

Article

A Pegada Ecológica como Instrumento para Análise do Perfil Ambiental de Alunos de um Curso de Especialização em Engenharia Sanitária Ambiental

Isabela Alves Dias¹, Valdir Lamim-Guedes², Marcos Paulo Gomes Mol³

¹ Arquiteta e urbanista (Universidade Federal de Minas Gerais), Especialista em Saneamento e Meio Ambiente (PUC/MG). E-mail: isabeladi@yahoo.com.br

² Doutor em Educação (Universidade de São Paulo). ORCID: 0000-0002-5021-4176. E-mail: lamimguedes@gmail.com

³ Doutor em Saneamento e Meio Ambiente (Fundação Ezequiel Dias (FUNED)). ORCID: 0000-0002-2568-3579. E-mail: marcos_mol@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo descreve a aplicação da Pegada Ecológica, no contexto de estudantes de um curso de pós-graduação *lato sensu* em Engenharia Sanitária Ambiental, entre 2017 e 2018, de uma instituição privada localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Cada um dos 21 alunos participantes calculou a sua pegada ecológica e identificou qual hábito estava interferindo mais no valor encontrado, discutindo em sala os resultados. A pesquisa verificou a média do grupo (2,5 planetas necessários). O resultado do grupo ficou abaixo da média brasileira de 2,7, em 2007, e de algumas grandes cidades do país. Os indicadores que mais influenciaram foram a alimentação (39,2%) e o transporte (20,2%). Verificou-se a importância da aplicação desse método em sala de aula, em particular em uma disciplina de Educação Ambiental, que permitiu a sensibilização dos participantes, bem como a indicação de uma ferramenta importante para a conscientização das pessoas visando modificar seus hábitos de consumo.

Palavras-chave: pegada ecológica; sustentabilidade; consumo.

ABSTRACT

This paper describes the Ecological Footprint application, in the context of *lato sensu* postgraduate students of a sanitation and the environment course, between 2017 and 2018, from a private institution located in Belo Horizonte, Minas Gerais. Each of the 21 participating students calculated their ecological footprint and identified which habit was most interfering in the value found, discussing the results in class. The survey verified the group average (2.5 planets needed). The group's result was below the Brazilian average of 2.7, in 2007, and of some large cities in the country. The indicators that most influenced were food (39.2%) and transportation (20.2%). The importance of applying this method in the classroom was verified, particularly in an Environmental Education discipline, which allowed the awareness of the participants, as well as the indication of an important tool for the awareness of people in order to change their consumption habits.

Keywords: ecological footprint, sustainability, consumption.



Submissão: 01/07/2024



Aceite: 13/09/2024



Publicação: 14/11/2024



Introdução

As atividades diárias e básicas desenvolvidas pelo ser humano, como higiene, alimentação e locomoção, demandam recursos naturais para produção de alimento, geração de energia e abastecimento de água. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), a população global deve se aproximar de 10 bilhões de pessoas até 2050 e, caso seja mantido o estilo de vida dos dias de hoje, seria necessário o equivalente a três planetas para fornecer os recursos naturais desta população projetada (ONU, 2019, 2024).

Conforme destaca O'Meara (1999), quando discute sobre hábitos da população mundial, o perfil da população urbana associado ao crescimento das cidades representa 80% das emissões de carbono, 75% do uso de madeira e 60% do consumo de água, quando comparados a outros grupos populacionais por tipo de recurso natural. Apesar das cidades ocuparem apenas 1 a 5% da paisagem da Terra, as atividades desenvolvidas nos centros urbanos consomem boa parte dos seus recursos, chegando a quase 75% (Cidin & Silva, 2004). De acordo com o relatório das Nações Unidas (ONU, 2019), atualmente 54% da população mundial reside em locais urbanos, uma taxa que tende a aumentar para 66% até 2050.

Atualmente, a sociedade consome recursos renováveis em uma proporção superior à capacidade do meio ambiente de recuperá-los, e continua liberando uma quantidade maior de gás carbônico (CO₂) ultrapassando o limite de assimilação pelos ecossistemas. Esse tipo de fenômeno é chamado de “sobrecarga ecológica”, e ainda permanece constante no meio ambiente (Becker et al., 2012). Segundo Cidin e Silva (2004), as transformações devido ao crescimento urbano acelerado trazem consequências negativas para a Terra, como a poluição do ar, da água e do solo; a diminuição de terras férteis e da cobertura vegetal, reduzindo a capacidade da natureza em regenerar-se.

A necessidade de compreender a intensidade que determinada população ou atividade pode ser considerada sustentável ou degradante levou ao desenvolvimento de diversos indicadores de sustentabilidade. Segundo Guimarães (1998), os indicadores são ferramentas que auxiliam na medição do alcance que existe no momento recente de uma comunidade e quais são as metas de desenvolvimento futuro, além de formalizar a inclusão da sustentabilidade na elaboração e na execução de políticas do Estado. Como ferramenta de monitoramento, Guimarães e Feichas (2009) propõem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o Índice de Bem-estar Econômico Sustentável (IBES), atualmente Índice de Progresso Genuíno (IPG), a Pegada Ecológica, os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Matriz Territorial de Sustentabilidade (CEPAL/ILPES). A partir de revisão bibliográfica, Guimarães e Feichas (2009) concluem que é relevante que os indicadores de sustentabilidade sejam integrados à rotina e programação dos indivíduos, gestores e associações, da mesma forma que são tratados os indicadores econômicos. Isso mostra que as variações e pontos de vista diversos sobre o tema sustentabilidade são muito discutidos para analisar quais são os melhores indicadores que evidenciam os resultados conforme a realidade. Além disso, pesquisadores do assunto abordam a necessidade da ampliação de outras metodologias e melhorias daquelas já existentes (Stiglitz et al., 2009).

Segundo Gonzalez e Andrade (2015), dentre os inúmeros procedimentos existentes para o diagnóstico da real condição do meio ambiente de determinado local, a Pegada Ecológica se destaca devido ao fato de que seus resultados podem ser apresentados de uma maneira muito intuitiva, o que certamente influenciou a sua ampla divulgação nas últimas décadas. A Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*, em inglês) mede a quantidade de recursos naturais consumida por uma pessoa para sustentar o estilo de vida convertido em área. Essa medida é a quantidade de terra produtiva e área aquática suficientes para suprir os recursos que uma pessoa, população ou uma atividade precisa, incluindo ainda os resíduos gerados, expressa em hectares globais (Becker et al., 2012).



Essa ferramenta é um importante instrumento para a educação ambiental, pois gera um resultado individual e proporciona conscientização sobre como os hábitos diários podem ser modificados para melhoria do meio ambiente. Além disso, o cálculo da pegada ecológica possibilita mostrar para a população a importância de revisar seus hábitos cotidianos de consumo e optar por produtos mais sustentáveis, assim como incentivar empresas para utilizarem alternativas que favorecem o meio (Gonzalez & Andrade, 2015; Becker et al., 2012).

Para o cálculo da pegada ecológica são definidos cinco indicadores básicos, conforme Sato et al. (2010), que mostram como são os nossos hábitos diários: alimentação, bens de consumo, energia, moradia e transporte. Os bens de consumo, também chamados de “despesas domésticas”, são os alimentos, manutenção e operações da habitação, transporte pessoal, bens e serviços. Através dessa ferramenta é possível saber a quantidade do nosso consumo, sendo um importante instrumento para o conhecimento do que realmente é necessário para o consumo, ou seja, prestar atenção ao que de fato precisamos (Sato et al., 2010).

Pode-se aplicar a pegada ecológica em situações que incentivam a educação ambiental, como na área escolar, empresarial ou em outros casos que envolvam pessoas de diferentes formações, como congressos, palestras e encontros públicos. No caso deste artigo, o estudo foi voltado para profissionais que atuarão diretamente na área ambiental, por isso a utilização dos dados obtidos com a pegada ecológica foi importante para compreender a percepção de futuros formadores de opinião que, como esperado, deveriam atuar da melhor forma e executar um trabalho com os menores impactos negativos possíveis.

Nesse contexto, o objetivo desse artigo foi avaliar a pegada ecológica de estudantes de um curso de pós-graduação *lato sensu* na área de saneamento. Também foram analisados os hábitos mais recorrentes que proporcionam os valores encontrados, bem como as atitudes que poderiam ser incorporadas para melhorar o desempenho observado.

Metodologia

Neste estudo foi adotada uma metodologia quali-quantitativa. A pesquisa quali-quantitativa, também conhecida como pesquisa de métodos mistos, combina abordagens qualitativas e quantitativas em um mesmo estudo. Essa metodologia permite uma compreensão mais ampla e aprofundada do fenômeno investigado, reunindo as vantagens de cada tipo de abordagem (Souza & Kerbauy, 2017).

Os dados coletados foram gerados através de atividades didáticas na disciplina Educação Ambiental, entre os anos de 2017 e 2018, de um curso de pós-graduação *lato sensu* de Engenharia Sanitária Ambiental de uma instituição de ensino privada localizada em Belo Horizonte, MG.

A pesquisa foi realizada baseada no levantamento dos resultados obtidos no cálculo da pegada ecológica utilizando-se os seguintes sites: <http://www.pegadaecologica.org.br> e <http://www.footprintcalculator.org.br>.

O uso de site distintos foi necessário devido a um período de manutenção do site pegada ecológica. Além dos números de planetas necessários, foram obtidos números relativos aos indicadores alimentação, moradia, bens, serviços, tabaco, transporte e governo para parte dos alunos. Destaca-se que os sites possuem métodos relativamente semelhantes, porém fornecem diferentes detalhamentos sobre o resultado dos participantes. Este fato não permitiu um aprofundamento maior das variáveis estudadas para todos os participantes, justificando algumas análises estatísticas que foram possíveis apenas para aqueles que utilizaram o site <http://www.pegadaecologica.org.br>.



Nesses sites, através da interface que funciona como uma calculadora, é possível obter a pegada da pessoa em hectares globais, considerando o número de habitantes da Terra e dividindo pela área produtiva¹, para se chegar ao valor por planeta, se todos os habitantes tivessem a mesma pegada ecológica do indivíduo que preencheu os dados no site. Cada pessoa responde através de um questionário constituído por temas como meio de transportes, alimentação, tipos de moradia, tabagismo, consumo de bens e, ao final, é gerado um relatório mostrando como as respostas dadas contribuem para o impacto ambiental do estilo de vida da pessoa.

Os alunos do curso tiveram oportunidade de fazer os cálculos e comparar os resultados com outros colegas. Foi proposto que cada aluno calculasse a sua pegada ecológica, e avaliasse qual hábito estava interferindo mais no valor encontrado, apontando ainda o que estaria disposto a mudar nos hábitos para melhorar os resultados. Essa etapa foi realizada extraclasse, e os resultados enviados por e-mail para discussão posterior, em sala de aula, quando cada aluno teve alguns minutos para falar sobre os resultados encontrados e disponibilidade de agir para mudar, pensando em migrar para atitudes sustentáveis que reduziriam a quantidade de planetas utilizados.

A análise estatística descritiva dos dados contemplou número amostral, média aritmética, limites inferior e superior calculados via *bootstrap* e mediana. A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk e as comparações não paramétricas foram feitas através do teste de Kruskal-Wallis com *post-hoc* por Nemenyi. Também foi realizada a análise dos componentes principais (PCA), através do pacote FactoMineR do software R (versão 3.4.2). O nível de significância adotado para todas as análises estatísticas foi de 5% ($\alpha = 0.05$).

Resultados e discussão

Os resultados das pegadas ecológicas calculadas pelos alunos estão apresentados na Tabela 1. Os alunos identificados pelos números 01 a 12 utilizaram o site <http://www.pegadaecologica.org.br> e aqueles identificados pelos números 13 a 21 acessaram a ferramenta pelo site <http://www.footprintcalculator.org.br>.

Quando se verifica o valor médio da Pegada Ecológica do grupo todo, que obteve como resultado 2,5 planetas que seriam necessários para suportar os hábitos, constatou-se que comparando com outros dados ficou acima da média do Brasil, em 2007, que era de aproximadamente 1,5 planetas (Lamim-Guedes, 2011), e 1,69 para 2022 (Global Footprint Network, 2024). Esse valor do grupo é considerado alto, pois as atividades realizadas por especialistas na área ambiental devem refletir as práticas sustentáveis em todos os setores da sociedade, como privado e governamentais.

Conforme Lamim-Guedes (2011), em seu estudo sobre Pegada Ecológica, a pegada ecológica da população mundial no ano de 2007 resultou em 18 bilhões de hectares globais, que correspondem a 2,7 gha por habitante, para um total de 6,7 bilhões de habitantes. Considerando esses dados, pode-se concluir que para conseguir o nível de consumo de recursos naturais seriam necessários 1,5 planetas em 2010 (Ewing et al., 2010), enquanto que para 2022, o cálculo é de 1,71 planetas (Global Footprint Network, 2024) Sobre o caso do Brasil, a pegada média *per capita* do país teve uma mudança pequena desde o ano de 1961, saindo de 2,36 gha, para 2,55 gha em 2002, permanecendo levemente abaixo da média global de 2,58 gha (Global Footprint Network, 2024).

¹ Essa área produtiva se refere à biocapacidade, que “consiste na capacidade que uma área tem para ofertar recursos naturais e assimilar os resíduos gerados pela população residente” (WACKERNAGEL et al., 2005 *apud* SANTOS et al., 2021, p. 2).



Tabela 01 - Cálculo da pegada ecológica dos alunos da pós de Engenharia Sanitária Ambiental nos anos de 2017 e 2018.

| Identificação do aluno | Número de planetas necessários |
|------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1,7 |
| 2 | 1,7 |
| 3 | 1,6 |
| 4 | 1,7 |
| 5 | 2,4 |
| 6 | 2,3 |
| 7 | 2,3 |
| 8 | 2,5 |
| 9 | 1,9 |
| 10 | 2,8 |
| 11 | 1,5 |
| 12 | 2,7 |
| 13 | 1,9 * |
| 14 | 2,7* |
| 15 | 2,2* |
| 16 | 2,5* |
| 17 | 2,3* |
| 18 | 4,3* |
| 19 | 5,2* |
| 20 | 2,6* |
| 21 | 2,9* |
| MÉDIA | 2,5 |

Legenda: * Os itens destacados referem-se ao grupo de alunos cujos resultados foram obtidos no site <http://www.footprintcalculator.org.br>
Fonte: os autores.

Conforme alerta Alves (2019), a população mundial chegou a 7,4 bilhões de indivíduos no ano de 2014, com uma pegada ecológica calculada em 2,84 hectares globais (gha) *per capita*. Também foi estimada uma biocapacidade de 1,68 gha *per capita*. Portanto, o autor ressalta que “o mundo estava consumindo o equivalente a 1,68 planeta, a população mundial vive no vermelho e provoca um déficit ambiental que cresce a cada ano” (s. p.).

Cidin e Silva (2004) citam que a pegada total humana mundial alcançou o patamar máximo da capacidade ecológica do planeta em 1980, o que quer dizer que, até essa data, o planeta atendia ao consumo necessário. Em 1999, esse resultado aumentou para 1,2 planeta capaz de manter as atividades humanas. Já que o *Living Planet Report*, publicado pelo World Wide Fund for Nature (WWF) (2002), menciona que a pegada mundial, em 1999, era de 2,29 hectares globais por pessoa.

Buscando dados mais recentes sobre a Pegada Ecológica dos continentes, Alves (2019) aponta que:

Em 2014, a Ásia tomou a liderança da maior degradação ecológica com 10,5 bilhões de gha (tendo apenas 3,4 bilhões de gha de biocapacidade). Em segundo lugar, a Europa tinha uma pegada ecológica total de 3,5 bilhões de gha (para uma biocapacidade de 2,2 bilhões de gha). Em terceiro lugar a América do Norte com pegada ecológica total de 3 bilhões de gha (para uma biocapacidade de 1,7 bilhão de gha). Em quarto lugar, a América Latina e Caribe com pegada ecológica total de 1,71 bilhão de gha, mas com biocapacidade



de 3,1 bilhões de gha. Portanto, a América Latina e Caribe tem superávit ambiental. Em quinto lugar, a África com pegada ecológica total de 1,69 bilhão de gha, mas com biocapacidade de 1,4 bilhão de gha. Portanto, a África que tinha superávit ambiental no século passado, passou a ter déficit ambiental a partir de 2009. Por último, a Oceania com pegada ecológica total de 0,18 bilhão de gha para uma biocapacidade de 0,32 bilhão de gha, em 2014.

Teixeira (2012) elaborou um artigo analisando a pegada ecológica de três cidades brasileiras, Rio de Janeiro, Curitiba e Campo Grande, avaliando cada caso e comparando os resultados obtidos. Foram encontradas as seguintes pegadas ecológicas das cidades escolhidas: Rio de Janeiro = 2,9 no ano de 2003, Curitiba = 3,29 em 2006 e Campo Grande = 3,14 gha/capita, no ano de 2008. Além disso, verificou-se o valor da pegada ecológica para o Brasil, em 2007, encontrando o resultado de 2,91 gha/capita.

Na pesquisa realizada por Gonzalez e Andrade (2015), sobre a aplicação da metodologia da Pegada Ecológica em Minas Gerais, obteve-se o valor 2,64 planetas Terra necessários para manter o padrão de consumo do estado mineiro, em 2008. O estudo também comparou Minas Gerais com os países de alta renda, cujo padrão de consumo geral demandaria 3,38 Terras para sustentar a população mundial.

A média da Pegada Ecológica de 2,47 do grupo de alunos ficou abaixo de todas as três cidades brasileiras e do resultado encontrado no Brasil, segundo o estudo de Teixeira (2012), assim como, abaixo da média obtida por Gonzalez e Andrade (2015), também para o estado de Minas Gerais, onde o estudo aqui apresentado foi realizado.

A Tabela 02 mostra os valores individuais encontrados pelos alunos identificados de 01 até 12 referentes aos indicadores que são utilizados para o cálculo da pegada ecológica pelo site <http://www.pegadaecologica.org.br>. Já a Tabela 03, a análise de estatística descritiva destes dados.

Tabela 02 – Valores dos indicadores da pegada ecológica dos alunos da pós-graduação em Engenharia Sanitária Ambiental nos anos de 2017 e 2018 por variável analisada.

| ID | Resultados obtidos (%) | | | | | | |
|----|------------------------|---------|------|----------|--------|------------|---------|
| | Alimentação | Moradia | Bens | Serviços | Tabaco | Transporte | Governo |
| 1 | 43,1 | 11,3 | 9,6 | 7 | 0 | 13,6 | 15,4 |
| 2 | 42,6 | 9 | 6,7 | 8 | 0 | 18,5 | 15,2 |
| 3 | 43,7 | 6,9 | 4,2 | 10,9 | 0 | 18,8 | 15,6 |
| 4 | 42 | 8,3 | 1,4 | 6,1 | 0 | 27,2 | 15 |
| 5 | 29,5 | 5,8 | 23,6 | 10,7 | 0 | 19,9 | 10,5 |
| 6 | 31 | 6,4 | 5,2 | 16,5 | 0 | 29,8 | 11,1 |
| 7 | 30,6 | 15,8 | 8,3 | 16,9 | 0 | 17,6 | 10,9 |
| 8 | 50,6 | 14,9 | 2,2 | 6,6 | 0 | 15,5 | 10,2 |
| 9 | 36,9 | NA | NA | NA | NA | 25,5 | NA |
| 10 | 25,7 | NA | 39,4 | NA | NA | NA | NA |
| 11 | 46,8 | NA | NA | NA | NA | 19,5 | NA |
| 12 | 47,3 | 4,4 | 12,0 | 10,0 | 0 | 16,7 | 9,5 |

Legenda: ID – número de identificação do aluno; NA - não aplicável, quando a opção escolhida pelo participante não contribuiu para o cálculo da pegada ecológica.

Fonte: autores.



Tabela 3 – Resultados da estatística descritiva gerada a partir dos dados dos alunos.

| Variável | N | Média | D.P. | L.I. | L.S. | Mín. | 2ºQ | Máx. |
|-------------|----|-------|------|------|------|------|------|------|
| Alimentação | 12 | 39,2 | 8,2 | 34,5 | 43,4 | 25,7 | 42,3 | 50,6 |
| Moradia | 9 | 9,2 | 4,0 | 6,9 | 11,8 | 4,4 | 8,3 | 15,8 |
| Bens | 10 | 11,3 | 11,8 | 5,3 | 18,9 | 1,4 | 7,5 | 39,4 |
| Serviços | 9 | 10,3 | 4,0 | 8,0 | 13,0 | 6,1 | 10,0 | 16,9 |
| Tabaco | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Transporte | 11 | 20,2 | 5,1 | 17,5 | 22,9 | 13,6 | 18,8 | 29,8 |
| Governo | 9 | 12,6 | 2,6 | 11,1 | 14,2 | 9,5 | 11,1 | 15,6 |

Legenda: N – número amostral; D.P. – desvio padrão; L.I. – limite inferior calculado via *bootstrap*; L.S. – limite superior calculado via *bootstrap*; Mín. – valor mínimo; 2ºQ – mediana; Máx. – valor máximo; NA - não aplicável, quando a opção escolhida pelo participante não contribuiu para o cálculo da pegada ecológica. Fonte: autores.

Buscando uma melhor compreensão da relação entre as variáveis utilizadas nos cálculos das pegadas ecológicas, foi realizada uma PCA para indicar associações entre as variáveis, de forma a indicar como as variáveis se relacionam entre si, conforme Figura 1.

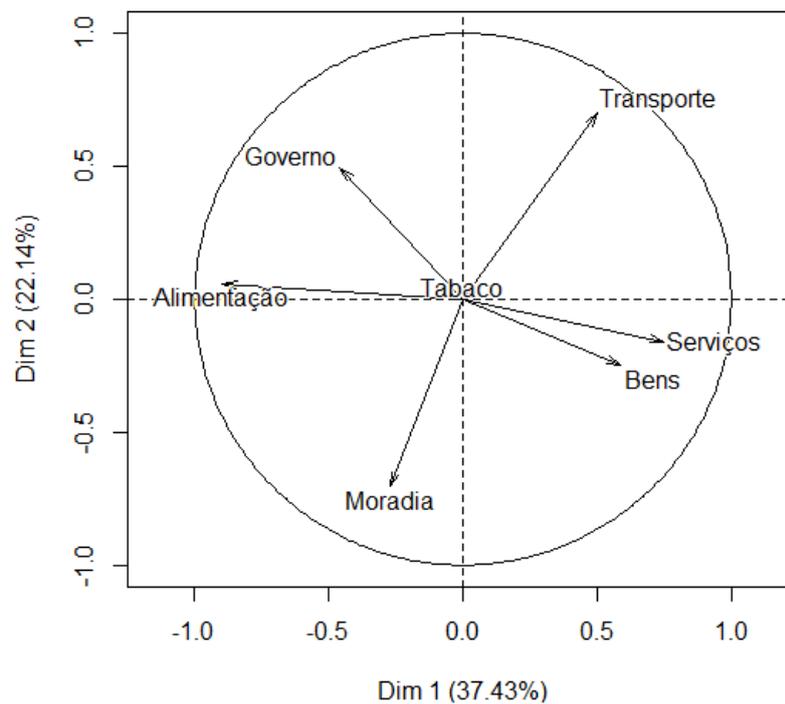


Figura 1. Análise de componente principal dos valores de pegada ecológica dos alunos do curso de pós-graduação *lato sensu* em Engenharia Sanitária Ambiental. Fonte: autores.

A primeira componente (Dim 1) explica 37,43% da variabilidade dos dados, enquanto a segunda (Dim 2) explica 22,14%. Como as duas variáveis explicam mais de 50% da variabilidade, o modelo pode ser considerado adequado. As variáveis Governo e Alimentação são correlacionadas entre si, e opostas às variáveis Bens e Serviços. Portanto, pode-se afirmar que uma elevada participação da variável Alimentação, normalmente, tende



a estar associada a uma elevada participação da variável Governo. Também se pode afirmar que estas variáveis são opostas às variáveis Serviços e Bens, o que implica dizer que quando Governo e Alimentação apresentam valores elevados, Bens e Serviços apresentam valores reduzidos.

Também é possível observar que as variáveis Moradia e Transporte também são opostas, portanto, quando uma apresenta valor elevado a outra apresenta valor proporcionalmente inferior. Já a variável Tabaco apresentou valor nulo, não impactando no modelo.

O relatório WWF Planeta Vivo (2016) agrupa os valores das Pegadas Ecológicas por nível de renda e mostra como a demanda da biodiversidade varia de uma país para outro. A Tabela 04 mostra a Pegada Ecológica detalhada dos cinco países selecionados no relatório, em 2012. Conforme o relatório, em países de baixa renda, como a Tanzânia, a Pegada Ecológica é influenciada pelos índices de alimentos e de moradia. Porém, à proporção que cresce a renda obtida, outros índices são mais relevantes como transporte, bens e serviços.

Tabela 04. Pegada Ecológica detalhada em atividades de consumo para países selecionados, em 2012.

| País | Resultados obtidos (%) | | | | |
|----------------|------------------------|---------|------|----------|------------|
| | Alimentação | Moradia | Bens | Serviços | Transporte |
| Estados Unidos | 18 | 25 | 14 | 15 | 28 |
| Alemanha | 24 | 27 | 16 | 7 | 26 |
| Tanzânia | 74 | 20 | 3 | 1 | 2 |
| Argentina | 51 | 17 | 10 | 5 | 17 |
| China | 35 | 31 | 11 | 8 | 15 |
| Média | 40,4 | 24,0 | 10,8 | 7,2 | 17,6 |

Fonte: Elaborado pelo autor baseado no relatório WWF Planeta Vivo (2016).

Analisando os resultados obtidos na Tabela 03, pode-se verificar que os indicadores que se destacaram em valor foram a Alimentação e o Transporte. Comparando com os valores obtidos na Tabela 04, verifica-se que o indicador Alimentação do grupo de alunos está abaixo da média obtida da Tabela 04, porém está acima dos países de renda alta como Estados Unidos e Alemanha. Na categoria Transporte, a média dos alunos ficou acima da média do grupo dos países analisados, mas ficou abaixo do valor da Pegada Ecológica dos Estados Unidos e da Alemanha.

O indicador Alimentação aborda como é a dieta individual, baseada em carnes, peixes, frangos, legumes, frutas ou produtos industrializados. No Brasil, existem alguns fatores que contribuem para as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e que estão relacionados à produção de alimentos, como: modificações da utilização da terra (51,9%), fermentação entérica (12%), que é um processo digestivo do gado bovino, e locais que são destinados para a agricultura (9,35%) (Cerri et al., 2009). Isto explica como a agropecuária contribui com o crescimento da demanda energética, citando como exemplo, o transporte de grãos e da água, pois 70% da água doce utilizada vai para o setor agrário (Sato *et al.*, 2010). Por isso, modificar a dieta para o consumo maior de frutas e vegetais seria benéfico para contribuir com a redução das mudanças climáticas.

No caso de energia, pode-se avaliar quanto às mudanças de hábito que podem reduzir o seu consumo utilizando alternativas mais limpas e menos degradantes. Nosso modo de transporte depende de combustíveis fósseis, que são grandes poluentes que degradam a atmosfera (Sato et al., 2010).

As moradias e outros usos como infraestrutura, comércio são áreas construídas que entram no cálculo da pegada ecológica pois demandam muita energia, além da utilização de recursos naturais, ocupando locais de biodiversidade (Lamim-Guedes, 2011).



O transporte abastecido na maioria por combustíveis fósseis, responsáveis por emissão dos gases do efeito estufa, pode ser considerado um dos principais causadores de mudanças climáticas (Sato et al., 2010).

Em um encontro com os participantes desta pesquisa, foram discutidos os resultados obtidos e concluiu-se que certos hábitos, principalmente nos indicadores Alimentação (39,2%) e Transporte (20,2%), poderiam ser mudados para conseguir reduzir o valor obtido. Dentre as soluções encontradas, foi citada a diminuição do uso de veículos automotores, substituindo-os por outros meios de transporte, como, por exemplo, bicicletas ou se possível caminhadas, dependendo do percurso. Isso, porque conforme a localização da moradia em relação ao trabalho, escola, ou outros locais para realização de atividades, o índice de Transporte poderia ser diminuído, se a distância percorrida fosse menor. No caso do indicador Alimentação seria necessário reduzir o consumo de carne, evitar o desperdício, comprar somente o que for necessário, além de verificar qual a dieta ideal que poderia contribuir para diminuir a pegada ecológica de cada integrante. Esses dois indicadores foram que mais influenciaram na Pegada Ecológica dos membros do grupo (Tabela 2, Figura 1). Em relação aos dados obtidos em outros países (Tabela 4), os valores foram similares aos encontrados neste estudo. Como pode ser percebido, esses dois indicadores de destaque não foram considerados satisfatórios para um consumo sustentável, sendo responsáveis pelo elevado valor da Pegada Ecológica dos membros do grupo do estudo.

Os alunos relataram que a prática acadêmica foi importante para a apresentação desta potencial ferramenta de atuação no contexto da educação ambiental, e muitos se mostraram satisfeitos por experimentar um olhar quanto aos próprios hábitos do cotidiano e as possibilidades de mudar alguns comportamentos frente ao impacto ambiental das decisões do dia a dia.

Este estudo apresenta semelhanças com outros trabalhos. Por exemplo, Lamim-Guedes (2015), que analisou atividades educacionais livres on-line voltadas para professores. Lamim-Guedes et al. (2012), que investigaram a adoção da Pegada Ecológica no ensino superior em uma universidade pública de Minas Gerais. Mantovani e Rosa (2022) e Marques e Xavier (2020) exploraram práticas na educação básica. Esses textos destacam a importância da Educação Ambiental como ferramenta para sensibilizar e conscientizar os alunos sobre questões relacionadas à sustentabilidade e ao impacto ambiental. Além disso, discutem a Pegada Ecológica como um conceito relevante a ser trabalhado em contextos educacionais, seja em cursos de Engenharia, Biologia ou em programas de especialização em Engenharia Sanitária Ambiental, ou na Educação Básica. Todos mencionam a importância de analisar os comportamentos e hábitos dos alunos em relação ao meio ambiente, identificando quais práticas contribuem para uma maior Pegada Ecológica e como os padrões de consumo podem ser modificados. Ademais, sugerem que a análise da Pegada Ecológica pode levar os alunos a repensar seus comportamentos e propor medidas individuais ou coletivas para reduzir o impacto ambiental, promovendo a conscientização e a busca por práticas mais sustentáveis. Assim, existe uma convergência entre esses estudos em relação à importância da Educação Ambiental e da abordagem da Pegada Ecológica como instrumento para promover a conscientização e ações sustentáveis entre os alunos.

Considerações Finais

A Pegada Ecológica oferece para os educadores, no âmbito ambiental, uma forma de demonstrar os efeitos do modo de vida das pessoas sobre o meio ambiente. Outra prática do uso da Pegada Ecológica é a consulta nos sites especializados, que permite fazer o cálculo individualmente através de questionamentos básicos divididos em tipos de consumo. Esse tipo de atitude permite às pessoas refletirem sobre as mudanças de hábitos, conforme os resultados encontrados ao realizarem os seus próprios cálculos. Para uma visão mais ampla, em nível macro, que envolve um país ou uma população local, esses indicadores mostram como podem ser



utilizados formas alternativas de tecnologias menos poluentes em setores da indústria de alimentos, incentivos em transportes coletivos sustentáveis, uso razoável dos recursos naturais e construções ecoeficientes.

Diante dessas considerações, verifica-se a importância da aplicação desse método em diferentes níveis, global, regional ou individual, mostrando que além de ter uma função educacional, serve também para aumentar a conscientização das pessoas em modificar seus hábitos de consumo. Além disso, apesar do artigo não focar em políticas públicas, pode servir de base conceitual para medir qual seria o valor ideal para alcançar um desenvolvimento sustentável, verificando as condições de cada caso. Os indicadores de sustentabilidade devem fazer parte do planejamento de todos os governos e empresas, sendo uma referência para encontrar as soluções compatíveis entre o setor econômico e a exploração equilibrada dos recursos naturais disponíveis.

Referências

Alves JED 2019. O grande crescimento da Pegada Ecológica no mundo e nos continentes. *Ecodebate* [31/05/2019]. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2019/05/31/o-grande-crescimento-da-pegada-ecologica-no-mundo-e-nos-continentes-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves-2/>.

Becker M, Martins T, Campos F, Morales JC 2012. A Pegada Ecológica de São Paulo: Estado e Capital e a família de pegadas. WWF-Brasil, Brasília – DF. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/?31603/a-pegada-ecologica-de-so-paulo--estado-e-capital>.

Cerri CC, Maia SMF, Galdos MV, Cerri CEP, Feigl BJ, Bernoux, M. 2009. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola* 66(6):831-843. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000600017>.

Cidin RCPJ, Silva RS 2004. Pegada Ecológica: Instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia* 2(1):43-52. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/257>.

Ewing B, Moore D, Goldfinger S, Oursler A, Reed A, Wackernagel M 2010. *Ecological Footprint Atlas 2010*. Global Footprint Network, Oakland, California, EUA. Disponível em: <https://issuu.com/globalfootprintnetwork/docs/ecological-footprint-atlas-2010>.

Global Footprint Network 2024. Open data platform. Disponível em <https://data.footprintnetwork.org/#/>

Gonzalez MHG, Andrade DC 2015. A sustentabilidade ecológica do consumo em Minas Gerais: uma aplicação do método da pegada ecológica. *Nova Economia* 25(2):421-446. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/2214>.

Guimarães RP 1998. *Aterrizando una Cometa: indicadores territoriales de sustentabilidad*. CEPAL/ILPES, Santiago do Chile. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/7435-aterizando-un-cometa-indicadores-territoriales-sustentabilidad>.

Guimarães RP, Feichas SAQ 2009. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade* XII(2):307-323. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>.



Lamim-Guedes V 2011. Pegada ecológica: consumo de recursos naturais e meio ambiente. *Educação Ambiental em Ação* 38. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1168>.

Lamim-Guedes V 2015. Pegada ecológica como recurso didático em atividades de educação ambiental on-line. *Educação Unisinos* 19:283-289. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/edunisinos/v19n2/2177-6210-edunisinos-19-2-00283.pdf>.

Lamim-Guedes V, Pinto LCL, Leite MG, Eskinazi-Sant'Anna EM 2012. Uma avaliação do conhecimento do conceito de Pegada ecológica em alunos dos cursos de Engenharia de Minas e Biologia da Universidade Federal de Ouro Preto (Minas Gerais, Brasil). *Educação Ambiental em Ação* 39. Disponível em: <https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1209>.

Mantovani RR, Rosa LMF 2022. Pegada Ecológica - um estudo de caso. *Revista Ponto de Vista* 11(1):1-14. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/2504>.

Marques R, Xavier CR 2020. Alfabetização científica no ensino de Ciências: uma sequência didática sobre a pegada ecológica do lixo. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* 11(2):84-106. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/2504>.

O'Meara M 1999. Explorando uma nova visão para as cidades. In *The Worldwatch Institute. Estado do Mundo*. The Worldwatch Institute, Washington, DC, p. 138-157.

ONU (Organização das Nações Unidas) 2019. População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU [17.06.2019]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-deve-chegar-97-bilh%C3%B5es-de-pessoas-em-2050-diz-relat%C3%B3rio-da-onu>.

ONU (Organização das Nações Unidas) 2024. *World Population Prospects 2024*. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>.

Santos WA, Erthal Junior M., Barcellos RGS 2021. Biocapacidade dos biomas brasileiros a partir de conceitos da pegada ecológica emergética. *Ambiente & Sociedade* 24:1-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180134r2vu2021L5AO>.

Sato M, Oliveira H, Zanon AM, Vargas IA, Wisiack SRC, Pereira, DM 2010. *Escolas Sustentáveis e Com-Vida: Processos Formativos em Educação Ambiental*. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. Disponível em:

https://cead.ufop.br/professores/dulce/Guia%20-%20Fasciculo%20Final%20e%20Modulo%20III%20Cortado%20em%20Eixos/Escolas%20Sustent%e1veis%20e%20COM-VIDA.%20Guia%20de%20Trabalho%2025_02_2011.pdf.

Souza KR, Kerbauy, MTM 2017. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. *Educação e Filosofia* 31(61):21-44. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/REVEDFIL.issn.0102-6801.v31n61a2017-p21a44>.



Stiglitz JE, Sen A, Fitoussi JP 2009. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Eurostat, Paris. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf>.

Teixeira MFFB 2012. Pegada Ecológica e Políticas Públicas: Estudos de caso de três cidades brasileiras. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 19:15-28. Disponível em: https://redibec.org/wp-content/uploads/2017/03/REV19_02.pdf.

World Wide Fund for Nature (WWF) 2002. Living Planet Report. WWF-International, Gland, Suíça. Disponível em: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/lpr_2002/.

WWF (World Wide Fund for Nature) 2016. Planeta Vivo Relatório 2016: Risco e resiliência em uma nova era. WWF-International, Gland, Suíça. Disponível em: https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/lpr_2016_portugues_v5_otimizado.pdf.