

## Educação ambiental por meio de um *app* para quantificação de pegada de carbono

Environmental education through an *app* for the quantification of the carbon footprint

Educación ambiental por medio de un *app* para la cuantificación de la huella de carbono

Recebido: 09/12/2020 | Revisado: 14/12/2020 | Aceito: 18/12/2020 | Publicado: 01/01/2021

### Monica Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8524-3452>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [monica@cear.ufpb.br](mailto:monica@cear.ufpb.br)

### Jordan Nunes de Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5779-5313>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [jordan.figueiredo@cear.ufpb.br](mailto:jordan.figueiredo@cear.ufpb.br)

### Gustavo Colaço D'Albuquerque Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2432-6382>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [gustavo.colaco@hotmail.com](mailto:gustavo.colaco@hotmail.com)

### Rommel de Santana Freire

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0449-0556>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [professorrommel@uol.com.br](mailto:professorrommel@uol.com.br)

### Liliane Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1182-2929>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [liliane@di.ufpb.br](mailto:liliane@di.ufpb.br)

### Raphael Abrahão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2945-2604>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: [raphael@cear.ufpb.br](mailto:raphael@cear.ufpb.br)

### Resumo

À medida que os níveis de qualidade de vida aumentam ao redor do mundo, aumentam as demandas por conforto (uso de ar-condicionado, por exemplo), e satisfazer a essas demandas resulta num maior consumo de energia. Em paralelo vem emergindo um processo de conscientização ambiental, impulsionado pelas preocupações ambientais relacionadas ao consumo de combustíveis fósseis e uso racional da energia. Prédios públicos e residências são os maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica no Brasil. Este artigo mostra o desenvolvimento de um aplicativo (*app*) para smartphone e computadores. O objetivo é que o *app* promova conscientização sobre o consumo de energia elétrica de maneira racional, eficiente e sustentável. A aplicação da metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida proporcionou a pegada de carbono associada ao consumo de 1 kWh de eletricidade do mix brasileiro. Este resultado foi introduzido no *app*, que fornece a pegada de carbono (kg CO<sub>2</sub>-eq) associada ao consumo de energia elétrica, estimada por meio dos hábitos do usuário.

**Palavras-chave:** Ciclo de vida; Política pública; Comportamento; Eficiência energética; Gamificação.

### Abstract

Along with the increase in quality of life levels around the world, there are increases in comfort demands (use of air-conditioning, for example), and meeting these demands results in higher energy consumption. In parallel there is an environmental awareness process emerging, propelled by concerns related to the consumption of fossil fuels and rational use of energy. Public buildings and homes are responsible for the majority of energy consumption in Brazil. This study presents the development of an *application (app)* for smartphones and computers. The objective is to promote awareness on the consumption of electricity, in a rational, efficient and sustainable way. The application of the Life Cycle Assessment methodology provided the carbon footprint associated with the consumption of 1 kWh of electricity from the national grid. This result was introduced within the *app*, which provides the carbon footprint (kg CO<sub>2</sub>-eq) associated with the consumption of electricity, estimated from the user's habits.

**Keywords:** Life cycle; Public policy; Behavior; Energy efficiency; Gamification.

### Resumen

A medida que los niveles de calidad de vida aumentan en todo el mundo, aumentan también las demandas por confort (como la utilización del aire acondicionado), y satisfacer estas demandas resulta en un mayor consumo de energía. Paralelamente, ha surgido un proceso de conciencia ambiental, impulsado por las preocupaciones ambientales relacionadas con el consumo de combustibles fósiles y el uso racional de la energía. Los edificios públicos y las casas

son los principales responsables del consumo de electricidad en Brasil, y este estudio muestra el desarrollo conceptual de una aplicación para teléfonos inteligentes y ordenadores. El objetivo es que la aplicación promueva la conciencia sobre el consumo de electricidad de manera racional, eficiente y sostenible. La aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida cuantifica la huella de carbono (kg CO<sub>2</sub>-eq) asociada con el consumo de 1 kWh de electricidad de la red eléctrica brasileña. Este resultado ha sido introducido en la aplicación, que calcula la huella de carbono asociada con el consumo de electricidad (kWh), estimada por medio de los hábitos del usuario.

**Palabras clave:** Ciclo de vida; Política pública; Comportamiento; Eficiencia energética; Gamificación.

## 1. Introdução

A questão ambiental já é vista como um problema que afeta o futuro da humanidade e vem mobilizando governos e sociedade civil (Carvalho, 2017), apesar da problemática e preocupação ambiental não serem recentes (Gomide et al., 2018). Como mencionado por Dias (2015), a maioria da população hoje vive em cidades e precisa entender as pressões ambientais antropogênicas geradas para poder ampliar a percepção das mudanças de atitude necessárias para alcançar a sustentabilidade. Tal entendimento pode basear-se na educação ambiental (dentro e fora das escolas ou universidades) e possui um diálogo multidisciplinar (Benítez et al., 2019; Brito et al., 2019).

Frizzo e Carvalho (2018) defendem uma conscientização ambiental baseada na valorização da natureza humana e não-humana, e de sua continuidade, dentro de uma perspectiva de responsabilidade ética. Esse ponto de vista já tinha sido abordado por Souza (2016) ao criticar o paradigma da dicotomia que fragmenta o conhecimento e separa o mundo em “homem ou natureza”. Sabendo que as questões ambientais vão além da disseminação de informação sobre a problemática ambiental, essas devem incluir também a sensibilização do público (Dorneles; Souza, 2019). A mudança de comportamento é um requisito fundamental diante da complexidade dos problemas ambientais atuais, e deve conscientizar a população sobre as ações individuais que cada um precisa desempenhar nesse contexto.

A educação ambiental, tanto nas escolas quanto nas universidades, pode modificar atitudes e comportamentos no sentido de uma consciência ambiental e de uma responsabilidade ética (Gomide et al., 2018). Uma política pública educacional, focada no uso racional de energia elétrica, provocará ações positivas para a redução do consumo energético. Quando aplicada em escolas, gerará informações relevantes para crianças, que motivadas, serão responsáveis pela redução do consumo e pelo uso racional da energia elétrica, tanto no curto, quanto longo prazos (Gill & Lang, 2018).

O aprendizado dentro do ambiente escolar pode trazer efeitos benéficos, com aplicação imediata, pois os alunos são encorajados a utilizar os conceitos teóricos aprendidos em sua realidade local. Lipscombe et al. (2008) buscaram uma maior implementação da educação ambiental e verificaram que intervenções extracurriculares são valiosas. Isto demonstra que neste tipo de educação o mais relevante é sua aplicação prática, por meio de intervenções reais no cotidiano das famílias diretamente envolvidas, pelos membros participantes desse tipo de projeto.

A evolução cultural, por meio de práticas pedagógicas ou políticas públicas, é percebida quando a sociedade começa a mudar seus hábitos de consumo, buscando maior sustentabilidade. Exemplos desse tipo de evolução são facilmente constatados na União Europeia (UE), onde há ampliação dos incentivos para o uso de tecnologia e inovação para assegurar o uso racional de energia elétrica. Dentre as áreas do Plano Estratégico de Tecnologia Energética da Comissão Europeia (Plan, 2015), destacam-se a eficiência energética, a criação de novas tecnologias e serviços para os consumidores, com custos menores, além de outros pontos ligados à energia renovável.

Apesar do incentivo governamental, o desenvolvimento de novas tecnologias e serviços voltados para residências inteligentes ainda é visto como um desafio tanto para a indústria, quanto para os consumidores em potencial, mesmo estes tendo demonstrado interesse em usar essas tecnologias (Wilson et al., 2017). Este é tido como um nicho de mercado que está em desenvolvimento e expansão, ao tempo em que ganha maior confiança dos consumidores. Uma outra opção tecnológica menos onerosa e mais popular é a utilização de smartphones e tablets para melhoria de práticas sustentáveis.

Os smartphones e tablets apresentam diversas vantagens para práticas pedagógicas, e sua utilização foi explorada por Tena et al. (2019), que avaliaram os hábitos domésticos de crianças quanto ao uso de tecnologia. Porém, a relação tecnologia-meio ambiente-educação já vem sendo objeto de reflexão há algum tempo (Marchiorato, 2018). A utilização de aplicativos (*apps*) proporciona valor agregado às estratégias educacionais (Jeng et al., 2010) e pode ser de fato empregada para a aquisição de conhecimentos (Hosseini et al., 2015; Kalogiannakis & Papadakis, 2017; Buchanan et al., 2019). A utilização de *apps*, no contexto de conscientização ambiental, desperta nas pessoas um comportamento direcionado à sustentabilidade, e contribui para o entendimento do papel que cada indivíduo possui como agente colaborador de mudança num contexto de grande escala e de longo prazo. Porém, como ressaltado por Novicki e Souza (2010), consciência ambiental por si só não é suficiente para compreender e transformar a realidade socioambiental: é necessário mobilizar a sociedade.

No que se refere a publicações recentes sobre aplicativos voltados para a educação ambiental, Rocha et al. (2015) apresentaram um aplicativo para identificações botânicas de espécies arbóreas, oferecendo a oportunidade de trabalhar a educação ambiental de forma mais flexível. Miyazawa et al. (2016) investigaram a disponibilidade de aplicativos gratuitos para dispositivos móveis, com potencial para os processos de ensino e aprendizagem em educação ambiental. E Abreu et al. (2017) detalharam a construção de um aplicativo funcional, que auxilia no ensino de disciplinas relacionadas à biologia e na formação de uma consciência ambiental. Mas à medida que as pessoas vêm sendo expostas a cenários tecnológicos relacionados a contextos do meio ambiente e sustentabilidade surge um aumento na percepção da consciência ambiental, onde Arruda Filho et al. (2019) comprovaram que essa conscientização é um importante antecedente da intenção de uso de produtos verdes, onde pessoas com maior nível de consciência ambiental têm a maior intenção de consumo.

O número de usuários de smartphones no mundo vem crescendo progressivamente, e em 2020 aproximadamente 39% da população mundial utiliza smartphones (em 2011, a porcentagem era 10%; Statista, 2020). O crescimento da utilização de smartphones foi tão significativo que em 2017, o sistema operacional (SO) para dispositivos móveis da Google, o Android, se tornou o sistema mais utilizado do mundo, ultrapassando o Windows, que desde os anos 80 era o SO mais utilizado (Simpson, 2017). Devido à simplicidade de se usar um “celular inteligente” e com tantos aplicativos que entretêm e facilitam a vida das pessoas, a procura, desenvolvimento, e disponibilização de *apps* para estes dispositivos vem se tornando algo comum. Assim, grandes empresas, investidores e empreendedores buscam criar aplicações móveis pelas mais diversas razões, uma delas podendo ser a conscientização das pessoas e alerta para questões de sustentabilidade. Neste quesito, a manutenção do interesse do usuário é um elemento que vem sendo abordado a partir do uso de gamificação, ou seja, de métodos que se utilizam de elementos dos jogos, como metas e sistemas de recompensas, para capturar o interesse e a permanência do usuário em usar o aplicativo. Como a conscientização ambiental em populações urbanas é tarefa complexa e influenciada por vários fatores, pode-se empregar a gamificação dos *apps*, que engaja as pessoas e motiva o aprendizado e comportamentos voltados para a sustentabilidade (Santos et al., 2018; Caldas et al., 2019).

Reconhecendo que a conscientização “começa em casa”, e tendo como objetivo a conscientização das pessoas acerca de suas emissões, este trabalho apresenta o aplicativo GoGreen, para computador e smartphones. O *app* foi concebido e desenvolvido para ajudar as pessoas a calcular e saber sua pegada de carbono (emissões de gases de efeito estufa, GEE) e mostrar dicas de como economizar mais energia elétrica. Assim, a partir dos hábitos do usuário, o *app* estabelece seu consumo de eletricidade (kWh) e fornece a pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade. O *app* também fornece várias sugestões para melhoria de eficiência energética e informações sobre efeito estufa e aquecimento global. O objetivo final do *app* é conscientizar o usuário sobre seu consumo energético, diminuindo assim seu consumo de energia elétrica e sua pegada de carbono.

## 2. Metodologia

Segundo Pereira et al. (2018), a pesquisa-ação é uma metodologia qualitativa e nela torna-se importante a prática reflexiva que se investiga e do processo de investigação. Nos métodos qualitativos, é importante a interpretação por parte do pesquisador com suas opiniões sobre o fenômeno em estudo. O material e métodos empregados nesse estudo dividem-se em duas etapas: avaliação ambiental, quando se quantifica o impacto ambiental associado ao consumo de energia elétrica, e a construção do *app*.

### 2.1 Avaliação de ciclo de vida (ACV)

Devido a preocupações recentes com impactos ambientais, e consequentes demandas da sociedade por processos e atividades menos poluentes, faz-se necessário poder contar com uma forma de quantificar tais impactos ambientais.

A ACV é uma metodologia validada e amplamente aplicada para a quantificação de potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto, atividade ou processo (Guinée, 2001; Guinée et al., 2011; Klöpffer et al., 2014). O ciclo de vida compreende a extração e o processamento de matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição; o uso e manutenção, e a disposição final. A ACV está normatizada pela *International Organization for Standardization* (ISO) em suas normas 14040 (2006) e 14044 (2006), que no Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ABNT, 2014a; ABNT 2014b).

A ACV pode auxiliar na identificação de oportunidades para melhorar aspectos ambientais em vários pontos do ciclo de vida, na tomada de decisões, na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, e até no marketing (e.g., declaração ambiental, rotulagem ecológica ou declaração ambiental de produto) (Ribeiro et al., 2003). A ACV compreende quatro fases bem delineadas (ABNT, 2014a; 2014b):

- Definição dos objetivos, limites do estudo e escolha da unidade funcional;
- Construção do inventário, quando se coleta informação sobre entradas e saídas de energia e materiais relevantes para o sistema em estudo (conforme o objetivo e o escopo);
- Avaliação do impacto de ciclo de vida, que entende e avalia a magnitude e a significância dos impactos potenciais do sistema definido ao longo do seu ciclo de vida;
- Interpretação, quando se definem as conclusões, as limitações e as recomendações do estudo.

Mais detalhes sobre a ACV podem ser consultados em Guinée (2001).

No aplicativo GoGreen, a metodologia da ACV foi aplicada à quantificação do impacto ambiental associado ao consumo de eletricidade em edificações, e a unidade funcional utilizada foi o consumo de 1 kWh de eletricidade em baixa tensão.

O software utilizado foi o SimaPro 9.0.0.49 (Pré Sustainability, 2020), que permite a modelagem e avaliação dos mais complexos ciclos de vida de forma sistemática e compreensível, de acordo com ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). A base de dados utilizada foi a Ecoinvent (2019).

Para facilitar a comunicação ao público, o método de avaliação de impacto ambiental selecionado foi o IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013), que utiliza as tabelas de conversão atualizadas do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Este método quantifica e caracteriza os potenciais impactos ambientais associados às emissões atmosféricas de acordo com o seu potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential*, GWP) (IPCC, 2013) ao longo de 100 anos, e expressa o resultado em kg CO<sub>2</sub>-eq (agrupando os gases de efeito estufa). Este indicador também é conhecido como pegada de carbono. De acordo com Carvalho e Delgado (2017), o uso da pegada de carbono tem se popularizado e é agora amplamente difundido, já que as mudanças climáticas são prioridades políticas e corporativas.

Como a pegada de carbono está diretamente relacionada ao uso de energia, e o interesse do público nas mudanças

climáticas é bastante alto em comparação a outros problemas ambientais, esse indicador é apropriado para a comunicação de resultados de estudos ambientais e tem ganhado visibilidade devido a sua popularidade (Carvalho et al., 2018). A pegada de carbono é um indicador de fácil compreensão, já que está associado ao GWP, e consegue comunicar com sucesso um assunto complexo (Weidema, 2018; Araújo et al., 2018; Grilo et al., 2018). A pegada de carbono vem sendo calculada nos mais diversos tipos de estudos (Melo et al., 2019; Carvalho et al., 2019a; Abrahão & Carvalho 2018; Neves et al., 2018; Coelho Junior et al., 2018; Carvalho & Abrahao, 2017).

### 2.1.1 Mix elétrico brasileiro

Esta seção do trabalho baseia-se na metodologia apresentada por Carvalho e Delgado (2017). A partir da base de dados EcoInvent v.3.5 (2019), processos existentes foram adaptados para representar o mix brasileiro de geração elétrica, utilizando os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2020), dividindo as fontes de geração de energia em hidrelétricas 66,67%, gás natural 9,28%, eólica 9,15%, bagaço de cana-de-açúcar 8,25%, nuclear 2,79%, carvão 1,62%, óleo 1,55%, e solar 0,69%. Os percentuais de geração, por fonte, para composição do mix foram formados realizando uma média entre o primeiro, décimo quinto e último dia de cada mês de 2019, e em seguida, a média dos percentuais de cada mês, seguindo Delgado e Carvalho (2017). As etapas de transmissão, distribuição e transformação da energia elétrica também foram incluídas de modo a representar de 1 kWh de eletricidade consumida em baixa tensão.

### 2.2 Desenvolvimento do *app*

O aplicativo GoGreen foi desenvolvido para celulares e tablets Android e iOS. A versão atual do aplicativo para Android foi totalmente desenvolvida na Application Programming Interface (API) 15 e superior. Assim, o *app* consegue rodar em aproximadamente 97,4% dos dispositivos ativos na Google Play Store. Como o aplicativo também tem suporte para tablets, ele foi desenvolvido em Fragments (2019), assim o aplicativo pode rodar em qualquer tamanho de tela, mantendo uma excelente experiência de usuário. A Integrated Development Environment (IDE), ou ambiente de desenvolvimento integrado, utilizada para desenvolver o *app* foi o Android Studio e a linguagem utilizada foi Java. Para a versão iOS a IDE utilizada foi o Xcode. O aplicativo foi desenvolvido na versão 10.0 do iOS, utilizado pela maior parte dos iPhones e iPads ativos. Além disso, o *app* foi totalmente desenvolvido na linguagem Swift 4.

O uso de bibliotecas de software foi fundamental para a disponibilização de gráficos funcionais no *app*. Para isso, utilizou-se a biblioteca MP Android Chart. Para os dispositivos iOS foi utilizada a biblioteca Cocoapods Charts. A versão atual do aplicativo inclui um serviço de cadastro de usuários. Assim, o Firebase foi utilizado como banco de dados para realização desses cadastros, que além de permitir armazenar dados em um banco em tempo real, tem uma fácil manutenção e implementação.

Com uma interface simples e intuitiva o usuário não terá dificuldades ao utilizar o aplicativo, bastando apenas arrastar o dedo na tela de um lado para o outro para que se tenha acesso às principais funções do *app*. O usuário conta com uma vasta lista de itens onde é possível localizar equipamentos, utensílios e vários outros objetos encontrados em prédios públicos ou residências para que seja feito o cálculo da sua pegada de carbono.

Após a realização dos cálculos, o usuário pode acessar o guia de dicas, com matérias, estudos e artigos que trazem diversas maneiras de se economizar sua energia. Além disso o *app* conta com uma seção onde mostra um gráfico com sua pegada de carbono do mês em que foi feito o cálculo, para que o usuário possa ter uma noção do mês em que gastou mais e assim facilitar o seu entendimento da razão pela qual gastou mais em determinado mês.

A utilização de métodos de gamificação no projeto do aplicativo foi definida a partir do trabalho de Brigham (2015), e utilizou-se do feedback interativo e de metas a serem alcançadas periodicamente como elemento de engajamento do usuário.

Particular atenção foi dada aos elementos da interface, como as cores, imagens e menus, assim como o sequenciamento das atividades, de modo a tornar intuitiva a utilização do *app*.

### 3. Resultados e discussão

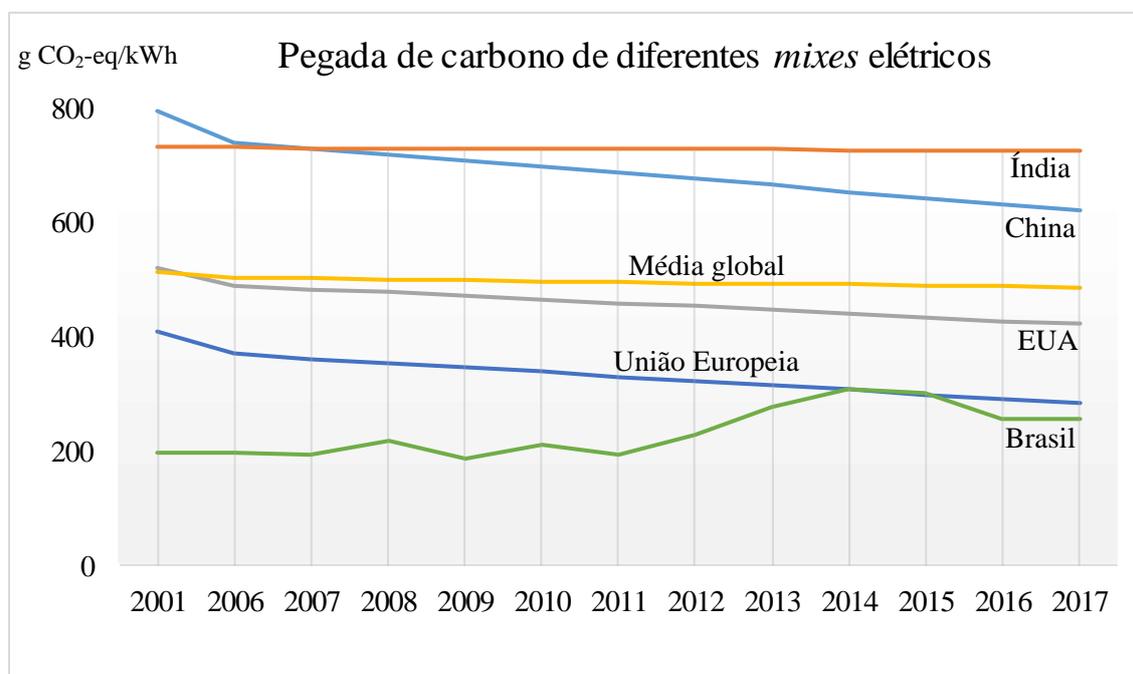
#### 3.1 Avaliação de Ciclo de Vida

Após consideração de todas as etapas do Sistema Elétrico de Potência (SEP) (geração, transmissão, distribuição e transformação) na ACV, obteve-se a pegada de carbono associada ao consumo de 1 kWh de eletricidade no Brasil em 2019 por exemplo, em baixa tensão, como 0,227 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh consumido.

O consumo de eletricidade é geralmente a maior fonte de emissões de residências e empresas, e portanto é essencial contar com um valor atualizado, representativo da região. Os valores dos mixes comumente encontrados em software ou bases de dados de ACV são para anos específicos, e podem variar bastante dependendo do mix de geração do ano em questão. A obtenção de valores atualizados é importante, por exemplo, em estudos de otimização de sistemas de energia que consideram tanto o aspecto econômico quanto o ambiental (Carvalho et al., 2019c).

Desde 1990 até 2010, as pegadas de carbono globais associadas à geração de eletricidade permaneceram estáveis, em sua maioria, e após 2010, as pegadas de carbono aumentaram em sincronia com o aumento da demanda por energia (Pavarini & Mattion, 2019). Porém nos últimos anos o comportamento mudou: a demanda energética continua a crescer, mas a pegada de carbono diminuiu seu ritmo, devido à inserção de energias renováveis nos mixes de geração. Esse comportamento já é observado no Brasil, como mostra a Figura 1, construída a partir de dados da *International Energy Agency* (Agência Internacional da Energia) e Carvalho e Delgado (2017).

**Figura 1** – Pegada de carbono associada a diferentes mixes elétricos do mundo.



Fonte: International Energy Agency e Carvalho e Delgado (2017).

#### 3.2 GOGREEN *app*

O aplicativo foi desenvolvido com o intuito de ser atraente no seu design, simples na sua utilização, eficaz na sua

aplicação e acessível para os usuários. O aplicativo é claro no que diz respeito aos passos a serem seguidos para se obter a pegada de carbono de forma simples. A Figura 2 mostra a tela de boas-vindas que surge assim que o aplicativo é iniciado. Nesta tela há opção de login para usuários já cadastrados e de criação de um novo perfil.

**Figura 2** – Tela de Boas Vindas.



Fonte: Autores (2020).

A tela mostrada na Figura 2 também inclui explicações sobre o aplicativo, a opção de acessar diretamente as dicas de economia de energia e mais informações sobre o desenvolvimento do aplicativo.

Após o login ou realização do cadastro, o usuário é convidado a identificar todos os ambientes a serem avaliados. Caso este procedimento já tenha sido realizado, os ambientes ficam salvos no banco de dados e podem ser acessados e atualizados a qualquer momento. A próxima etapa consiste em selecionar um ambiente e definir os equipamentos eletrônicos nele existentes. Ao selecionar um ambiente, o usuário será direcionado para a tela mostrada na Figura 3, onde deve pesquisar e selecionar os equipamentos eletrônicos.

**Figura 3** – Lista de Equipamentos.



Fonte: Autores (2020).

O aplicativo dispõe atualmente de uma lista de 102 equipamentos com potências padrão. Caso algum equipamento não conste na lista, o usuário tem a opção de adicioná-lo, como mostrado na parte verde da Figura 3, fornecendo seu nome e a potência.

Após a seleção do equipamento, o usuário é redirecionado para a tela mostrada na Figura 4, onde deve indicar a quantidade de equipamentos semelhantes existentes no ambiente, o número de horas de uso diário e o total de dias utilizados no mês.

**Figura 4** – Padrão de utilização do aparelho selecionado.



Fonte: Autores (2020).

Ao finalizar esta etapa, o *app* irá calcular o consumo de energia elétrica em kWh, a partir da potência de cada equipamento ( $P$ ) em Watts, o número de horas de utilização diário ( $t$ ) em horas e o número de dias utilizados no mês ( $D$ ), a

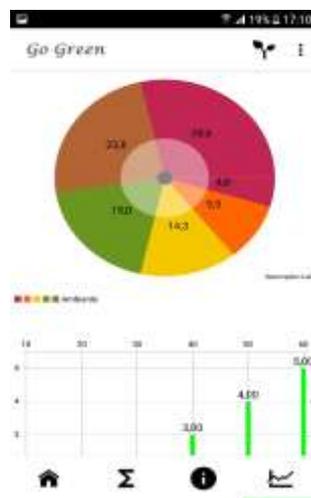
partir da Equação 1.

$$\Sigma \text{Consumo} = \frac{P.t.D}{1000} \quad (1)$$

A partir do consumo total, a pegada de carbono total, em kg CO<sub>2</sub>-eq, pode ser calculada multiplicando-se a pegada de carbono associada ao consumo de 1 kWh eletricidade pelo consumo de eletricidade da edificação.

Após a realização dos cálculos, o usuário é direcionado à tela apresentada na Figura 5, onde é mostrada a pegada de carbono do edifício do mês vigente, junto a opções para que o usuário possa acompanhar a pegada de carbono de cada ambiente separadamente em um gráfico de setores.

**Figura 5** – Gráficos de pegada de carbono e consumo de energia.



Fonte: Fonte: Autores (2020).

Na Figura 5, também pode-se acompanhar a evolução da pegada de carbono da edificação a partir do histórico de meses anteriores calculados por meio da atualização mensal do perfil de utilização dos aparelhos eletrônicos. Por fim, há a opção de ver as dicas de economia de energia que incluem matérias, estudos, reportagens e imagens de conscientização de consumo de energia (estas podem ser impressas para serem colocadas nos ambientes). Espera-se com isso que, por meio destas dicas, o usuário volte a utilizar o aplicativo no mês seguinte para atualizar o perfil de consumo de energia elétrica e acompanhar a redução da pegada de carbono da edificação. A Figuras 6 apresenta mais informações sobre o aplicativo.

**Figura 6a** – Tela explicativa do *app*.



Fonte: Autores (2020).

**Figura 6b** – Tela de “Sobre” do *app*.



Fonte: Autores (2020).

A Figura 6a é uma tela introdutória ao *app*, que apresenta sua utilidade e praticidade. A Figura 6b atribui créditos aos desenvolvedores do *app*.

### 3.3 Influência do *app* para a conscientização ambiental

O que se espera com este *app* é contribuir com a conscientização da sociedade a partir do incentivo à mudança comportamental consequente, que gera uma redução da carga de poluentes emitidos para a atmosfera provindos da utilização da energia elétrica. Este aplicativo é uma continuação do trabalho desenvolvido por Figueiredo et al. (2017) e, nesta segunda fase, concentrou-se esforços no despertar da atenção dos usuários para as emissões relacionadas ao consumo da energia elétrica. A progressiva conscientização leva a um processo de mudança comportamental, que é o esperado na fase introdutória de uso do *app*.

Como mencionado por Carvalho et al. (2016) e Freire et al. (2016), o desenvolvimento de uma consciência ambiental generalizada criou uma demanda por processos ambientalmente mais “amigáveis”, e já existem grandes avanços e desenvolvimentos na aplicação de princípios de eco-eficiência pelas indústrias e projetistas. Exemplos de estudos ambientais voltados para a conscientização incluem Melquíades et al. (2019) que calcularam a pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes, Gomes et al. (2019) que compararam as emissões de dois tipos de concreto para construção civil, Carvalho et al. (2019b) que calcularam a pegada de carbono associada à geração de bioeletricidade a partir de bagaço de cana, Carvalho et al. (2018) que compararam as emissões relativas a dois processos caseiros para produção de batata chips, e Nóbrega et al. (2019) que desenvolveram uma ACV abrangente, com vários indicadores ambientais, para a coleta seletiva de papel e papelão em João Pessoa, Paraíba.

Além da sensação de “atividade” ao interagir com o *app*, o usuário também tem a necessidade de ser parte de uma rede, na qual é julgado de acordo com a recepção da mensagem. Assim, as pessoas podem ficar mais envolvidas com o conteúdo, facilitando a assimilação e conscientização ambiental, culminando na reflexão sobre a necessidade de mudar seu estilo de vida.

Mudanças culturais têm alterado o panorama brasileiro no setor ambiental, seguindo uma tendência já consolidada em outros países. Está comprovado que a conscientização ambiental gera atitudes ambientais, que são fortes determinantes do comportamento ambiental (Kaiser et al., 1999; Gifford & Sussman, 2012; Sagawe et al., 2016). O uso racional dos recursos

naturais está, paulatinamente, integrando o cotidiano de um maior número de pessoas, alterando assim a mudança de seus hábitos de consumo.

Porém a mudança nos hábitos de consumo das pessoas não vem ocorrendo unicamente por causa da preocupação ambiental: o aumento no custo de vida, e em especial na tarifa da energia elétrica, tem ajudado nesta mudança. A busca por menor desembolso financeiro é causa e efeito do uso racional de equipamentos elétricos.

A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, desde 2001, já expressa o anseio do Governo Federal em promover o consumo consciente da energia elétrica (Brasil, 2001), porém, apenas em 2015 passou a estabelecer as boas práticas a serem implementadas no âmbito da administração pública federal (Brasil, 2015). Mas ainda há um abismo entre a legislação existente e a efetiva institucionalização. O fato da existência de uma norma não determina que a mesma será aplicada como o legislador previu. Para tanto, faz-se necessária a criação de instrumentos capazes de incentivar o uso racional de energia e medir a redução do impacto ambiental e econômico produzido.

Em 2013, Birnik (2013) já tinha realizado uma avaliação de 15 calculadoras de pegada de carbono, justamente devido à popularidade desta ferramenta para conscientizar o público. Shirley et al. (2012) desenvolveram uma calculadora de pegada de carbono para as Ilhas Virgens (EUA) com o objetivo de desenvolver opções de mitigação, começando pelo setor residencial. West et al. (2016) avaliaram uma calculadora de pegada de carbono e verificou maneiras de comunicar o impacto do consumo em nível residencial, explorando opções de mitigação, enquanto Nahar e Verma (2018) confirmaram o potencial de mudança de comportamento público e conscientização ambiental associado à utilização de uma calculadora de carbono na Índia. Na América Latina, Arena et al. (2017) desenvolveram uma calculadora regional de pegada de carbono, para conscientizar os cidadãos latino-americanos sobre seus impactos individuais nas emissões. Bekaroo et al. (2019) realizaram um estudo de usabilidade para um aplicativo de cálculo de pegada de carbono, nas Ilhas Maurício, para melhorar a compreensão dos cidadãos sobre suas emissões pessoais por meio da estimativa e gerenciamento de sua pegada de carbono.

Lin (2016) desenvolveu um sistema de gestão pessoal de pegada de carbono e comprovou a eficácia da tecnologia para que estudantes reduzissem suas pegadas de carbono. Cada indivíduo responde de maneira diferente em relação ao uso do aplicativo, mesmo assim as reduções ocorrem de forma significativa. Os melhores resultados foram constatados no ambiente familiar, representando mais de 55% das reduções auferidas (Lin, 2016).

O aplicativo GoGreen foi desenvolvido levando em consideração todas essas experiências anteriores, com uma maior praticidade de uso e foco no usuário brasileiro. Sendo a estratégia de conscientização normalmente implementada por meio de políticas públicas, o impacto positivo do aplicativo pode ser ampliado em maior escala. Quando ações governamentais são institucionalizadas e transformadas em políticas públicas, precisam ter metas bem definidas para que possam alcançar os benefícios esperados. Para tanto, faz-se necessário o acompanhamento da execução da política, bem como a mensuração dos resultados. A ausência de indicadores de desempenho, impede que a administração pública acompanhe se os objetivos estão sendo atingidos de forma satisfatória e o aplicativo GoGreen pode ser uma forma simples e gratuita de aplicação de um importante indicador ambiental e a consequente mensuração de resultados.

#### **4. Conclusões**

Este artigo apresentou o desenvolvimento conceitual de um aplicativo para ser utilizado em prédios públicos e residências e, a partir deste, almejar a eficiência energética, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e reduzindo gastos com energia pública.

Com este trabalho, foi possível retratar o potencial do aplicativo como recurso didático aliado à gamificação, com o intuito de que o usuário aprenda de forma lúdica, sendo incentivado a reduzir seus gastos e ainda contribuir para um melhor uso dos recursos naturais.

Essa cultura de maior conscientização ambiental pessoal/individual acaba não sendo passada para o ambiente de trabalho. No caso do aplicativo GoGreen, também foi incluída a análise para prédios do setor público, onde o custo e o volume do consumo de energia elétrica têm crescido ao longo das décadas de 2000 e 2010. Dessa forma, o cidadão que executa o consumo consciente em sua residência, pode ampliar sua ação, implementando-a em seu local de trabalho, desde que sejam criadas condições para tal.

O que se espera é uma conscientização da sociedade e uma mudança comportamental consequente, que gere uma redução da carga de poluentes emitidas para a atmosfera providas da utilização da energia elétrica. Da mesma forma, a consciência ambiental desenvolvida pelos usuários das organizações públicas, por meio do uso do *app*, poderá ser ampliada em suas residências, gerando assim um aumento em escala dos resultados do efetivo uso dessa ferramenta e da consequente efetivação das políticas públicas, tanto ambiental como energética.

O impacto gerado poderá ser propagado ainda mais a partir da sinergia criada entre os setores públicos e empresariais, visando o bem-estar social, através de ações conjuntas e estruturadas. Pois o cidadão que trabalha em ambos setores é o mesmo que pratica o uso racional em sua residência, podendo inclusive influenciar as outras pessoas que residem junto.

Dessa forma, o *app* desenvolvido ajuda a promover não somente a conscientização como também a educação ambiental, levando o usuário a conhecer e aplicar um estilo de vida ambientalmente correto. Reconhecendo o momento da pandemia da COVID-19, o desenvolvimento e implementação deste *app* pode contribuir para a EAD brasileira e mundial, demonstrando a viabilidade da realização de trabalhos com metodologia ativa, a custo relativamente baixo, melhorando o aprendizado dos estudantes e ao mesmo tempo conscientizando a população.

Como sugestão para trabalhos futuros inclui-se a melhoria da interface e usabilidade do *app* GoGreen, e estudos qualitativos com alunos de pós-graduação, inicialmente, na UFPB. Melhores resultados poderão ser obtidos quando da implementação e do desenvolvimento de uma política pública estruturada, visando a ampliação da educação ambiental, por meio do uso do *app* GoGreen.

## Referências

- Abrahaó, R., & Carvalho, M. (2017). Environmental impacts of the red ceramics industry in Northeast Brazil. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 6, 310-317.
- Abreu, J., de Sousa, J. E., & Lacerda, M. (2017, October). Um aplicativo móvel para educação ambiental. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. 28(1), 1736.
- Araújo, Y. R. V., de Góis, M. L., Junior, L. M. C., & Carvalho, M. (2018). Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1863-1868.
- Arena, A. P., Piastrellini, R., Barón, G. N., & Civit, B. M. (2017). YUPI®, a regional footprint calculator. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4), 546-556.
- Arruda Filho, E. J. M., Cardoso, B. L., & Barboza, M. N. L. (2019). Intención de consumo verde en el contexto de las características egoístas o altruistas del producto contra la conciencia ambiental del usuario. *Cadernos EBAPE. BR*, 17(2), 414-434.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2014a). Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura: NBR ISO 14040. *Rio de Janeiro: ABNT*. Versão corrigida.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2014b). Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações: NBR ISO 14044. *Rio de Janeiro: ABNT*. Versão corrigida.

- Bekaroo, G., Roopowa, D., & Bokhoree, C. (2019, September). Mobile-based Carbon footprint calculation: insights from a usability study. In *2019 Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)* (pp. 1-6). IEEE.
- Benítez, F. F., Paredes, M. E. R., Collado-Ruano, J., Terán, E. F. H., & Ibarra, G. D. L. (2019). Environmental education program in Ecuador: theory, practice, and public policies to face global change in the Anthropocene. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 27(105), 859-880.
- Birnik, A. (2013). An evidence-based assessment of online carbon calculators. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 17, 280-293.
- Brasil (2001). Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Diário Oficial da União. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110295.htm)
- Brasil (2015). Portaria nº 23, de 12 de fevereiro de 2015. [http://www.tst.jus.br/docu\\_ments/10157/12455710/MPOG++PORTARIA+N%C2%BA%2023\\_2015,%20DE+12\\_2\\_2015](http://www.tst.jus.br/docu_ments/10157/12455710/MPOG++PORTARIA+N%C2%BA%2023_2015,%20DE+12_2_2015)
- Brito, R. D. O., Siveres, L., & Cunha, C. D. (2019). O uso de indicadores para avaliação qualitativa de projetos educativos socioambientais: a gestão participativa no ambiente escolar. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 27(104), 610-630.
- Brigham, T. J. (2015). An introduction to gamification: adding game elements for engagement. *Medical reference services quarterly*, 34(4), 471-480.
- Buchanan, J., Pressick-Kilborn, K., & Maher, D. (2018). Promoting environmental education for primary school-aged students using digital technologies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(2), em1661.
- Caldas, A. L. R., Balbino, A. E., de Souza, L. G. C., de Araujo Soares, V., & Soares, A. C. (2018). Aplicativo de gamificação e realidade aumentada para trilhas educativas: ferramenta pedagógica para conscientização ambiental. *Heringeriana*, 12(1), 5-19.
- Carvalho, B. C. T., Castro Bezerra de Melo, C. T. M., Romero Freire, A. J., Khanmohammadi, S., & Carvalho, M. (2019). Multicriteria optimization of renewable-based polygeneration system for tertiary sector buildings. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 18(11).
- Carvalho, I. C. M. (2017). *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. Cortez Editora.
- Carvalho, M., & Abrahao, R. (2017). Environmental and Economic Perspectives in the Analysis of Two Options for Hand Drying At an University Campus. *International Journal of Emerging Research in Management and Technology*, 6, 24-35.
- Carvalho, M., & Delgado, D. (2017). Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, 1(1), 64-85.
- Carvalho, M., Grilo, M. M. D. S., & Abrahao, R. (2018). Comparison of greenhouse gas emissions relative to two frying processes for homemade potato chips. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(1), 481-487.
- Carvalho, M., Menezes, V. L., Gomes, K. C., & Pinheiro, R. (2019). Carbon footprint associated with a mono-Si cell photovoltaic ceramic roof tile system. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(4), 13120.
- Carvalho, M., de Santana Freire, R., & de Brito, A. M. V. G. (2016). Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations. In *Energy, transportation and global warming* (pp. 61-72). Springer, Cham.
- Carvalho, M., Segundo, V. B. D. S., Medeiros, M. G. D., Santos, N. A. D., & Junior, L. M. C. (2019). Carbon footprint of the generation of bioelectricity from sugarcane bagasse in a sugar and ethanol industry. *International Journal of Global Warming*, 17(3), 235-251.
- Coelho Filho, O., Saccaro Junior, N. L., & Luedemann, G. (2016). A avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil. Brasília: IPEA.

- Coelho Junior, L. M., da Costa Martins, K. D. L., & Carvalho, M. (2019). Carbon footprint associated with firewood consumption in northeast Brazil: An analysis by the IPCC 2013 GWP 100y Criterion. *Waste and Biomass Valorization*, 10(10), 2985-2993.
- Dias, G. F. (2015). *Atividades interdisciplinares de educação ambiental*. São Paulo: Global Editora e Distribuidora Ltda.
- Dorneles, V. R., & de Souza, M. A. S. (2019). Abordagem ambiental nos currículos dos cursos de engenharia de uma universidade do Sul do Brasil. *Natural Resources*, 9(2), 43-58.
- Hosseini, S. E., Kaed, E., & Alhazmi, A. (2015). Acquiring knowledge through mobile applications. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 9(3), 71-74.
- Ecoinvent (2019). Base de dados versão 3.5. <http://www.ecoinvent.ch>
- Figueiredo, J. N., Cavalcanti, G. C. D., Freire, R. S., & Carvalho, M. (2017). Desenvolvimento Conceitual de um Aplicativo para Quantificação de Pegada de Carbono em Edifícios Públicos. *Anais do Congresso Nacional de Educação Ambiental*, João Pessoa, PB, Brasil, 5.
- Fragments (2019). [Developer]. United States: Google.
- Freire, R. S., Carvalho, M., de Montreuil Carmona, C. U., & de Brito, A. M. V. G. (2016). Perspectives on the implementation of climate change public policies in Brazil. In *Energy, Transportation and Global Warming* (pp. 13-20). Springer, Cham.
- Frizzo, T. C. E., & de Moura Carvalho, I. C. (2018). Políticas públicas atuais no Brasil: o silêncio da educação ambiental Current public policies in Brazil: the silence of environmental education Políticas públicas actuales en Brasil: el silencio de la educación ambiental. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, (1), 115-127.
- Gifford, R. & Sussman, R. (2012). Environmental attitudes. In Clayton, S. D. (Ed.). *The Oxford handbook of environmental and conservation psychology*. Oxford University Press.
- Gill, C., & Lang, C. (2018). Learn to conserve: The effects of in-school energy education on at-home electricity consumption. *Energy Policy*, 118, 88-96.
- Gomes, K. C., Carvalho, M., Diniz, D. D. P., Abrantes, R. D. C. C., Branco, M. A., & Carvalho Junior, P. R. O. D. (2019). Carbon emissions associated with two types of foundations: CP-II Portland cement-based composite vs. geopolymer concrete. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24(4).
- Gomide, C. R., Pinto, J. T., Heck, K., Ribeiro, A. G. C., Magriotis, Z. M., & Saczk, A. A. (2018). Educação ambiental: histórico, panorama atual e perspectivas futuras em instituições de ensino. *Educação Ambiental em Ação*, 66.
- Grilo, M. M. S., Fortes, A. F. C., de Souza, R. P. G., Silva, J. A. M., & Carvalho, M. (2018). Carbon footprints for the supply of electricity to a heat pump: Solar energy vs. electric grid. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10(2), 023701.
- Guinée, J. (2001). Handbook on life cycle assessment--operational guide to the ISO standards. *The international journal of life cycle assessment*, 6(5), 255.
- Guinee, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., & Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45(1), 90-96.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2013). *Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto protocol*. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/>
- ISO 14040 (2006). International Organization for Standardization. *Environmental Management: Life cycle assessment; Principles and Framework*. Geneva: ISO.

- ISO 14044 (2006). International Organization for Standardization *Environmental Management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines*. Geneva: ISO.
- Jeng, Y. L., Wu, T. T., Huang, Y. M., Tan, Q., & Yang, S. J. (2010). The add-on impact of mobile applications in learning strategies: A review study. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(3), 3-11.
- Kaiser, F. G., Wöfling, S., & Fuhrer, U. (1999). Environmental attitude and ecological behaviour. *Journal of environmental psychology*, 19(1), 1-19.
- Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2017). Combining mobile technologies in environmental education: a Greek case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 11(2), 108-130.
- Klöppfer, W., & Grahl, B. (2014). *Life cycle assessment (LCA): a guide to best practice*. John Wiley & Sons.
- Lin, S. M. (2016). Reducing students' carbon footprints using personal carbon footprint management system based on environmental behavioural theory and persuasive technology. *Environmental Education Research*, 22(5), 658-682.
- Lipscombe, B. P., Burek, C. V., Potter, J. A., Ribchester, C., & Degg, M. R. (2008). An overview of extra-curricular education for sustainable development (ESD) interventions in UK universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Marchiorato, H. B. (2018). Educação Ambiental: a tecnologia a favor da natureza. *Kínesis-Revista de Estudos dos Pós-Graduandos em Filosofia*, 10(23), 85-99.
- Melo, F. M., Silvestre, A., & Carvalho, M. (2019). Carbon footprints associated with electricity generation from biomass syngas and diesel. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 18(7).
- Melquíades, T. F., Carvalho, M., Araújo, Y. R. V., & Junior, L. M. C. (2019). Pegada de carbono associada ao processo de pasteurização de sorvetes. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(2), 609-629.
- Miyazawa, G. C. M. C., Siqueira, A. C., de Araújo Júnior, C. F., & de Cássia Frenedo, R. (2016). Aplicativos para o Ensino-Aprendizagem de Educação Ambiental; Free Applications for Mobile Devices in Environmental Education. *Revista de Educomunicação Ambiental*, 6(1), 1-19.
- Nahar, D., & Verma, P. (2018). Shaping public behavior and green consciousness in India through the 'Yo! Green' Carbon Footprint Calculator. *Carbon Management*, 9(2), 127-144.
- Neves, T. I., Uyeda, C. A., Carvalho, M., & Abrahão, R. (2018). Environmental evaluation of the life cycle of elephant grass fertilization—*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone—using chemical fertilization and biosolids. *Environmental monitoring and assessment*, 190(1), 30.
- Nobrega, C. C., Carvalho, M., Garcia, H. R. D. M., Forés, V. I., & Bovea, M. D. (2019). Avaliação do ciclo de vida da coleta seletiva de papel e papelão no núcleo do Bessa, município de João Pessoa (PB), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(5), 875-886.
- Novicki, V., & de Souza, D. B. (2010). Políticas públicas de educação ambiental e a atuação dos Conselhos de Meio Ambiente no Brasil: perspectivas e desafios. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em Educação*, 18(69), 711-736.
- ONS (2020). Operador Nacional do Sistema Elétrico. IPDO Informativo preliminar diário de operação. <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=IPDO>
- Pavarini, C., & Mattion, F. (2019). Tracking the decoupling of electricity demand and associated CO<sub>2</sub> emissions. <https://www.iea.org/commentaries/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria: Ed. UAB/NTE/UFSM.

- Plan, S. E. T. (2015). Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation. *C (2015)*, 6317.
- Pré Sustainability (2020). SimaPro software. <http://www.simapro.nl>
- Ribeiro, C. M., Gianneti, B. F., & Almeida, C. (2003). Avaliação do ciclo de vida (ACV): uma ferramenta importante da Ecologia Industrial. *Revista de Graduação da Engenharia Química*, 11, 13-23.
- Rocha, L. A. G., de Mendonça Cruz, F., & Leão, A. L. (2015). Aplicativo para educação ambiental. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 11(4).
- Ruano, J. C., Morillo, M. M., & González, F. J. Á. (2018). Educación transdisciplinar: formando en competencias para el buen vivir. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 26(100), 619-644.
- Sagawe, A., Funk, B., & Niemeyer, P. (2016). Modeling the Intention to Use Carbon Footprint Apps. In *Information Technology in Environmental Engineering* (pp. 139-150). Springer, Cham.
- Santos, M. L. S. V., de Souza, R. N. P. M., & de Sousa Araújo, M. C. (2018). A gamificação como estratégia de engajamento para a prática da educação ambiental La gamificación como estrategia de engajamiento para la práctica de la educación ambiental Gamification as a engagement strategy for the practice of environmental education. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 35(1), 279-295.
- Simpson, R. (2017). Android overtakes Windows for first time. *StatCounter Global Stats*.
- Shirley, R., Jones, C., & Kammen, D. (2012). A household carbon footprint calculator for islands: Case study of the United States Virgin Islands. *Ecological Economics*, 80, 8-14.
- Souza, V. M. (2016). Para o mercado ou para a cidadania? A educação ambiental nas instituições públicas de ensino superior no Brasil. *Revista Brasileira de Educação*, 21(64), 121-142.
- Statista (2019). Number of smartphone users worldwide from 2016 to 2021 (in billions). <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>
- Tena, R. R., Gutiérrez, M. P., & Cejudo, M. D. C. L. (2019). Technology use habits of children under six years of age at home. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 27(103), 340-362.
- West, S. E., Owen, A., Axelsson, K., & West, C. D. (2016). Evaluating the use of a carbon footprint calculator: communicating impacts of consumption at household level and exploring mitigation options. *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), 396-409.
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Løkke, S. (2008). Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment? *Journal of industrial Ecology*, 12(1), 3-6.
- Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy*, 103, 72-83.