

A adoção da Tecnologia da Informação Verde (TI-verde) em uma Instituição de Ensino Superiorⁱ

Resumo

O avanço tecnológico, as questões ambientais e as exigências do mercado são fatores que levaram as organizações a discutirem sobre suas relações com o meio ambiente e os impactos do uso da tecnologia. Seguindo essa lógica, o presente estudo objetiva analisar se os aspectos inerentes a adoção da TI-verde, no Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), impactam na sustentabilidade ambiental. Para tanto, coube realizar um estudo de caso, com aplicação de questionário junto a equipe de gestão (28) e TI (1), e a análise de documentos institucionais que tratam sobre meio ambiente. Os dados apontam que apesar de haver uma preocupação em adquirir equipamentos mais eficientes, terceirizar as impressoras, fazer videoconferência e digitalizar documentos, ainda cabe trabalhar com a questão do uso de papel reciclado, a programação de computadores para desligar fora do turno de trabalho, dentre outras ações. Ademais, nota-se que a Orientação Ambiental e a Orientação Governamental exercem uma influência significativa ($p\text{-value} < 0,05$) e positiva sobre a implementação de Ações de TI-verde na instituição, e que esta tem uma influência positiva e significativa ($p\text{-value} < 0,01$) sobre a Sustentabilidade Ambiental.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Meio ambiente. Tecnologia da Informação Verde.

The adoption of Green Information Technology (green IT) in a Higher Education Institution

Abstract

Technological advancement, environmental issues and market requirements are factors that have led organizations to discuss their relationships with the environment and the impacts of the use of technology. Following this logic, the present study aims to analyze whether the aspects inherent to the adoption of green IT, at the Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS), of the Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), impact on environmental sustainability. To this end, it was necessary to carry out a case study, with the application of a questionnaire with the management team (28) and IT (1), and the analysis of institutional documents that deal with the environment. The data show that although there is a concern about acquiring more efficient equipment, outsourcing printers, videoconferencing and digitizing documents, it is still necessary to work on the issue of the use of recycled paper, the programming of computers to turn off outside the work shift, among other actions. In addition, it is noted that the Environmental Guidance and the Government Guidance exert a significant ($p\text{-value} < 0.05$) and positive influence on the implementation of Green IT Actions in the institution, and that it has a positive and significant influence ($p\text{-value} < 0.01$) on Environmental Sustainability.

Keywords: Sustainable development. Environment. Green Information Technology.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a sociedade e os meios de produção vêm passando por transformações, e as ações desenvolvidas pelas organizações têm impactado no ambiente natural. Em meio a isso, os pesquisadores da área de gestão incluem a avaliação do comportamento das organizações e os impactos ambientais provenientes de suas atividades organizacionais, considerando

as práticas de responsabilidade social e ambiental implementadas por pressão social, normativa ou de entidades preocupadas com o uso adequado dos recursos naturais (Dao, Langella, & Carbo, 2011). Nesse ínterim, a adoção de políticas que promovem o desenvolvimento sustentável vem sendo direcionada a todos os setores da economia, seja por força normativa ou por iniciativas particulares.

Nas organizações, essa postura tem sido marcada pela implementação de estratégias sustentáveis, redefinição de processos e utilização de tecnologias verdes que minimizem o impacto ambiental, seja por meio da redução do consumo de energia ou da produção de resíduos (D'Souza, Taghian, & Lamb, 2006). Assim, quando as empresas centram seus esforços no uso ambientalmente responsável da TI e se preocupam em adotar estratégias ou políticas voltadas à responsabilidade socioambiental ou a ecoconsciência nos negócios, tem-se a denominada Tecnologia da Informação Verde, ou TI-verde (Molla, 2009).

O uso da TI-verde vem conquistando espaço nas organizações, permitindo com que os gestores se antecipem a problemas ambientais que possam incorrer em custos ou danos à imagem institucional. No âmbito do serviço público isso é perceptível nos editais de licitação para a aquisição de produtos e serviços, em que pelo menos uma das cláusulas prevê uma boa relação da empresa com o ambiente natural, também denominado de meio ambiente. Nessa perspectiva, e considerando que a Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P) fortalece a implementação de ações concernentes a preservação ambiental, o presente estudo se propõe a analisar se os aspectos inerentes a adoção da TI-verde, no Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), impactam na sustentabilidade ambiental.

Ante ao exposto, o presente estudo segue uma das recomendações do estudo desenvolvido por San Martin (2018), em que recomenda a adoção de seu modelo teórico em um ambiente distinto do que realizou a pesquisa. Ademais, como os servidores do CCJS/UFCG estão sempre envolvidos em ações e práticas de ensino, pesquisa e extensão voltados ao meio ambiente, o presente estudo tende a indicar quais as práticas de TI-verde comumente adotadas.

2 REVISÃO TEÓRICA

A expressão Tecnologia da Informação, ou TI, pode ser compreendida como a relação existente entre os recursos de informação da organização, seus usuários e a gerência que os supervisiona (Turban, Rainer, & Potter, 2005). Nesse contexto, os recursos computacionais abrangem todos os sistemas de informação e infraestrutura de TI presentes na organização. Quando se trata da TI como TI-verde, Murugesan (2008) a define como o estudo e a prática de projetar, produzir, utilizar e descartar computadores, servidores e subsistemas de forma eficiente e eficaz, reduzindo o impacto ambiental.

A TI-verde, pode, além dos aspectos ambientais e estratégicos, criar produtos ambientalmente corretos para o mercado (Molla, 2009). A eficiência passa, então, pelo crivo da utilização de materiais recicláveis, cujo desgaste pelo uso geram um baixo impacto ambiental e ainda permite um descarte responsável. Nesse sentido, o custo total de propriedade de um equipamento de TI passa a ir além do custo de aquisição, uma vez que se soma aos gastos com o descarte ou reciclagem do bem (Schmidt, Ere, Kolbe, & Zarnekow, 2010).

Ressalta-se, ainda, que a adoção da TI-verde está intimamente ligada à posição que a preservação ambiental assumiu nos últimos anos. Em pesquisa realizada por Lunardi, Frio e Brum (2011a), foram identificadas 37 (trinta e sete) diferentes práticas de TI-verde, que se reportam a temática, dentre as quais destacam-se: adoção de práticas de conscientização, datacenter verde, descarte e reciclagem, fontes alternativas de energia, *hardware*, *software* e impressão. Para se adequar a essa realidade, as organizações comprometidas com o desenvolvimento sustentável e implantação

da TI-verde, precisam incluir estas questões ambientais em sua política de aquisição de materiais e equipamentos (Lunardi, Frio, & Brum, 2011b).

Ante ao exposto, para responder as questões de pesquisa propostas neste estudo, adotou-se o modelo conceitual abordado por San Martin (2018). Nele, se pressupõe que a adoção de TI-verde (política ambiental, orientação ambiental em TI, expertise ambiental em TI, monitoramento da TI-verde, orientação governamental) exerce uma influência positiva na implementação da TI-verde, que por sua vez irá impactar significativamente a sustentabilidade, o que no modelo em questão, contempla quatro dimensões, como ilustrado na Figura 1.

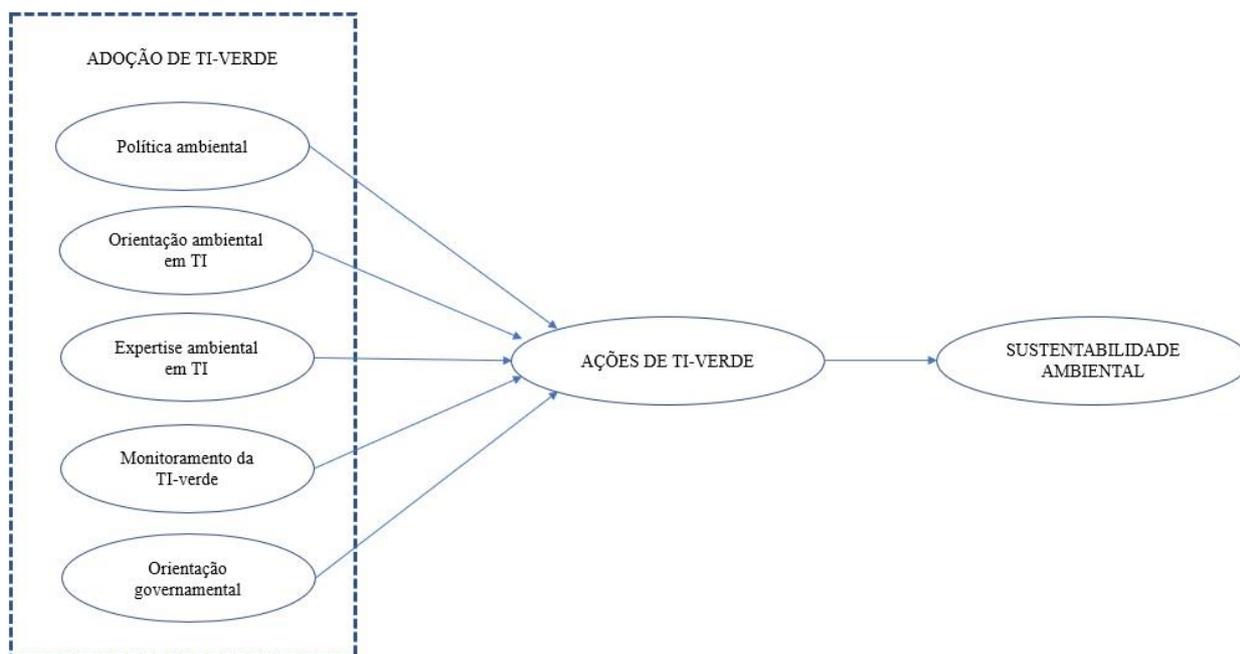


Figura 1. Modelo conceitual
 Fonte: Adaptado de San Martin (2018).

A política ambiental (PA) é o primeiro constructo abordado por San Martin (2018), para tratar sobre a adoção de TI-verde nas organizações. Nesse sentido, a PA, pode ser compreendida como uma declaração da organização, quanto a seus princípios e principais intenções direcionadas ao bom desempenho ambiental. Isso pode ser observado ou detectado ao se avaliar a missão, visão e valores definidos pela organização, ao estabelecer suas relações com o ambiente natural.

Na visão de Lunardi, Alves e Salles (2014) a orientação ambiental (OA) em TI mede o grau de comprometimento de uma organização com a sustentabilidade ambiental. Isso se reflete nas inovações ambientais que a organização realiza, bem como nas práticas e rotinas que assume, quando se trata de questões vinculadas a área de TI (Jenkin, Webster, & McShane, 2011). Nesse sentido, o constructo de OA abordado por San Martin (2018), permite delinear as principais ações de TI-verde implementadas nas organizações.

A expertise ambiental (EA) na área de TI pode ser avaliada a partir do grau de interesse e adaptação que a organização se dispõe em buscar, atualizar e utilizar novos conhecimentos e informações quanto ao uso de tecnologias e serviços computacionais alinhados a sustentabilidade ambiental (Lunardi et al., 2014). Seguindo essa lógica, San Martin (2018), aponta que esse constructo auxilia o pesquisador na compreensão sobre como se dá a implementação das ações de TI-verde.

O monitoramento da TI-verde (M_TI) é um aspecto que pode ser avaliado a partir do nível de gerenciamento dos recursos e serviços da área de TI, e tem como objetivo diminuir o consumo de

recursos, bem como minimizar o impacto ambiental e os custos do negócio (Molla et al., 2008). Para San Martin (2018), esse constructo possui papel fundamental no controle das principais ações de TI-verde desenvolvidas pela instituição.

A orientação governamental (OG), abordada por San Martin (2018), configura-se como mais um dos constructos que auxilia o pesquisador a compreender como se dá a adoção da TI-verde. Segundo Gholami, Sulaiman, Ramayah e Molla (2013) quando o governo institui regulamentos e monitoramentos mais efetivos, as organizações passam a adotar com mais agilidade os sistemas e tecnologias ambientalmente sustentáveis. Em seus estudos, Chau e Hui (2001) identificaram a existência de uma relação significativa entre a OG e a adoção de inovações tecnológicas por parte das empresas, o que inclui as tecnologias e os sistemas de informação verdes.

No que concerne a efetividade das Ações de TI (A_TI), destaca-se que ela avalia de que maneira a organização implementa diferentes iniciativas na área computacional, a fim de alinhá-la com a sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, os recursos computacionais tendem a ser utilizados de forma eficiente, contribuindo com a preservação do meio ambiente (Murugesan, 2008; Molla et al., 2008; Brooks, Wang, & Sarker, 2010). Os itens abordados no constructo de A_TI, também são discutidos por San Martin (2018) e permitem fazer um contraponto entre a adoção da TI-verde e a questão da Sustentabilidade ambiental.

Quando se trata da avaliação desse constructo, San Martin (2018), aponta a necessidade de avaliação das dimensões de Desempenho ambiental (DA), Imagem institucional (II), Impacto ambiental negativo (IAN) e Impacto ambiental positivo (IAP). O DA envolve questões que impactam o meio ambiente, incluindo processos de negócios, atividades e operações da organização (Jenkin et al., 2011); a II considera a imagem e a reputação da empresa perante o mercado, e quando bem avaliada proporciona uma maior credibilidade e visibilidade para os seus consumidores, representando assim, uma vantagem competitiva do ponto de vista da sustentabilidade (Loeser, Recker, Brocke, & Molla, 2011); por outro lado, o impacto ambiental avalia qualquer alteração em um parâmetro do meio ambiente, em um determinado período e área, provocado por uma dada atividade (Wathern, 1988).

Para Silva (2004), o IAN ou adverso observa qualquer modificação no meio ambiente que resulte em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. Essa dimensão pode ser mensurada, por exemplo, por meio da verificação do consumo de energia elétrica decorrente do uso de computadores, gastos com insumos de informática e produção de lixo eletrônico. Já o IAP ou benéfico, pode ser compreendido como qualquer modificação no meio ambiente que resulte na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. De modo semelhante, esta dimensão pode ser medida, por exemplo, através da análise do uso de papel reciclado, otimização das reuniões por meio de videoconferências e digitalização de documentos.

3 MÉTODO

O estudo fez uso do método hipotético-dedutivo, que objetiva testar a predição de um fenômeno, considerando a necessidade de alinhamento a A3P e a conseqüente adoção da TI-verde no CCJS/UFCG. No que concerne a abordagem metodológica, o estudo se enquadra como empírico, uma vez que avalia uma face observável dos respondentes, quanto a adoção da TI-verde e seu impacto na promoção da sustentabilidade ambiental. Quanto a estratégia de pesquisa, fez-se uso das técnicas referentes ao estudo de caso e análise situacional, com a triangulação de dados e análise aprofundada do caso.

Para a realização da pesquisa, fez-se uso do modelo conceitual abordado por San Martin (2018), e que contempla elementos relacionados a adoção da TI-verde, ações de TI-verde e sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, coube proceder com a identificação dos fatores, mediante análise do

modelo estatístico e estrutural, com o uso da técnica quantitativa de análise fatorial e auxílio do pacote estatístico *SmartPLS®3* (Hair Jr, Hult, Ringle, & Sarstedt, 2014). A adoção dessa técnica permite avaliar qual a contribuição da adoção da TI-verde na sustentabilidade ambiental da instituição investigada.

A coleta de dados considerou como público-alvo os indivíduos que atuam na equipe de gestão do CCJS/UFCG e que totalizam 36 (trinta e seis) servidores, dos quais 29 (vinte e nove) efetivamente participaram do estudo. A escolha dos investigados considerou aqueles que atuam nas atividades de gestão e garantem o pleno funcionamento do campus e garante o desenvolvimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão. Ao definir os participantes da pesquisa, foi direcionado a eles um questionário eletrônico, encaminhado com o auxílio da plataforma do *GoogleForms®*, sendo os dados coletados entre outubro e novembro de 2021, o que requereu do respondente um tempo médio disponível de 20 (vinte) minutos.

Na coleta, foi assegurado aos respondentes, que os dados coletados não seriam avaliados de forma individual, mas tratados e analisados de forma conjunta, sem identificar qualquer tipo de respondente. Além disso, foi garantida a confidencialidade das respostas, de modo a dar maior liberdade e segurança ao respondente, para que ele pudesse participar da pesquisa da forma mais verdadeira possível. Ao final do período de coleta de dados, dos 29 (vinte e nove) questionários válidos, 15 (51,7%) foram respondidos por servidores que ocupam o cargo de Professor(a) do Magistério Superior, e 14 (48,3%) por servidores técnico-administrativos.

Após a coleta dos dados, procedeu-se com a exploração deles, no sentido de identificar e excluir da amostra analisada, possíveis dados faltantes ou discrepantes, com vias a reduzir problemas de vieses no ajustamento do Modelagem de Equações Estruturais (MEE). A normalidade multivariada dos dados, linearidade e multicolinearidade também foram avaliadas antes de proceder com a análise do modelo de mensuração e do modelo estrutural. O modelo de mensuração contempla o estudo de indicadores tais como: validade discriminante, confiabilidade composta, confiabilidade do indicador, validade convergente, colinearidade e cargas. Já o modelo estrutural avalia o coeficiente de caminho (Γ), de determinação (R^2), validade preditiva (Q^2), tamanho e significância do coeficiente de caminho, tamanho do efeito f^2 e do efeito q^2 .

4 RESULTADOS E IMPLICAÇÕES

Com a coleta e sistematização dos dados, procedeu-se com a realização dos testes inerentes a adoção da MEE, avaliando os pressupostos para adoção da regressão. Para tanto, coube examinar a validade e a confiabilidade dos itens e de cada construto, observando as cargas fatoriais (igual ou superior a 0,70). Ao proceder com a análise da validade e confiabilidade dos itens e construtos, se fez necessário excluir aqueles fora do parâmetro com carga fatorial inferior a 0,70. Com a exclusão desses itens, permaneceu no modelo apenas aqueles itens que garantem a validade convergente e discriminante dos itens e construtos, que compõem o modelo conceitual da pesquisa, como apontam Fornell e Larcker (1981) e Segars (1997).

Para avaliar a qualidade dos indicadores, utilizou-se a validade convergente e a confiabilidade composta. Para verificar a validade convergente foi utilizado o critério proposto por Fornell e Larcker (1981) que indica a sua existência quando o valor da variância média extraída (AVE) é maior que 0,50. Na pesquisa é possível identificar que o valor da AVE de cada construto é superior a 0,50 ou 50%, o que indica que os itens são reflexos dos seus respectivos construtos (Fornell & Larcker, 1981; Segars, 1997).

A confiabilidade é uma métrica que visa avaliar a consistência interna do constructo, considerando os valores medidos em cada item do modelo. A confiabilidade composta (CC) permite averiguar se a amostra analisada possui algum tipo de viés e se o conjunto das respostas que formam

o construto são confiáveis. Assim, o valor da confiabilidade composta deve ser maior que 0,70 para indicar a confiabilidade do construto.

A validade discriminante é uma métrica que avalia o grau em que um construto é verdadeiramente diferente dos demais. Para verificar a validade discriminante de cada construto fez-se uso do critério das cargas cruzadas, em que se espera que o valor da carga fatorial de cada indicador seja maior que todas as suas cargas cruzadas, assim como também o critério que compara a AVE com a variância compartilhada. O modelo de mensuração evidencia que os itens e os construtos analisados possuem validade e confiabilidade, sendo, portanto, medidas aceitáveis para o estudo do modelo estrutural.

Para Ribas e Vieira (2011), o modelo estrutural representa os efeitos diretos e indiretos das variáveis latentes entre si. Na concepção de Hair Jr, Black, Babin, Anderson e Tatham (2009), o modelo estrutural difere do modelo de mensuração, pois a ênfase passa da relação entre os construtos latentes e variáveis observadas para a natureza e magnitude das relações entre construtos. Dessa forma, utilizando-se do modelo estrutural é possível analisar o relacionamento preditivo e causal entre os construtos. Para verificar a presença ou não de colinearidade entre os construtos, utilizou-se o fator de inflação da variância (VIF), conforme apresentado na Tabela 1, que apontou um VIF com valor aceitável, ou seja, menor do que 5,0 (HAIR JR et al., 2014). Isso significa que não há redundância entre as medidas retidas após a análise detalhada dos indicadores considerados para cada variável latente. Logo, permitem medir o que se propõe a fazer, sem sobreposições.

Tabela 1

Avaliação da colinearidade

PRIMEIRO GRUPO		SEGUNDO GRUPO	
Construto	VIF	Construto	VIF
EA_TI	2,645	A_TI	1,000
M_TI	2,486		
OA_TI	2,692		
OG_TI	3,461		
PA	2,441		

Fonte: Dados da pesquisa de campo (2021).

Para testar as hipóteses do modelo, também são estimados os coeficientes de caminho (β) e sua significância estatística (t), e para avaliar a capacidade de previsão do modelo são calculados os coeficientes de determinação (R^2) das variáveis endógenas. No que concerne ao estudo sobre coeficiente de caminho do modelo estrutural, Hair Jr et al. (2014) explica que ele permite analisar se as hipóteses estabelecidas para associar os construtos são significativas. Assim, quanto mais próximo de “+ 1” for o valor do coeficiente de caminho, mais forte são os vínculos estabelecidos entre os construtos, à medida que quando mais próximo de “- 1”, mais fraco é esse vínculo. Por sua vez, quando os valores do coeficiente de caminho se aproximam de zero, tem-se que os vínculos são fracos e insignificantes.

A fim de analisar o coeficiente de caminho, observou-se o erro padrão, com a utilização do *bootstrapping* com 5.000 subamostras, que fornece informações adicionais sobre a estimativa do modelo estrutural. O valor crítico adotado como padrão para mensurar esse índice levou em conta as discussões de Hair Jr et al. (2014), em relação à adoção de testes bicaudais, com níveis de significância de 1% (2,57), 5% (1,96) e 10% (1,65), como ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2



Testes de significância do coeficiente de caminho do modelo estrutural

	Γ	t VALOR	Nível de significância	p-value	Intervalo de Confiança
EA_TI → A_TI	0,142	0,850	NS	0,396	[- 0,213; 0,470]
M_TI → A_TI	- 0,183	0,940	NS	0,347	[- 0,520; 0,254]
OA_TI → A_TI	0,498	2,238	**	0,025	[0,053; 0,942]
OG_TI → A_TI	0,399	1,980	**	0,048	[0,063; 0,871]
PA → A_TI	0,112	0,630	NS	0,529	[- 0,301; 0,407]
A_TI → DA	0,712	11,326	***	0,000	[0,595; 0,840]
A_TI → II	0,624	4,363	***	0,000	[0,286; 0,843]

Nota: EA_TI = Expertise Ambiental em TI; M_TI = Monitoramento da TI-verde; OA_TI = Orientação Ambiental em TI; OG_TI = Orientação Governamental em TI; PA = Política Ambiental; A_TI = Ações de TI-verde; DA = Desempenho Ambiental; II = Imagem Institucional. NS = não significativo. * p < 0,10. ** p < 0,05. *** p < 0,01.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Avaliando as relações entre os construtos, percebe-se que três, das sete associações estabelecidas, são insignificantes. Ponderando sobre o coeficiente de caminho da regressão, destaca-se que a AO (0,498) e a OG (0,399), apresentam relações regulares, positivas e significativas com a variável latente de “Ações de TI-verde”. No que diz respeito ao coeficiente de caminho do M_TI (-0,183), ele apresenta relação irregular, negativa e insignificante com a variável latente de “Ações de TI-verde”.

Quando se trata do coeficiente de caminho entre a EA (0,142) e PA (0,112), com a variável “Ações de TI-verde”, constata-se que apresentam relações fracas, positivas e insignificantes. No que concerne à conexão de “Ações de TI-verde” para com o DA (0,712) e a II (0,624), nota-se que elas apresentam relações fortes, positivas e significativas. Seguindo com a análise, salienta-se que a determinação da significância dos efeitos totais permite explorar o impacto e a direção de suas variáveis latentes, por meio da adoção do *bootstrapping* com 5.000 subamostras, como ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3

Testes de significância dos efeitos totais

	Γ	t VALOR	Nível de significância	p-value	Intervalo de Confiança
EA_TI → DA	0,101	0,839	NS	0,402	[- 0,153; 0,335]
EA_TI → II	0,089	0,784	NS	0,433	[- 0,099; 0,355]
M_TI → DA	- 0,130	0,923	NS	0,356	[- 0,381; 0,178]
M_TI → II	- 0,114	0,933	NS	0,351	[- 0,335; 0,150]
OA_TI → DA	0,355	2,204	**	0,028	[0,040; 0,686]
OA_TI → II	0,311	2,142	**	0,032	[0,026; 0,598]
OG_TI → DA	0,284	1,862	*	0,063	[0,046; 0,653]
OG_TI → II	0,249	1,884	*	0,060	[0,035; 0,557]
PA → DA	0,079	0,614	NS	0,540	[- 0,217; 0,307]
PA → II	0,070	0,613	NS	0,540	[- 0,183; 0,272]

Nota: EA_TI = Expertise Ambiental em TI; M_TI = Monitoramento da TI-verde; OA_TI = Orientação Ambiental em TI; OG_TI = Orientação Governamental em TI; PA = Política Ambiental; DA = Desempenho Ambiental; II = Imagem Institucional. NS = não significativo. * p < 0,10. ** p < 0,05. *** p < 0,01.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).



O resultado obtido o teste traz informações sobre o efeito que seu direcionamento pode gerar sobre a composição do modelo, sendo essa uma medida de capacidade preditiva. Assim, a regra de decisão consiste em observar o quanto cada variável exógena contribui diretamente para o DA e a II, considerando o nível de significância. Nessa perspectiva, analisando os efeitos totais dos construtos exógenos, que tratam sobre EA, M-TI e PA, com o DA, constata-se que essas associações são insignificantes. De modo análogo, os efeitos totais das associações desses construtos com a II também se mostram insignificantes. Por outro lado, os efeitos totais do construto OA em relação ao DA e a II é regular, positivo e significativo (0,05). Já os efeitos totais do construto OA em relação ao DA e a II é regular, positivo e significativo (0,10). Isso significa que a EA, o M-TI e a PA não contribuem para o modelo estrutural.

De maneira complementar, o coeficiente de determinação (R^2) e a validade preditiva (Q^2) foram obtidos a partir da utilização do *bootstrapping* e *blindfolding*, respectivamente, como pode ser visualizado na Tabela 4. Ressalta-se que o coeficiente de determinação (R^2) considera o efeito combinado de cada um dos construtos endógenos sobre as variáveis exógenas, e ele pode indicar correlações substanciais (0,75), moderadas (0,50) ou fracas (0,25). Já a validade preditiva (Q^2), significa que para uma distância de omissão igual a 7, demonstra o quanto as variáveis latentes podem prever, quando se observa um construto exógeno, o que auxilia na explicação do modelo estrutural (HAIR JR et al., 2014).

Tabela 4

Resultados dos valores de R^2 e Q^2

	Valor de R^2	Valor de Q^2
Ações de TI-verde	0,760	0,438
Desempenho Ambiental	0,507	0,353
Imagem Institucional	0,389	0,314

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Analisando o construto “Ações de TI-verde” (0,760), constata-se que ele apresenta um coeficiente de determinação significativo, ou seja, possui um alto valor preditivo. Para as variáveis que tratam sobre o Desempenho Ambiental e Imagem Institucional, ele é moderado, por ser maior do que 0,25 e menor do que 0,75. Ainda assim, observa-se que o modelo está razoavelmente próximo ao esperado ($Q^2 > 0$) e pode ser suportado, embora não esteja livre de erros e nem que venha a refletir a realidade ($Q^2 = 1$), como sugere Ringle, Silva & Bido (2014).

Ao considerar os aspectos enumerados para a MEE, realizou-se o teste “*t*” *student*, recomendado por Hair Jr et al. (2014) e Ringle et al. (2014) para avaliar o nível de significância das correlações e regressões, de maneira a aceitar ou rejeitar as hipóteses apresentadas na pesquisa, como ilustrado na Tabela 5.

Analisando as hipóteses da pesquisa, observa-se que a PA (H_1), a EA (H_3) e o M_TI (H_4) não contribuem significativamente para a implementação de “Ações de TI-Verde” no CCJS/UFCG. Logo, apesar da instituição ter uma Política Ambiental bem definida no Plano de Desenvolvimento Institucional e no Plano de Logística Sustentável (PLS), e acompanhar e ter ciência sobre novos produtos e lançamentos sustentáveis na área de TI, monitorar e controlar o consumo de seus equipamentos, tais ações ainda não suficientes para causar um impacto significativo na adoção de TI-verde neste Centro. Verifica-se ainda, que a efetividade na implementação de ações sustentáveis na área de TI não tem sido influenciada pela presença ou ausência de PA no CCJS/UFCG, nem pelo aumento ou diminuição dos gastos com insumos (papel, energia, impressões), nem pela identificação de tecnologias mais limpas, eficientes e sustentáveis.

Tabela 5

Teste “t” student para as hipóteses de pesquisa

Hipóteses	T- student	Nível de significância	Resultado
H ₁ : A política ambiental tem uma influência positiva nas Ações de TI-verde.	0,640	NS	Rejeitada
H ₂ : A orientação ambiental tem uma influência positiva nas Ações de TI-verde.	2,287	**	Aceita
H ₃ : A expertise ambiental tem uma influência positiva nas Ações de TI-verde.	0,864	NS	Rejeitada
H ₄ : O monitoramento da TI-verde tem uma influência positiva nas Ações de TI-verde.	0,957	NS	Rejeitada
H ₅ : A orientação governamental tem uma influência positiva nas Ações de TI-verde.	2,011	**	Aceita
H ₆ : As ações de TI-verde tem uma influência positiva na Sustentabilidade Ambiental.	14,104	***	Aceita

Nota. NS = não significativo. * $p < 0,10$. ** $p < 0,05$. *** $p < 0,01$.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Por outro lado, identificou-se que a OG (H₅) e a OA (H₂) em TI são as únicas variáveis independentes que influenciam significativamente na implementação das “Ações de TI-verde” no CCJS/UFCG, destacando-se a OA como o principal preditor. Dessa maneira, quanto mais efetivas forem as ações executadas com foco nessas duas dimensões, maior será o seu efeito na adoção da TI-verde na universidade. Com isso, destaca-se que o posicionamento da equipe de gestão torna-se fundamental para o alcance de bons resultados, por meio do estabelecimento de diretrizes e do uso de ferramentas gerenciais que incentivem a participação e a mudança na cultura organizacional.

Quanto à efetividade das “Ações de TI-verde”, os resultados demonstram uma significativa correlação entre a adoção dessas ações e o seu impacto, tanto na II ($\beta = 0,62$; $p = 0,000$) quanto no DA ($\beta = 0,71$; $p = 0,000$), ou seja, quanto maior o número de ações de TI-verde implementadas pela instituição, maior será o impacto positivo na sua imagem e no seu desempenho ambiental. O modelo também demonstra que as “Ações de TI-verde” explicam 38,9% da variância presente no construto II e 50,7% da variância presente no construto DA. Logo, a adoção destas práticas contribui significativamente para a economia de recursos, ao mesmo tempo que minimiza o impacto ambiental proporcionado pela TI, melhorando assim o Desempenho Ambiental e a Imagem Institucional.

Ao se analisar o impacto da implementação da TI-verde na sustentabilidade ambiental a partir da segunda abordagem, mensurada com os IAP e IAN, percebe-se, que assim como na primeira abordagem, a OG ($\beta = 0,39$; $p = 0,046$) e a OA ($\beta = 0,508$; $p = 0,024$) em TI-verde são as únicas variáveis independentes que influenciam significativamente na implementação de ações de TI-verde no CCJS/UFCG. Em relação ao impacto ambiental proporcionado pelas ações de TI-verde na sustentabilidade ambiental, destaca-se que o número de itens presentes no questionário sobre IAP foi insuficiente, sendo, portanto, desconsiderado da pesquisa. Já a redução do consumo de papel, dos gastos com energia elétrica, da produção e descarte de resíduos eletrônicos, considerados como IAN apresentaram baixa eficácia ($\beta = 0,11$; $p > 0,05$), o que significa que as “Ações de TI-verde” implementadas pelo CCJS/UFCG ainda são insuficientes para contribuir de forma significativa com a sustentabilidade ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou analisar se os aspectos inerentes a adoção da TI-verde, no Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG),



impactam na sustentabilidade ambiental. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, com uso de questionário. Tudo isso possibilitou uma análise mais acurada da presente questão, além do levantamento de um diagnóstico sobre a situação da instituição quanto a adoção da TI-verde, e cujos participantes foram os servidores técnico-administrativos e docentes que atuam no Centro e fazem parte do quadro efetivo da instituição.

A partir dos resultados dos testes estatísticos, identificou-se que nem todos os aspectos relacionados ao conceito de TI-verde são adotados pelo CCJS/UFCG, medem ou influenciam as "Ações de TI-verde", o que pode ser compreendido pela natureza das instituições públicas, que são organizações cujas atividades estão sujeitas a normatização interna e externa. Assim, a Política Ambiental (PA), a Expertise Ambiental (EA) e o Monitoramento da TI-verde (M_TI) não influenciam diretamente as "Ações de TI-Verde" no CCJS/UFCG. No entanto, para que a instituição possa melhorar seu desempenho ambiental se faz necessário fortalecer iniciativas nestas áreas, como por exemplo, priorizar o cumprimento das diretrizes estabelecidas na política ambiental da instituição, além de planejar e realizar investimentos em novas tecnologias verdes, bem como desenvolver indicadores de desempenho por meio de ferramentas de medição e controle de consumo.

Analisando as demais variáveis, observa-se que a Orientação Ambiental (OA) e a Orientação Governamental (OG), em TI, influenciam significativamente as "Ações de TI-verde" no CCJS/UFCG, destacando-se a OA, como o fator mais significativo. Isso quer dizer que quanto maior a eficácia das iniciativas desenvolvidas nestas duas áreas, maior pode ser o seu impacto na adoção de "Ações de TI-verde". Logo, percebe-se que a questão normativa assume papel central na tomada de decisão, podendo ser considerada como um dos principais fatores que influenciam a sua implementação.

Quanto ao conceito de sustentabilidade ambiental, nota-se que o Impacto Ambiental Negativo (IAN) e as ações de TI-verde desenvolvidas no CCJS/UFCG ainda não foi afetado de forma significativa. Isso mostra que as ações realizadas no campus são insuficientes e contribuíram pouco para a diminuição do consumo de energia e papel (com impressões), redução dos gastos com insumos e produção de lixo eletrônico. Ademais, destaca-se que a instituição ainda precisa inserir a temática da sustentabilidade em atividades de ensino, pesquisa, extensão e gestão.

REFERÊNCIAS

- Brooks, S., Wang, X., & Sarker, S. (2010, august). Unpacking Green IT: a review of the existing literature. *Anais da Americas Conference on Information Systems*, Lima, Peru, 16.
- Chau, P. Y. K., & Hui, H. L. (2001). Determinants of small business EDI adoption: an empirical investigation. *Journal of Organizational Computer and Electronic Communication*, 11(4), 229-252.
- Dao, V., Langella, I., & Carbo, J. (2011). From green to sustainability: Information technology and an integrated sustainability framework. *Journal of Strategic Information Systems*, 20(1), 63-79.
- D'Souza, C., Taghian, M., & Lamb, P. (2006). Green products and corporate strategy: an empirical investigation. *Society and Business Review*, 1(2), 144-157.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.

- Gholami, R., Sulaiman, A., Ramayah, T., & Molla, A. (2013). Senior managers' perception on green information systems (IS) adoption and environmental performance: Results from a field survey. *Information & Management*, 50(7), 431-438.
- Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. (6a ed.) Porto Alegre: Bookman.
- Hair Jr., J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2014) *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. California: SAGE.
- Jenkin, T., Webster, J., & Mcshane, L. (2011). An agenda for 'green' information technology and systems research. *Information and Organization*, 21(1), 17-40.
- Loeser, F., Recker, J., Brocke, j. V., Molla, A., & Zarnekow, R. (2017). How IT executives create organizational benefits by translating environmental strategies into Green IS initiatives. *Information Systems Journal*, 27(4), 503–553.
- Lunardi, G. L., Alves, A. P. F., & Salles, A. C. (2012, setembro). TI Verde e seu impacto na sustentabilidade ambiental. *Anais do Encontro da ANPAD*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 36.
- Lunardi, G. L., Alves, A. P. F., & Salles, A. C. (2014). Desenvolvimento de uma escala para avaliar o grau de utilização da tecnologia da informação verde pelas organizações. *Revista de Administração*, 49(3), 591-605.
- Lunardi, G. L., Frio, R. S., & Brum, M. M. (2011a). Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia. *Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia*, 4(2), 159-172.
- Lunardi, G. L., Frio, R. S., & Brum, M. M. (2011b, setembro). Tecnologia da informação e sustentabilidade: Um estudo sobre a disseminação das práticas de TI Verde nas organizações. *Anais do Encontro da ANPAD*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 35.
- Lunardi, G. L., Alves, A. P. F., Salles, A. C., & Dolci, D. B. (2016, setembro). Antecedentes e consequentes da adoção da TI Verde nas organizações: um estudo sobre o papel das ações organizacionais e o seu impacto no desempenho ambiental e na imagem corporativa. *Anais do Encontro da ANPAD*, Costa do Sauípe. Bahia, Brasil, 40.
- Molla, A. *et al.* (2008, novembro). E-readiness to G-readiness: Developing a green information technology readiness framework. *Anais do Australasian Conference on Information Systems*, Christchurch, Australasian, 19.
- Molla, A. (2009, julho). Organizational Motivations for Green IT: Exploring Green IT Matrix and Motivation Models. *Anais do Pacific Asia Conference on Information Systems*, Hyderabad, India.
- Murugesan, S. (2008). Harnessing green IT: principles and practices. *IEEE IT Professional*, 10(1), 24-33.
- Ribas, J. R., & Vieira, P.R.C. (2011). *Análise multivariada com o uso do SPSS*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.

Ringle, C. M., Silva, D., & Bido, D. (2014). Modelagem de equações estruturais com utilização do SMART-PLS. *REMARK – Revista Brasileira de Marketing*, 13(2), 56-73.

San Martin, A. S. (2018). *Adoção da TI verde em organizações públicas federais no Rio Grande do Sul e o seu impacto na sustentabilidade ambiental*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

Schmidt, N-H., Erek, K., Kolbe, L., & Zarnekow, R. (2010, august). Predictors of green IT adoption: implications from an empirical investigation. *Anais de Americas Conference on Information Systems*, Lima, Peru, 16.

Segars, A. H. (1997). Assessing the unidimensionality of measurement: A paradigm and illustration within the context of information systems research. *Omega*, 25(1), 107-121.

Silva, A. L. M. (2004). *Direito do mio ambiente e dos recursos naturais*, vol. I, São Paulo: RT.

Turban, E., Rainer, R. K., & Potter, R. E. (2005). *Administração da Tecnologia da Informação*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Wathern, P. (1988). An introduction guide to EIA. In: Wathern, P. (Org.). *Environmental Impact Assessment theory and practice*. London: Unwin Hyman.

ⁱ Autoria:

Leonardo Ribeiro Mendes leonardo.cid@gmail.com

Thaiseany de Freitas Rêgo thaiseany.freitas@ufrn.br

Maria de Fátima Nóbrega Barbosa mfnobregabarbosa@gmail.com