

TI VERDE - DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Leandro Ribeiro Lisboa¹, Lillian Gonçalves de Melo², Marino Alves de Faria Filho³

¹Faculdade XP Educação – IGTI

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí

³Faculdade XP Educação – IGTI

leandrolr19753@gmail.com, lillian.melo@ifnmg.edu.br,
marinoaf@uol.com.br

Resumo. O artigo analisa o papel da Tecnologia da Informação Verde (TI Verde) em instituições de ensino como estratégia voltada à sustentabilidade e preservação ambiental. Essa abordagem surge como resposta ao aumento do lixo eletrônico gerado pelo avanço tecnológico. A TI Verde envolve políticas e práticas voltadas à redução de impactos ambientais, como o uso consciente de energia e recursos naturais. A pesquisa, de cunho bibliográfico, qualitativo e descritivo, revela que, apesar de seu potencial, a adesão a essas práticas ainda é limitada. O estudo conclui que a TI Verde pode gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais, além de estimular parcerias com fornecedores e catadores para o descarte adequado de resíduos tecnológicos. Sua adoção mostra-se fundamental para fortalecer a responsabilidade ambiental no ambiente educacional.

Palavras-chave: TI Verde, Sustentabilidade, Informática.

Abstract. This article analyzes the role of Green Information Technology (Green IT) in educational institutions as a strategy focused on sustainability and environmental preservation. This approach emerges as a response to the increase in electronic waste generated by technological advancement. Green IT involves policies and practices aimed at reducing environmental impacts, such as the conscious use of energy and natural resources. The bibliographic, qualitative, and descriptive research reveals that, despite its potential, adoption of these practices remains limited. The study concludes that Green IT can generate economic, social, and environmental benefits, in addition to fostering partnerships with suppliers and collectors for the proper disposal of technological waste. Its adoption proves essential to strengthening environmental responsibility in the educational environment.

Keywords: Green IT, Sustainability, Information Technology.

1. Introdução

O objetivo deste artigo é discutir as contribuições do uso da Tecnologia da Informação, doravante TI, verde em instituições de ensino visando a promoção de práticas de sustentabilidade e preservação ambiental. Com isso, buscou-se compreender as práticas de sustentabilidade que, atualmente, são desenvolvidas por algumas empresas e instituições de ensino que utilizam a TI verde como uma forma de promoção da

sustentabilidade ambiental. A problemática norteadora deste estudo deu-se em tentar compreender: quais práticas de TI Verde são mais recorrentes nas empresas e instituições de ensino? Quais são os principais desafios vivenciados para a implantação de TI verde?

De acordo com Marcelo Benites Gonçalves, em sua monografia em Análises de Sistemas (2009), há necessidade de as empresas desenvolverem softwares sustentáveis, visto que eles possibilitam uma melhoria contínua em seus processos; tais como modelos de Qualidade de Software. Segundo o autor, cerca de 80% dos executivos brasileiros afirmam que as iniciativas de TI verde estão crescendo em importância para as suas organizações; e 43% destacam que no momento de escolher um fornecedor já destacam aqueles que desenvolvem ações de preservação ambiental.

A escolha pelo tema deve-se em perceber que, atualmente, há sérios impactos ambientais no planeta e, com isso, as empresas e instituições de ensino devem realizar projetos que estejam voltados para a responsabilidade ambiental que não causam impactos ao meio ambiente. Além disso, nota-se, baseando-nos em pesquisas recentes, que tal tema ainda é pouco discutido no âmbito acadêmico. A Tecnologia da Informação Verde apresenta uma das principais ferramentas para desencadear práticas sustentáveis e menos prejudiciais ao uso da computação. Possibilitando, desse modo, às empresas e instituições de ensino criar ativos tecnológicos de forma consciente e que proporcionem o equilíbrio entre a sociedade e o meio ambiente.

Destaca-se que a importância deste estudo se deve por considerar que a Tecnologia da Informação Verde não é apenas uma tendência, mas uma necessidade estratégica para as organizações modernas, especialmente as instituições de ensino, que têm um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e na pesquisa de soluções inovadoras. Nesse viés, a TI Verde se apoia em pilares que visam otimizar o uso de recursos e minimizar o impacto ambiental da tecnologia.

Dentre os pilares mais importantes está a eficiência energética. Isso se traduz na escolha de equipamentos de baixo consumo de energia, na virtualização de servidores para reduzir a necessidade de hardware físico e na implementação de políticas de desligamento automático de computadores e monitores. Para uma instituição de ensino, isso significa uma redução significativa nos custos de energia elétrica, liberando recursos que podem ser investidos em outras áreas, como pesquisa e desenvolvimento. Além disso, a diminuição do consumo de energia contribui diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Outro pilar crucial é a gestão do ciclo de vida dos equipamentos. Isso engloba a aquisição de hardware com certificações ambientais, a extensão da vida útil dos equipamentos através de manutenção adequada e upgrades, e o descarte responsável de eletrônicos (e-lixo) por meio de reciclagem ou reuso. Instituições de ensino, que frequentemente atualizam seus laboratórios de informática, podem se beneficiar enormemente de políticas de descarte consciente, evitando que materiais tóxicos poluam o solo e a água e, ao mesmo tempo, cumprindo com a legislação ambiental.

Dessa forma, a otimização de softwares e sistemas também é um componente vital. Desenvolver e utilizar softwares que sejam eficientes em termos de código, que consumam menos recursos de hardware e que permitam a automatização de processos manuais são práticas de TI Verde. Como mencionado por Marcelo Benites Gonçalves (2009), a criação de softwares sustentáveis melhora continuamente os processos organizacionais. Isso é especialmente relevante em ambientes educacionais, tendo em

vista que há sistemas de gestão acadêmica, plataformas de e-learning e ferramentas de pesquisa que podem ser projetados para operar de forma mais leve e econômica. A escolha de soluções baseadas em nuvem, por exemplo, pode reduzir a necessidade de infraestrutura local, consolidando o uso de servidores e, conseqüentemente, o consumo de energia.

Outrossim, a redução do uso de papel é uma contribuição óbvia da TI Verde. A digitalização de documentos, a implementação de sistemas de gestão eletrônica de documentos e a promoção de comunicações digitais reduzem a dependência de papel, diminuindo o desmatamento e o consumo de água e energia associados à sua produção. Em um ambiente acadêmico, em que a geração de documentos é intensa, essa prática não só beneficia o meio ambiente, mas também otimiza processos administrativos e pedagógicos, facilitando o acesso à informação e a colaboração.

Assim, torna-se imprescindível que tais empresas e instituições que desenvolvem softwares os relacionem ao TI verde, embora, segundo especialistas ainda não haja um vasto trabalho de pesquisa e investimentos, é uma prática de suma urgência considerando o atual cenário de devastação ambiental, consumismo e extremo uso das tecnologias para diversos fins. Por isso, esta pesquisa é de suma importância para promover reflexões sobre essas práticas, visando, inclusive, posteriormente, investigar essa prática nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

2. Metodologia

A referida pesquisa é de natureza descritiva em relação aos objetivos. Para a abordagem, baseou-se em pesquisa bibliográfica referente ao uso e importância da TI Verde em empresas e instituições de ensino. É fundamental detalhar os procedimentos adotados para a coleta e análise das informações. Conforme mencionado, esta pesquisa é de natureza descritiva em relação aos seus objetivos, buscando compreender as práticas de TI Verde e os desafios de sua implementação em empresas e instituições de ensino. A abordagem metodológica pautou-se em uma pesquisa bibliográfica sistemática, permitindo a construção de um referencial teórico robusto e a identificação de lacunas no conhecimento existente.

A escolha da pesquisa bibliográfica como método principal justifica-se pela necessidade de reunir e analisar o conhecimento já produzido sobre o tema da TI Verde, bem como suas aplicações em diferentes contextos organizacionais. Este tipo de pesquisa oferece a base para a identificação de conceitos, tendências, benefícios e desafios, consolidando o entendimento do fenômeno investigado.

O recorte temporal para a seleção dos materiais foi estabelecido entre 2019 e 2021. Essa decisão se deu em virtude do avanço significativo na atualização e produção de materiais e práticas voltadas para a área da tecnologia da informação verde nesse período. A rápida evolução tecnológica e a crescente conscientização sobre as questões ambientais impulsionaram a publicação de estudos mais recentes e relevantes, garantindo que a pesquisa se baseie em informações atualizadas e representativas do cenário atual da TI Verde.

A seleção dos artigos foi realizada por meio de uma busca direcionada na plataforma Google Acadêmico. Este repositório foi escolhido por sua abrangência e facilidade de acesso a uma vasta gama de publicações acadêmicas, incluindo artigos

científicos, teses e dissertações. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos materiais foram:

1. Disponibilidade dos artigos com acesso completo e irrestrito.
2. Período das publicações entre 2019 e 2021.
3. Temática por meio de conteúdo diretamente relacionado à TI Verde em empresas e/ou instituições de ensino.

A partir dessa triagem inicial, foram selecionados seis artigos que se alinhavam plenamente aos objetivos e critérios de inclusão da pesquisa. Essa quantidade foi considerada suficiente para proporcionar uma visão representativa das discussões e práticas recentes sobre o tema, embora a revisão de literatura seja um processo contínuo e passível de expansão.

Como referencial teórico, a pesquisa se fundamenta nas contribuições de autores como Morais (2008) e Laville (2009), que oferecem bases conceituais sólidas para a compreensão da TI Verde e seus impactos. Além desses, serão incorporadas as perspectivas de outros autores e pesquisadores que abordam a sustentabilidade, a tecnologia e a gestão ambiental, enriquecendo a discussão e proporcionando uma análise multifacetada do tema. A análise dos dados coletados dos artigos selecionados será de natureza qualitativa, buscando identificar padrões, tendências, práticas comuns e desafios recorrentes na implementação da TI Verde.

3. Revisão Bibliográfica

No contexto do século XXI, imerso por uma crise climática, mais do que nunca a tecnologia da informação (TI) tem sido um motor fundamental do progresso global, transformando indústrias, impulsionando a comunicação e otimizando processos em escalas sem precedentes (Ferreira, 2008). Contudo, o rápido crescimento e a crescente dependência da infraestrutura de TI trouxeram à tona uma questão crucial: o impacto ambiental inerente a essa expansão.

Para Martins (2020), desde o consumo energético massivo de data centers até o descarte inadequado de equipamentos eletrônicos, a pegada ecológica da TI tem se tornado uma preocupação global. Nesse cenário, emerge o conceito de TI Verde (ou Green IT), uma abordagem que busca conciliar o avanço tecnológico com a responsabilidade ambiental, visando minimizar os impactos negativos e promover práticas mais sustentáveis em todo o ciclo de vida dos produtos e serviços de TI, bem como as necessidades urgentes que impulsionam sua implantação em organizações e na sociedade como um todo.

Segundo o autor supracitado, o reconhecimento da necessidade de uma TI mais sustentável não foi um evento isolado, mas sim o resultado de uma crescente conscientização ambiental global que começou a ganhar força nas últimas décadas do século XX. Inicialmente, a preocupação com o impacto ambiental da tecnologia era incipiente, ofuscada pelo entusiasmo com as inovações e os benefícios da era digital.

Nesse viés, a partir da década de 1990 e, mais acentuadamente, nos anos 2000, o aumento exponencial no uso de computadores pessoais, servidores, redes e dispositivos móveis começou a evidenciar os custos ambientais dessa evolução. O consumo de energia elétrica por data centers e escritórios, a produção de resíduos eletrônicos (e-lixo) e a

extração de recursos naturais para a fabricação de componentes tornaram-se pontos de atenção.

Os Relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas): Embora amplos, esses relatórios têm sido cruciais para a sensibilização sobre a urgência das mudanças climáticas, motivando setores a buscar soluções sustentáveis, incluindo a TI. Segundo Ferreira (2008), a primeira década do século XXI viu o termo "TI Verde" ganhar proeminência. Empresas e governos começaram a explorar maneiras de reduzir o consumo de energia, otimizar o uso de hardware e software e gerenciar o descarte de eletrônicos de forma mais responsável. Iniciativas como a busca por certificações energéticas para equipamentos de TI tornaram-se mais comuns.

Ferreira (2008) argumenta que a crescente preocupação com o meio ambiente e a pressão regulatória, aliadas à busca por eficiência operacional e redução de custos, foram os principais motores para a adoção de práticas de TI Verde. Antes desse período, a TI era frequentemente vista como um setor neutro ou até mesmo benéfico para o meio ambiente, devido à sua capacidade de otimizar processos e reduzir a necessidade de viagens e papel. No entanto, o aumento exponencial no consumo de energia por data centers, a proliferação de equipamentos eletrônicos e o problema do lixo eletrônico começaram a desafiar essa percepção.

Apesar do entusiasmo inicial e da crescente conscientização, a implementação efetiva da TI Verde enfrentou e ainda enfrenta diversos desafios. Ferreira (2008) destaca que um dos principais obstáculos era a falta de métricas padronizadas para medir o impacto ambiental da TI. Sem padrões claros, era difícil para as organizações avaliar o progresso de suas iniciativas e justificar os investimentos em soluções mais sustentáveis. A complexidade da cadeia de suprimentos da TI, que envolve a fabricação de componentes, a montagem, a distribuição e o descarte, também apresentava um desafio significativo. O autor enfatiza que a responsabilidade ambiental não poderia recair apenas sobre o usuário final, mas deveria ser compartilhada por todos os elos da cadeia.

Outro ponto crucial levantado por Ferreira (2008) é a necessidade de mudança cultural dentro das organizações. A TI Verde não é apenas uma questão tecnológica; é uma mudança de paradigma que exige o engajamento de todos os colaboradores, desde a alta gerência até os técnicos de TI. É preciso que haja uma compreensão clara dos benefícios, tanto ambientais quanto econômicos, da adoção de práticas sustentáveis. Isso inclui a conscientização sobre o ciclo de vida dos equipamentos, a importância da virtualização para a redução do consumo de energia e a necessidade de descarte responsável.

No entanto, Ferreira (2008) também aponta para as grandes oportunidades que a TI Verde representava. Além da óbvia contribuição para a sustentabilidade ambiental, a adoção de práticas verdes podia gerar economias significativas de custos por meio da redução do consumo de energia e da otimização de infraestrutura. A imagem da empresa também podia ser beneficiada, atraindo consumidores e investidores que valorizavam a responsabilidade socioambiental. A busca por certificações energéticas, como o Energy Star para equipamentos de TI, mencionada no trecho original, tornou-se um reflexo dessa tendência, sinalizando um compromisso com a eficiência.

Em 2010, quando a discussão sobre a sustentabilidade e os impactos ambientais da tecnologia ainda ganhava força, o trabalho de Silva (2010) emerge como uma análise perspicaz e contundente sobre o crescente problema do lixo eletrônico, ou e-lixo. Naquele

período, a proliferação de dispositivos eletrônicos, desde computadores e celulares até televisores e eletrodomésticos, já era um fenômeno global. No entanto, a preocupação com o destino final desses equipamentos, uma vez que se tornavam obsoletos ou danificados, ainda era incipiente para grande parte da sociedade e, muitas vezes, ignorada pelas políticas públicas e empresariais.

Silva (2010) não se limita a descrever o problema, o autor aprofunda a discussão ao abordar as diversas dimensões do lixo eletrônico. O autor explora a complexidade da composição desses resíduos, destacando a presença de substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio, cádmio e bromo, que, quando descartadas incorretamente, podem contaminar o solo, a água e o ar, representando sérios riscos para a saúde humana e para os ecossistemas. A cada novo lançamento de um aparelho mais moderno, a vida útil dos antecessores diminui, impulsionando um ciclo de consumo e descarte cada vez mais acelerado. Silva (2010) já alertava para a "obsolescência programada" como um fator crítico nesse processo, uma estratégia de design que visa encurtar a vida útil de produtos para estimular novas compras.

A Organização das Nações Unidas (ONU) tem se posicionado de forma cada vez mais veemente sobre a crescente crise do lixo eletrônico, ou e-lixo, reconhecendo-o como um dos desafios ambientais mais complexos e urgentes da nossa era. A produção desenfreada de dispositivos eletrônicos, aliada a ciclos de vida cada vez mais curtos e a métodos de descarte inadequados, tem gerado montanhas de resíduos que não apenas poluem o meio ambiente, mas também representam sérios riscos à saúde humana e esgotam recursos naturais valiosos.

A preocupação da ONU não é recente. Ao longo dos anos, diversas agências e programas da organização, como a União Internacional de Telecomunicações (UIT), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Universidade das Nações Unidas (UNU), têm publicado relatórios e lançado iniciativas para mapear a dimensão do problema e propor soluções. A essência da proposta da ONU reside na compreensão de que o lixo eletrônico não é apenas um problema ambiental, mas também um desafio econômico e social que exige uma abordagem multifacetada e colaborativa em escala global.

Um dos pilares da abordagem da ONU é a promoção da economia circular. Em vez do modelo linear de "extrair, produzir, usar e descartar", a ONU defende um sistema onde os recursos são mantidos em uso pelo maior tempo possível. Isso significa projetar produtos eletrônicos para serem mais duráveis, fáceis de reparar, reutilizar e reciclar. A ideia é transformar o "lixo" em um recurso, recuperando metais preciosos e outros materiais valiosos que, de outra forma, seriam perdidos ou descartados de forma prejudicial. A ONU enfatiza que a transição para a economia circular pode gerar não apenas benefícios ambientais significativos, mas também novas oportunidades de negócios e empregos verdes.

Além disso, a ONU tem sido uma voz ativa na defesa de legislações robustas e fiscalização eficaz para o gerenciamento do lixo eletrônico. Isso inclui a implementação da Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), que obriga fabricantes e importadores a se responsabilizar pelo ciclo de vida completo de seus produtos, desde a fabricação até a coleta e o descarte adequados. Dessa forma, a organização incentiva os países a adotarem políticas que promovam a coleta seletiva, a reciclagem segura e a erradicação

do comércio ilegal de resíduos eletrônicos, que muitas vezes resulta no descarte perigoso em nações em desenvolvimento.

A necessidade de adotar práticas de TI Verde não é apenas uma questão de responsabilidade social corporativa; ela é impulsionada por uma série de urgências econômicas, regulatórias, ambientais e de reputação que afetam diretamente as organizações. Nesse contexto, destaca-se que o impacto ambiental da TI é multifacetado e crescente, haja vista que o consumo de energia, as emissões de gases de efeito estufa (GEE), a geração de lixo eletrônico e a demanda por recursos naturais finitos são questões críticas que exigem atenção imediata.

Ortega (2011) aborda que os data centers e infraestruturas de rede são grandes consumidores de energia elétrica, muitas vezes proveniente de fontes não renováveis, contribuindo significativamente para as emissões de carbono. Nesse contexto, torna-se urgente o uso de TI Verde, que busca otimizar a eficiência energética através de virtualização, resfriamento eficiente e uso de energias renováveis.

No entanto, a urgência da TI Verde não se resume apenas à pegada de carbono dos data centers. Há uma dimensão econômica inegável, conforme os estudos de Martins (2020). O aumento constante dos custos de energia, somado à imprevisibilidade dos mercados energéticos, transforma a eficiência em uma questão de sobrevivência financeira para muitas organizações. Investir em soluções que reduzam o consumo de energia da TI não é apenas ecologicamente correto, mas também financeiramente inteligente. Assim, a economia gerada pela diminuição das contas de eletricidade pode ser substancial, liberando recursos para outros investimentos estratégicos.

Além disso, a pressão regulatória tem se intensificado globalmente. Governos e organismos internacionais estão cada vez mais atentos ao impacto ambiental das empresas, e a TI, sendo um setor onipresente, não escapa a esse escrutínio. Normas de eficiência energética para equipamentos, legislações sobre o descarte de lixo eletrônico e a exigência de relatórios de sustentabilidade são apenas alguns exemplos de como o arcabouço legal tem impellido as organizações a se adaptarem. Descumprir essas regulamentações pode resultar em multas pesadas, interdições e danos irreparáveis à reputação.

Para Ferreira (2008) discussão sobre as urgências que impulsionam a TI Verde seria incompleta sem abordar o lado sombrio do consumo tecnológico: o lixo eletrônico. Enquanto Ortega (2011) focava no consumo energético, o problema do descarte de equipamentos eletrônicos obsoletos ou danificados é igualmente alarmante. Ferreira (2008) destaca a obsolescência programada, a rápida evolução tecnológica e a cultura do "descartável" que resultam em montanhas de resíduos que contêm substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio e cádmio, capazes de contaminar solos, águas subterrâneas e até mesmo o ar, com consequências devastadoras para a saúde humana e para os ecossistemas.

Nesse contexto, nota-se a incapacidade de gerenciar adequadamente esse fluxo de e-lixo não é apenas um problema ambiental, mas também um risco de reputação significativo para as empresas. Consumidores e investidores estão cada vez mais conscientes e exigentes em relação às práticas de sustentabilidade das companhias. Uma empresa que não demonstra responsabilidade em relação ao ciclo de vida de seus produtos, incluindo o descarte final, pode sofrer boicotes, perda de confiança e uma imagem negativa que leva anos para ser reconstruída. A TI Verde, nesse contexto, oferece

um caminho para implementar políticas de reciclagem e reutilização, alinhando a empresa com os valores de sustentabilidade que o mercado e a sociedade esperam (Ferreira, 2008).

Para Gonçalves (2009), outra urgência, muitas vezes subestimada, é a demanda por recursos naturais finitos. Nesse contexto nota-se que a produção de equipamentos eletrônicos depende de uma vasta gama de minerais, muitos dos quais são raros, extraídos em condições ambientais e sociais questionáveis. A exploração contínua desses recursos levanta preocupações sobre a sustentabilidade a longo prazo da indústria de TI. Assim, TI Verde, ao promover a durabilidade dos equipamentos, a reutilização e a reciclagem, contribui para reduzir a pressão sobre esses recursos, diminuindo a necessidade de novas extrações e fomentando uma economia mais circular e resiliente.

Em suma, a transição para a TI Verde é uma resposta estratégica e essencial a um conjunto de pressões interconectadas. Não se trata de uma moda passageira, mas de uma adaptação fundamental para as organizações que desejam garantir sua viabilidade econômica, cumprir suas obrigações regulatórias, proteger o meio ambiente e preservar sua reputação em um mundo cada vez mais consciente das interconexões entre tecnologia, economia e natureza.

A urgência de adotar a TI Verde também se manifesta no âmbito da governança corporativa e da inovação. Empresas que ignoram as crescentes demandas por sustentabilidade correm o risco de serem vistas como antiquadas e, pior, irresponsáveis. Em um cenário em que os investidores institucionais e fundos de pensão cada vez mais consideram critérios ESG (Ambientais, Sociais e de Governança) em suas decisões de investimento, a falta de uma estratégia de TI Verde robusta pode impactar negativamente a capacidade de uma empresa atrair capital e manter sua competitividade (Martin, Lunardi e Dolci, 2020).

Além disso, a própria necessidade de se adaptar a essas urgências impulsiona a inovação, principalmente pela busca por soluções de eficiência energética, por exemplo, levou ao desenvolvimento de novas arquiteturas de hardware, softwares de gerenciamento de energia mais sofisticados e sistemas de resfriamento mais eficientes, como o resfriamento líquido para data centers. Destaca-se, também, a pressão para reduzir o lixo eletrônico estimula a pesquisa em novos materiais, em processos de reciclagem mais eficazes e em modelos de negócios baseados na "servitização" de equipamentos, em que o foco se desloca da venda para a prestação de serviços, incentivando a manutenção e a longevidade dos aparelhos.

Gonçalves (2009) aborda sobre as grandes empresas de tecnologia que estão na vanguarda dessa transição, buscando tornar seus data centers 100% alimentados por energia solar, eólica e hidrelétrica. Isso não apenas reduz sua pegada de carbono, mas também as torna menos vulneráveis à volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis e mais resilientes às mudanças climáticas.

Com base nos fatos relatados nota que a TI Verde deixa de ser uma iniciativa isolada de um departamento e se integra à visão estratégica da organização. Ela se torna um pilar para a resiliência dos negócios, a atração de talentos (já que profissionais mais jovens buscam empregadores com forte compromisso ambiental), a conformidade regulatória e a diferenciação no mercado. As urgências descritas por Ortega (2011) e amplificadas pelas crescentes preocupações com o lixo eletrônico e a escassez de recursos transformam a TI Verde de uma "boa prática" em uma necessidade incontestável para qualquer organização que aspire à longevidade e ao sucesso no século XXI.

4. Discussão dos resultados

Conforme citado anteriormente, este estudo é bibliográfico. Adotou-se para investigação seis artigos científicos publicados nos anos de 2019, 2020 e 2021 que investigaram a importância da TI Verde. Na pesquisa de Utyiama et al. (2019) o objetivo foi investigar as principais práticas de descarte de equipamentos eletrônicos, de forma a incentivar as empresas de TI verde a investirem em projetos que incentivem esse descarte correto. Para isso, o autor realizou entrevistas com empresas que desenvolvem software na região industrial de Manaus.

Cabe citar, inicialmente, que se entende que a TI verde envolve o cumprimento da legislação, desenvolvimento de ações e projetos que visem a eliminação e/ou diminuição da agressão ao meio ambiente. Dentre essas ações pode-se citar, por exemplo, o descarte de lixo eletrônico que, com o advento do uso a cada dia mais acelerado da tecnologia, tem gerado também um alto nível de produção e também de descarte, além do consumo de energia (REISSWITZ, 2012; PINTO e SAVOINE, 2011).

Utyiama et al. (2019) alerta que o lixo eletrônico não deve ser descartado em lixo comum, pois diversas peças contêm resíduos químicos causadores de degradação ambiental direta ao meio ambiente, como contaminação do solo e dos lençóis freáticos, além de contribuir também para outras doenças a serem desenvolvidas em animais e humanos. O autor cita os estudos da especialista em gestão ambiental do Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (Cedir), pertencente ao Centro de Computação Eletrônica (CEE) da Universidade de São Paulo (USP), Neuci Bicov, “todo produto que apresente bateria, placa eletrônica ou fio possui algum material contaminante”. Outrossim, nos computadores há também o mercúrio que pode deteriorar o sistema nervoso, causar perturbações, tremores, demência e câncer nas pessoas (GERBASE e OLIVEIRA, 2012).

Ao realizar pesquisa em duas empresas da região de Manaus, Utyiama et al. (2019) percebeu que os gestores demonstraram poucos conhecimentos sobre as práticas de preservação ambiental, embora saibam da sua importância e da necessidade de desenvolver campanhas sobre isso com os colaboradores e pensar em formas de melhorar as práticas da empresa.

Ao investigar em sites de empresas que dizem que realizam práticas de sustentabilidade, o autor identificou 15 práticas de sustentabilidade adotadas pelas empresas de TI e 32 técnicas de reciclagem de computadores e periféricos eletrônicos obsoletos. Percebeu-se o desenvolvimento de algumas práticas de sustentabilidade, dentre elas: reaproveitamento de água; adoção de uma política de energia renovável; desenvolvimento de projetos que visam incentivar a consciência sustentável, a educação socioambiental e a reciclagem de resíduos; palestras sobre sustentabilidade aos seus funcionário/comunidade e construções sustentáveis. Utyiama et al. (2019) afirma que 32 publicações pesquisadas citam técnicas utilizadas para a reciclagem de computadores e periféricos eletrônicos obsoletos, dentre elas, pode-se citar: condicionamento do material eletrônico coletado, fabricação de peças de decoração (quadros, porta-retratos, vasos e chaveiros) e bijuterias (colar, anéis e pulseiras), artigos de arte, dentre outros.

Na pesquisa intitulada - TI verde: processo de gestão de descarte de equipamentos de informática na Universidade Federal de Rondônia - de Batista e Souza (2019), o foco da discussão é o lixo eletrônico e a importância das instituições de ensino na promoção

de saberes e ações que visem esse destacar correto. Os autores definem o lixo eletrônico como os resíduos obsoletos de dispositivos eletroeletrônicos, dentre eles, pode-se citar: aparelhos de som, televisores, geladeiras, aparelhos eletrônicos em geral e equipamentos de TI. Quando esses equipamentos são descartados de forma incorreta (no lixo comum), eles ficam expostos ao sol e à chuva, como são formados por metais e plásticos, muitos possuem materiais tóxicos e prejudiciais à saúde, como: cádmio, mercúrio, arsênio, chumbo, cloreto de amônia, manganês, zinco, berílio, retardantes de chamas, cobre, bário, alumínio, cromo, prata, pvc, antimônio, bismuto, selênio, vanádio, dentre outros.

Ao tentar compreender o processo de gestão de descarte responsável de equipamentos de informática na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus José Ribeiro Filho, Batista e Souza (2019) aplicaram um questionário semiestruturado para 21 servidores da universidade. Os autores afirmam que o processo de descarte de equipamentos de TI recebe o nome de desfazimento e que esse procedimento de destacar foi orientado pelo Ministério de Planejamento, Logística e Gestão – MPOG, e se baseia no artigo 17, inciso II, alínea “a” da Lei n. 8.666 de 21/06/1993, e no artigo 15 da Lei n. 99.658 de 30/10/1990. Sabe-se que os editais de desfazimento de bens referem-se apenas aos permanentes, tais como: computadores, impressoras e monitores. Infere-se que os periféricos e suplementos que são categorizados como material de consumo se tornam lixo eletrônico.

Ao final da pesquisa, Batista e Souza (2019) identificaram que a UNIR realizava a manutenção nos aparelhos tecnológicos, entretanto percebeu-se carência quanto às informações sobre reciclagem dos equipamentos eletrônicos de informática. Assim, constatou-se que a gestão de equipamentos eletrônicos de informática carece da aplicação dos métodos sustentáveis recomendados pela TI Verde. É importante destacar também que os autores sugerem os modelos de gestão 3 R's da TI Verde (MURUGESAN, 2008). Nesses modelos, a instituição pode ampliar o tempo de uso dos equipamentos, repassar para o fabricante dos equipamentos a responsabilidade pela destinação final de seus produtos, utilizando-se para isto a logística reversa conforme as Leis n. 2138/2014, e 12.305/2010. Além disso, firmar parcerias com associações de catadores para coleta seletiva e reciclagem. Por fim, institucionalizar políticas institucionais de conscientização para os servidores e comunidade escolar.

Na pesquisa de Martins (2020), intitulada - TI VERDE E O MEIO AMBIENTE: benefícios para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos - o autor enaltece a importância das instituições tanto públicas como privadas no desenvolvimento de ações sustentáveis. O autor cita as seguintes possibilidades: Green IT (TI Verde), normas europeias, selos e certificações de equipamentos focados na sustentabilidade do meio ambiente, publicações nacionais e certificação profissional em TI Verde. Os processos, a seguir, são imprescindíveis para o desenvolvimento da TI verde, segundo Murugesan e Gangadharan (2012) apud Martim (2020):

Figura 1: Processos no desenvolvimento da TI Verde



Fonte: Murugesan e Gangadharan (2012)

Adotar uma política de consciência verde é necessário, porém consiste numa ruptura às práticas de degradação ambiental que há anos são desenvolvidas pela humanidade. Para preservar o meio ambiente e, conseqüentemente, a existência humana, mudanças e ações sustentáveis são inevitáveis.

Martins (2019) também cita os critérios para avaliar a sustentabilidade dos produtos, primeiramente, o Energy Star, cujo objetivo é incentivar os fabricantes a produzirem ou disponibilizarem produtos com baixo consumo de energia, preservando o meio ambiente e reduzindo emissões de dióxido de carbono. Em seguida, há o 80 PLUS que é um programa de certificação pertencente ao programa Energy Star, responsável pela introdução de recursos como o desligamento do monitor e dos discos rígidos depois de algum tempo de inatividade.

O terceiro critério é o padrão EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool – Ferramenta de Avaliação Ambiental de Produtos Eletrônicos), avalia produtos eletrônicos em 23 critérios requeridos e 28 critérios opcionais, que são agrupados em oito categorias de desempenho (redução / Eliminação de matérias sensíveis ao meio ambiente; declaração da lista de materiais plásticos que compõem o produto; designação dos componentes para reciclagem ao final da vida útil do produto; garantias de longevidade dos componentes do produto; conservação de energia; gerenciamento da reciclagem dos componentes; avaliação corporativa com base na ISO 14001:2015 (Sistemas de Gestão Ambiental — Requisitos com orientações para uso); e empacotamento. Por fim, a logística reversa (LR) cujo foco está na movimentação e gestão de produtos e recursos que vai desde o ponto de consumo até o ponto de origem a fim de recuperar valor ou realizar o descarte adequado do produto.

De modo semelhante ao que foi citado na pesquisa de Batista e Souza (2019), Martins (2020) cita ações de empresas que desenvolvem práticas sustentáveis, dentre elas, há a Weee.do que é uma empresa localizada em Santa Catarina que trabalha com a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, essa empresa possui vários pontos de coleta e desenvolve projetos que incentivam o reuso desses equipamentos. Há o projeto da

Universidade de São Paulo (USP), que por intermédio do Centro de Computação Eletrônica (CCE) que inaugurou o CEDIR (Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática). O Centro objetiva fazer uma triagem dos equipamentos eletroeletrônicos descartados tanto pela comunidade da USP como por pessoas físicas, verificando a possibilidade de sua recuperação e reutilização por projetos sociais. Os componentes não utilizados são encaminhados para grupos de reciclagem, além disso, o CEDIR promove o treinamento de catadores, executando a inclusão no processo de logística reversa da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Na pesquisa de Queirós, Méxas e Drumond (2020), intitulada Tecnologia da informação verde nas organizações: uma visão estratégica, os autores destacam a importância da TI verde nas organizações e criaram um quadro com as melhores práticas, observe:

Figura 2: Práticas de TI Verde

Prática	Descrição
Virtualização de servidores	Técnica que permite rodar, simultaneamente, mais de um sistema operacional em um único equipamento físico. Isto diminui a capacidade de processamento ociosa em cada servidor e permite reduzir o tamanho (número de servidores) e, portanto, o consumo dos data centers. Embora essa inovação tenha sido desenvolvida originalmente para poupar custos com máquinas e espaço físico, ela se revelou vantajosa também para a economia de recursos naturais.
Paperless	Identificação e eliminação do uso utilização desnecessário de papel.
Descarte correto do lixo eletrônico	Descarte que não impacte o ambiente, encaminhando o processo correto de retirada dos materiais tóxicos destes equipamentos.
Reutilização da água	Reutilização de água do resfriamento do datacenter para o uso na empresa.
Gestão de equipamentos	Baseada em função e recursos, a gestão de equipamentos adequa os seus recursos a sua função na empresa, aumentando o seu ciclo de vida na empresa e otimizando as compras de novos equipamentos.
Gestão de energia	Práticas de economia de energia, como a implantação de descanso de tela, modo standby by e hibernação do equipamento, com o objetivo de economizar energia
Energia alternativa	Utilização de energias alternativas para abastecimento dos datacenters e equipamentos utilizados nas organizações.

Fonte: Queirós, Méxas e Drumond (2020, p. 106)

Várias práticas presentes no quadro (1) foram objeto de discussão nos artigos supracitados anteriormente. Queirós, Méxas e Drumond (2020) realizaram uma pesquisa com aplicação de questionário a 97 pessoas (gerentes, coordenadores e especialistas de TI) de duas grandes instituições brasileiras localizadas no Rio de Janeiro. Ao analisar os resultados, os autores perceberam que, das empresas investigadas, a maioria possui planejamento estratégico e itens relacionados à sustentabilidade. No entanto, mais da metade não conhecem as práticas de TI verde.

Dentre as práticas utilizadas, conforme a pesquisa de Queirós, Méxas e Drumond (2020), as mais recorrentes foram a gestão de energia e a virtualização de servidores. Outrossim, foi possível verificar que, embora as metas ambientais estão incluídas no planejamento estratégico das instituições, há uma proporção significativa que não tratam a TI Verde como um item estratégico, ou seja, não criam metas para isso. Assim, a TI Verde não é abordada de maneira estratégica.

Ao investigar pesquisas de 2021, cabe citar os estudos de Costa e Silva (2021), intitulado A importância da Tecnologia da Informação (TI) verde no hodierno diferencial competitivo nas empresas do mercado atual, por meio de pesquisa bibliográfica os autores enfatizam a importância da TI verde e citam algumas atitudes importantes, dentre elas: redução de papel (escritório sem papel), videoconferência em vez de viagens para reuniões, adotar políticas que exigem compras de fornecedores "verdes" e o descarte com esses mesmos fornecedores, uso de energia "inteligente", desktops virtualizados. Além

disso, equipamentos tecnológicos como celulares, computadores, impressoras, cartuchos, dentre outros, podem ser tornar produtos de inclusão digital quando são devidamente descartados

Costa e Silva (2021) citam quatro fatores de grande motivação ao uso da TI Verde que envolvem a Eco Eficiência - relacionado ao fornecimento de bens e serviços, Eco-Resonsivo - possibilitar respostas adequadas em curto espaço de tempo, atendendo às diversas demandas, Eco-Eficácia -originando um sistema de valores e crenças para que a instituição possa alcançar resultados sociopolíticos; e Eco-Legitimidade que engloba o conjunto de ações sustentáveis adotadas por uma empresa em virtude das pressões políticas e sociais. Assim, medidas de implantação de uma gestão verde são imprescindíveis considerando os benefícios e a necessidade social dessa prática.

Na pesquisa de Martin, Lunardi e Dolci (2021), que visou compreender as mudanças ocorridas nos processos organizacionais ao aderirem práticas sustentáveis. Para isso, os autores realizaram um estudo de campo com 88 instituições públicas e privadas, localizadas na região sul do Rio Grande do Sul. O público respondente era composto por gerentes, supervisores, coordenadores de TI e proprietários de empresas.

Após a validação estatística, Martin, Lunardi e Dolci (2021) citam 05 motivadores, a saber: motivação ambiental ou ecoquidade - refere-se à responsabilidade social na preservação ambiental e esperança de futuro para as próximas gerações; motivação mercadológica ou ecorresponsividade - que se refere às oportunidades verdes, atendendo as demandas do mercado, inclusive a ações desempenhadas pelos concorrentes. É uma motivação que contribui para que a empresa insira inovação no mercado, o que contribui na tomada de decisão dos clientes; motivação legal ou ecolegitimidade - refere-se ao comportamento de adoção de práticas de TI Verde, sendo influenciado pelas regulamentações governamentais e demais normas profissionais, que influenciam consideravelmente as empresas a adotarem essas práticas, mesmo que, anteriormente, não tinham interesse; motivação estratégica ou ecoeficácia - referente à adoção de práticas e iniciativas de TI Verde pautadas no sistema de valores e crenças que a organização almeja alcançar em relação a resultados sociopolíticos; por fim, a motivação econômica ou ecoeficiência - que consiste na adoção de práticas ambientalmente corretas visando objetivos de melhorias no resultado econômico, inclusive, redução de custos operacionais e de consumo.

Ao investigar o principal motivo que as instituições investigadas adotaram a TI verde, Martin, Lunardi e Dolci (2021) afirmam que está associado ao fator econômico, pois ocasiona redução de custos e a necessidade de reduzir a quantidade de insumos. Esse fator enfatiza ainda mais a importância da inclusão da gestão de TI verde nas instituições tanto públicas quanto privadas, pois além de contribuir para a preservação do ambiente para futuras gerações, causa melhorias na qualidade de vida e benefícios econômicos.

5. Considerações finais

Este estudo bibliográfico permitiu uma imersão valiosa em seis pesquisas focadas na importância e nas práticas da Tecnologia da Informação Verde (TI Verde), tanto em instituições públicas quanto privadas. A análise desses trabalhos revelou um consenso claro: a necessidade urgente de expandir e aprimorar essas práticas nas mais diversas organizações. Mais do que isso, as pesquisas mapearam uma série de possibilidades

concretas de implementação e os inúmeros benefícios que delas advêm, reforçando que a TI Verde não é apenas uma tendência, mas um imperativo estratégico para o futuro.

Um dos pontos mais salientes levantados foi a gestão da TI com foco na sustentabilidade. Isso inclui, primeiramente, a negociação estratégica com fornecedores de TI verde. Não se trata apenas de adquirir produtos e serviços, mas de estabelecer parcerias com empresas que compartilham do compromisso ambiental, priorizando aquelas que oferecem soluções eficientes e, crucialmente, que se responsabilizam pelo descarte correto do lixo eletrônico. Essa abordagem vai além da simples compra, transformando a cadeia de suprimentos em um ecossistema mais sustentável.

Além disso, as pesquisas destacaram a importância de ações de inclusão digital que, de forma inovadora, se conectam à sustentabilidade. Iniciativas que promovem o acesso à tecnologia e, ao mesmo tempo, estabelecem parcerias com cooperativas ou catadores de materiais recicláveis para o reaproveitamento de insumos eletrônicos obsoletos demonstram um ciclo virtuoso. Essa sinergia não só reduz o impacto ambiental do descarte inadequado, mas também gera valor social e econômico para comunidades, impulsionando a economia circular.

A sensibilização e o engajamento da equipe surgiram como elementos fundamentais para o sucesso de qualquer iniciativa de TI Verde. De nada adianta investir em tecnologias e processos se as pessoas não estiverem alinhadas com os objetivos de sustentabilidade. Treinamentos, campanhas de conscientização e a criação de uma cultura organizacional que valorize a responsabilidade ambiental são essenciais para que as práticas de TI Verde se tornem parte integrante do dia a dia da instituição. Complementarmente, a inclusão de fontes de energias renováveis para alimentar a infraestrutura de TI representa um passo significativo em direção à neutralidade de carbono, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e fortalecendo o compromisso ambiental da organização.

A análise dos artigos também apontou para a relevância do envolvimento com ações sociais mais amplas, que extrapolam o ambiente corporativo e visam adotar uma política de sustentabilidade abrangente na empresa. Isso significa ir além das operações internas de TI e integrar valores e crenças de preservação ambiental em todas as esferas da organização, desde a tomada de decisões estratégicas até as interações com a comunidade. Essa abordagem holística não apenas aprimora a reputação da instituição, mas também cria um impacto positivo duradouro no meio ambiente e na sociedade.

Com base nos achados, é evidente que a implantação da TI Verde oferece uma gama diversificada de benefícios para empresas e demais instituições. Estes vão desde a redução de custos operacionais (devido ao menor consumo de energia e otimização de recursos) até a melhora da imagem corporativa (atraindo consumidores e talentos que valorizam a sustentabilidade), passando pela conformidade com regulamentações ambientais e a promoção de um ambiente de trabalho mais consciente e engajado. A TI Verde, portanto, se posiciona como um vetor de inovação e competitividade, alinhando eficiência tecnológica com responsabilidade socioambiental.

Acredita-se firmemente que este estudo bibliográfico, ao consolidar o conhecimento existente sobre as práticas e os benefícios da TI Verde, possa contribuir significativamente para futuras investigações. Ele serve como um ponto de partida sólido para quem busca aprofundar a compreensão sobre o tema, oferecendo um panorama das estratégias mais eficazes e dos resultados esperados. Mais especificamente, esperamos

que esta pesquisa inspire e direcione a implementação de ações de TI Verde em contextos sociais diversos, como os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

6. Referências

- BATISTA, Washington da Silva; SOUZA, Mariluce Paes de Souza. TI verde: processo de gestão de descarte de equipamentos de informática na Universidade Federal de Rondônia. **REUNIR: Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade**, v. 9 n. 2 (2019). Disponível em: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/799>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.
- FERREIRA, J. M. B.; FERREIRA, A. C. A Sociedade da Informação e o Desafio da Sucata Eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 157–170, 2008.
- GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422012000700035&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 de nov. 2021.
- GONÇALVES, Marcelo Benites. **Um Modelo de Referência para Desenvolvimento de Software Sustentável**. (2009). **Monografia** (Graduação em Análise de Sistemas), pela Faculdade de Computação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- MARTIN, Aline Schmidt San;LUNARDI,Guilherme Lerch Lunardi; DOLCI,Décio Bittencourt Dolci. Motivos que influenciam as organizações na adoção de práticas sustentáveis na área de Tecnologia da Informação. **Revista De Tecnologia Aplicada (RTA)** v.9, n.3, set-dez 2020, p. 3-19.Disponível em: <http://cc.faccamp.br/ojs-2.4.8-2/index.php/RTA/article/viewFile/1550/732>. Acesso em: 18 de nov. de 2021.
- MARTINS, João Batista Martins. TI VERDE E O MEIO AMBIENTE: benefícios para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. **Revista Humanidades & Tecnologia (FINOM)**, v. 24, n. 1 (2020). Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/1232.Acesso em: 21 de nov. de 2021.
- MURUGESAN, S. Harnessing green IT: Principles and practices. **IT Professional**, v. 10, n. 1, 2008.
- Nações Unidas do Brasil (2019). **Mundo produzirá 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano até 2050, diz relatório**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/82240-mundo-produzir%C3%A1-120-milh%C3%B5es-de-toneladas-de-lixo-eletr%C3%B4nico-por-ano-at%C3%A9-2050-diz-relat%C3%B3rio>>. Acesso em: 25 de jun. de 2025.
- ORTEGA, M. (2011). **TI Verde: tecnologia que respeita o Meio Ambiente**. Revista Meio Ambiente Industrial, São Paulo. Disponível em: <<https://mudeparaverde.wordpress.com/2013/07/02/ti-verde-tecnologia-que-respeita-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 de jun. de 2025.
- QUEIRÓS, Raul Carlos Costa; MÉXAS, Mirian Picinini; DRUMOND, Geisa Meirelles Drumond. Tecnologia da Informação Verde nas Organizações: uma Visão

Estratégica. **Revista S&G** - UFF, v. 15 (2020). Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1629/1282>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.

SILVA, Fábio Manoel Gomes da; COSTA, Enderson Nazareno da Silva. A importância da Tecnologia da Informação (Ti) Verde no hodierno diferencial competitivo nas empresas do mercado atual. **Revista Artigos.Com**, Volume 26 - 2021, p. 1-7.

UTYIAMA, Daniel Mitsuaki. Tecnologia da Informação Verde: Um Estudo sobre o Impacto da Computação no Meio Ambiente. **Anais da XIII Semana Nacional de Ciência e Tecnologia ICET/UFAM e IFAM** - 21 a 26 de outubro de 2019 – Itacoatiara/Amazonas. Disponível em: <https://www.sncticet.ufam.edu.br/2019/downloads/sessao7/sessao7-apresentacao5-artigo.pdf>. Acesso em: 25 de nov. de 2021.