

MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE TI VERDE NO TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Ana Carolina Chaves Machado de Moraes¹, Francisco José Almeida de Oliveira¹, Ricardo Jorge Veras Beltrão¹, Fagner José Coutinho de Melo² e Joás Tomaz de Aquino²

¹*Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco*

Rua da Aurora, 885, Boa Vista, Recife, PE, CEP: 50050-910, Brasil

²*Universidade de Pernambuco*

Avenida Agamenon Magalhães, S/N - Santo Amaro - Recife, PE, CEP: 50100-010, Brasil

RESUMO

Este artigo possui como objetivo desenvolver um modelo de decisão multicritério de ordenamento para priorizar as práticas de TI verde, a partir dos benefícios de sua implementação no Tribunal de Conta do Estado de Pernambuco. Para tanto buscou-se adaptar o modelo proposto por Lunardi, Frio e Brum (2011, 2014) para 6 dimensões e 29 atributos no contexto do TCE-PE. Após identificados os atributos/alternativas do problema, foram identificados os critérios, são eles: redução de custos, redução de insumos de TI, redução do consumo de energia, fortalecimento da imagem, redução da emissão de gases, redução do lixo eletrônico, maior ciclo de vida, economia de espaço, clima organizacional e adesão a novas práticas da sustentabilidade. Como resultado, foi possível verificar que a incorporação da sustentabilidade no uso dos recursos de TI é de extrema importância para a preservação ambiental e a eficiência econômica. A adoção de práticas sustentáveis, como o uso de softwares eficientes e a virtualização de servidores, pode resultar em economias significativas para os cofres públicos. Integrar a sustentabilidade nas ações de TI não apenas contribui para a conservação dos recursos naturais, esse esforço reflete uma administração dos recursos de TI mais moderna e consciente, alinhada com as melhores práticas globais.

PALAVRAS-CHAVE

Multicritério, Melhores Práticas, Sustentabilidade, TCE-PE, TI Verde

1. INTRODUÇÃO

A Administração Pública tem como responsabilidade adotar práticas de gestão que auxiliem na resolução de problemas que circunda a sociedade, como por exemplo, às questões socioambientais, proporcionando caminhos para modelos de produção e consumo mais limpos (Vogelmann Júnior, 2014; Figueira et al., 2018). Tais caminhos devem ser pensados através de estratégias inovadoras que levem em consideração as dimensões da sustentabilidade visando o crescimento econômico, o progresso social e a responsabilidade ambiental (Enyoghasi; Badurdeen, 2021).

Nesse sentido, o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE) através do seu Plano de Logística Sustentável (PLS) estabeleceu práticas e indicadores visando à mudança comportamental para o pensamento sustentável em todas as suas ações institucionais (TCE, 2023). O PLS foi estruturado em nove eixos sustentáveis, a saber: compras sustentáveis, obras e serviços sustentáveis, eficiência energética, água e esgoto, tecnologia da informação, qualidade de vida no ambiente de trabalho, igualdade no ambiente de trabalho, comunicação para a sustentabilidade, capacitação para a sustentabilidade, atrelados a trinta e oito critérios consoantes com as áreas de atuação das unidades organizacionais do TCE-PE (TCE-PE, 2023). Especificamente no eixo da Tecnologia da Informação (TI) busca-se a sustentabilidade por meio do compartilhamento e reaproveitamento de equipamentos de informática, aquisições de softwares de empresas com práticas sustentáveis e uso de convênios institucionais colaborativos em tecnologia da informação (TCE, 2023).

Essas práticas ligadas ao eixo TI possuem uma série de benefícios, como: a redução dos impactos ambientais, a otimização do uso de recursos de TI, a redução de custos operacionais, a promoção da inovação no órgão e o alinhamento com as políticas de sustentabilidade (Castelli; Longaray, 2022). A necessidade da promoção da sustentabilidade no setor de TI se destaca por ele ser responsável pelo aquecimento global, emitindo mais dióxido de carbono que o setor de aviação (Vasconcelos et al., 2020). Ao adotar abordagens sustentáveis nesse setor, os órgãos públicos podem se tornar mais eficientes, responsáveis e sustentáveis em suas operações de tecnologia da informação (Filgueiras et al., 2023).

Nesta perspectiva, surge o conceito de TI verde, que segundo Chou et al. (2022) e Filgueiras et al. (2023) é a utilização de recursos eficientes de TI ligados a modelos sustentáveis. Para os autores, a TI verde está presente em toda a cadeia de suprimentos, desde a criação, fabricação, uso e descarte da TI, tendo como meta a redução do uso de matérias-primas menos tóxicas/nocivas, consumo de energia e a promoção da reciclagem. Ligado ao conceito da TI verde, Lunardi, Frio e Brum (2011, 2014) desenvolveram um modelo para mensurar o nível de maturidade em TI Verde de uma organização, avaliando sete dimensões (práticas de conscientização, datacenter verde, descarte e reciclagem, fontes alternativas de energia, hardware, impressão e software) e trinta e sete atributos.

Um dos grandes desafios da Administração Pública é por onde começar a implementar as práticas de TI verde. A partir desta problemática, busca-se responder ao seguinte problema de pesquisa: qual a ordem de priorização das práticas de TI verde no TCE-PE? Com o intuito de responder esta pergunta de pesquisa, este artigo possui como objetivo desenvolver um modelo de decisão multicritério de ordenamento para priorizar as práticas de TI verde a partir dos benefícios de sua implementação no TCE-PE. Para tanto buscou-se adaptar o modelo proposto por Lunardi, Frio e Brum (2011, 2014) para 6 dimensões e 29 atributos no contexto do TCE-PE. Além de contribuir com novos resultados na academia, este artigo busca trazer um roteiro e plano de ação para outros órgãos da Administração Pública melhorarem a sustentabilidade no setor de TI.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é classificada como aplicada em termos de sua natureza, pois se fundamenta na teoria da TI verde e nos benefícios que ela pode oferecer para as organizações públicas, conforme discutido por Lunardi, Frio e Brum (2011, 2014). Em relação ao objetivo, a pesquisa é considerada exploratória, pois oferece uma visão inicial sobre o fenômeno investigado (Miguel, 2018). No que tange à abordagem, a pesquisa é categorizada como quantitativa, dado que envolveu o uso de um método matemático para ordenar os atributos da TI verde no TCE-PE. Quanto ao método, a pesquisa foi conduzida como uma simulação de um modelo que representa a realidade no contexto do TCE-PE.

A problemática em questão trata-se de construir um modelo de decisão de ordenamento para priorizar as práticas de TI verde a partir dos benefícios de sua implementação no TCE-PE. Esse órgão público é responsável por fiscalizar e controlar a gestão dos recursos públicos no estado de Pernambuco (nordeste do Brasil). Ele avalia a legalidade, legitimidade e economicidade dos atos administrativos e financeiros dos órgãos e entidades públicas. O TCE-PE realiza auditorias, inspeções e análises de contas, emitindo pareceres técnicos sobre a aplicação dos recursos públicos. Também promove o acompanhamento e a fiscalização das transferências de recursos federais e estaduais para os municípios. Seu objetivo é assegurar a correta aplicação dos recursos e a transparência na Administração Pública, utilizando a tecnologia da informação para o alcance dos seus objetivos (TCE, 2023).

A coleta de dados foi realizada por meio de um grupo focal composto por cinco servidores públicos do departamento de Tecnologia da Informação do TCE-PE. Todos os servidores tem formação na área de Ciências da Computação, com experiência de mais de 10 anos no TCE-PE. Buscando atingir o seu objetivo, do ponto de vista metodológico, essa pesquisa seguiu um conjunto de etapas, a saber: Etapa 1 - Identificação das alternativas e critérios; Etapa 2 - Ponderação dos critérios; Etapa 3 - Avaliação das alternativas pelos gestores; Etapa 4 - Estabelecimento da relação de sobreclassificação; Etapa 5 - Obtenção do fluxo líquido e sobreclassificação das alternativas e Etapa 6 - Análise de sensibilidade.

Etapa 1 - Identificação das alternativas e critérios. Com base na problemática da pesquisa, inicialmente, foram identificadas um conjunto de práticas de sustentabilidade que poderiam ser utilizadas dentro da Tecnologia da Informação no TCE-PE. Com base em Lunardi, Alves e Salles (2011, 2014), o modelo foi

adaptado para o TCE-PE com seis dimensões. Foram identificadas com relevantes: práticas de conscientização, datacenter verde, descarte e reciclagem, hardware, impressão e software. Essas dimensões foram desdobradas em 29 (vinte e nove) atributos que foram utilizadas nesta pesquisa, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões e atributos de TI verde no TCE-PE

| Dimensão | Cód. | Atributo | Dimensão | Cód. | Atributo |
|-----------------------------|------|---|-----------|------|--|
| Práticas de conscientização | A1 | Campanhas de conscientização | Hardware | A16 | Equipamentos mais eficientes/desempenho |
| | A2 | Transparência organizacional | | A17 | Consolidação de desktops |
| | A3 | Fornecedores verdes | | A18 | Eliminação de componentes nocivos nos produtos |
| | A4 | Política de sustentabilidade | | A19 | Produtos novos com componentes reciclados |
| | A5 | Teletrabalho/vídeo conferência | | A20 | Terceirização de impressões |
| | A6 | Comitês de sustentabilidade | | A21 | Monitorar impressões |
| | A7 | Análise de eficiência energética | | A22 | Digitalização de documentos |
| Datacenter Verde | A8 | Consolidação de servidores | Impressão | A23 | Impressão frente-e-verso |
| | A9 | Modernização do datacenter | | A24 | Consolidação de impressoras |
| | A10 | Terceirização de nuvem e equipamentos de infraestrutura | | A25 | Uso de papel reciclado |
| Descarte e Reciclagem | A11 | Reciclagem de peças e equipamentos | | A26 | Uso de multifuncionais |
| | A12 | Descarte correto | Software | A27 | Sistemas de gerenciamento de energia |
| | A13 | Recolhimento de materiais e equipamentos | | A28 | Aplicativos eficientes |
| | A14 | Doação ou entrega de equipamentos | | A29 | Processos para projetar soluções mais eficientes |
| | A15 | Regulamentação, portarias e normas | | | |

Fonte: Adaptado de Lunardi, Frio e Brum (2011, 2014)

Após identificados os atributos, que são as práticas TI verde, foram identificados os critérios válidos para avaliar esses atributos. Para tanto foi levantado os dez principais benefícios das práticas de TI verde, são eles: redução de custos (C1), redução de insumos de TI (C2), redução do consumo de energia (C3), fortalecimento da imagem (C4), redução da emissão de gases (C5), redução do lixo eletrônico (C6), maior ciclo de vida (C7), economia de espaço (C8), clima organizacional (C9) e adesão a novas práticas da sustentabilidade (C10).

Etapa 2 - Ponderação dos critérios. Após a identificação das alternativas e dos critérios. Esses últimos foram ponderados por meio de notas atribuídas pelo grupo focal de gestores do TCE-PE. Para cada critério eles atribuíram, em consenso, notas de 0 a 10, para o grau de importância crescente. Em seguida, as notas foram normalizadas pela soma.

Etapa 3 - Avaliação das alternativas pelos gestores. Nesta etapa os atributos foram avaliados a luz dos critérios considerados, formando a matriz de decisão com 290 elementos (Tabela 2). Para isso, foi utilizada uma escala ordinal, que variou de 0 a 4, para verificar se o atributo havia potencial de benefício ou não, conforme classificação a seguir: (i) Nenhum potencial: (escala 0) - não há potencial de benefícios claros resultantes dessa prática; (ii) Potencial baixo: (escala 1) - o potencial percebido é mínimo e tem um impacto limitado; (iii) Potencial moderado: (escala 2) - os potenciais são tangíveis, embora não sejam extremamente significativos; (iv) Potencial substancial: (escala 3) - os potenciais são tangíveis e significativos, gerando resultados positivos que são visíveis e relevantes. (v) Potencial máximo: (escala 4) - potenciais extremamente positivos em várias áreas, trazendo vantagens extremamente significativas.

Tabela 2. Matriz consequência da problemática no TCE-PE

| Atributos | Benefícios | | | | | | | | | |
|-----------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 |
| A1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| A2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| A3 | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| A4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| A5 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| A6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| A7 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| A8 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| A9 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| A10 | 2 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| A11 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| A12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| A13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| A14 | 3 | 0 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 |
| A15 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| A16 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| A17 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| A18 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| A19 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| A20 | 4 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| A21 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| A22 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| A23 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 |
| A24 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 3 | 3 |
| A25 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| A26 | 4 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 |
| A27 | 4 | 0 | 4 | 1 | 4 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 |
| A28 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| A29 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 4 | 2 |

Fonte: Autores (2024)

Etapa 4 - Estabelecimento da relação de sobreclassificação. Uma relação de sobreclassificação (também conhecido como outranking) é uma relação que permite ao decisor avaliar a força de uma alternativa a sobre uma alternativa b . Esse estado de dominância aumenta se houver argumentos suficientes para confirmar que a é pelo menos tão bom quanto b , enquanto não há evidências fortes para recusar esse fato. Esses métodos assumem a possibilidade de incomparabilidade na estrutura de preferência do decisor, usando uma relação de outranking entre alternativas, que não é transitiva (Almeida, 2013). O PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), que foi utilizado neste trabalho, produz uma relação de sobreclassificação valorada, com base em conceitos que podem ser interpretados de forma física ou econômica pelo decisor (Almeida, 2013), além de partir do pressuposto de que o problema é não compensatório. Especificamente, foi utilizado o método PROMETHEE II que estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas com base no fluxo líquido, também é utilizado para problemas de escolha e ordenação.

Etapa 6 - Análise de sensibilidade. Por fim, os valores dos pesos dos critérios foram sensibilizados, em níveis de 5% e 10% (para mais e para menos), para verificar a pré-ordem completa estabelecida na Etapa 5 permaneceria estável.

Os dados obtidos foram tabulados com auxílio do Microsoft Excel 2019®, mantendo a integridade da fonte primária e original dos dados para assegurar-se da precisão.

3. RESULTADOS

Os pesos normalizados obtidos para os critérios foram: 0,144927536 (C1), 0,101449275 (C2), 0,115942029 (C3), 0,086956522 (C4), 0,115942029 (C5), 0,115942029 (C6), 0,130434783 (C7), 0,043478261 (C8),

0,057971014 (C9), 0,086956522 (C10). Estabelecidos os pesos dos critérios e com a matriz consequência preenchida (Tabela 2) o método PROMETHEE II foi aplicado para estabelecer as relações de sobreclassificação e a ordenação das alternativas, como descrito nas Etapas 4 a 6 da metodologia proposta, os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Ao investigar os atributos que poderiam maximizar os benefícios da sustentabilidade no TCE-PE, foram obtidos insights valiosos para decisões estratégicas. Entre os atributos com maior potencial está o estabelecimento de comitês de sustentabilidade (A6 – 1º lugar na ordenação), com um fluxo líquido de 30,65217, sendo o atributo com o melhor desempenho na análise realizada. O estabelecimento desses comitês dentro de órgãos públicos evidencia o papel do engajamento coletivo na adoção de práticas ambientalmente responsáveis nas práticas de TI verde. Outro atributo bem avaliado e ocupante do segundo lugar na ordenação foi o atributo políticas de sustentabilidade (A4 – 2º lugar na ordenação), com um fluxo líquido de 27,55072, que se destaca como essencial, sugerindo que a criação de diretrizes claras e abrangentes pode direcionar as ações do TCE-PE em prol da sustentabilidade (Naranjo-Gil, 2016).

Tabela 3. Ordenação das práticas de TI verde no TCE-PE por meio do método PROMETHEE II

| Atributo | Fluxo Líquido | Sobreclassificação | Atributo | Fluxo Líquido | Sobreclassificação |
|----------|---------------|--------------------|----------|---------------|--------------------|
| A1 | 0,55072 | 14º | A16 | -11,39130 | 22º |
| A2 | 7,15942 | 13º | A17 | 12,30435 | 11º |
| A3 | -6,44928 | 17º | A18 | -28,86957 | 27º |
| A4 | 27,55072 | 2º | A19 | -25,04348 | 26º |
| A5 | 15,73913 | 8º | A20 | 17,04348 | 7º |
| A6 | 30,65217 | 1º | A21 | 21,17391 | 3º |
| A7 | 11,40580 | 12º | A22 | -14,23188 | 24º |
| A8 | 17,62319 | 6º | A23 | -5,27536 | 16º |
| A9 | 19,10145 | 4º | A24 | 12,71014 | 10º |
| A10 | 17,79710 | 5º | A25 | -30,73913 | 28º |
| A11 | 13,92754 | 9º | A26 | -10,84058 | 20º |
| A12 | -14,44928 | 25º | A27 | -11,28986 | 21º |
| A13 | -13,66667 | 23º | A28 | -7,31884 | 18º |
| A14 | -4,08696 | 15º | A29 | -7,31884 | 19º |
| A15 | -33,76812 | 29º | | | |

Políticas e comitês de sustentabilidade são essenciais para órgãos públicos, como Tribunais de Contas, por várias razões significativas. Primeiramente, essas políticas estabelecem diretrizes para a adoção de práticas ambientalmente responsáveis e eficientes dos recursos de tecnologia, o que contribui para a redução do impacto ambiental e otimização desses recursos. A conformidade com regulamentações ambientais é outra razão importante, pois garante que os órgãos estejam em linha com as leis e normas vigentes. Naranjo-Gil (2016) observa que a introdução de políticas ambientais pode causar impactos negativos no desempenho organizacional a curto prazo, mas benefícios a longo prazo, com esses efeitos adversos sendo mitigados pela diversidade na equipe diretiva.

Do ponto de vista dos sistemas de impressão, recurso básico de TI em órgãos públicos, a prática de maior potencial de uso no TCE-PE foi o monitoramento de impressões (A21), com fluxo líquido de 21,17391, seguido da terceirização de impressões (A20) e consolidação de impressoras (A24). Essas ações apresentaram um fluxo líquido positivo, havendo um maior índice de preferência delas com relação aos demais atributos. O monitoramento de impressões (A21) é vital para otimizar recursos e promover a sustentabilidade. Esse monitoramento permite identificar e controlar o volume de impressões, reduzindo custos com papel, tinta e manutenção de equipamentos. Além disso, contribui para a proteção ambiental ao minimizar o desperdício de recursos e promover práticas sustentáveis.

No âmbito da terceirização de impressões (A20), conforme abordado por Matsuda e Pinochet (2017), seus benefícios podem ser percebidos por se tratar de uma prática que abrange soluções para monitoramento e redução do desperdício de energia elétrica no gerenciamento de impressões. Os autores evidenciam que certos softwares têm a capacidade de fornecer informações, inclusive indicando quantas árvores são consumidas pelas empresas para gerar o volume de impressões e cópias, buscando conscientizar os funcionários na organização sobre a relevância desse processo.

Ainda, a consolidação de impressoras (A24) ressalta a importância do controle e gestão eficazes no consumo de recursos, contribuindo para a redução de desperdícios. Esses resultados indicam que práticas simples, como o monitoramento e a consolidação, podem gerar economias significativas e beneficiar a sustentabilidade. Esses benefícios são também discutidos em Matsuda e Pinochet (2017). Os resultados da pesquisa dos autores junto a quinze casos identificados por suas práticas de TI Verde evidenciaram que quanto a consolidação de impressoras, os benefícios percebidos podem se dar, por esse serviço reduzir significativamente a carga administrativa do departamento de TI, além de diminuir os custos de hardware devido à consolidação dos servidores de impressão.

Ainda no campo dos sistemas de impressão, as práticas de impressão frente-e-verso (A23), uso de impressoras multifuncionais (A26), digitalização de documentos (A22) e uso de papel reciclado (A25), apresentaram fluxo líquido negativo, sinalizando que nesse conjunto, foram os atributos com menos potencial no TCE-PE. Quanto aos itens de impressão frente e verso e uso de papel reciclado, Matsuda e Pinochet (2017) ressaltam que essa solução oferece uma eficiência aprimorada no processo de impressão, resultando em economia de tempo, papel e, especialmente, custos, ao permitir a impressão e cópia em ambos os lados das folhas. Já Seuring e Müller (2008), sugerem que a integração de práticas sustentáveis, como o uso de papel reciclado, pode ser discutida à luz desses conceitos, considerando não apenas a gestão eficiente de recursos, mas também a responsabilidade ambiental ao longo da cadeia de suprimentos.

Outras práticas que podem ser utilizadas no TCE-PE de forma estratégica, isto é, no médio a longo prazo para o alcance dos objetivos, é a Modernização do Datacenter (A9 – 4º lugar na ordenação) e consolidação de servidores (A8 - 6º lugar na ordenação) destacam-se como atributos estratégicos, apontando para a relevância da otimização da infraestrutura tecnológica como um caminho para alcançar benefícios significativos, em termos de sustentabilidade. Essa perspectiva encontra respaldo em Motochi et al. (2017), que defendem que a consolidação de servidores, aliada à virtualização, pode gerar economias substanciais de energia, contribuindo assim para práticas mais ecológicas e para a preservação ambiental. Dessa forma, a consolidação de servidores e a modernização do Datacenter não apenas representam abordagens estratégicas para aprimorar a eficiência operacional, mas também se revelam como passos concretos em direção a uma infraestrutura tecnológica mais sustentável e alinhada às preocupações ambientais globais. Ademais, o estudo de Uddin et al. (2021) complementa essa visão, destacando como a consolidação de servidores enquanto técnica eficaz aprimora a eficiência operacional, reduzindo o consumo de energia e promovendo a sustentabilidade em Datacenters.

A terceirização de servidores em nuvem (A10 – 5º lugar na ordenação) aponta para a eficácia de soluções externas na redução do impacto ambiental das operações de TI, sugerindo uma abordagem mais eficiente. No contexto específico dessa terceirização, Cristofoli, Prado e Takaoka (2012) ressaltam fatores cruciais para o sucesso. Para os autores os resultados indicam que soluções externas, como os serviços de nuvem, são eficazes na redução do impacto ambiental das operações de TI. Essa eficiência está intrinsecamente ligada à capacidade dos provedores de nuvem em adotar práticas sustentáveis, como o uso de energia renovável e tecnologias de refrigeração eficientes. Assim, a terceirização em nuvem se destaca como uma abordagem mais eficiente, tanto em termos operacionais quanto ambientais.

De forma geral, também foram identificados alguns atributos com baixo potencial de benefícios aponta para áreas que podem demandar maior atenção estratégica. O descarte correto (A12 - 25º lugar na ordenação), recolhimento de materiais (A13 - 23º lugar na ordenação) e regulamentação, portarias e normas (A15 – 29º lugar na ordenação) sugerem que iniciativas relacionadas à gestão de resíduos podem não estar otimizadas, indicando a necessidade de aprimoramento nos processos de descarte sustentável. De acordo com Matsuda e Pinochet (2017), a falta de conhecimento sobre a maneira adequada de descartar equipamentos antigos é um desafio comum para diversas empresas. Essa lacuna de informação reflete-se tanto na gestão da logística reversa quanto, em alguns casos, na falta de cuidado adequado. Assim como, da própria baixa percepção de benefícios do recolhimento desses equipamentos e de regulamentos, políticas e normas. Ressaltando que no Brasil existe a Política Nacional de Resíduos Sólidos cuja Lei 12.305/2010 orienta sobre o referido direcionamento.

A baixa expectativa de benefícios associada à eliminação de componentes nocivos nos produtos (A18 - 27º lugar na ordenação) e produtos novos com componentes reciclados (A19 - 26º lugar na ordenação) destaca áreas em que o TCE-PE pode precisar repensar estratégias para otimizar práticas sustentáveis. A baixa expectativa de benefícios na área de componentes nocivos nos produtos de TI pode sugerir que o TCE-PE enfrenta desafios na eliminação de componentes prejudiciais em seus produtos. Autores como Geissdoerfer et al. (2017) destacam que a eliminação responsável de substâncias prejudiciais pode ser

integrada a estratégias de economia circular, enfocando a redução de resíduos e a reutilização de materiais. A falta de otimismo em relação a produtos com componentes reciclados pode indicar a necessidade de o TCE-PE reavaliar sua abordagem de incorporar materiais reciclados em seus produtos. Referências seminais, como os trabalhos de Kramer e Porter (2011), podem oferecer insights sobre a criação de valor compartilhado e estratégias para integrar práticas sustentáveis na cadeia de valor, incluindo a utilização de materiais reciclados.

Após obtida a ordenação das alternativas por meio do método PROMETHEE II, os pesos foram sensibilizados em níveis de 5% e 10% (para mais e para menos). As variações na ordenação foram mínimas, com relação a ordenação original. Na variação -5% não ocorreu modificação na ordenação, enquanto na variação +5%, os atributos de consolidação de servidores (A8) e terceirização de servidores por meio de nuvem (A10) trocaram de posição. Com a variação de +10% ocorreu a mesma troca entre A8 e A10, com adição da mudança no ranking entre os atributos A26 (uso de multifuncionais) e A27 (uso de sistemas de gerenciamento de energia). Na variação de -10% os atributos A16 e A27 trocaram entre si posições no ranqueamento, em que o uso de equipamentos mais eficientes (A16) ganhou uma posição e o uso de sistemas de gerenciamento de energia (A27) perdeu uma posição.

O modelo proposto neste trabalho vai ao encontro à necessidade de incorporação da dimensão sustentabilidade nas organizações públicas. Estudos semelhantes como o de Pinto Júnior et al. (2020), em instituições brasileiras de ensino superior, por meio de survey, mostrou o nível incipiente do entendimento das práticas de TI verde nas instituições analisadas. Rosa (2017) também analisou as práticas de sustentabilidade em TI em instituições de ensino superior por meio de uma revisão sistemática identificando a falta de engajamento quanto às temáticas de sustentabilidade e TI Verde. Apesar da relevância dos estudos anteriores nessa temática, os achados desse trabalho se sobressaem por que ele é capaz de estabelecer quais ações um órgão público pode adotar para ser mais sustentável nas práticas de TI, através de um método matemático analítico que captura as especificidades e o contexto da organização.

4. CONCLUSÕES

A incorporação da sustentabilidade no uso dos recursos de TI pelos órgãos públicos, como os órgão de controle, é de extrema importância para a preservação ambiental e a eficiência econômica. A gestão responsável dos recursos tecnológicos pode reduzir o impacto ambiental causado pela produção e descarte de equipamentos, promover a eficiência energética e minimizar o desperdício de materiais. Além disso, a adoção de práticas sustentáveis, como o uso de softwares eficientes e a virtualização de servidores, pode resultar em economias significativas para os cofres públicos. Integrar a sustentabilidade nas ações de TI não apenas contribui para a conservação dos recursos naturais. Esse esforço reflete uma administração dos recursos de TI mais moderna e consciente, alinhada com as melhores práticas globais e as expectativas da sociedade.

O uso da escala utilizada e do método multicritério PROMETHEE II se mostraram adequados para priorizar as práticas de TI verde no TCE-PE, de forma racional e quantitativa. Com a análise de sensibilidade revelando a estabilidade e a confiabilidade nos resultados obtidos. Na aplicação realizada, a instituição de comitês de sustentabilidade (1º lugar), políticas de sustentabilidade (2º lugar), monitoramento de impressões (3º lugar), modernização do datacenter (4º lugar) e terceirização de servidores em nuvem (5º lugar) devem ser os atributos prioritários para implementação na instituição, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento de uma estratégia ambiental eficaz e integrada. Por outro lado, práticas relacionadas à regulamentação, portarias e normas, uso de papel reciclado, eliminação de componentes nocivos de produtos de TI ganharam menos destaques na ordenação. Esses resultados servem de orientação para que a gestão do TCE-PE tenha um diagnóstico de sua maturidade da TI verde e direcione esforços para consolidar na instituição e na sociedade o seu papel no desenvolvimento sustentável.

Apesar de suas contribuições práticas, é fundamental reconhecer as limitações inerentes a esta pesquisa. A análise se concentrou nas percepções dos gestores de TI no TCE-PE, o que pode representar uma visão específica dentro da organização. Como sugestões para estudos futuros sugere-se que esses explorem as nuances da conscientização socioambiental, identificando estratégias específicas para promover uma cultura organizacional mais sustentável.

Declaração de IA Generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de escrita: Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram o ChatGPT em uma capacidade limitada para edição e aprimoramento gramatical apenas do texto pré-escrito pelo autor. Após usar esta ferramenta/serviço, os autores revisaram e reeditaram o conteúdo conforme necessário e assumiram total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.

REFERÊNCIAS

- Almeida, A. T. (2013). *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo: Atlas.
- Castelli, T. M.; Longaray, A. A. (2022). Análise da tecnologia da informação verde sobre a perspectiva da consciência socioambiental do indivíduo. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, 2022.
- Chou, D. C.; Chen, H. G.; Lin, B. (2022). Green IT and corporate social responsibility for sustainability. *Journal of Computer Information Systems*, v.1, n.1, p. 1-12.
- Cristofoli, F.; Prado, E.; Takaoka, H. (2012). *Resultados obtidos com a terceirização da TI em empresas brasileiras*. AMCIS 2012 Proceedings.
- Enyoghasi, C.; Badurdeen, F. (2021). Industry 4.0 for sustainable manufacturing: Opportunities at the product, process, and system levels. *Resources, conservation and recycling*, v. 166, p. 105362.
- Figueira, I. et al, (2018). Sustainability policies and practices in public sector organisations: The case of the Portuguese Central Public Administration. *Journal of Cleaner Production*, v. 202, p. 616-630.
- Filgueiras, I.F.L.V. et al, (2023). Evaluation of the perception of Green IT practices in a public educational institution. *Diversitas Journal*, v. 8, n. 2, p. 1294-1311.
- Geissdoerfer, M. et al. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of cleaner production*, v. 143, p. 757-768.
- Kramer, M. R.; Porter, M. (2011). *Creating shared value*. Boston, MA, USA: FSG.
- Lunardi, G. L. et al. (2011). *Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia*.
- Lunardi, G. L. et al, (2014). Desenvolvimento de uma escala para avaliar o grau de utilização da tecnologia da informação verde pelas organizações. *Revista de Administração (São Paulo)*, v. 49, p. 591-605.
- Matsuda, P. M.; Pinochet, L. H. C. (2017). Análise das principais práticas de TI verde com o uso de tecnologias emergentes: estudo multicaso. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, n. 3, p. 87-105.
- Miguel, P. A. C. (2018). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Motochi, V. et al. (2017). The Role of Virtualization towards GreenComputing and Environmental Sustainability. *Int. J. Adv. Res. Comput. Eng. Technol. (IJARCET)*, v. 6, n. 6, p. 851-858, 2017.
- Naranjo-Gil, D. (2016). The role of management control systems and top teams in implementing environmental sustainability policies. *Sustainability*, v. 8, n. 4, p. 359.
- Pinto Junior, I. M.; Cunha, M. X. C.; Souza Júnior, M. F. (2020). Estudo comparativo da adoção de práticas de tecnologia da informação verde em instituições de ensino superior. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.4, p.270-286.
- Rosa, M. R. (2020). Adoption of Green IT in the university environment: systematic review of sustainability practices in educational institutions. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, p. 79-87.
- Seuring, S.; Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, v. 16, n. 15, p. 1699-1710.
- TCE-PE. (2023). Tribunal de contas do Estado de Pernambuco. *Plano de Logística Sustentável TCE-PE 2023-2027*. Edupe.
- Uddin, M. et al. (2021). Server consolidation: A technique to enhance cloud data center power efficiency and overall cost of ownership. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, v. 17, n. 3.
- Vasconcelos, I. F. F. G. de et al. (2020). Inovação tecnológica radical e mudança organizacional: a institucionalização de organizações resilientes e formas de trabalho mais substantivas. *Cadernos EBAPE*. BR, v. 17, p. 895-922.
- Vogelmann Junior, J. C. (2014). *Roteiro Prático de Ações Sustentáveis na Administração Pública*. Porto Alegre: ESAF.