustível quando comparado aos outros parâmetros analisados. Este resultado elevado é consequência do percentual de docentes e alunos que utilizam o carro como o principal meio de transporte, sendo 94% e 50% dos docentes e alunos respectivamente que adotam o carro. Além disso, mais da metade não dividi carona com nenhuma pessoa, conforme observado nas Figuras 4 e 5, o que aumenta o fator de emissão de gás carbônico.



**Figura 4: Número de pessoas que o aluno divide carona no trajeto**

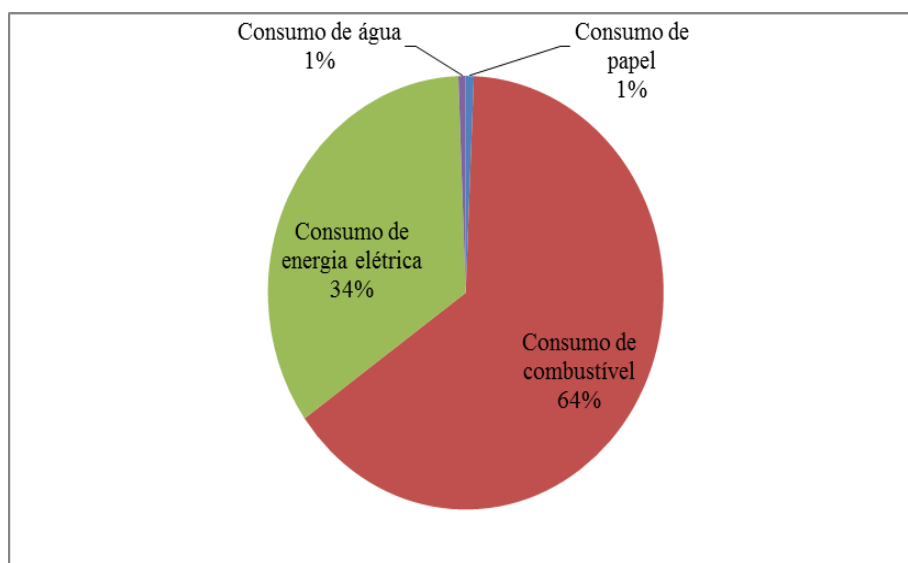


**Figura 5: Número de pessoas que o docente divide carona no trajeto**

## COMPARAÇÃO DOS DADOS

Após análise dos dados obteve-se que a “Pegada Ecológica” média do edifício analisado da Universidade foi de 110 m<sup>2</sup>/pessoa/ano enquanto o resultado da Universidade de Compostela e da Universidade de São Paulo foi respectivamente de 1300 m<sup>2</sup>/pessoa/ano e 1900 m<sup>2</sup>/pessoa/ano. A Figura 5 apresenta a representatividade de cada elemento analisado no montante da “pegada ecológica”, em que se identifica como o fator mais impactante

a locomoção dos estudantes, docentes e funcionários. O fator que mais contribuiu para a Pegada Ecológica é o consumo elevado de combustível que representa 64% do total, seguido pelo consumo de energia elétrica (34%) e pelo de água e papel (ambos somando 2% do total).



**Figura 6: Representatividade de cada elemento no cálculo da “pegada ecológica”**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

É possível justificar o baixo valor da “pegada ecológica” desta pesquisa quando comparado ao resultado das outras Universidades, pois o edifício analisado equivale a 0,13% das construções da Universidade enquanto as outras pesquisas foram realizadas na totalidade das construções. Além disso, esses estudos utilizaram alguns parâmetros diferentes para o cálculo da pegada ecológica;

O resultado da “pegada ecológica” em relação ao consumo de combustível deveria ser maior, pois nesta pesquisa não foi considerado o consumo de combustível nos carros oficiais da Universidade pela falta de acesso destas informações;

Sabendo que o consumo de combustível representa 64% da Pegada Ecológica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, fica evidente que são necessárias ações para minimizar os impactos causados pela mobilidade dos alunos, docentes e funcionários;

Sobre essa questão seria necessário ações que invistam em programas de incentivo à carona solidária e ao uso de formas de locomoção menos nocivas ao meio ambiente- como a bicicleta;

Em relação ao consumo de energia poderiam ser adotadas medidas simples como a utilização de lâmpadas econômicas em todo o edifício, além disso, apagar as luzes e colocar um sensor de presença nas salas e corredores. O consumo de papel mesmo que não seja tão impactante, é o elemento mais simples de se economizar;

Envolver os docentes no processo e que os mesmos exijam trabalhos na forma digital e quando não for possível, que todos os trabalhos sejam entregue frente e verso;

Concluimos, portanto, que a Pegada Ecológica do Bloco Azul da Pontifícia Universidade Católica do Paraná é de 0,011 hectares, um valor considerado abaixo da média (levando em conta que o Bloco analisado representa 0,13% de todas as construções a Universidade) se comparado com as outras Instituições que fizeram o mesmo cálculo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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; São Carlos, SP 2010, 110p.
2. MATTAR NETO, J.; Krüger, C. M.; Dziedzic, M.; Análise de Indicadores Ambientais no Reservatório do Passaúna. Curitiba, 2007
3. OLALLA-TARRAGA, M.A. Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica: Aplicación a La UAM. Proyecto de Fin de Carrera de La Licenciatura de Ciencias Ambientales, 2003. Disponível em: <[www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/investigaciona/Resumen\\_PFC\\_Indicadores.pdf](http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/investigaciona/Resumen_PFC_Indicadores.pdf)>. Acesso em: 15 Out. 2012.
4. RIBEIRO, M. F.; PEIXOTO, J. A.; XAVIER, L. S. Estudo do Indicador de Sustentabilidade Pegada Ecológica: Uma Abordagem Teórico-Empírica. Foz do Iguaçu, 2007. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
5. UEHARA, Thiago Hector Kanashiro et al. Pesquisas em gestão ambiental: análise de sua evolução na Universidade de São Paulo. Ambient. soc. [online]. 2010, vol.13, n.1 [cited 2013-03-25], pp. 165-185 . Acesso em<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2010000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2010000100011&lng=en&nrm=iso)>.
6. WACKERNAGEL, M. & REES, W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. 6. ed. Canadá: NSP. 1996.