



## Web Design Sustentável: Práticas para Reduzir a Pegada de Carbono Digital em Websites

### *Sustainable Web Design: Practices to Reduce the Digital Carbon Footprint of Websites*

**Laohana Rodrigues Dias, Mestranda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

laohanar@gmail.com

**Jocelise Jacques de Jacques, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

jocelisej@gmail.com

**Eduardo Cardoso, Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

eduardo.cardoso@ufrgs.br

#### **Resumo**

Este artigo investiga práticas de *web design* sustentável, conceito que busca reduzir o impacto ambiental de websites por meio da otimização de seus elementos e do aumento da eficiência energética. A pesquisa concentra-se na redução da pegada de carbono digital, que representa as emissões de CO<sub>2</sub> geradas pelo uso da internet. Com base em um levantamento bibliográfico e documental, o estudo analisa práticas para tornar os sites mais sustentáveis através do *web design* e explora ferramentas que avaliam a sustentabilidade de páginas *online*. Os resultados focam na identificação e organização de boas práticas de *web design* sustentável, bem como na análise de instrumentos de avaliação capazes de mensurar a pegada de carbono digital dos websites, promovendo maior eficiência e sustentabilidade na *internet*.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade Digital; Website Sustentável; Web Sustentável; UX Design Sustentável; Eficiência Energética.

#### **Abstract**

*This paper investigates sustainable web design practices, a concept aimed at reducing the environmental impact of websites through the optimization of their elements and the enhancement of energy efficiency. The research focuses on the reduction of the digital carbon footprint, which represents the CO<sub>2</sub> emissions generated by internet usage. Based on a bibliographic and documentary survey, the study analyzes practices to make websites more sustainable through web design and explores tools that assess the sustainability of online pages. The results focus on the identification and organization of good sustainable web design practices, as well as the analysis of evaluation instruments capable of measuring the digital carbon footprint of websites, promoting greater efficiency and sustainability on the internet.*

**Keywords:** Digital Sustainability; Sustainable Website; Sustainable Web; Sustainable UX Design; Energy Efficiency.



## 1. Introdução

O mundo digital transformou o comportamento social, consolidando a internet como parte essencial do cotidiano. Segundo a União Internacional de Telecomunicações (ITU, 2024), o uso da internet passou de 10% da população mundial em 2005 para 67% em 2023, evidenciando um crescimento expressivo neste período. Diante desse crescimento, surgem preocupações sobre os impactos ambientais associados ao uso da internet, especialmente em relação às emissões de carbono.

Malmodin e Lundén (2023) destacam que o tráfego de internet contribui significativamente para as emissões globais de carbono, gerando a chamada pegada de carbono digital, definida como as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes do uso da *internet*. Essa pegada, tende a crescer devido ao rápido aumento do consumo e dependência de serviços digitais (Morley et al., 2018; Kirvan, 2022; Ewim et al., 2023), intensificando a demanda por energia — muitas vezes proveniente de fontes não renováveis — e reforçando a urgência da adoção de práticas de *web design* sustentável.

O *web design* sustentável refere-se a práticas que visam reduzir o impacto ambiental de páginas na internet, como sites, tornando-os mais eficientes em termos de consumo de energia e minimizando, assim, sua pegada de carbono digital. Essas práticas envolvem a otimização do conteúdo e das mídias, a escolha de servidores que utilizam energia renovável e a minimização de processos que tornam os sites mais lentos para carregar e demandam alto consumo energético (Greenwood, 2021; Greenwood, 2022; Frick, 2016; Kiourtis et al., 2024).

Além disso, o *web design* sustentável emerge como uma estratégia alinhada à Agenda 2030 da ONU, que estabelece objetivos para o desenvolvimento sustentável. Entre esses objetivos, destacam-se o ODS 12, sobre consumo e produção responsáveis, e o ODS 13, voltado à ação contra a mudança global do clima (NAÇÕES UNIDAS, 2024). É possível considerar que o *web design* sustentável pode ser incorporado como parte das estratégias para o alcance desses objetivos, especialmente porque a Agenda 2030 reconhece a importância das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) como elemento essencial para o desenvolvimento humano, sugerindo, inclusive, a ampliação de seu uso de maneira equitativa.

Portanto, o objetivo deste artigo é investigar práticas de *web design* sustentável focadas na redução da pegada de carbono digital e procura responder à seguinte questão: "*Quais são as boas práticas de web design sustentável que podem ser adotadas para reduzir a pegada de carbono digital, e como elas podem ser aplicadas em websites?*". A partir das descobertas, busca-se elaborar uma lista de práticas e sugestões de ferramentas que promovam a criação de *websites* mais eficientes e ambientalmente responsáveis, servindo como referência para profissionais e pesquisadores da área.

## 2. Metodologia

Esta pesquisa é qualitativa, de natureza exploratória, baseada em levantamento bibliográfico e documental, caracterizando-se como um estudo piloto focado na identificação inicial de práticas e ferramentas associadas ao *web design* sustentável.

Conforme Gil (2008), estudos exploratórios aplicam-se a temas pouco investigados e geralmente envolvem levantamento bibliográfico — análise de materiais como livros, artigos e teses — e levantamento documental — análise de fontes diversas, desde documentos oficiais até reportagens, vídeos, imagens e filmes. Essa abordagem possibilita uma análise



inicial das contribuições significativas disponíveis sobre o tema, sendo uma etapa primária de investigação, na qual se busca mapear algumas das práticas do campo do *web design* sustentável.

## 2.1 Etapas e Procedimentos

O estudo foi organizado em cinco etapas: planejamento; busca e seleção; análise; organização; síntese e redação.

- **Planejamento:** A definição do tema foi motivada pelo interesse em *web design* e discussões realizadas na disciplina Design e Sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS. A delimitação concentrou-se no conceito de *web design* sustentável, partindo da hipótese de sua limitada aplicabilidade em websites.

Definiu-se a seguinte estratégia: a utilização de **termos** relacionados à temática (*web design sustentável, pegada de carbono digital, sustentabilidade e sites*), aplicados em diferentes combinações de strings nas **bases de dados** SciELO, ScienceDirect, Portal de Periódicos da CAPES e no **buscador** Google Scholar, sem **delimitação temporal** e com buscas realizadas nos **idiomas** português e inglês.

- **Busca e Seleção:** Embora seja um tema emergente, durante a busca constatou-se que ainda há uma produção acadêmica limitada no que se refere as práticas voltadas à redução da pegada de carbono digital em *websites*, com foco no design — sendo que alguns materiais concentram-se na programação dos sites ou aspectos relacionados ao código. Dessa forma, a seleção das obras e documentos que compõem este estudo piloto baseou-se em sua relevância, frequência de citação ou alinhamento com a questão central da pesquisa.

As obras e documentos selecionados abordam ao menos um dos seguintes aspectos: (i) práticas sustentáveis de web design; (ii) estratégias de web design para a redução da pegada de carbono digital; ou (iii) ferramentas de avaliação da sustentabilidade de websites.

Ressalta-se que este estudo não aborda o *web design* sustentável sob a ótica de desenvolvimento de códigos ou programação, pois tal abordagem poderia restringir a aplicabilidade das práticas sugeridas a *websites* desenvolvidos do zero. O objetivo é possibilitar que essas práticas também sejam aplicáveis em sites criados em construtores de websites (*site builders*), ampliando o potencial de implementação das práticas sustentáveis.

A busca resultou na seleção de dois livros, um artigo científico, uma *bachelor's thesis*, um *website* e uma videoaula. Adicionalmente, foram identificadas três ferramentas de avaliação da sustentabilidade de *websites*. Outros materiais encontrados durante a busca foram selecionados para compor a fundamentação teórica dos principais conceitos abordados neste estudo.

- **Análise:** Realizou-se uma leitura crítica das obras, a visualização da videoaula e testes práticos com as ferramentas, visando identificar boas práticas, desafios e estratégias de avaliação da sustentabilidade de *websites*. Essa etapa concentrou-se na seleção de trechos que auxiliassem a elaboração de uma lista estruturada de boas práticas e funcionalidades das ferramentas.

- **Organização:** As informações extraídas na análise foram organizadas na ferramenta **Notion** e categorizadas em duas áreas principais: boas práticas de web design sustentável e ferramentas de avaliação.

- **Síntese e Redação:** A categorização dos achados e integração destes à fundamentação teórica e aos resultados do artigo, que serve como um guia básico de requisitos mínimos para



boas práticas de web design sustentável aplicáveis ao desenvolvimento de sites, além de orientar a avaliação dessas práticas por meio de ferramentas específicas.

Por se tratar de um estudo piloto, essa estratégia mostrou-se suficiente para mapear as práticas recentes e indicar caminhos para a evolução futura do tema.

### 3. Pegada de Carbono Digital

A pegada de carbono digital refere-se à quantidade de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que resultam do uso de atividades *online* (Sharma; Dash, 2022). Segundo o *Sustainable Web Manifesto* (2021), se a internet fosse um país, seria o 4º mais poluente no mundo. Estima-se que a pegada de carbono digital já representa quase 4% das emissões globais, impulsionada pelo alto consumo de energia associado a atividades *online*, como *streaming*, e-mail e redes sociais (Gnanasekaran, 2021; The Shift Project, 2024).

Parte desse consumo energético é atribuída aos *data centers*. Esses centros, que operam continuamente para processar dados e gerenciar o tráfego *online*, demandam elevado consumo de energia tanto para o processamento quanto para o resfriamento, em função do calor gerado pelas operações ininterruptas (Ahmed et al., 2021; Katal et al., 2023; Ewim et al., 2023). Segundo Briscar (2017), o consumo anual de energia dos *data centers* é equivalente à quantidade necessária para abastecer todas as residências da cidade de Nova York durante dois anos. Com o crescimento do uso de dispositivos digitais, a tendência é que o consumo de energia dos *data centers* aumente cada vez mais (Morley et al., 2018; Kirvan, 2022; Ewim et al., 2023). Assim, torna-se essencial identificar estratégias que auxiliem na redução desse consumo e, conseqüentemente, da pegada de carbono digital.

Uma barreira significativa para a redução desta pegada é a baixa conscientização dos usuários, estes não têm ideia do impacto ambiental do seu consumo de serviços *online* (Gnanasekaran, 2021). Por outro lado, os web designers e desenvolvedores de *sites* muitas vezes não consideram as implicações da pegada de carbono digital em seus projetos. O desenvolvimento de um *site* exige atenção para a tomada de melhores decisões, de modo a evitar a inclusão de dados desnecessários, que aumentam o processamento e, conseqüentemente, o consumo de energia e a pegada de carbono da página.

Neste contexto, este estudo foca na parcela de responsabilidade do *web design*, considerando como web designers e desenvolvedores podem contribuir por meio de suas decisões e propostas de projeto.

### 4. Web Design Sustentável

O *web design* define como os usuários interagem e navegam pelas páginas de um site (Taylor et. al, 2022). Já o *web design* sustentável é uma abordagem que busca implementar na internet práticas focadas na preservação do planeta, priorizando a redução de emissões de carbono e do consumo de energia (Greenwood, 2021).

Embora medir com precisão as emissões reais de carbono de um site seja desafiador, a transferência de dados é um indicador relevante (Greenwood, 2021). Esse processo de transferência de dados envolve o envio e a recepção dos dados durante o carregamento do conteúdo completo do *site* no primeiro acesso do usuário (Fahlström, 2023) como imagens, áudios, textos, entre outros.

Sites com conteúdo pesado apresentam maior tempo de carregamento, consomem mais energia, elevam a pegada de carbono e prejudicam a experiência do usuário (Sanchez-Cuadrado e Morato, 2024) que leva mais tempo do que o necessário para atingir seu objetivo ao acessar o site. Esse impacto pode ser observado em sites com dificuldades de carregamento devido ao excesso de conteúdos, como ilustrado na Figura 2.

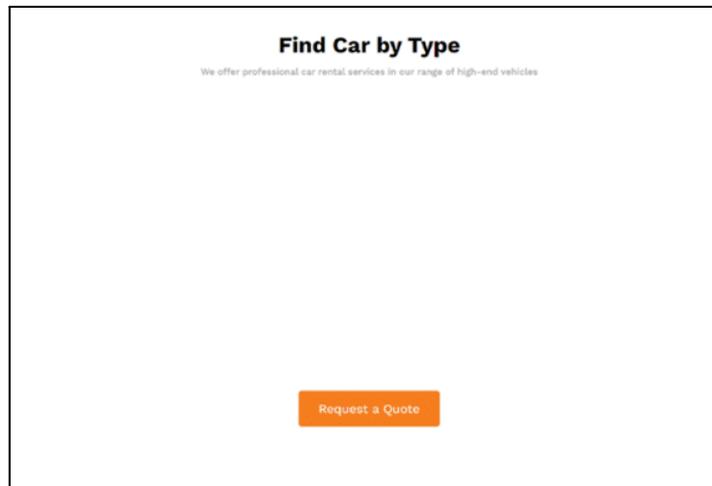


Figura 2: Falha de carregamento de conteúdo de site. Fonte: American Luxury Orlando

O site ilustrado na Figura 2, uma plataforma de aluguel de carros de luxo em Orlando, apresenta uma falha ao carregar conteúdos de busca por veículos, prejudicando a experiência do usuário e podendo impactar negativamente a decisão de contratação, além de gerar alto consumo de energia devido ao carregamento ineficiente. Nesse contexto, otimizar elementos durante o desenvolvimento do site é crucial para melhorar seu desempenho e eficiência (Frick, 2016), proporcionando uma experiência mais fluida.

O design e a experiência do usuário (UX) são pilares da sustentabilidade na web. Sites que oferecem uma navegação fluida, apresentam apenas o essencial e possuem um design bem estruturado tendem a ser mais eficientes, rápidos e sustentáveis (Frick, 2016; Greenwood, 2021), além de proporcionarem uma experiência mais agradável ao usuário. Assim, as boas práticas de web design sustentável não apenas contribuem para a preservação ambiental, mas também aprimoram significativamente a usabilidade e a satisfação do usuário.

## 5. Boas Práticas de Web Design Sustentável

A crescente preocupação com os impactos ambientais da internet impulsiona a busca por práticas mais responsáveis no desenvolvimento de websites. Esta seção apresenta os resultados de pesquisa sistematizados por meio de uma lista categorizada com as práticas identificadas, conforme a ordem dos tópicos a seguir.

Em relação ao **layout**, Kiourtis et al. (2024) destacam a importância de adotar um design minimalista na interface, enfatizando a remoção de elementos desnecessários, simplificando a experiência do usuário e reduzindo a quantidade de dados e recursos exigidos para exibir as informações. No que diz respeito à responsividade do layout, recomenda-se que os sites sejam adaptáveis a diferentes dispositivos e tamanhos de tela, evitando a necessidade de múltiplas versões do mesmo site (Kiourtis et al., 2024; Greenwood, 2021; Frick, 2016).

Para a escolha de **fontes**, Frick (2016) sugere limitar o uso a, no máximo, duas fontes, visando simplicidade, eficiência e otimização no carregamento. Recomenda-se o uso de fontes padrão dos sistemas (como Arial, Helvetica ou Times New Roman) uma vez que as fontes não instaladas nos dispositivos aumentam a transferência de dados (Pettersen; Mahmud, 2023; Hostinger, 2025). Caso o uso de fontes estilizadas seja necessário, os autores orientam realizar o upload diretamente no servidor do site (Pettersen; Mahmud, 2023) pois dessa forma otimiza-se a transferência de dados.

Sobre **imagens**, a eficiência na sua escolha e otimização é fundamental para o *web design* sustentável. Recomenda-se o uso de imagens essenciais, convertendo estas em formatos que minimizem o tamanho do arquivo como AVIF ou WebP (Greenwood, 2022; Kiourtis et al., 2024; EcoGrader, 2025). Nesse contexto, é bastante recomendado o uso do formato WebP, que apresenta um tamanho entre 26% e 34% menor do que o tamanho dos formatos convencionais, como JPEG ou PNG (Pettersen; Mahmud, 2023; Google, 2025).

Em relação ao uso de **vídeos**, Pettersen e Mahmud (2023) apontam que nem sempre eles são necessários e que a reprodução automática destes pode ser constrangedora, especialmente quando o usuário acessa o site em ambientes públicos. Por isso, Greenwood (2022) recomenda evitar a reprodução automática, mas também reduzir a resolução padrão na reprodução inicial e comprimir o tamanho do arquivo do vídeo para minimizar a transferência de dados.

O site **Branch Magazine**, revista digital voltada à sustentabilidade na web, exemplifica um uso consciente de mídias que contribui para a redução da pegada de carbono digital e, ao mesmo tempo, beneficia usuários com conexões mais lentas. A plataforma oferece três estados de visualização, conforme ilustrado na Figura 3.

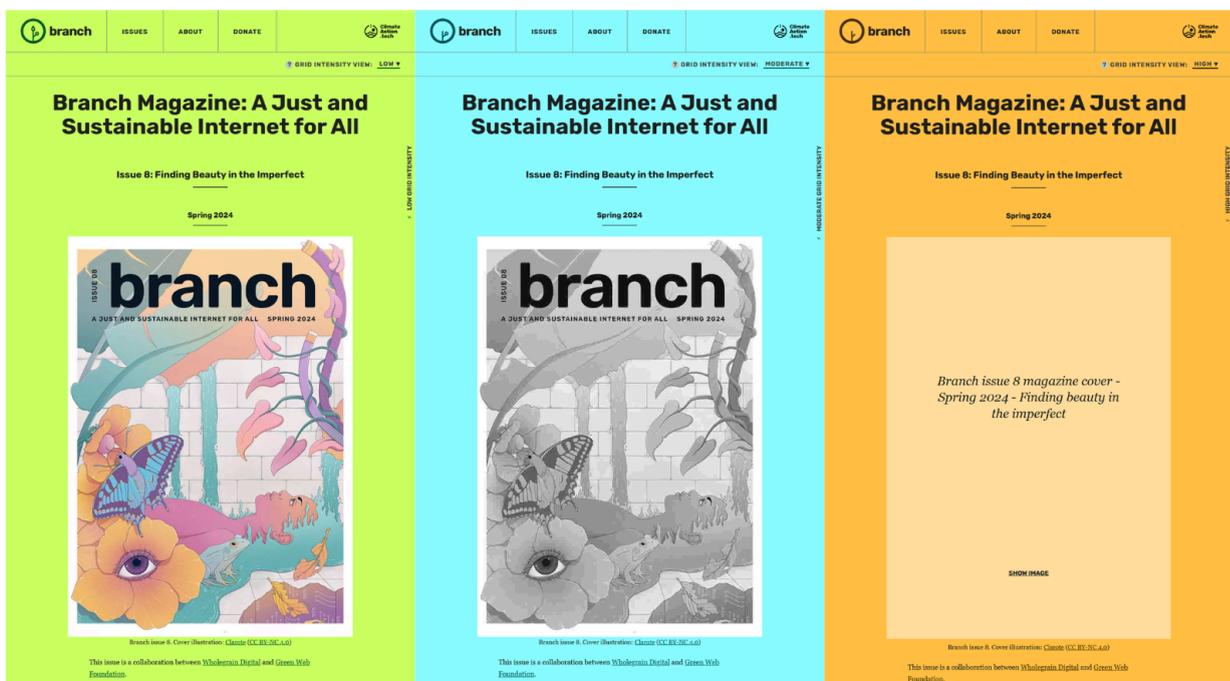


Figura 3: Três Estados de Visualização do Website Branch Magazine. Fonte: Branch Magazine

O website oferece um menu com três estados de visualização: *Live/Low*, *Moderate* e *High*. No estado *Live/Low*, o site carrega automaticamente todos os conteúdos de mídia. No



*Moderate*, a exibição é moderada, como a capa da revista em preto e branco. Já no estado *High*, as mídias não são carregadas automaticamente, priorizando a utilização de textos alternativos (*alt text*) para descrever o conteúdo.

Ainda no que se refere às mídias, os **ícones** - utilizados para simbolizar ações ou informações - também podem ser alvo de práticas sustentáveis. Para otimizar o uso de ícones, Frick (2016) recomenda a criação ou conversão dos ícones para o formato SVG, que oferece maior leveza e melhor desempenho no carregamento das páginas.

Sobre o **carregamento de páginas**, Greenwood (2021) afirma que páginas estáticas, que carregam todo o conteúdo imediatamente, podem melhorar o desempenho na transferência de dados. Já Frick (2016) recomenda o uso do carregamento lento (*lazy loading*) para conteúdos mais pesados, permitindo que as informações sejam carregadas apenas quando entram na área visível da tela, além de sugerir a eliminação de redirecionamentos desnecessários, que aumentam o tempo de carregamento e o consumo de dados.

Ainda no contexto de práticas sustentáveis, Greenwood (2022) alerta para estratégias de design que buscam viciar o usuário por meio de notificações constantes e incentivo a cliques frequentes, criando um ciclo de dependência. O autor também menciona que plataformas de streaming utilizam a reprodução automática de episódios para prolongar o tempo de permanência dos usuários. Tais práticas contribuem para o aumento das emissões de carbono associadas ao uso contínuo da internet e, portanto, não são recomendadas no contexto do *web design* sustentável.

Em relação a aspectos mais técnicos, Frick (2016) e Pettersen e Mahmud (2023) recomendam o uso de **hospedagem verde**, que prioriza o consumo de energia de fontes renováveis. Escolha importante, pois os servidores responsáveis pela hospedagem de websites operam de forma contínua, demandando consumo energético ininterrupto.

Com base nas práticas mencionadas pelos autores referenciados, as estratégias de *web design* sustentável foram organizadas, categorizadas e são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Boas práticas de web design sustentável.

Boas práticas de web design sustentável		
Categoria	Recomendação	Autores
Layout	Adotar um design minimalista, exibindo apenas as informações essenciais e tornar o layout responsivo.	Frick (2016), Greenwood (2021), Kiourtis et al. (2024)
Fontes	Utilizar, no máximo, duas fontes, preferencialmente fontes padrão do sistema ou realizar o upload da fonte no servidor do site.	Frick (2016), Pettersen e Mahmud (2023)
(continuação na página seguinte)		

(continuação do quadro)		
<b>Categoria</b>	<b>Recomendação</b>	<b>Autores</b>
Imagens	Utilizar imagens no formato WEBP, reduzir o tamanho e utilizar textos alternativos.	Greenwood (2022), Pettersen e Mahmud (2023), Kiourtis et al. (2024), Branch Magazine (2025), Ecograder (2025), Google (2025)
Vídeos	Evitar reprodução automática, limitar resolução inicial, comprimir os arquivos e utilizar textos alternativos.	Pettersen e Mahmud (2023), Kiourtis et al. (2024), Branch Magazine (2025)
Ícones	Criar ícones no formato SVG.	Frick (2016)
Mídias	Compactar arquivos para torná-los menos pesado, utilizar textos alternativos e selecionar apenas o que for essencial.	Greenwood (2022), Kiourtis et al. (2024), Branch Magazine (2025)
Carregamento	Utilizar páginas estáticas ou recurso de carregamento lento e evitar redirecionamento para uma nova página.	Frick (2016), Greenwood (2021)
Recursos	Eliminar recursos que prolongam o uso do site como notificações constantes ou reprodução automática de vídeos.	Greenwood (2022)
Hospedagem verde	Optar por servidores alimentados por energia renovável.	Frick (2016), Pettersen e Mahmud (2023)

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Frick (2016), Greenwood (2021), Greenwood (2022), Kiourtis et al. (2024), Branch Magazine (2025), Ecograder (2025) e Google (2025).

Essas práticas servem como um guia básico para web designers e desenvolvedores de sites que desejam alinhar os *websites* aos princípios de sustentabilidade, reduzindo a pegada de carbono digital e promovendo um design mais eficiente e consciente. Além disso, contribui no desempenho dos sites, proporcionando uma experiência mais satisfatória aos usuários.

## 6. Ferramentas de Avaliação de Sustentabilidade em Sites

Após a implementação de boas práticas de web design sustentável, é fundamental verificar se as ações adotadas estão alinhadas às recomendações estabelecidas. Nesse contexto, as ferramentas de avaliação desempenham um papel importante ao mensurar a eficiência energética dos sites e seu impacto na pegada de carbono digital.

O **EcoGrader** analisa o uso de dispositivos dos usuários, a hospedagem, o tamanho das mídias (imagens, vídeos, fontes), o consumo de rede, o uso de *data centers* e a produção de hardware para a infraestrutura digital (EcoGrader, 2024). Com base nessa análise, gera um

relatório que destaca as boas práticas já adotadas e recomendações de melhoria, conforme ilustrado na Figura 4.

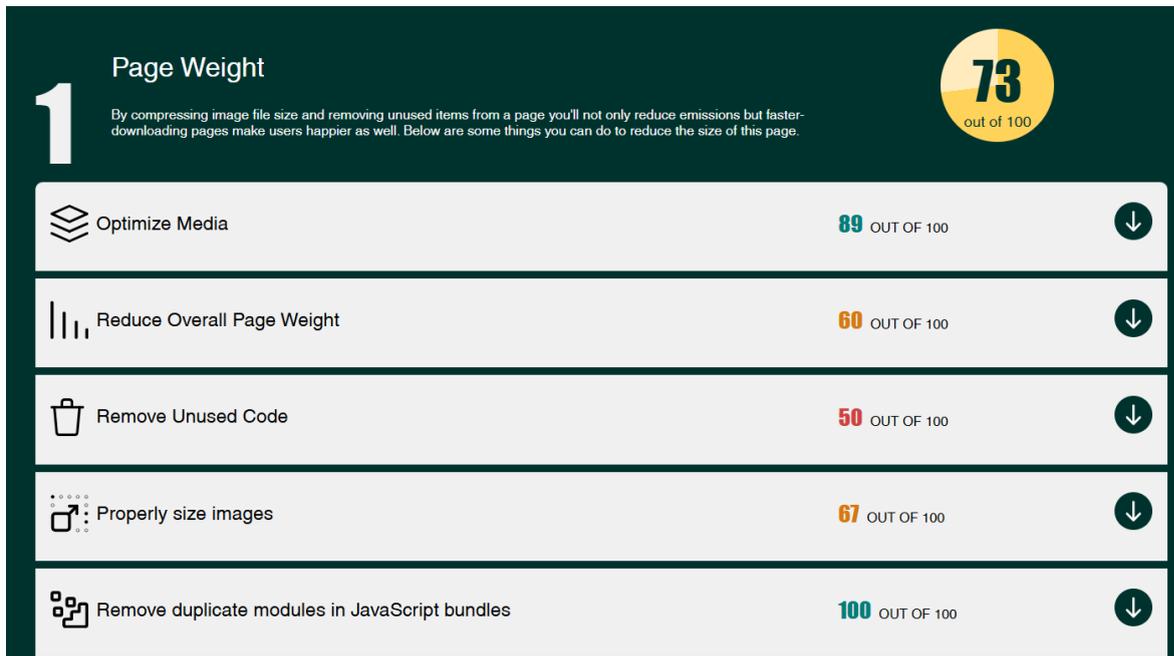


Figura 5: Relatório de Análise do EcoGrader. Fonte: EcoGrader.

No relatório gerado, a ferramenta oferece sugestões de melhoria, entre as quais destaca-se a otimização de imagens por meio da conversão para formatos mais leves, visando reduzir o consumo de dados e, conseqüentemente, as emissões de carbono associadas a este.

O **Website Carbon Calculator** calcula as emissões de carbono de websites com base na transferência de dados, consumo energético, fonte de energia do *data center*, intensidade de carbono da eletricidade e tráfego do site (Website Carbon Calculator, 2024). Após a análise, atribui um conceito ao site e informa a quantidade de carbono gerada por visita, conforme ilustrado na Figura 6.

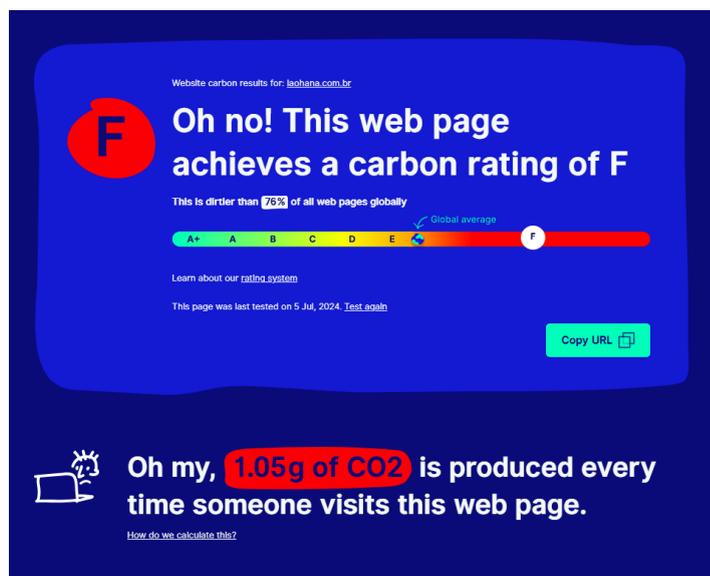


Figura 6: Resultado de Análise do Website Carbon Calculator. Fonte: Website Carbon Calculator.

Na análise, o site recebeu a classificação F, indicando emissões de carbono superiores a 76% dos sites globalmente, com 1,05g de CO<sub>2</sub> gerados por visita. O resultado evidencia a necessidade de aplicar práticas de web design sustentável no site analisado. Além disso, a ferramenta também identifica se o site está hospedado em um servidor mais sustentável.

O **PageSpeed Insights** analisa o site e gera relatórios detalhados sobre o seu desempenho com foco na experiência do usuário, além de oferecer sugestões de melhorias (Google, 2024). Diferentemente das ferramentas anteriores, o relatório é disponibilizado em português e apresenta diversas recomendações que contribuem com a sustentabilidade do site, conforme ilustrado na Figura 7.

DIAGNÓSTICO	
▲ Disponibilize imagens em formatos de última geração	— Possível economia de 2.513 KiB
▲ Defina um tamanho adequado para as imagens	— Possível economia de 2.269 KiB
▲ Elimine recursos que impedem a renderização	— Possível economia de 420 ms
▲ Elemento de Maior exibição de conteúdo	— 2.040 ms
▲ Reduza o CSS não usado	— Possível economia de 14 KiB
▲ Reduza o JavaScript não usado	— Possível economia de 36 KiB
■ Disponibilize recursos estáticos com uma política de cache eficiente	— 46 recursos encontrados
■ Evitar a exibição de JavaScript legado em navegadores modernos	— Possível economia de 6 KiB
■ Evite payloads de rede muito grandes	— O tamanho total foi de 3.052 KiB
○ Evite grandes mudanças no layout	— 2 trocas de layout encontradas

**Figura 7: Resultado de Análise do PageSpeed Insights. Fonte: PageSpeed Insights.**

As recomendações geradas pelo relatório são detalhadas e incluem imagens que facilitam a identificação dos recursos a serem otimizados. Ao seguir essas sugestões, é possível reduzir a transferência de dados, tornando o site mais rápido e com menor impacto ambiental.

Cada uma das ferramentas analisadas possui especificidades no processo de avaliação, e sua utilização complementar torna a análise mais abrangente. No entanto, independentemente da ferramenta escolhida, o mais importante é garantir que a avaliação seja realizada.

## 7. Considerações Finais

Este estudo revelou a importância de integrar práticas ambientais responsáveis na criação de *websites*, considerando que a pegada de carbono digital representa uma parcela significativa das emissões globais de carbono. Apesar de existir alguns desafios para medir com precisão as emissões de um site, foram identificadas práticas e ferramentas que podem contribuir para a redução desse impacto.

A implementação de boas práticas de *web design* sustentável, aliada ao uso de ferramentas de avaliação, pode colaborar para a construção de uma internet mais eficiente e menos poluente. Estratégias como a redução da transferência de dados e a minimização do uso de recursos possibilitam a criação de websites mais rápidos, eficientes e ambientalmente



responsáveis, aprimorando também a experiência do usuário. Portanto, espera-se que este artigo contribua para que pesquisadores e profissionais da área conheçam, apliquem as práticas e utilizem as ferramentas identificadas neste estudo.

Por se tratar de um estudo piloto e de uma temática ainda pouco explorada, reconhece-se que os resultados, embora significativos, apresentam limitações de escopo. Dessa forma, finalizamos com a indicação de possíveis caminhos para futuras pesquisas sobre o tema. Propõe-se a validação das boas práticas identificadas, aplicando-as em diferentes websites e mensurando através das ferramentas o impacto na redução da pegada de carbono digital. Além disso, recomenda-se a ampliação do escopo da pesquisa, com a inclusão de novos termos de busca, a consulta a um número maior de bases de dados e a consideração de publicações em outros idiomas, de modo a incorporar estudos mais recentes conforme a produção acadêmica sobre o tema se consolida.

## 8. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Referências

- AHMED, Kazi Main Uddin; BOLLEN, Math H. J.; ALVAREZ, Manuel. *A review of data centers energy consumption and reliability modeling*. *IEEE Access*, v. 9, p. 152536-152563, 2021.
- ECOGRADER. *Ecograder*. Disponível em: <https://ecograder.com>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- EWIM, Daniel Raphael Ejike; NINDUWEZUOR-EHIOBU, Nwakamma; ORIKPETE, Ochuko Felix; EGBOKHAEBHO, Blessed Afeyokalo; FAWOLE, Akeeb Adepoju; ONUNKA, Chiemela. *Impact of Data Centers on Climate Change: A Review of Energy Efficient Strategies*. *The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC*, v. 9, n. 6, p. 16397-01, 2023.
- FAHLSTRÖM, Emmie; PERSSON, Frida. *Sustainable Web Design: How much can environmental friendly design principles improve a website's carbon footprint?* 2023.
- FRICK, Tim. *Designing for sustainability: a guide to building greener digital products and services*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GNANASEKARAN, Vahiny. *Digital carbon footprint awareness among digital natives: an exploratory study*. *NIKT*, n. 1, p. 99-112, nov. 2021.
- GOOGLE. *WebP: imagens menores e mais rápidas para a web*. Disponível em: <https://developers.google.com/speed/webp?hl=pt-br>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- GOOGLE. *PageSpeed Insights*. Disponível em: <https://pagespeed.web.dev>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- GREENWOOD, Tom. *Sustainable Web Design*. New York: A Book Apart, 2021.
- GREENWOOD, Tom. *A sustainable web for everyone*. [S. l.]: YouTube, 2022. Vídeo (28 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ebxeXqjesOo>. Acesso em: 10 nov. 2024.



- HOSTINGER. *Melhores fontes para HTML: 20 melhores fontes e como usá-las*. Disponível em: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/melhores-fontes-html>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- KATAL, Avita; DAHIYA, Susheela; CHOUDHURY, Tanupriya. *Energy efficiency in cloud computing data centers: a survey on software technologies*. Cluster Computing, v. 26, n. 3, p. 1845-1875, 2023.
- KIOURTIS, Athanasios; MAVROGIORGOU, Argyro; ZAFEIROPOULOS, Nikolaos; MAVROGIORGOS, Konstantinos; KARABETIAN, Andreas; KYRIAZIS, Dimosthenis. *UI/UX Sustainable Design: Best Practices for Applications CO2 Emissions Reduction*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART AND SUSTAINABLE TECHNOLOGIES, Bol and Split, Croatia. 2024.
- MALMODIN, Jens; LUNDÉN, Dag. *Assessing ICT's environmental impact: The energy and carbon emissions of the global ICT sector*. Marine Policy, v. 152, p. 105531, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105531>. Acesso em: 15 out. 2024.
- MORLEY, Janine; WIDDICKS, Kelly; HAZAS, Mike. *Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption*. Energy Research & Social Science, 38, 128-137, 2018.
- NAÇÕES UNIDAS. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- NOTION LABS INC. *Notion*. Disponível em: <https://www.notion.so>. Acesso em: 8 nov. 2024.
- PETTERSEN, Truls Teige; MAHMUD, Sivan Sabir. *Embracing digital sustainability: guideline development and implementation for TV2*. 2023. Bachelor's thesis (Web Development) – Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Design, Department of Design, May 2023.
- SANCHEZ-CUADRADO, Sonia; MORATO, Jorge. *The carbon footprint of Spanish university websites*. Sustainability, v. 16, n. 5670, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16135670>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- SHARMA, Pawankumar; DASH, Bibhu. *The digital carbon footprint: threat to an environmentally sustainable future*. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT), v. 14, n. 3, p. 19, June 2022. DOI: 10.5121/ijcsit.2022.14302.
- SUSTAINABLE WEB MANIFESTO. *Sustainable web manifesto*. Disponível em: <https://www.sustainablewebmanifesto.com>. Acesso em: 11 out. 2024.
- TAYLOR, M. J.; McWILLIAM, J.; FORSYTH, H.; WADE, S. *Methodologies and website development: a survey of practice*. Information and Software Technology, v. 44, p. 381–391, 2002.
- THE SHIFT PROJECT. *Energy and climate: what virtual worlds for a sustainable real world?* Março 2024. Disponível em: [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2024/03/The-Shift-Project-What-virtual-worlds-for-a-sustainable-real-world-Final-report-March-2024\\_ENG.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2024/03/The-Shift-Project-What-virtual-worlds-for-a-sustainable-real-world-Final-report-March-2024_ENG.pdf). Acesso em: 13 out. 2024.
- WEBSITE CARBON. *Website carbon calculator*. Disponível em: <https://www.websitecarbon.com>. Acesso em: 7 nov. 2024.