

Fundamentos de Computação Verde

Ausberto S. Castro Vera



Laboratório de Ciências Matemáticas
Centro de Ciência e Tecnologia

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
2024

Copyright © 2016 - 2024 Ausberto S. Castro Vera

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CCT - CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LCMAT - LABORATÓRIO DE MATEMÁTICAS

CC - CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Primeira edição, Janeiro 2016

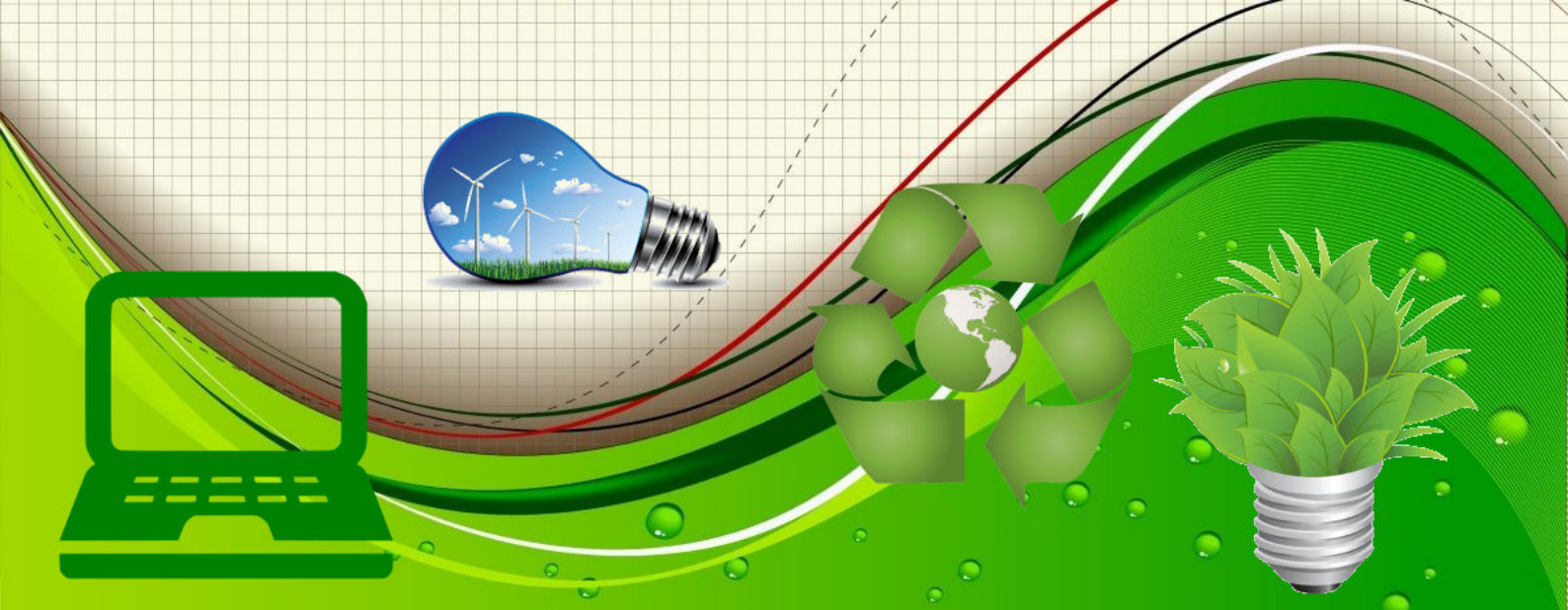
Edição atual, 8 de março de 2024



Sumário

1	Fundamentos da Computação Verde	5
1.1	Aspectos Legais	5
1.1.1	Lei No. 9.795, de 27 de Abril de 1999	5
1.1.2	Decreto No. 4.281 de 25 de Junho de 2002	6
1.1.3	Resolução No. 2 de 15 de Junho de 2012 MEC-CNE	6
1.2	Definições Básicas de Educação Ambiental	7
1.3	Sustentabilidade	7
1.3.1	Níveis de Sustentabilidade	9
1.4	Computação Verde	13
1.5	Assuntos de Computação Verde	14
2	Processo de Desenvolvimento de Sistemas	17
2.1	Análise	17
2.1.1	Engenharia de Requisitos Verde	17
2.2	Desenho do Sistema	17
2.2.1	Arquitetura de Sistemas Verde	17
2.3	Construção do Sistema	17
2.3.1	Programação Verde	17
2.4	Manutenção do Sistema	17
2.4.1	Manutenção Proativa: Preventiva e Preditiva	17
2.4.2	Manutenção Corretiva	17

Bibliografia	20
---------------------------	-----------



1. Fundamentos da Computação Verde

Neste capítulo introdutório é abordado alguns aspectos essenciais sobre a chamada **Computação Verde**. Primeiramente, apresentamos os aspectos legais da educação ambiental no Brasil, e logo é apresentado algumas definições relacionados com o contexto "verde" (educação ambiental, sustentabilidade e níveis de sustentabilidade).

1.1 Aspectos Legais

A legislação brasileira sobre aspectos de Educação Ambiental considera basicamente três instrumentos legais: a Lei 9.795 (1999), o Decreto 4.281 (2002) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. A seguir apresentamos alguns artigos mais ilustrativos de ambos instrumentos

1.1.1 Lei No. 9.795, de 27 de Abril de 1999

Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

Art. 7º A Política Nacional de Educação Ambiental envolve em sua esfera de ação, além dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, os órgãos

públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, e organizações não-governamentais com atuação em educação ambiental.

Art. 10. A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal.

1.1.2 Decreto No. 4.281 de 25 de Junho de 2002

Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.

Art. 1o A Política Nacional de Educação Ambiental será executada pelos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, pelas instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, pelos órgãos públicos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, envolvendo entidades não governamentais, entidades de classe, meios de comunicação e demais segmentos da sociedade.

Art. 5o Na inclusão da Educação Ambiental em todos os níveis e modalidades de ensino, recomenda-se como referência os Parâmetros e as Diretrizes Curriculares Nacionais, observando-se:

- I - a integração da educação ambiental às disciplinas de modo transversal, contínuo e permanente; e
- II - a adequação dos programas já vigentes de formação continuada de educadores.

1.1.3 Resolução No. 2 de 15 de Junho de 2012 MEC-CNE

Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental

Art. 1o A presente Resolução estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental a serem observadas pelos sistemas de ensino e suas instituições de Educação Básica e de Educação Superior, orientando a implementação do determinado pela Constituição Federal e pela Lei nº 9.795, de 1999, a qual dispõe sobre a Educação Ambiental (EA) e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), com os seguintes objetivos:

- I. sistematizar os preceitos definidos na citada Lei, bem como os avanços que ocorreram na área para que contribuam com a formação humana de sujeitos concretos que vivem em determinado meio ambiente, contexto histórico e sociocultural, com suas condições físicas, emocionais, intelectuais, culturais;
- II. estimular a reflexão crítica e propositiva da inserção da Educação Ambiental na formulação, execução e avaliação dos projetos institucionais e pedagógicos das instituições de ensino, para que a concepção de Educação Ambiental como integrante do currículo supere a mera distribuição do tema pelos demais componentes;
- III. orientar os cursos de formação de docentes para a Educação Básica;
- IV. orientar os sistemas educativos dos diferentes entes federados.

Art. 15 O compromisso da instituição educacional, o papel socioeducativo, ambiental, artístico, cultural e as questões de gênero, etnia, raça e diversidade que compõem as ações educativas, a organização e a gestão curricular são componentes integrantes dos projetos institucionais e pedagógicos da Educação Básica e da Educação Superior.

- § 1º A proposta curricular é constitutiva do Projeto Político-Pedagógico (PPP) e dos Projetos e Planos de Cursos (PC) das instituições de Educação Básica, e dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) e do Projeto Pedagógico (PP) constante do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) das instituições de Educação Superior.

- § 2º O planejamento dos currículos deve considerar os níveis dos cursos, as idades e especificidades das fases, etapas, modalidades e da diversidade sociocultural dos estudantes, bem como de suas comunidades de vida, dos biomas e dos territórios em que se situam as instituições educacionais.
- § 3º O tratamento pedagógico do currículo deve ser diversificado, permitindo reconhecer e valorizar a pluralidade e as diferenças individuais, sociais, étnicas e culturais dos estudantes, promovendo valores de cooperação, de relações solidárias e de respeito ao meio ambiente.

Art. 20 As Diretrizes Curriculares Nacionais e as normas para os cursos e programas da Educação Superior devem, na sua necessária atualização, prescrever o adequado para essa formação.

Art. 24 O Ministério da Educação (MEC) e os correspondentes órgãos estaduais, distrital e municipais devem incluir o atendimento destas Diretrizes nas avaliações para fins de credenciamento e recredenciamento, de autorização e renovação de autorização, e de reconhecimento de instituições educacionais e de cursos.

1.2 Definições Básicas de Educação Ambiental

Uma das primeiras definições sobre a Educação ambiental no contexto brasileiro, é aquela que aparece na Lei 9.795:

Definição 1.1 Educação Ambiental, Lei 9.795

Entendem-se por **educação ambiental** os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a *conservação do meio ambiente*, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

O Conselho Pleno do Conselho Nacional de Educação (CNE), mediante Resolução No. 2, de 15 de junho de 2012 (D.O.U., 18/06/2012, seção 1, p.70)) apresentou as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental* [dE12], com a seguinte definição:

Definição 1.2 Educação Ambiental, Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, 2012

A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental.

1.3 Sustentabilidade

O termo *sustentável* tem sua origem no latim “*sustentare*” , que significa sustentar, defender, favorecer, apoiar, conservar, cuidar.

Na literatura encontramos muitas definições de carácter geral e também específicas sobre o termo sustentabilidade. [CP15] enumera algumas delas.

- Do ponto de vista geral, Coral Calero and Mario Piattini [CP15] define **sustentabilidade** como *a capacidade de algo para durar por um longo tempo*.
- O Dicionário OnLine Collins [Col16] define a **sustentabilidade** como *a capacidade de ser mantida a um nível constante sem esgotar os recursos naturais ou causar danos ecológicos graves*. Já [Col18] fornece duas definições **sustentabilidade** : (1) capaz de ser sustentado, isto é, desenvolvimento econômico, fontes de energia, etc. (2) capazes de serem mantidas em um nível constante, sem esgotar os recursos naturais ou causar danos ecológicos graves, isto é, desenvolvimento sustentável.
- [PRR⁺14] afirma que a sustentabilidade pode ser discutida com referência a um sistema concreto (sistema ecológico, um sistema de software específico, etc.), portanto, a **sustentabilidade global** implica a capacidade para durabilidade dada o funcionamento de todos estes sistemas em conjunto.
- A definição mais amplamente utilizada esta contida no relatório das Nações Unidas [Uni87] sobre **desenvolvimento sustentável**: *é um desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades*. Esta definição traz embutido dois conceitos chaves:
 - O conceito de *necessidades*, em particular as necessidades essenciais dos pobres do mundo, a que deveria ser dada prioridade absoluta; e
 - A ideia de *limitações* impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do meio ambiente de atender às necessidades presentes e futuras.
- O filósofo John Rawls [Joh16] denominou a **sustentabilidade** como *"equidade intergeracional"*, na qual as sociedades devem determinar com precisão quanto dos recursos da Terra eles sacrificarão ou não usarão hoje, para que as gerações futuras possam acessar e usufruir de tais recursos.
- [Kem12] afirma que "a sustentabilidade é um conceito econômico, social e ambiental que envolve atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades".

Segundo o site ES.AMBIENTAL¹,

O conceito de sustentabilidade está normalmente relacionado com uma mentalidade, atitude ou estratégia que é ecologicamente correta, e viável no âmbito econômico, socialmente justa e com uma diversificação cultural.

Por outro lado, o site WIKIPEDIA², acrescenta:

A **sustentabilidade** também pode ser definida como a capacidade de o ser humano interagir com o mundo, preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras. O conceito de sustentabilidade é complexo, pois atende a um conjunto de variáveis interdependentes, mas podemos dizer que deve ter a capacidade de integrar as questões sociais, energéticas, econômicas e ambientais.

¹esambiental.com.br

²[esahttps://pt.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade)

- Questão social: é preciso respeitar o ser humano, para que este possa respeitar a natureza. E do ponto de vista humano, ele próprio é a parte mais importante do meio ambiente
- Questão energética: sem energia a economia não se desenvolve. E se a economia não se desenvolve, as condições de vida das populações se deterioram
- Questão ambiental: com o meio ambiente degradado, o ser humano abrevia o seu tempo de vida; a economia não se desenvolve; o futuro fica insustentável

Adaptando a definição de [Uni87](Brundtland Report) a nossa área de conhecimento, podemos definir o conceito de Sustentabilidade como:

Definição 1.3 Sustentabilidade

Sustentabilidade em Sistemas Computacionais é um conceito computacional, econômico, social e ambiental que visa satisfazer as necessidades computacionais do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades computacionais.

Associados ao conceito de sustentabilidade, também temos outros, tais como:

- **Crescimento sustentado**, que é um crescimento na economia constante e seguro;
- **Gestão sustentável**, que é dirigir uma organização valorizando todos os fatores que a englobam, é essencialmente ligado ao meio ambiente

1.3.1 Níveis de Sustentabilidade

Considerando como foco principal a Engenharia de Software, a seguir apresentamos um resumo de [CP15], sobre os níveis de sustentabilidade que qualquer organização deveria considerar. A Fig. ilustra estes níveis e seus contextos.

Figura 1.1: Níveis de sustentabilidade



Fonte: [CP15], adaptado pelo autor

I. Sustentabilidade nos Sistemas de Informação (SI)

[CH11] considera (em forma resumida) que a *sustentabilidade em Sistemas de Informação* deve levar em consideração aspectos como sistemas de eficiência, previsão, relatórios e conscientização, computação doméstica com eficiência energética e modificação de comportamento.

Uma declaração muito importante sobre sustentabilidade e Sistemas de Informação é a seguinte:

[HMC13] A Declaração SIGgreen é um pequeno documento que estabelece as responsabilidades dos profissionais, pesquisadores e praticantes de SI, em relação às mudanças ambientais adversas que são resultantes das atividades humanas. Sugere que temos a obrigação de combinar nossos conhecimentos e habilidades especializadas com os de outras profissões para encontrar soluções que ajudem a mitigar ou mesmo reverter mudanças ambientais prejudiciais, bem como permitir que pessoas e organizações desenvolvam resiliência e se adaptem a mudanças ambientais que não são mitigado.

Os responsáveis pela Declaração SIGgreen [HMC13], fazem as seguintes observações:

- A Declaração SIGgreen é baseada na premissa de que, como profissionais de SI, respeitamos os cientistas ambientais e aceitamos o trabalho publicado em seus periódicos revisados por pares sobre o impacto da atividade humana em nosso planeta
- Este impacto inclui o aquecimento global, mas também outros efeitos significativos interconectados, de modo que a Declaração SIGgreen usa o termo

mais geral “Mudança Ambiental” em vez de restringir nossas preocupações a “Mudança Climática”.

- Devemos usar nosso julgamento para determinar onde podemos mitigar ou mesmo reverter a degradação ambiental ou onde devemos apoiar os esforços para nos adaptar e desenvolver resiliência às mudanças inevitáveis.
- Por muito tempo os SI tem sido relativamente isolados e voltados para dentro e, no SI Verde, temos a oportunidade de assumir a responsabilidade social, corporativa e global da profissão de SI e aplicar nosso conhecimento e experiência para o bem maior.
- A SIGGreen se comprometeu a inspirar ações ambientalmente responsáveis por profissionais de SI e espera-se que órgãos profissionais como a AIS (Association for Information Systems) endossem a Declaração.

II. Sustentabilidade nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

[DSC11] considera que TICs sustentáveis "podem desenvolver soluções que oferecem benefícios tanto internamente quanto em toda a empresa por:

- alinhar todos os processos e práticas de TIC com os princípios fundamentais da sustentabilidade, que são reduzir, reutilizar e reciclar; e
- encontrar maneiras inovadoras de usar as TIC nos processos de negócios para oferecer benefícios de sustentabilidade em toda a empresa e além.

No entanto, como o campo é novo e está em evolução, poucas diretrizes e melhores práticas estão disponíveis".

Uma das definições mais compreensivas sobre TI verde é a seguinte:

[Mur08] TI verde refere-se a TI ambientalmente correta. É o estudo e a prática de projetar, fabricar, usar e descartar computadores, servidores e subsistemas associados – como monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e sistemas de rede e comunicação – de forma eficiente e eficaz com impacto mínimo ou nenhum no meio ambiente. A TI Verde também se esforça para alcançar a viabilidade econômica e melhorar o desempenho e o uso do sistema, respeitando nossas responsabilidades sociais e éticas.

Assim, a TI verde inclui as dimensões da sustentabilidade ambiental, a economia da eficiência energética e o custo total de propriedade, que inclui o custo de descarte e reciclagem.

Por outro lado, [Mur08] indica que a "TI Verde abrange várias áreas de foco e atividades, incluindo:

- design para a sustentabilidade ambiental;
- computação com eficiência energética;
- gerenciamento de energia;
- projeto, layout e localização do data center;
- virtualização de servidores;
- descarte e reciclagem responsáveis;
- conformidade regulatória;
- métricas verdes, ferramentas de avaliação e metodologia;
- mitigação de riscos relacionados ao meio ambiente;
- uso de fontes de energia renováveis; e

- rotulagem ecológica de produtos de TI".

III. Sustentabilidade de Software

O que seria Software Sustentável ou Sustentabilidade de Software?

Muitos especialistas em Ciência da Computação tem opiniões diferentes, porém, algumas respostas podem ser classificadas como: design e programação de software, desenvolvimento baseado em necessidades, gerenciamento de projetos, recursos especiais, possíveis aplicações e economia de recursos [DNK10]:

- “design e programação de software” inclui aspectos de qualidade de software que atendem às necessidades de qualidade de software de acordo com o padrão ISO/IEC 25000, como, por exemplo, portabilidade, reusabilidade, extensibilidade, adaptabilidade, modularização, documentação ou código-fonte legível que torna futuras extensões de produtos de software mais fáceis e menos propensas a erros, mas também uma longa vida física esperada.
- “desenvolvimento baseado na necessidade” inclui critérios de eficiência como tempo de processamento, requisitos de memória e carga de rede que também são necessidades de qualidade. Um software sustentável só deve ser entregue com funções que são usadas por um usuário específico.
- “gerenciamento de projetos” aborda o desenvolvimento de software distribuído, apoiando escritórios sem papel com sistemas de gerenciamento de documentos ou buscando visões da empresa que adotem a sustentabilidade.
- “características especiais” contém itens como técnicas e motoristas inteligentes, ajustes ergonômicos do usuário ou até mesmo intervenções de promoção da saúde. Técnicas e drivers inteligentes devem antecipar o comportamento inteligente (e, portanto, sustentável) do usuário. Exemplos são drivers de dispositivo que não ligam os dispositivos antes de seu uso ou drivers de impressora que perguntam se duas páginas devem ser impressas em uma folha de papel ao imprimir no modo conceito ou econômico. Um exemplo de intervenção promotora de saúde pode ser um programa que convida os usuários a realizarem exercícios de ginástica quando trabalharam ininterruptamente por algum tempo.
- “aplicativos possíveis” aborda a visualização do consumo de energia e recursos, a redução da redundância de dados ou software que suporta a redução do consumo de energia e recursos indiretamente.

Na atualidade, existem várias áreas em que a *sustentabilidade de software* está sendo aplicada: sistemas de software, produtos de software, aplicações Web, centros de dados, etc. Uma das áreas com mais ênfase é a de *centros de dados*, que consomem energia significativamente mais elevada do que escritórios comerciais.

Deve-se ressaltar aqui algumas considerações:

- Atualmente, a sustentabilidade é um fator chave que deve ser considerado nos modelos de qualidade de software [CBM13].
- *Software Sustentável* é um software cujos impactos negativos diretos e indiretos na economia, sociedade, seres humanos e meio ambiente que resultam do desenvolvimento, implantação e uso do software são mínimos e/ou que têm

um efeito positivo no desenvolvimento sustentável [DNK10].

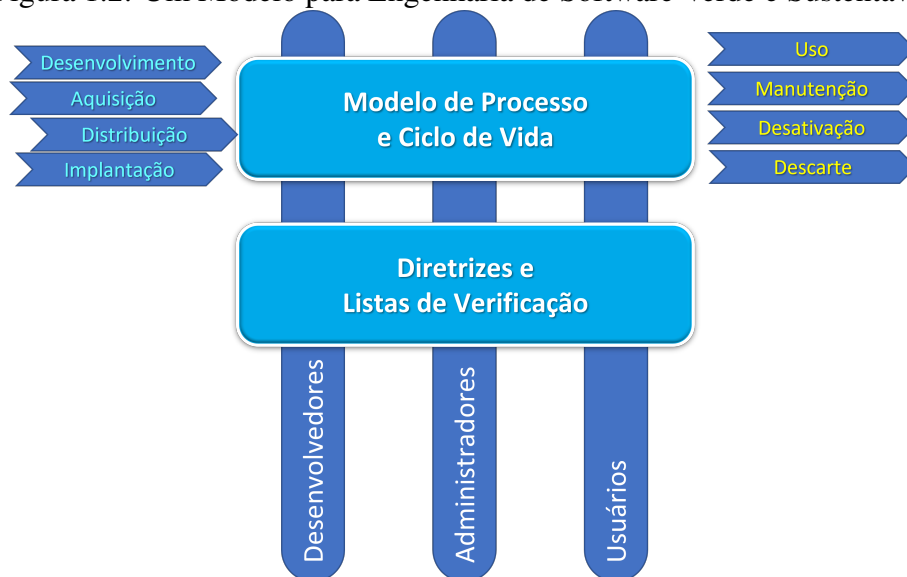
- A maneira mais adequada de alcançar um software sustentável é principalmente pela melhoria do consumo de energia
- O ciclo de vida de desenvolvimento de software e ferramentas e metodologias de desenvolvimento relacionadas raramente, ou nunca, consideram a eficiência energética como um objetivo [CBM13].

IV. Sustentabilidade na Engenharia de Software

O modelo de Engenharia de Software Verde e Sustentável proposto por [DNK10] e mostrado na Fig. 1.2, está formado por dois componentes principais:

- **O modelo de processo e ciclo de vida:** identifica tarefas ou atividades durante o ciclo de vida de um produto de software, que são relevantes para a avaliação de sustentabilidade do produto.
- **Diretrizes e listas de verificação:** apoiam atores com diferentes níveis profissionais na aplicação de técnicas verdes ou sustentáveis em geral ao desenvolver, administrar ou usar produtos de software.

Figura 1.2: Um Modelo para Engenharia de Software Verde e Sustentável



Fonte: [DNK10], adaptado pelo autor

1.4 Computação Verde

A origem da Computação Verde começou em 1987, quando o relatório intitulado "Nosso Futuro Comum" é emitido por uma Comissão Mundial de Nações Unidas [PMS15].

O termo **Computação Verde** tem sido adotado em muitas universidades ao redor do mundo com o objetivo de ressaltar dois aspectos: *sustentabilidade ambiental* e *consumo de energia*. Hoje, a computação verde é um componente essencial da indústria da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Na linguagem computacional moderna é comum os termos de Green Computing, Green Software, Green Software Engineering, Green

Hardware, Green Internet of Things, Green Data Center, etc. Os novíssimos sensores com consumo de energia reduzida atualmente constituem um sucesso tecnológico no monitoramento do meio ambiente, a agricultura, as fábricas, os cenários militares, a coleta de dados para Ciência de Dados, veículos elétricos y muitos outros sistemas computacionais.

A **computação verde** é definida informalmente como *o uso ambientalmente responsável e ecologicamente correto de computadores e seus recursos*. Em termos mais amplos, também é definido como *o estudo de projeto, engenharia, fabricação, uso e descarte de dispositivos de computação de forma a reduzir seu impacto ambiental*.

Popularmente a **computação verde**, também conhecida como tecnologia verde, é o uso de computadores e outros dispositivos e equipamentos de computação, de maneira eficiente em termos de energia e ecologicamente correta.

A IBM Cloud Education³ define a **computação verde** (também conhecida como TI verde ou TI sustentável) como:

o projeto, fabricação, uso e descarte de computadores, chips, outros componentes de tecnologia e periféricos de forma a limitar o impacto prejudicial ao meio ambiente, incluindo a redução das emissões de carbono e da energia consumidos por fabricantes, data centers e usuários finais. A computação verde também abrange a escolha de matérias-primas de origem sustentável, a redução do lixo eletrônico e a promoção da sustentabilidade por meio do uso de recursos renováveis.

Algumas definições importantes:

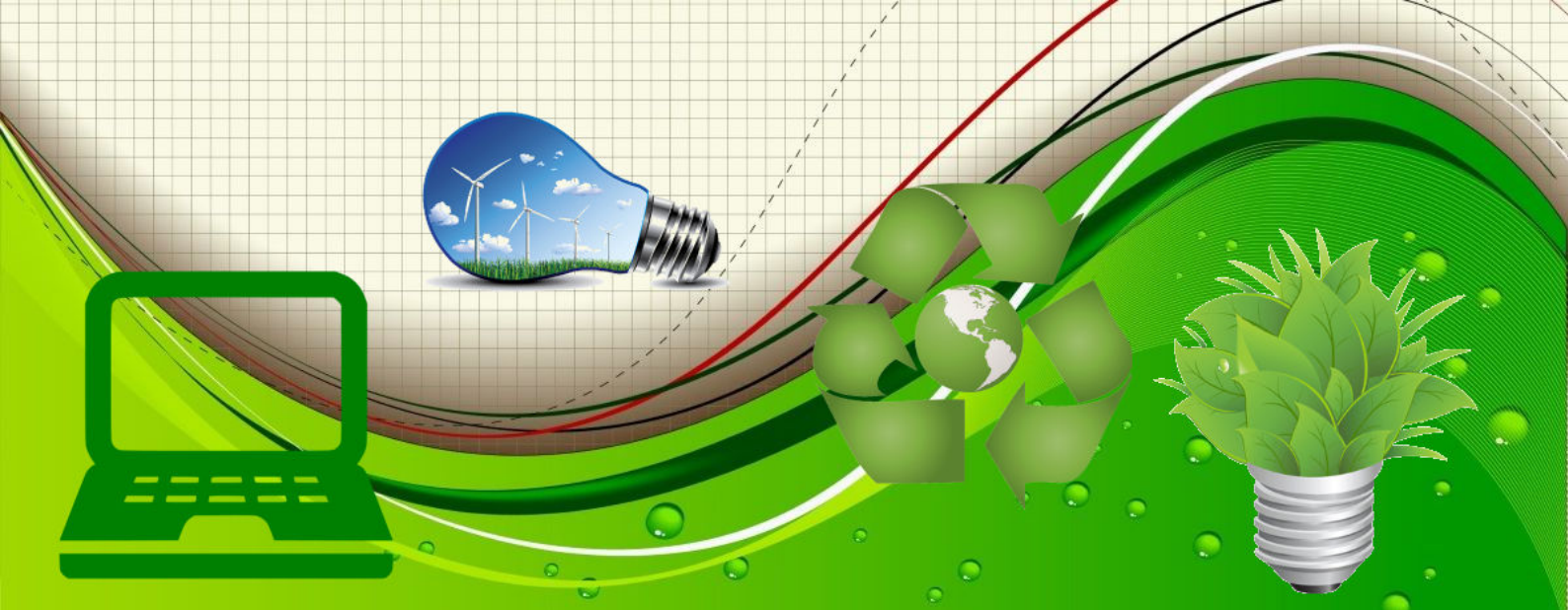
- [Vik15] "A **computação verde** é a utilização ecologicamente consciente dos computadores e recursos relacionados. Tal prática incorpora a implementação de unidades de processamento central (CPU), servidores e dispositivos associados com eficiência energética e, adicionalmente, diminuição da utilização de recursos e descarte adequado de resíduos eletrônicos".
-
-
-
-
-

1.5 Assuntos de Computação Verde

-
-
-
- Recursos inteligentes de software de economia de energia
-
-
-
-
-
-

³<https://www.ibm.com/cloud/blog/green-computing>

-
-
-
-
-



2. Processo de Desenv. de Sistemas

Neste capítulo pretende-se apresentar alguns aspectos "verdes" relacionados com cada fase do Ciclo de Desenvolvimento de Sistemas Computacionais.

2.1 Análise

2.1.1 Engenharia de Requisitos Verde

2.2 Desenho do Sistema

2.2.1 Arquitetura de Sistemas Verde

2.3 Construção do Sistema

2.3.1 Programação Verde

2.4 Manutenção do Sistema

2.4.1 Manutenção Proativa: Preventiva e Preditiva

2.4.2 Manutenção Corretiva



Referências Bibliográficas

- [CBM13] Coral Calero, Manuel F. Bertoa, and Ma Ángeles Moraga. A systematic literature review for software sustainability measures. In *2013 2nd International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS)*, pages 46–53, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- [CH11] Joseph A Cazier and Brandy E Hopkins. Doing the right thing for the environment just got easier with a little help from information systems. *Proceedings of SIGGreen Workshop*, 11(10), 2011. Citado na página 10.
- [Col16] Collins. Collins free online dictionary, 2016. Citado na página 8.
- [Col18] Collins Dictionaries. *Collins English Dictionary Complete and Unabridged*. Harper Collins Publ. UK, Glasgow, 13 edition, 2018. Citado na página 8.
- [CP15] Coral Calero and Mario Piattini. *Green in Software Engineering*. Springer International Publishing, 1 edition, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 8, 9 e 10.
- [dE12] CNE Conselho Nacional de Educação. Diretrizes curriculares nacionais para a educação ambiental, 2012. Citado na página 7.
- [DNK10] Markus Dick, Stefan Naumann, and Norbert Kuhn. A model and selected instances of green and sustainable software. In *What kind of information society? Governance, virtuality, surveillance, sustainability, resilience*, pages 248–259. Springer, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- [DSC11] Brian Donnellan, Charles Sheridan, and Edward Curry. A capability maturity framework for sustainable information and communication technology. *IT professional*, 13(1):33–40, 2011. Citado na página 11.

- [HMC13] Helen Hasan, Alemayehu Molla, and Vanessa Cooper. Towards a green is taxonomy. *Proceedings of SIGGreen Workshop*, 24:1–22, 2013. Citado na página 10.
- [Joh16] John Rawls. *Uma Teoria da Justiça*. Martins Fontes - Selo Martins, São Paulo, SP, 4 edition, April 2016. Citado na página 8.
- [Kem12] Kem-Laurin Kramer. *User experience in the age of sustainability : a practitioner’s blueprint*. Morgan Kaufmann, Waltham, MA, 1 edition, June 2012. Citado na página 8.
- [Mur08] San Murugesan. Harnessing green it. *IT Professional*, 10(1):24–33, 2008. Citado na página 11.
- [PMS15] Y. S. Patel, N. Mehrotra, and S. Soner. Green cloud computing: A review on green it areas for cloud computing environment. In *2015 International Conference on Futuristic Trends on Computational Analysis and Knowledge Management (ABLAZE)*, pages 327–332, Feb 2015. Citado na página 13.
- [PRR⁺14] Birgit Penzenstadler, Ankita Raturi, Debra Richardson, Coral Calero, Henning Femmer, and Xavier Franch. Systematic mapping study on software engineering for sustainability (se4s). In *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE ’14*, pages 14:1–14:14, New York, NY, USA, 2014. ACM. Citado na página 8.
- [Uni87] United Nations World Commission on Environment and Development. Report of the world commission on environment and development: our common future. In *United Nations conference on environment and development*. United Nations, 1987. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 9.
- [Vik15] S. Vikram. Green computing. In *2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, pages 767–772, Oct 2015. Citado na página 14.