

Diretivas para a Avaliação da Sustentabilidade em Soluções Computacionais

Newton Antonio Galindo Junior, Vânia Paula de Almeida Neris, Kamila Rios da Hora Rodrigues

LIFeS (Laboratório de Interação Flexível e Sustentável) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Caixa Postal 676 – 13565-905 – São Carlos – SP – Brazil

newton.galindo@gmail.com, vania@dc.ufscar.br, kamila.rios@gmail.com

Abstract. *The current information revolution, highlighted by the constant use of smart devices, smartwatches, tablets, among others, has boosted the continuous production of hardware and software, with direct operations in the environment, economy and society. What is perceived, however, is that there is no problem with issues related to sustainability in the development of these computational solutions. Inspired by GrandIHCBr's first challenge - "Future, Smart Cities and Sustainability", this paper seeks to provide guidelines that support professionals in this area, and later on the sustainability aspects of their solutions. The work started from a survey of the literature and a consultation to the Computing Community in Brazil. The results allowed to know the state of the art and the tacit knowledge in the subject. One discussion also supported the choice of a reference model that was instantiated with the participation of five system analysts and three Computing researchers. Twenty-one guidelines were formalized and read the professional of industry and the university professor, both researchers, for appreciation. The results suggest that the guidelines raised can be applied to the guiding factors of sustainability for an evaluation of computational solutions.*

Keywords: *Sustainability, Directives, Computational Solution, Hardware, Software.*

Resumo. *A atual Revolução da Informação, destacada pelo uso constante de dispositivos como smartphones, smartwatches, tablets, entre outros, impulsiona a produção contínua de hardware e software, com impactos diretos no ambiente, na economia e na sociedade. O que se percebe, no entanto, é que não tem existido uma preocupação com questões relacionadas à sustentabilidade no desenvolvimento dessas soluções computacionais. Inspirados no primeiro desafio do GrandIHCBr - "Futuro, Cidades Inteligentes e Sustentabilidade", este trabalho busca fornecer diretrizes que apoiem os profissionais dessa área, e os permita avaliar os aspectos de sustentabilidade em suas soluções. O trabalho partiu de um levantamento da literatura e uma consulta à comunidade de Computação no Brasil. Os*

resultados permitiram conhecer o estado da arte e o conhecimento tácito no tema. A literatura também apoiou a escolha de um modelo de referência que foi instanciado com a participação de cinco analistas de sistemas e três pesquisadores da Computação. Vinte e uma diretivas foram formalizadas e apresentadas a um profissional da indústria e a um professor universitário, ambos pesquisadores, para apreciação. Os resultados sugerem que as diretivas levantadas podem ser consideradas fatores norteadores de sustentabilidade para a avaliação de soluções computacionais.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Diretivas, Solução Computacional, Hardware, Software.

1. Introdução

Sustentabilidade é o termo dado à prática de consumir garantindo que não falte nada no futuro. Mais do que o aspecto ambiental, relacionado com soluções que não degradem o meio ambiente, como a redução no consumo de combustíveis fósseis e o desenvolvimento de soluções energeticamente mais eficientes; a questão contempla aspectos sociais e econômicos. Os aspectos sociais estão relacionados com os direitos humanos, respeito às diferenças, e disseminação de valores que respaldam a continuidade da vida em sociedade nas gerações futuras. As questões econômicas colocam o foco no desenvolvimento de soluções que sejam financeiramente viáveis, gerem lucro e apoiem a distribuição de renda [Neris et al. 2012].

A Figura 1, proposta por Tan (2009), ilustra os três pilares da sustentabilidade com suas interseções e possibilidades de medição. Ao observar a Figura 1 é possível mensurar, a partir de indicadores, as dimensões afetadas.

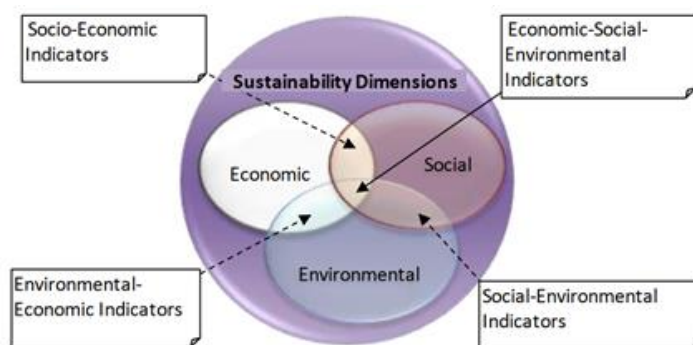


Figura 1. Inter-relacionamento entre as dimensões de sustentabilidade do negócio e seus indicadores. Fonte: Tan (2009).

Na área da computação, os impactos dos processos e métodos utilizados para projetar, implantar e manter soluções computacionais, tendo em vista as questões de sustentabilidade, não são usualmente mensurados pelas práticas comuns de desenvolvimento [Amsel et al. 2011; Neris et al. 2012]. De maneira específica, o primeiro grande desafio para a área de Interação Humano-Computador no Brasil (GrandIHCBR) - “Futuro, Cidades Inteligentes e Sustentabilidade” menciona que os

computadores têm um papel central na temática da sustentabilidade. Por um lado, as soluções computacionais estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e favorecem a disseminação de informações em larga escala, podendo ser uma ferramenta útil para a conscientização, mobilização e promoção de mudanças de comportamento em prol da sustentabilidade. Por outro lado, as soluções computacionais são um bem de consumo e, portanto, impactam nas questões de sustentabilidade, exigindo um repensar das nossas práticas de design, desenvolvimento e descarte. Ainda segundo o desafio 1, o papel do designer no desenvolvimento de uma sociedade sustentável não está apenas em criar produtos sustentáveis, está também em vislumbrar produtos, processos e serviços que incentivam o consumo consciente e o comportamento sustentável [Neris et al. 2012].

Visto essa problemática, este trabalho objetiva identificar um conjunto de diretivas de sustentabilidade que possa ser considerado durante a avaliação de uma solução de software e hardware. Para tal, um estudo bibliográfico foi conduzido em busca do estado da arte em abordagens correlatas e maneiras de aplicação de sustentabilidade em soluções, computacionais. Em sequência, foi realizada uma pesquisa de levantamento, por meio de um questionário qualitativo, visando obter o conhecimento tácito da comunidade brasileira de Computação na temática. Os resultados foram avaliados por quatro pesquisadores, resultando em um diagrama de afinidades.

Na sequência, voltou-se à literatura com fins de se investigar olhares de sustentabilidade em outras áreas. Dado o estudo, o trabalho de Delai e Takahashi (2011), que apresenta um modelo de referência para medidas em sustentabilidade, abrangendo as três dimensões: ambiental, social e econômica, foi escolhido para instanciamento na área de computação. O estudo para instanciamento foi feito com a participação de cinco analistas de sistemas e três pesquisadores da área de computação. Como resultado, foram identificadas 21 diretivas, que passaram por avaliação de dois pesquisadores em computação.

Este artigo está organizado como segue: a seção 2 apresenta trabalhos, em computação e em outras áreas, nos quais os autores estão preocupados com a temática da avaliação da sustentabilidade de soluções. A seção 3 apresenta também os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). A seção 4 apresenta o processo de instanciamento e as 21 diretivas resultantes para a avaliação de sustentabilidade em soluções computacionais, a partir do modelo de Delai e Takahashi (2011) e como foram avaliadas. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Sustentabilidade na área da Computação é uma preocupação relativamente nova. O estado da arte sobre avaliação de sustentabilidade na área da Computação apresenta, em sua maioria, trabalhos no âmbito da Engenharia de Software (ES), em que aspectos sustentáveis são caracterizados como requisitos não funcionais de Qualidade do Software, tais como nos trabalhos de Albertao et al. (2010), Amsel et al. (2011), Calero

et al. (2013), Raturi et al. (2014). Esses trabalhos abordam, sem entrar em pormenores, aspectos mais voltados às questões de qualidade de software. Outros trabalhos focam explicitamente no aspecto ambiental como Gruter (2012), Hindle (2012), Jiang (2008), Kim (2012), e Marzolla (2012) não abordando a questão da sustentabilidade com foco nos três pilares.

Na área de Interação Humano-Computador (IHC), os estudos se iniciaram em 2007. Blevis (2007), um dos autores pioneiros no assunto, resume que a pesquisa em IHC pode contribuir em duas principais áreas: 1) design para a sustentabilidade, ou seja, como sistemas interativos podem ser usados para promover comportamentos mais sustentáveis, e 2) a sustentabilidade no design, ou seja, como a sustentabilidade pode ser usada no design de tecnologias interativas. Essa última área exige um repensar das práticas de design, desenvolvimento e avaliação de software e hardware atualmente empregadas. Este trabalho está inserido nessa segunda área.

Uma revisão sistemática realizada por Neris et al. (2014) classificou na categoria “Sustentabilidade no Design” trabalhos com enfoque em questões sociais, econômicas e ambientais aplicadas na concepção, desenvolvimento e práticas de avaliação da IHC. Entre os trabalhos identificados destacam-se aqueles que reforçam a necessidade de tornar evidente a abordagem sustentável no desenvolvimento de software (Mann et al., 2011) e aqueles que investigam atitudes em relação ao consumo de energia das máquinas que são usadas do dia a dia das práticas profissionais (Heras e Otero, 2011). Ainda nessa categoria, há trabalhos que exploram a perspectiva de aplicação de práticas pedagógicas em cursos de design que preparam profissionais também para a sustentabilidade no design (Blevis, 2010). Percebe-se que os trabalhos em ES e IHC ainda são incipientes na área.

De volta à literatura sobre sustentabilidade, e não se limitando ao universo da Computação, Delai e Takahashi (2011), em seu trabalho “*Sustainability measurement system: a reference model proposal*”, descreve, a grosso modo, indicadores analisados e filtrados, que viu-se desejáveis para a aplicação em soluções computacionais a partir de diretivas. O trabalho desses autores foi usando como referência nesta pesquisa, pois compila variados instrumentos de avaliação de sustentabilidade referenciados na literatura. Os autores conduzem o trabalho de modo a atingir um modelo de referência com o propósito de medir a sustentabilidade corporativa.

Delai e Takahashi (2011) descrevem conceitos de sustentabilidade e algumas iniciativas analisadas pelos mesmos, são eles:

- **GRI** - Iniciativa sustentável para equilibrar as relações complexas entre as necessidades econômicas, ambientais e sociais atuais de uma maneira que não comprometa as necessidades futuras - triplicar linha de fundo;
- **IChemE** - Iniciativa sustentável contemplando resultado triplo: responsabilidade ambiental, retorno econômico (criação de riqueza) e desenvolvimento social;
- **DJSI** - Iniciativa sustentável para criar valor acionário de longo prazo, abrindo oportunidades e gerenciando riscos decorrentes de desenvolvimentos econômicos, ambientais e sociais;
- **CSD** - Iniciativa sustentável para desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também atender às suas próprias necessidades;

- **Dashboard Barometer** - Iniciativa sustentável para balanceamento entre bem-estar humano e bem-estar do ecossistema; e
- **Ethos** - Iniciativa sustentável em que a responsabilidade social corporativa (CSR) é encontrar uma maneira de gerenciar, ao mesmo tempo em que aborda a competitividade, a sustentabilidade e os requisitos da sociedade.

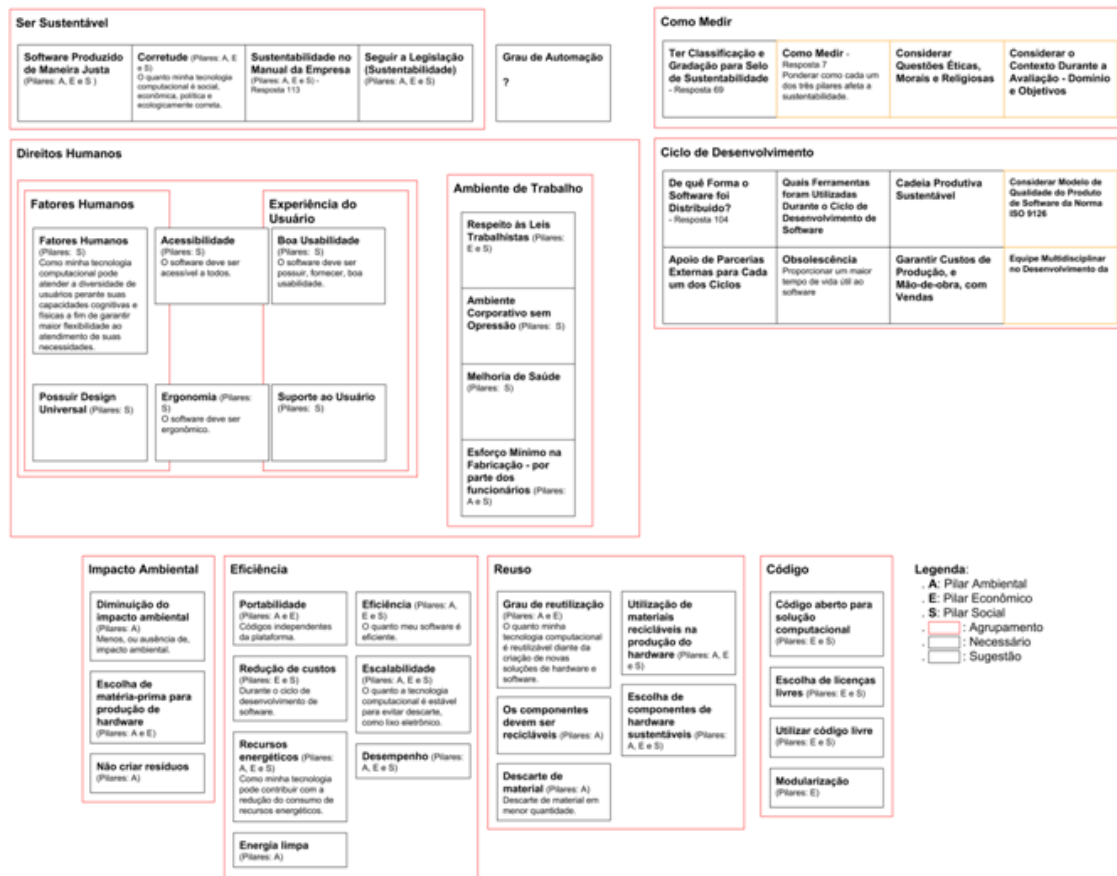
Em 2017, a ONU atualizou e revigorou seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Esses objetivos são apresentados aqui na intenção de melhor explicitar a visão ampla de sustentabilidade e apoiar o leitor no entendimento das diretrizes apresentadas na seção 4. Os objetivos de desenvolvimento sustentável são: 1) Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares; 2) Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; 3) Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades; 4) Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos; 5) Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas; 6) Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; 7) Assegurar para todos o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia; 8) Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos; 9) Construir infra estruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação; 10) Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles; 11) Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; 12) Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; 13) Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos; 14) Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável; 15) Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade; 16) Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis; e 17) Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável. Tais objetivos constituem fatores essenciais para sustentabilidade de todo o planeta e ilustram a visão que este trabalho adota sobre o tema.

3. Diretivas para a Avaliação da Sustentabilidade em Soluções Computacionais

Após um estudo bibliográfico, para explorar a importância da sustentabilidade em soluções computacionais este grupo de pesquisa elaborou um questionário qualitativo, identificando junto à comunidade de Computação no Brasil as suas percepções sobre o tema. Os resultados desse levantamento foram publicados por Oliveira et al. (2016). As respostas ao questionário apoiaram a construção de um diagrama de afinidade, como pode ser visto no Quadro 1. A partir das respostas ao questionário dadas pelos 128 participantes, os pesquisadores puderam criar grupos (em vermelho) e separar as ideias em necessárias e sugestões. Essas informações apoiaram a busca por um modelo de referência para a avaliação.

Tendo em vista a questão da necessidade de uma visão especializada sobre a sustentabilidade (que contemplasse fatores norteadores), adotou-se neste trabalho uma estratégia de buscar avaliações de sustentabilidade já consolidadas em outras áreas. Tal intento visava investigar a viabilidade de uma instanciação que fizesse sentido para a área de Computação. Os trabalhos reportados por Delai e Takahashi (2011) atenderam a essas expectativas, sobretudo o trabalho intitulado: “*Sustainability measurement system: a reference model proposal*”. Os autores desenvolveram um modelo de referência para medir a sustentabilidade corporativa que pode ser usado pelas organizações para integrar medidas de sustentabilidade em seu sistema atual de medição de desempenho, ajudando-as assim a incorporar a sustentabilidade nas atividades diárias e estimulando a cultura da sustentabilidade. Para cada dimensão (ambiental, econômica e social) os autores definem um conjunto de temas e subtemas (e.g. ambiental -> ar -> gás carbônico).

Com base nos temas e subtemas propostos por Delai e Takahashi (2011), e obedecendo às dimensões social, econômica e ambiental, este grupo de pesquisa elaborou um questionário, “Instrumento de Apoio à Construção Colaborativa”, que buscou explorar possíveis indicadores para cada tema ou subtema, e identificar como tais indicadores poderiam ser utilizados na Computação. O público alvo do questionário incluiu Acadêmicos / Professores em ES e IHC; Acadêmicos Professores em IHC; Alunos de graduação em Computação; Analistas de TI; Autores do artigo referência; Empresários; e Professores - Especialistas em Sustentabilidade. Houve 8 respondentes - a amostra se caracteriza como não probabilística, por grupos e por conveniência, uma vez que considera diferentes classes de participantes da comunidade brasileira de computação, escolhidos pela facilidade de acesso.



Quadro 1. Diagrama de Afinidades. Fonte: os autores.

As questões com mais respostas, que transmitem conhecimento tácito até então dos respondentes, foram selecionadas. Dessa maneira identificou-se 22 questões ao todo, sendo 10 para a dimensão ambiental, 6 para a dimensão social e 6 para a dimensão econômica, com temas e subtemas que se correlacionam com a Computação. Esses representaram os nós-folha ou diretivas em uma primeira investigação. A partir desse conjunto de questões, suas respostas foram esmiuçadas uma a uma. Verificou-se, incluindo as sugestões fornecidas pelos respondentes, as que faziam mais sentido para o universo da Computação. Nesse processo foram selecionadas 21 questões que se correlacionam cada uma com uma diretiva. Dessas diretivas, prioridades foram elencadas para aplicação de cada uma. Por prioridade entende-se a ordem de importância, e que pode ser correlacionada com um peso (quanto maior a prioridade, menor o seu número) para a avaliação da solução frente ao prisma de cada diretiva. Ao se sugerir prioridade de aplicação, entendeu-se quais dimensões devem ser atendidas primeiro, e a partir daí a ordem das diretivas correlatas à cada dimensão. Nessa abordagem, viu-se a dimensão ambiental como preponderante pela necessidade de preservação do meio ambiente para gerações futuras e os outros seres vivos que dependem dele. Em sequência, a dimensão social, que trata o impacto nas pessoas, funcionários e clientes, que são afetados diretamente por determinada solução. Em terceiro, a dimensão econômica, em que se trata dos lucros, manutenção da empresa, produtos sustentáveis que ela provê para a sociedade, entre outros relacionados à

mesma. Todas as diretivas são importantes, e devem ser avaliadas, ao suscitar prioridade se traça um caminho de ordem de avaliação das mesmas.

Para cada dimensão são apontadas diretivas e ações para a sustentabilidade com base nos temas/subtemas propostos por Delai e Takahashi. As diretivas estão em contextos distintos e a prioridade na sua aplicação é variável. A seguir as diretivas, em que a ordem de cada uma representa sua prioridade de aplicação:

1. Dimensão ambiental, diretiva Consumo: a construção e a manutenção de partes de computadores implicam em consumo de água. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; priorizar fabricantes que utilizem menos água para produção e operação de seus produtos; e, correlacionado, usar softwares mais eficientes energeticamente, isto é, que demandem menos processamento, e por consequência, menos necessidade de resfriamento por água;
2. Dimensão ambiental, diretiva Consumo de Material: a construção e manutenção de partes de computadores demandam recursos naturais, renováveis e/ou não renováveis. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; e priorizar fabricantes que priorizem na confecção de seus produtos: matérias-primas renováveis na natureza, ou recicláveis;
3. Dimensão ambiental, diretiva Consumo e Fontes: a construção e manutenção de partes de computadores implica em consumo de recursos energéticos. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; priorizar fabricantes que atentem para a eficiência de consumo energético na construção e operação de seus produtos, atentar a fontes que não produzam gases que tenham impacto na atmosfera, seja em termos de acidificação, ou aquecimento; utilizar hardware cujo resfriamento dependa minimamente de combustíveis fósseis; e, correlacionado, usar softwares mais eficientes energeticamente, isto é, que demandem menos processamento, e por consequência, menos necessidade de resfriamento;
4. Dimensão ambiental, diretiva Ecotoxicidade para a Vida Aquática: a construção e manutenção de partes de computadores implica em produção de metais pesados, tais como: arsênio, cádmio, cromo, cobre, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, níquel, vanádio e zinco. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; e priorizar fabricantes que não produzam, ou produzam minimamente (com descarte apropriado, protegendo os corpos d'água) tais metais pesados;
5. Dimensão ambiental, diretiva Demanda Aquática de Oxigênio: a construção e manutenção de partes de computadores implica em produção, secundária, poluidores que são despejados em copos de água, como: ácido acético, acetona, nitrato de amônio em solução, sulfato de amônio em solução, clorotrifluoroetano, dicloroetano (edc), etileno, etilenoglicol, ion ferroso, metanol, metacrilato de metilo, metileno cloreto, fenol e cloreto de vinila; e em poluição termal, como o uso de água para resfriamento de equipamentos. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; priorizar fabricantes que atentem para uma produção que não contamine a água, como também atentar a fontes energéticas que não demandem água, de corpos d'água para resfriamento, como usinas atômicas; utilizar hardware em que o resfriamento dependa minimamente de trocas de temperatura com corpos d'água; e, correlacionado, usar softwares mais eficientes energeticamente, isto é, que demandem menos processamento, e por consequência, menos necessidade de resfriamento;
6. Dimensão ambiental, diretiva Acidificação Atmosférica: a construção e manutenção de partes de computadores gera emissão de gases para a atmosfera que podem contribuir para a acidificação da mesma. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; priorizar fabricantes que se atentem para o controle na emissão de gases durante o processo de fabricação das peças; utilizar hardware cujo resfriamento dependa minimamente de combustíveis fósseis; e, correlacionado, usar softwares mais eficientes energeticamente, isto é, que demandem menos processamento, e por consequência, menos necessidade de resfriamento;

7. Dimensão ambiental, diretiva Geração de Resíduos: a construção e manutenção de partes de computadores implica em produção de resíduos tóxicos, ao bioma, que são despejados na terra. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; e priorizar fabricantes que não produzam, ou produzam minimamente (com descarte apropriado, em ambiente seguro) tais metais com resíduos tóxicos;
8. Dimensão ambiental, diretiva Emissões e Aquecimento Global: a construção e manutenção de partes de computadores gera emissão de gases para a atmosfera que podem contribuir para o aquecimento global. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; priorizar fabricantes que atentem para o controle na emissão de gases durante o processo de fabricação das peças; utilizar hardware cujo resfriamento dependa minimamente de combustíveis fósseis; e, correlacionado, usar softwares mais eficientes energeticamente, isto é, que demandem menos processamento, e por consequência, menos necessidade de resfriamento;
9. Dimensão ambiental, diretiva Reciclabilidade do Produto: a construção e manutenção de partes de computadores e produção de software demanda o uso de recursos, que pode ser reciclável (reutilizado), ou não. Para ser sustentável, utilizar menos hardware; e priorizar fabricantes que atentem para uso de matérias-primas recicláveis na produção. Também priorizar sistemas de software flexíveis que atendam a diferentes contextos de uso, minimizando a necessidade de atualizações constantes;
10. Dimensão social, diretiva Saúde e Segurança: a construção e manutenção de partes de computadores e de software implicam na posse de dados de clientes. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto deve manter a gestão de saúde e segurança ocupacional dos empregados, dirimindo neles, lesões, doenças ocupacionais, doenças transmissíveis, e impactos de saúde, e promovendo segurança na produtividade dos funcionários;
11. Dimensão social, diretiva Criação de Empregos: a construção e manutenção de partes de computadores e de software dependem de mão-de-obra, e consequente geração de emprego. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto gera empregos, com responsabilidade social;
12. Dimensão social, diretiva Educação, Treinamento e Desenvolvimento: A construção e manutenção de partes de computadores e de software dependem de treinamento da mão-de-obra, para exercício das atividades, atuais e previstas. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto deve promover educação, treinamento e desenvolvimento aos seus funcionários;
13. Dimensão social, diretiva Atração e Retenção de Talentos: a construção e manutenção de partes de computadores e de softwares dependem de mão-de-obra. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto deve gerar satisfação e retenção de sua mão-de-obra;
14. Dimensão social, diretiva Produtos e Etiquetas: a construção e manutenção de partes de computadores e de software implicam na identificação dos produtos. Para ser sustentável, a confecção e/ou manutenção do produto mantém informações necessárias, e quais os impactos na sustentabilidade na sua rotulagem;
15. Dimensão social, diretiva Respeito pela Privacidade do Cliente: a construção e manutenção de partes de computadores e de software implicam na posse de dados de clientes. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto deve manter protegidos e criptografados os dados dos clientes, impedindo o uso indevido desses por funcionários da empresa, ou por ataques externos ao seu sistema;
16. Dimensão econômica, diretiva Pesquisa e Desenvolvimento: a construção e manutenção de partes de computadores tem origem na estratégia das fabricantes de soluções computacionais com intuito de confeccionar produtos mais sustentáveis. Para ser sustentável, empresas, com longa preocupação em pesquisa e desenvolvimento, que contemplem o design sustentável na elaboração de seus produtos;
17. Dimensão econômica, diretiva Governança Corporativa: a construção e manutenção de partes de computadores e softwares implicam na adoção de estratégias, ações, comportamentos, e processos, para a manutenção da empresa responsável. Para ser sustentável, a empresa responsável tem bons resultados financeiros, para a sua manutenção a curto e médio prazo;

18. Dimensão econômica, diretiva Gerenciamento de Crise: a construção e manutenção de partes de computadores implicam na adoção de estratégias, ações, comportamentos, e processos, para a manutenção da empresa responsável. Para ser sustentável, a empresa responsável possui gestão eficaz e prevenção de crises;
19. Dimensão econômica, diretiva Capital Empregado: a construção e manutenção de partes de computadores implicam em investimentos. Para ser sustentável, a empresa responsável mantém investimentos, com retorno sobre o capital empregado;
20. Dimensão econômica, diretiva Lucro e Valor: a construção e manutenção de partes de computadores e software implicam na adoção de estratégias, ações, comportamentos, e processos, para manutenção da empresa responsável. Para ser sustentável, a empresa responsável tem bons resultados financeiros, para sua manutenção a curto e médio prazos; e
21. Dimensão econômica, diretiva Remuneração dos Acionistas: a construção e manutenção de partes de computadores dependem de fabricantes / empresas mantidas por um grupo de acionistas, que precisam estar satisfeitos com seus dividendos. Para ser sustentável, a empresa responsável pela confecção e/ou manutenção do produto deve gerar dividendos que satisfaçam seus acionistas, permitindo a continuidade de investimentos.

Uma vez identificadas as diretivas de sustentabilidade para uma solução computacional, as mesmas foram avaliadas. A escolha dos participantes, tanto para a instanciação do modelo de referência, como para a apreciação das diretivas, seguiu uma amostragem não probabilística. Isto é, a escolha dos elementos da amostra foi feita de forma não aleatória, de maneira justificada e por conveniência, considerando as características particulares do grupo em estudo e do que se investigou. Assim, dois pesquisadores da Computação participaram do processo de avaliação das diretivas, um com perfil mais voltado à pesquisa com hardware e o outro com o perfil mais voltado a pesquisas na IHC.

Os dois pesquisadores entenderam a importância da sustentabilidade em soluções computacionais e consideram que as diretivas apoiam a obtenção da mesma. O primeiro pesquisador cita exemplos de iniciativas rumo à sustentabilidade, como *RoHS* e *Energy Star*, e a produção menos poluidora, como dispositivos de armazenamento de dados de estado sólido – tecnologia mais recente, *versus* disco rígido – uma solução mais antiga. O segundo pesquisador apontou que as diretivas formam um primeiro passo para condução da sustentabilidade em soluções computacionais e pondera sobre o enraizamento dos conceitos da sustentabilidade no mercado, nas empresas e nos *stakeholders*. Para esse pesquisador, é comum um olhar mais voltado para a dimensão ambiental. Sobre as diretrizes em específico, o segundo pesquisador aponta que é importante, além de disponibilizar as diretivas, fornecer exemplos práticos de cada uma para que os profissionais possam entender a aplicação. Por fim, esse pesquisador apontou a importância de especificar em que momentos do ciclo de vida da solução computacional devem ser aplicadas as diretivas e como a empresa pode se beneficiar das mesmas para adquirir um possível selo de sustentabilidade.

4. Considerações Finais

Este trabalho se caracteriza como um primeiro passo visando trazer diretivas para a avaliação de aspectos de sustentabilidade em soluções computacionais. É também um avanço nas pesquisas em torno do primeiro grande desafio do GrandIHCBR, que se constitui, a grosso modo, na busca por ferramentas, métodos, modelos e teorias que

fomentem um comportamento mais sustentável em soluções computacionais. Como trabalhos futuros considera-se importante selecionar soluções computacionais e aplicar as diretivas em uma amostra experimental, dispondo também de um grupo controle, para comparar os resultados. Tal estudo pode indicar o quão efetivas são as diretivas formalizadas.

É preciso também, conforme sugerido pelo segundo pesquisador, caracterizar as etapas do ciclo de vida da solução computacional de modo a entender o que é gasto, produzido e descartado, e o que pode ser reutilizado, tendo em mente as diretivas levantadas. Com base nessa caracterização será possível apontar indicadores que ajudem a avaliar o nível de sustentabilidade da solução computacional de uma empresa. Por fim, o resultado deste trabalho visa apoiar a construção de um modelo viável de avaliação de sustentabilidade em soluções computacionais.

Referências

- Albertao, Felipe; Xiao, Jing; Tian, Chunhua; Lu, Yu; Zhang, Kun Qiu; Liu, Cheng (2010), Measuring the Sustainability Performance of Software Projects, 2010 IEEE 7th International Conference on E-Business Engineering, Shanghai / China.
- Amsel, Nadine; Ibrahim, Zaid; Malik, Amir; Tomlinson, Bill (2011), Toward Sustainable Software Engineering: NIER Track, 2011 33rd International Conference on Software Engineering (ICSE), Honolulu / HI / USA.
- Calero, Coral; Bertoa, Manuel F.; Moraga, MaÁngeles (2013), A Systematic Literature Review for Software Sustainability Measures, 2013 2nd International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS), San Francisco / CA / USA.
- Delai, Ivete; Takahashi, Sérgio (2011), Sustainability Measurement System: A Reference Model Proposal, Social Responsibility Journal, Vol. 7 Issue: 3, pgs. 438-471.
- Grüter, C.; Gysel, P.; Krebs, M.; Meier, C. (2012), EoD Designer: A Computation Tool for Energy Optimization of Data Centers, Zurich / Switzerland.
- Hindle, Abram (2012), Green Mining: A Methodology of Relating Software Change to Power Consumption, 2012 9th IEEE Working Conference on Mining Software Repositories (MSR), Zurich / Switzerland.
- Hindle, Abram (2012), Green Mining: Investigating Power Consumption across Versions, 2012 34th International Conference on Software Engineering (ICSE), Zurich / Switzerland.
- Jiang, Xiaofan (Fred); Dawson-Haggerty, Stephen; Taneja, Jay; Dutta, Prabal; Culler, Dvaid (2008), Creating Greener Homes with IP-based Wireless AC Energy Monitors, SenSys '08 Proceedings of the 6th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, Raleigh / NC / USA, pgs. 451-452.
- Kim, Taeseong; Lee, Yeonhee; Lee, Youngseok (2012), Energy Measurement of Web Service, 2012 Third International Conference on Future Systems: Where Energy, Computing and Communication Meet (e-Energy), Madrid / Spain.

- Marzolla, Moreno (2012), Optimizing the Energy Consumption of Large-Scale Applications, QoSA '12 Proceedings of the 8th international ACM SIGSOFT conference on Quality of Software Architectures, Bertinoro / Italy, pgs. 123-132.
- Neris, Vânia Paula de Almeida; Rodrigues, K. H.; Lima, R. F. (2014), A Systematic Review about Sustainability and Aspects of Human-Computer Interaction. In: 16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2014), 2014, Creta. Human-Computer Interaction. Lecture Notes in Computer Science.
- Neris, Vânia Paula de Almeida; Rodrigues, Kamila Rios da Hora; Silva, Jaguaraci Batista (2012), I GranDIHC-BR - Grandes Desafios de Pesquisa em Interação Humano-Computador no Brasil, cap. Futuro, Cidades Inteligentes e Sustentabilidade, pgs. 16-18.
- Oliveira, Renata Rodrigues de; Neris, Vânia Paula de Almeida; Galindo, Newton A. Junior (2016), Percepções sobre Aspectos de Sustentabilidade na Computação, XV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC).
- ONU (2017), Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.
- Raturi, Ankita; Penzenstadler, Birgit; Tomlinson, Bill; Richardson, Debra (2014), Developing a Sustainability Non-Functional Requirements Framework, GREENS 2014 Proceedings of the 3rd International Workshop on Green and Sustainable Software, Hyderabad / India, pgs. 1-8
- Tan, Kah-Shien; Ahmed, M. Daud; Sundaram, David (2009), Sustainable Warehouse Management, EOMAS '09 Proceedings of the International Workshop on Enterprises & Organizational Modeling and Simulation, Amsterdam / The Netherlands, Artigo No. 8.