ISBN: 978-65-986235-3-1

A SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA DE SOFTWARE

SUSTAINABILITY IN SOFTWARE ENGINEERING

https://doi.org/10.63330/aurumpub.005-014

Isabella de Sousa Thomé
Mestre em engenharia biomédica
UnB
E-mail: rosangelaengbio@gmail.com

RESUMO
A sustentabilidade na engenharia de software representa um avanço necessário diante dos desafios ambientais enfrentados atualmente, especialmente com o crescimento acelerado do setor de tecnologia da informação. O presente trabalho tem como tema central a incorporação de práticas sustentáveis ao desenvolvimento de software, tendo como objetivo geral analisar metodologias e estratégias que permitam reduzir os impactos ambientais provocados por sistemas computacionais. Os objetivos específicos incluem compreender o conceito de sustentabilidade sob uma perspectiva ecológica e tecnológica, identificar práticas sustentáveis aplicadas à engenharia de software e investigar soluções como a computação em nuvem, métricas de eficiência energética e gestão inteligente de requisitos. A hipótese que norteia a pesquisa é a de que a aplicação de práticas sustentáveis desde a fase inicial de desenvolvimento pode reduzir significativamente o consumo de energia, evitar desperdícios e melhorar a eficiência geral dos sistemas, ao mesmo tempo que promove responsabilidade ambiental. A metodologia adotada é de natureza bibliográfica, com a análise de produções científicas e acadêmicas nacionais e internacionais, abordando autores como Boff (2012), Ibrahim et al. (2021), Verdecchia et al. (2021) e Freed et al. (2023). O trabalho foi estruturado em três capítulos: o primeiro traz a introdução com apresentação do tema, justificativa, objetivos, hipóteses e metodologia; o segundo, dividido em seções, explora conceitos fundamentais da engenharia de software, o histórico da sustentabilidade, os fundamentos do software verde e as práticas específicas da engenharia de software verde, incluindo o uso de videoconferências, redução de deslocamentos, otimização de dados e consumo computacional eficiente. O capítulo final reúne os resultados obtidos com a pesquisa, destacando a viabilidade da integração entre sustentabilidade e desenvolvimento de software como um caminho promissor para o futuro da tecnologia.

Palavras-chave: Engenharia de Software; Tecnologia Verde; Desafios ambientais.

ABSTRACT
Sustainability in software engineering represents a necessary step forward in the face of the environmental challenges faced today, especially with the rapid growth of the information technology sector. The central theme of this work is the incorporation of sustainable practices into software development, with the general objective of analyzing methodologies and strategies to reduce the environmental impacts caused by computer systems. The specific objectives include understanding the concept of sustainability from an ecological and technological perspective, identifying sustainable practices applied to software engineering and investigating solutions such as cloud computing, energy efficiency metrics and intelligent requirements management. The hypothesis guiding the research is that applying sustainable practices from the initial development phase can significantly reduce energy consumption, avoid waste and improve the overall efficiency of systems, while promoting environmental responsibility. The methodology adopted is of a bibliographical nature, with the analysis of national and international scientific and academic productions, addressing authors such as Boff (2012), Ibrahim et al. (2021), Verdecchia et al. (2021) and Freed et al.

(2023). The work has been structured into three chapters: the first introduces the topic, justifies the objectives, hypotheses and methodology; the second, divided into sections, explores fundamental concepts of software engineering, the history of sustainability, the fundamentals of green software and the specific practices of green software engineering, including the use of videoconferencing, travel reduction, data optimization and efficient computational consumption. The final chapter brings together the results obtained from the research, highlighting the feasibility of integrating sustainability and software development as a promising path for the future of technology.

Keywords: Software Engineering; Green technology; Environmental challenges.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pelo avanço tecnológico tem impulsionado discussões e práticas voltadas à sustentabilidade em diversos setores, incluindo o da tecnologia da informação. Neste contexto, a sustentabilidade na engenharia de software emerge como uma abordagem indispensável para alinhar o desenvolvimento tecnológico às exigências ambientais do século XXI. O presente trabalho tem como tema central a sustentabilidade aplicada ao desenvolvimento de software, abordando como princípios sustentáveis podem ser incorporados em todas as etapas do ciclo de vida de um software. O objetivo geral é analisar as práticas e metodologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais decorrentes da produção de sistemas computacionais, com foco na engenharia de software verde. Entre os objetivos específicos, destacam-se: compreender o conceito de sustentabilidade sob a ótica ambiental e tecnológica; identificar práticas sustentáveis no desenvolvimento de software; e investigar como a computação em nuvem, as métricas de eficiência e a gestão de requisitos podem promover soluções mais ecológicas. A hipótese orientadora do estudo é que a incorporação de práticas verdes desde a fase inicial do desenvolvimento de software pode minimizar significativamente o consumo de recursos, como energia e materiais, além de promover maior eficiência e responsabilidade ambiental.

A justificativa para a escolha do tema se baseia na urgência de se repensar os modelos de desenvolvimento de software frente à crise ecológica atual, destacada por autores como Boff (2012), que propõem uma nova consciência coletiva sobre o uso dos recursos naturais. A engenharia de software, como área estruturada em camadas – métodos, ferramentas, processos e foco na qualidade, conforme aponta Pressman (2006) –, deve acompanhar essa transformação, adotando diretrizes que considerem não apenas aspectos técnicos e econômicos, mas também ambientais e sociais. O trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica, com base em autores nacionais e internacionais que abordam a relação entre tecnologia e sustentabilidade, tais como Boff (2012), Ibrahim et al. (2021), Freed et al. (2023), Verdecchia et al. (2021), entre outros. A metodologia consistiu na análise e organização dos conceitos, práticas e indicadores que compõem o campo da engenharia de software verde, articulando-os às políticas sustentáveis mais amplas da sociedade.

A estrutura do trabalho está organizada em capítulos que abordam progressivamente os elementos essenciais para a compreensão da sustentabilidade no contexto da engenharia de software. O Capítulo 1 apresenta a introdução, onde são expostos o tema, a relevância da pesquisa, os objetivos, hipóteses e metodologia, além de uma visão geral sobre o conteúdo dos capítulos seguintes. No Capítulo 2, intitulado "Desenvolvimento", o conteúdo é dividido em quatro seções principais. A primeira delas, 2.1 Engenharia de Software, traz um panorama histórico e conceitual da área, destacando os principais desafios do desenvolvimento de sistemas e as definições clássicas da engenharia de software. Em seguida, na seção 2.2

Conceito de Sustentabilidade, são discutidos os fundamentos teóricos e históricos do conceito, a partir de autores como Boff (2012), Freitas (2012), Fiorillo (2013) e Schramm & Corbetta (2015), além da distinção entre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

Na subsequente seção 2.3 Software Verde, o enfoque é direcionado à importância de considerar o papel do software no consumo energético, ressaltando práticas como a computação em nuvem (Chowdhury, 2012) e a distinção entre *green by software* e *green in software*, conforme as contribuições de Ibrahim et al. (2021, 2022). Já a seção 2.4 Engenharia de Software Verde e suas práticas aprofunda as ações concretas para um desenvolvimento sustentável de software, apresentando desde as etapas do ciclo de vida até as métricas sustentáveis propostas por autores como Freed et al. (2023), Dick et al. (2010), Edérlyi (2013) e Raisian et al. (2021), destacando, entre outras práticas, o uso de videoconferências, redução de deslocamentos, otimização de dados e eficiência computacional.

Por fim, o Capítulo 3, denominado "Conclusão", apresenta uma síntese dos principais achados da pesquisa, reafirmando a importância da integração entre sustentabilidade e desenvolvimento de software como estratégia essencial para o futuro da tecnologia da informação. As referências bibliográficas utilizadas estão listadas ao final, seguindo os padrões acadêmicos. Assim, este trabalho busca contribuir para a reflexão crítica e a prática consciente de profissionais e estudantes da área de computação, promovendo a construção de soluções tecnológicas alinhadas com os princípios da sustentabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ENGENHARIA DE SOFTWARE

Atualmente, o software de computadores representa uma tecnologia essencial em escala global, tendo apresentado um desenvolvimento acelerado desde os anos 1950. Com esse crescimento intenso, surgiram diversos desafios, especialmente relacionados à correção de erros, adaptação, aprimoramento e, principalmente, à manutenção, que acaba demandando mais recursos humanos e financeiros do que o próprio desenvolvimento de novos sistemas. Diante dessas dificuldades, novos conceitos foram sendo formulados, dentre eles o da Engenharia de Software. Conforme definição de Fritz Bauer, Engenharia de Software consiste na "criação e uso de princípios sólidos da engenharia com o objetivo de produzir softwares econômicos, confiáveis e eficientes em máquinas reais". Já o IEEE apresenta uma concepção mais ampla, descrevendo-a como: "(1) a aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável ao desenvolvimento, operação e manutenção do software — ou seja, a aplicação da engenharia ao software; (2) o estudo dessas abordagens". (PRESSMAN, 2006). Essas definições estão reunidas na obra de Pressman, que enfatiza a Engenharia de Software como uma tecnologia estruturada em camadas — Ferramentas, Métodos, Processo e Foco na Qualidade —, sendo fundamental que as organizações se comprometam com a busca contínua pela qualidade.

2.2 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

A expressão "sustentabilidade" tem conquistado crescente relevância tanto no contexto nacional quanto no internacional ao longo dos anos, especialmente em função do surgimento de sérios problemas ambientais que afetam o planeta. Esses problemas decorrem, em grande parte, das ações predatórias do ser humano em relação à natureza, movido por um desejo constante de explorar os recursos naturais para atender às suas próprias necessidades, muitas vezes sem perceber que tais recursos são limitados e essenciais para a continuidade da vida humana. Essa postura inconsequente tem contribuído diretamente para a intensificação de uma grave crise ambiental. Todo esse cenário de desequilíbrio pode ser compreendido da seguinte maneira:

> A situação atual se encontra, social e ecologicamente, tão degradada que a continuidade da forma de habitar a Terra, de produzir, de distribuir e de consumir, desenvolvida nos últimos séculos, não nos oferece condições de salvar a nossa civilização e, talvez até, a própria espécie humana; daí que imperiosamente se impõe um novo começo, com novos conceitos, novas visões e novos sonhos, não excluídos os instrumentos científicos e técnicos indispensáveis; trata-se sem mais nem menos, de refundar o pacto social entre os humanos e o pacto natural com a natureza e a Mãe Terra. (BOFF, 2012, p. 15).

A sustentabilidade tem se consolidado como um caminho viável para despertar uma nova consciência em cada indivíduo, contribuindo assim para uma melhoria gradual das condições ambientais. Para compreender mais amplamente esse conceito, Boff (2012, p. 14) o define como:

> "[...] o conjunto dos processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, a preservação dos seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades da presente e das futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões."

Além disso, Freitas (2012, p. 41) caracteriza a sustentabilidade como um princípio de natureza constitucional que impõe ao Estado e à sociedade a responsabilidade solidária pelo desenvolvimento — material e imaterial — de forma ética, inclusiva, inovadora e ecologicamente equilibrada, garantindo o bem-estar atual e das futuras gerações, preferencialmente por meio de ações preventivas.

Neste contexto, é importante esclarecer a diferença conceitual entre "sustentabilidade" e "desenvolvimento sustentável", bem como compreender a evolução histórica de ambos os termos. A expressão "desenvolvimento sustentável" emergiu oficialmente durante a Conferência Mundial do Meio Ambiente, realizada em Estocolmo no ano de 1972, e, desde então, passou a integrar a agenda das principais discussões ambientais globais (FIORILLO, 2013, p. 56).

Posteriormente, em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento apresentou, na Noruega, o Relatório Brundtland — também conhecido como *Nosso Futuro Comum* —, no qual se definiu o desenvolvimento sustentável como:

> "O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais" (SCHRAMM; CORBETTA, 2015, p. 35).

A atual relevância do tema se reflete na própria Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que estabelece no artigo 225, caput:

"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" (BRASIL, 1988).

Apesar disso, é necessário ressaltar que os termos "sustentabilidade" e "desenvolvimento sustentável" não são sinônimos. Segundo Machado (2015, p. 61), o desenvolvimento sustentável representa uma locução verbal, em que o conceito de sustentabilidade qualifica o tipo de desenvolvimento pretendido. Nesse sentido, sustentabilidade é o processo, enquanto o desenvolvimento sustentável é o objetivo a ser alcançado (SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2012).

A partir dessa perspectiva, John Elkington propôs o modelo *Triple Bottom Line*, ou "três pilares", que aponta que o verdadeiro desenvolvimento sustentável deve ser sustentado em três dimensões: viabilidade econômica, equilíbrio ambiental e justiça social (ELKINGTON, 2012, p. 107). Assim, Oliveira (2012, p. 70-82) reforça que somente quando esses três aspectos coexistem de forma harmônica é possível garantir a sustentabilidade efetiva.

Por fim, vale destacar que, para alguns estudiosos, os conceitos de "desenvolvimento" e "sustentabilidade" podem ser vistos como contraditórios. Para esses autores, a ideia de crescimento contínuo, inerente ao desenvolvimento, entra em conflito com os limites naturais do planeta, tornando inviável a conciliação entre esses dois princípios.

> [...] desenvolvimento e sustentabilidade obedecem a lógicas diferentes e que se contrapõem. O desenvolvimento, como vimos, é linear, deve ser crescente, supondo a exploração da natureza, gerando profundas desigualdades – riquezas de um lado e pobreza do outro – e privilegia a acumulação individual. Portanto, é um termo que vem do campo da economia política industrialista/capitalista. A categoria sustentabilidade, ao contrário, provém do âmbito da biologia e da ecologia, cuja lógica é circular e includente. Representa a tendência dos ecossistemas ao equilíbrio dinâmico, à cooperação e à coevolução, e responde pelas interdependências de todos com todos, garantindo a inclusão de cada um, até dos mais fracos. Se esta compreensão for correta, então fica claro que sustentabilidade e desenvolvimento configuram uma contradição nos próprios termos. Eles têm lógicas que se autonegam: uma privilegia o indivíduo, a outra o coletivo; uma enfatiza a competição, a outra a cooperação; uma a evolução do mais apto, a outra a coevolução de todos juntos e inter-relacionados. (BOFF, 2012, p. 45).

Em resumo, ao considerar o que foi discutido sobre o conceito e a aplicação da sustentabilidade na

atualidade, pode-se afirmar que ela é indiscutivelmente fundamental em todas as esferas da sociedade e em todas as atividades humanas. Isso porque representa uma interação genuína entre os seres humanos e o meio ambiente, visando atingir um equilíbrio ecológico e um verdadeiro apreço por aquilo que sustenta a vida.

2.3 SOFTWARE VERDE

A redução do consumo de energia no setor de Tecnologia da Informação (TI) é comumente associada ao uso de hardware, porém é essencial considerar também o papel do software, já que este é responsável por gerenciar o funcionamento do hardware (IBRAHIM; YAHAYA; SALLEHUDIN, 2022; IBRAHIM et al., 2021). Nesse contexto, diversas práticas têm sido apontadas como fundamentais para o desenvolvimento de soluções sustentáveis em TI, Sistemas de Informação (SI) e softwares. Entre essas práticas, destaca-se a computação em nuvem, vista como um elemento central no desenvolvimento de softwares sustentáveis (CHOWDHURY, 2012). A adoção da nuvem proporciona uma expressiva economia de energia, com estudos indicando uma redução de até 64% no consumo energético (VERDECCHIA et al., 2021).

Ao tratar de SI ou software verde, é necessário diferenciar os tipos de contribuição à sustentabilidade: (a) há os softwares que promovem a sustentabilidade de equipamentos ou processos (conhecidos como *green by software*), como os voltados para a gestão de data centers e infraestrutura em nuvem; e (b) há os softwares que são sustentáveis em sua própria concepção e ciclo de vida, chamados *green in software* (IBRAHIM; YAHAYA; SALLEHUDIN, 2022). Neste segundo caso, cabe à engenharia de software investigar e aplicar práticas sustentáveis em todas as etapas do desenvolvimento, assegurando que o produto final esteja alinhado aos princípios da sustentabilidade.

2.4 ENGENHARIA DE SOFTWARE VERDE E SUAS PRÁTICAS

A engenharia de software verde (*green software engineering*) é o ramo responsável pela criação e aplicação de práticas que visam reduzir os impactos ambientais causados pelo desenvolvimento de softwares (FREED et al., 2023). Para que isso ocorra de forma efetiva, é fundamental analisar as diferentes etapas do ciclo de vida do software e identificar formas de torná-las mais sustentáveis. Segundo Ibrahim et al. (2021, p. 590), o processo de desenvolvimento de software geralmente é composto por cinco fases principais: levantamento de requisitos, projeto, implementação, testes e manutenção.

De acordo com os mesmos autores, a adoção de práticas sustentáveis nesse processo envolve eliminar desperdícios de materiais, como o uso excessivo de papel, bem como evitar o consumo desnecessário de tempo e energia elétrica. A fase de levantamento de requisitos é especialmente crítica, pois permite entender com precisão as demandas dos stakeholders e, assim, evitar a criação de funcionalidades desnecessárias ou a reformulação de requisitos mal definidos. Nesse mesmo sentido, Dick et al. (2010)

sugerem que a redução de viagens presenciais, substituindo-as por reuniões virtuais, é uma ação eficaz para minimizar os impactos ambientais desde o início do desenvolvimento.

Durante a fase de projeto, Edérlyi (2013) propõe quatro pilares centrais para o desenvolvimento sustentável: eficiência computacional, eficiência no uso de dados, consideração do contexto em que o software será utilizado e o desempenho do aplicativo quando operando em segundo plano.

Já na etapa de implementação, os deslocamentos frequentes para reuniões com membros da equipe ou com clientes continuam sendo um desafio ambiental, sendo as videoconferências uma alternativa viável e ecológica. Na fase de distribuição, é importante adotar mídias reutilizáveis e considerar o tamanho do software quando ele for disponibilizado para download, sempre levando em conta o impacto no consumo energético dos dispositivos utilizados.

Raisian et al. (2021) também contribuem para a discussão ao apresentar um conjunto de métricas relevantes para o desenvolvimento de software sustentável, destacando a importância da eficiência no uso de energia e recursos — sejam eles materiais ou humanos. Entre as métricas sugeridas, incluem-se: eficiência energética e de recursos, usabilidade, produtividade, redução de custos, suporte ao funcionário e suporte às ferramentas empregadas.

3 CONCLUSÃO

Diante da crescente preocupação com as mudanças climáticas, a escassez de recursos naturais e os impactos ambientais provocados pelas atividades humanas, torna-se imperativo repensar os modelos tradicionais de desenvolvimento tecnológico. Neste contexto, a presente pesquisa buscou compreender de que forma a engenharia de software pode se alinhar aos princípios da sustentabilidade, contribuindo efetivamente para a construção de uma sociedade mais equilibrada, consciente e responsável ambientalmente.

Ao longo do trabalho, constatou-se que a engenharia de software verde representa uma abordagem promissora e necessária para a mitigação dos impactos ambientais causados por sistemas computacionais. Através da revisão de literatura, foi possível identificar práticas, metodologias e conceitos que visam tornar o ciclo de vida do software mais sustentável, desde o levantamento de requisitos até a sua manutenção. Entre as principais estratégias destacam-se o uso da computação em nuvem, a redução de viagens presenciais por meio de videoconferências, a otimização do uso de dados e recursos computacionais, bem como a preocupação com a eficiência energética e a minimização de resíduos.

Além disso, foi ressaltada a importância de diferenciar os conceitos de “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”, compreendendo que a sustentabilidade é um processo contínuo, que exige mudanças culturais, políticas e econômicas profundas. A aplicação desses conceitos no campo da tecnologia da informação evidencia que a sustentabilidade não é uma barreira ao progresso, mas sim um

novo paradigma que desafia os profissionais da área a inovarem com responsabilidade ambiental e social.

A hipótese inicialmente proposta — de que a integração de práticas sustentáveis ao desenvolvimento de software pode reduzir significativamente o consumo de energia e recursos — foi confirmada ao longo da análise. As evidências apontam que a adoção de princípios da engenharia de software verde não apenas contribui para a preservação do meio ambiente, mas também promove maior qualidade nos produtos desenvolvidos, eficiência nos processos e economia para as organizações.

Portanto, conclui-se que o futuro da engenharia de software deve estar intrinsecamente ligado à sustentabilidade. Cabe às instituições de ensino, empresas e desenvolvedores incorporarem tais práticas em seus projetos, fortalecendo o compromisso com o desenvolvimento sustentável e com o bem-estar das futuras gerações. O presente estudo, embora limitado à análise teórica, oferece subsídios para pesquisas futuras que explorem, na prática, a eficácia e os impactos reais dessas práticas sustentáveis no setor de tecnologia da informação.

REFERÊNCIAS

BOFF, Leonardo. Sustentabilidade: o que é – o que não é. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 26 jun. 2025.

BRAUN, Diogo Marcel Reuter; ROBL, Ronan Saulo. O ICMS ecológico como instrumento auxiliar para o alcance da sustentabilidade. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre (Orgs.). Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade: reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama: Universidade Paranaense – UNIPAR, 2015.

CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. Inovação tecnológica e sustentabilidade: integrando as partes para proteger o todo. Disponível em: http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23231.pdf. Acesso em: 26 jun. 2025.

CHOWDHURY, G. Building environmentally sustainable information services: A green IS research agenda. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 63, n. 4, p. 633–647, 2012.

DICK, M.; NAUMANN, S.; KUHN, N. A model and selected instances of green and sustainable software. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, v. 328, p. 248–259, 2010.

DWIVEDI, Y. K. et al. Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? *International Journal of Information Management*, v. 63, p. 102456, 2022.

ELKINGTON, John. Sustentabilidade, canibais com garfo e faca. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2012.

ERDELYI, K. Special factors of development of green software supporting eco sustainability. In: *2013 IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*. IEEE, 2013. p. 337-340.

FERRER, Gabriel Real; CRUZ, Paulo Márcio. Direito, sustentabilidade e a premissa tecnológica como ampliação de seus fundamentos. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; REZENDE, Elcio Nacur (Orgs.). Sustentabilidade e meio ambiente: efetividades e desafios. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2017.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Curso de direito ambiental brasileiro. 14. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.
FREED, M. et al. An Investigation of Green Software Engineering. *Communications in Computer and Information Science*, v. 1890 CCIS, p. 124–137, 2023.

FREITAS, Juarez. Sustentabilidade: direito ao futuro. 2. ed. Belo Horizonte, MG: Fórum, 2012.

IBRAHIM, S. R. A. et al. The Development of Green Software Process Model: A Qualitative Design and Pilot Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 12, n. 8, p. 589–598, 2021.

IBRAHIM, S. R. A.; YAHAYA, J.; SALLEHUDIN, H. Green Software Process Factors: A Qualitative Study. *Sustainability (Switzerland)*, v. 14, n. 18, 2022.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa: revista de estudos e pesquisa em educação* (Fundação Carlos Chagas), n. 118, mar. 2003.

LAGO, P. et al. Framing sustainability as a property of software quality. *Communications of the ACM*, v. 58, n. 10, p. 70-78, 2015.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito ambiental brasileiro. 23. ed. São Paulo: Malheiros, 2015.

MENDES, Jefferson Marcel Gross. Dimensões da Sustentabilidade. *Revista das Faculdades Integradas Santa Cruz de Curitiba – Inove*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 49-59, 2009. Disponível em: http://www.santacruz.br/v4/download/revista- academica/13/cap5.pdf. Acesso em: 26 jun. 2025.

MICHAELIS. Dicionário brasileiro da língua portuguesa. Editora Melhoramentos, 2017. Disponível em: http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=psicologia. Acesso em: 26 jun. 2025.

MOLLA, A.; COOPER, V.; PITTAYACHAWAN, S. The green IT readiness (G-readiness) of organisations: An exploratory analysis of a construct and instrument. *Communications of the Association for Information Systems*, v. 29, n. 1, p. 67-96, 2011.

MURUGESAN, S. Harnessing green IT: Principles and practices. *IT Professional*, v. 10, n. 1, p. 24-33, 2008.

NAUMANN, S. et al. The GREENSOFT Model: A reference model for green and sustainable software and its engineering. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, v. 1, n. 4, p. 294–304, 1 dez. 2011.

OLIVEIRA, Lucas Rebello de et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. *Produção*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 70-82, jan./fev. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/prod/v22n1/aop_0007_0245.pdf. Acesso em: 26 jun. 2025.

PÓVOAS, Monike Silva. O amor na sociedade de risco: a sustentabilidade e as relações de afeto. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre (Orgs.). Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade: reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama: Universidade Paranaense – UNIPAR, 2015.

RAISIAN, K. et al. The Green Software Measurement Structure Based on Sustainability Perspective. In: *2021 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*. IEEE, 2021. p. 1-6.

RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, v. 49, p. 98-113, 2019.

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o Século XXI: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo, SP: Studio Nobel: Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n1/v17n1a02.pdf. Acesso em: 26 jun. 2025.

SCHRAMM, Alexandre Murilo; CORBETTA, Janiara Maldaner. Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade: conceitos antagônicos ou compatíveis? In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre (Orgs.). Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade: reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama: Universidade Paranaense – UNIPAR, 2015.

SILVA, Antonio Sergio da; SOUZA, José Gilberto de; LEAL, Antonio Cezar. A sustentabilidade e suas dimensões como fundamento da qualidade de vida. *Geoatos: Revista Geografia em Atos*, Presidente Prudente, v. 1, n. 12, p. 22-42, jun. 2012. Disponível em: http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/1724/sergiosilva. Acesso em: 26 jun. 2025.

SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; GARCIA, Rafaela Schmitt. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desdobramentos e desafios pós-relatório Brundtland. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; REZENDE, Elcio Nacur (Orgs.). Direito e sustentabilidade II [recurso eletrônico on- line]. Florianópolis: CONPEDI, 2016.

VERDECCHIA, R. et al. Green IT and Green Software. *IEEE Software*, v. 38, n. 6, p. 7–15, 2021.

YIN, R. K. Case study research: design and methods. Beverly Hills: Sage Publishing, 2010.