

Desenvolvimento de uma escala para avaliar o grau de utilização da tecnologia da informação verde pelas organizações

Guilherme Lerch Lunardi

Universidade Federal do Rio Grande – Rio Grande/RS, Brasil

Ana Paula Ferreira Alves

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre/RS, Brasil

Ana Carolina Salles

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre/RS, Brasil

Recebido em 05/janeiro/2013

Aprovado em 26/fevereiro/2014

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor Científico: Nicolau Reinhard

DOI: 10.5700/rausp1170

RESUMO

Questões relacionadas à sustentabilidade ambiental têm-se mostrado cada vez mais importantes na pesquisa e na prática das organizações ao longo das últimas décadas. Especificamente, a área de Tecnologia da Informação (TI) tem sido responsável por parte dos problemas ambientais com que a sociedade se depara atualmente. Nesse sentido, a TI Verde aparece como uma forma de aliar recursos disponíveis a políticas de sustentabilidade e economia nas organizações, gerando benefícios para o meio ambiente e para as empresas. Neste trabalho, o objetivo é desenvolver e validar um instrumento para avaliar o grau de utilização da TI Verde pelas organizações. Verificou-se que a TI Verde pode ser mensurada: pela efetividade das ações sustentáveis aplicadas à área de TI; pelo grau de orientação ambiental e pelo nível de consciência socioambiental da organização; pelo monitoramento das atividades de TI; e pelo grau de *expertise* ambiental na área de TI. A orientação ambiental e as ações de TI Verde aparecem como as dimensões mais efetivas, sugerindo serem as principais desencadeadoras da presença da TI Verde nas organizações. A consciência socioambiental é, por sua vez, a dimensão menos efetiva, indicando que as questões ambientais ainda não são prioridade para as empresas investigadas.

Palavras-chave: TI Verde, sustentabilidade, práticas verdes, modelo conceitual, instrumento.

Guilherme Lerch Lunardi, Doutor em Administração pela Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é Professor Adjunto do Departamento de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade Federal do Rio Grande (CEP 96205-200 – Rio Grande/RS, Brasil).

E-mail: gllunardi@furg.br

Endereço:

Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis
Avenida Itália, Km 8 s/n
96205-200 – Rio Grande – RS

Ana Paula Ferreira Alves é Mestre em Administração pela Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP 90010-460 – Porto Alegre/RS, Brasil).

E-mail: anapfalves@gmail.com

Ana Carolina Salles é Mestranda em Administração na Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP 90010-460 – Porto Alegre/RS, Brasil).

E-mail: salles.ac@bol.com.br

1. INTRODUÇÃO

Questões relacionadas à sustentabilidade ambiental têm se tornado cada vez mais importantes na pesquisa e na prática das organizações ao longo das últimas décadas, como resultado do uso excessivo de recursos naturais e da responsabilidade social das organizações (Dao, Langella & Carbo, 2011). A revolução tecnológica facilitou o desenvolvimento de um contexto de consumismo supérfluo, originando um comportamento social marcado por desperdícios, consumismo exagerado de recursos e omissão dos efeitos causados ao meio ambiente (Salles, Alves, Dolci & Lunardi, 2013).

Tal preocupação atingiu os mais diversos setores da economia, o que tem levado os governantes, as sociedades civis e as próprias empresas a proporem diferentes medidas para a preservação do planeta e, conseqüentemente, para a sobrevivência das gerações futuras. Na área de Tecnologia da Informação (TI), mais especificamente, vários problemas ambientais são identificados, como o elevado consumo de eletricidade (que contribui, também, para a emissão de gases), a quantidade de insumos não renováveis utilizada na produção de computadores e periféricos, e o descarte de equipamentos obsoletos (Ozturk, Umit, Medeni, Ucuncu, Caylan, Akba & Medeni, 2011). De acordo com Murugesan (2008), a TI representa uma parte significativa e crescente dos problemas ambientais que a sociedade enfrenta atualmente.

Como forma de reação a esses problemas, mudanças nos valores sociais têm redirecionado a competitividade no mercado (Vanttinen & Pyhalto, 2009), propiciando o surgimento de produtos ecologicamente corretos (oriundos dos chamados movimentos **verdes**) com o principal objetivo de reduzir a poluição e o gasto com energia no desenvolvimento de produtos e serviços (D'Souza, Taghian, Lamb & Peretiatkos, 2006). Desse modo, **ser verde** tornou-se uma nova atividade na agenda dos líderes de TI (Gartner, 2010). Pode-se observar que, em geral, a demanda pela gestão ambiental cobrada por órgãos reguladores, por consumidores e público está continuamente crescendo. Os consumidores tendem a associar termos como **ambientalmente amigável** à preocupação da empresa com o consumidor e a sociedade e a qualidade dos produtos.

Assim, organizações têm dedicado tempo e recursos para proteger o meio ambiente, implementando estratégias de gestão ambiental para minimizar o impacto de suas operações, além de realizar esforços para reduzir o consumo de energia e a geração de resíduos (Ko, Clark & Ko, 2011). Na área de TI, esse movimento vem sendo chamado de TI Verde (Molla *et al.*, 2008). O conceito foi criado por empresas de tecnologia com a finalidade de aliar os recursos disponíveis a políticas de sustentabilidade e economia nas organizações, gerando benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as empresas.

À medida que a aquisição dos equipamentos de informática se tornou mais acessível financeiramente, mais rápida vem sendo sua popularização (Lunardi, Dolci & Maçada, 2010), o que tem

levado a indústria de TI (como fornecedora desses produtos) e as organizações (como usuárias de produtos tecnológicos) a enfrentarem pressões para se tornarem mais ambientalmente sustentáveis. Esse desafio aparece na prática de projetar, produzir e utilizar computadores, servidores, *software* e demais periféricos de forma eficiente e eficaz para minimizar os danos ambientais. Nesse sentido, a adoção de práticas de TI Verde pode gerar valor para as organizações e para a sociedade, além de oferecer muitas oportunidades às organizações para operar de forma mais sustentável, seja economizando gastos com energia, papel, água, transporte, espaço físico, manutenção e descarte, ou ainda melhorando sua imagem, respeitando o meio ambiente e valorizando seus funcionários (Lunardi, Frio & Brum, 2011).

Apesar da significativa e crescente importância da TI Verde nos últimos anos para promover a sustentabilidade ambiental e a eficiência empresarial, existem lacunas na literatura de sistemas de informação (SI) quanto a um melhor entendimento sobre o papel e as potenciais contribuições da TI no domínio da sustentabilidade ambiental (Jenkin, Webster & McShane, 2011; Bose & Luo, 2012). Diante dessas considerações, neste estudo apresenta-se o desenvolvimento de um instrumento para avaliar o grau em que a TI Verde vem sendo utilizada pelas organizações, identificando diferentes componentes que influenciam a forma como as organizações têm abordado a dimensão ambiental da sustentabilidade na área de TI.

Além desta introdução, apresenta-se, na segunda seção, o referencial teórico da pesquisa, abordando a TI Verde como um novo tópico de interesse na área de SI, as principais práticas verdes aplicadas à área de TI e o impacto da TI Verde na dimensão ambiental da sustentabilidade. Na seção 3, descrevem-se as etapas metodológicas do estudo. Na seção 4, são apresentados os principais resultados da pesquisa e, na seção 5, estão as considerações finais.

2. CONSTRUINDO UM MODELO DE ANÁLISE DA TI VERDE

O impacto da TI e seu papel na sustentabilidade ambiental têm aparecido como um dos principais tópicos da área de SI nos últimos anos (Thibodeau, 2007; Itweb, 2009; Dedrick, 2010). Ainda assim, poucos estudos envolvendo aspectos referentes à sustentabilidade incorporam a perspectiva de sistemas de informação. Pitt, Parent, Junglas, Chan e Spyropoulou (2011) sugerem que as teorias tradicionais utilizadas nas pesquisas de SI são insuficientes para entender o papel dos sistemas de informação no contexto da sustentabilidade, sendo necessário que os pesquisadores desenvolvam novas teorias para poder compreender essa questão.

De acordo com Elkington (2001), a sustentabilidade está associada aos aspectos econômico, ambiental e social das organizações. Particularmente, a dimensão ambiental compreende a preocupação em produzir e consumir de maneira a garantir que os ecossistemas possam manter sua autorreparação ou sua

capacidade de resiliência (Elkington, 2001; Nascimento, 2012). Nesse sentido, a TI Verde incorpora o conceito do aspecto ambiental da sustentabilidade no que diz respeito à “eficiência energética e ser ambientalmente correto”, e “planejar e investir em infraestrutura tecnológica que sirva às necessidades de hoje, assim como as necessidades de hoje conservem recursos e economizem dinheiro” (Pollack, 2008, p. 1). A decisão de implantar estratégias, políticas e ferramentas de TI Verde é um desafio para as organizações. Enquanto os praticantes parecem estar mais interessados há mais tempo nesse tópico, recentemente tem surgido também um crescente interesse entre os acadêmicos (Brooks, Wang & Sarker, 2010; Jenkin *et al.*, 2011).

Como a TI Verde aparece como um campo de pesquisa relativamente novo, seu avanço como área de estudos requer teorização, construção de modelos e desenvolvimento de medidas (Hair Jr., Black, Babin, Anderson & Tatham, 2009). Primeiramente, deve haver uma clara definição do que é TI Verde. Em seguida, torna-se relevante a proposição e a validação de um modelo empírico que possa ser usado para analisar de forma adequada essa definição de TI Verde em um contexto de pesquisa particular, fornecendo consistência para futuras pesquisas sobre o tema. O modelo deve mostrar a natureza multidimensional da TI Verde, permitindo que praticantes o utilizem para traçar diferentes opções estratégicas, de modo a tornar a área de TI mais autossustentável. Nesse contexto, poucos são os trabalhos que têm apresentado o desenvolvimento e a validação de instrumentos confiáveis que mensurem o construto TI Verde (Molla, 2009). Ainda assim, o uso de medidas associadas à TI Verde possibilita identificar o que as organizações precisam para tornar-se mais ambientalmente corretas e a extensão com que têm progredido nessa direção.

2.1. A Tecnologia da Informação Verde como um tópico de interesse na área de sistemas de informação

A TI Verde tem sido usada como um termo genérico para as medidas e as atividades do departamento de TI das empresas que visam contribuir para os objetivos orientados pela sustentabilidade e pela responsabilidade social corporativa (Chen, Boudreau & Watson, 2008; Schmidt, Ereik, Kolbe & Zarnekow, 2010). A TI Verde é o estudo e a prática de projetar, fabricar, usar e descartar computadores, servidores e subsistemas associados (monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e de rede e sistemas de comunicação), de forma eficiente e eficaz, com o mínimo de impacto para o meio ambiente, lutando para atingir a viabilidade econômica e melhorar o uso e o desempenho dos sistemas e respeitando as responsabilidades sociais e éticas. Além disso, nela consideram-se as dimensões de ambiente sustentável, a economia da eficiência energética e o custo total de propriedade, que inclui o custo de descarte e reciclagem (Murugesan, 2008). Portanto, nela englobam-se os ativos de *hardware*, *software*, ferramentas, estratégias e práticas que ajudam a melhorar e promover ganhos ambientais associados à TI (Bose & Luo, 2012).

Ao utilizar uma visão sociotécnica de TI Verde, Brooks *et al.* (2010) classificaram-na de duas formas: as iniciativas que utilizam a infraestrutura de TI para mudar os processos e as práticas organizacionais para melhorar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais; e os produtos e serviços de TI ambientalmente mais saudáveis. A TI Verde introduz processos de negócios ambientalmente favoráveis nas organizações e produtos ambientalmente corretos para o mercado, uma vez que suas práticas envolvem *hardware*, *software*, os departamentos de TI nas organizações e a própria indústria de TI (Molla *et al.*, 2008; Murugesan, 2008).

Para que a TI Verde traga resultados, é necessário que a organização esteja consciente da necessidade de abordar questões ambientais de forma mais proativa, de modo a proteger o meio ambiente, enquanto reduz o impacto negativo de suas atividades sobre ele (Ko *et al.*, 2011). O apoio da alta administração é um fator significativo, uma vez que é ela que geralmente determina a forma e a direção das atitudes gerenciais da organização (Dick & Burns, 2011). Fazer com que os tomadores de decisão e os indivíduos percebam benefícios de ações em prol do meio ambiente é essencial para criar processos e práticas mais sustentáveis nas organizações (Melville, 2010). Estudos apontam a importância do desenvolvimento de uma cultura organizacional comprometida com a sustentabilidade e que dê suporte às inovações ambientais (Jenkin *et al.*, 2011). Nesse sentido, pesquisadores da área de administração têm notado que as organizações devem adotar práticas que encorajem o comportamento de seus funcionários para serem coerentes com as políticas de responsabilidade ambiental que as organizações realmente dizem apoiar (Peloza & Hassay, 2006).

Ainda que determinada prática verde seja bem desenvolvida e implantada pela organização, seu sucesso depende do comportamento real dos funcionários e da própria organização, sendo seu sucesso determinado pela forma como a TI Verde é utilizada. Essa orientação ambiental é responsável pela ligação entre as diferentes iniciativas ambientais adotadas e seus impactos, devendo resultar em rotinas organizacionais mais focadas no meio ambiente (Jenkin *et al.*, 2011), seja definindo o uso de impressoras com impressão frente e verso, incentivando a reciclagem de papel e, até mesmo, recomendando aos funcionários formas sobre como economizar energia. A compreensão dessas atitudes ambientais e as mudanças de rotina que ocorrem no nível organizacional são centrais para obter sucesso no uso da TI Verde. Após a determinação de aplicar a TI Verde, cabe às empresas desenvolver políticas claras em prol da sustentabilidade ambiental, delineando objetivos, metas, planos de ação e prazos para implementar efetivamente tais estratégias (Ozturk *et al.*, 2011).

A TI Verde pode ser vista como uma abordagem holística e sistêmica com a finalidade de reduzir os impactos ambientais causados pelas atividades de TI e atuar ativamente na economia de baixa emissão de gases (Molla *et al.*, 2008). Nela considera-se o ciclo de vida completo das tecnologias de informação e de comunicação,

que envolvem processos ambientalmente corretos de projeto, produção, operação e eliminação (Elliot, 2007). Assim, práticas têm sido adotadas pelas organizações de modo a tornar as atividades de TI mais sustentáveis (Brooks *et al.*, 2010). Lunardi *et al.* (2011) identificaram que as práticas ligadas aos *datacenters* e à substituição de equipamentos obsoletos por equipamentos mais eficientes aparecem como as principais utilizadas por empresas de grande porte, somadas às práticas de conscientização, tais como as campanhas internas focadas na redução do impacto ambiental, a escolha de fornecedores verdes e a presença de políticas organizacionais para regular a sustentabilidade da TI.

Na TI Verde, estão compreendidas a gestão de todas as atividades e medidas do departamento de TI voltadas a reduzir o consumo de recursos por TI, como, por exemplo, em termos de energia. Nela ainda incluem-se instrumentos para controlar, orientar e comunicar as práticas adotadas (Schmidt *et al.*, 2010). A emissão e a utilização de energia são parâmetros significativos que precisam ser mensurados para avaliar o impacto ambiental da TI (Molla, 2009). Além de prejudicar o meio ambiente, o uso ineficiente de energia pode resultar em maiores custos para as organizações e pode fazê-las perder vantagens competitivas ante a concorrência. O gerenciamento inteligente da tecnologia é uma alternativa às empresas para reduzir os danos causados ao meio ambiente, melhorar a efetividade do consumo de energia elétrica e reduzir os custos operacionais do negócio (Melville, 2010).

Além disso, é importante que as organizações se submetam a experimentar, atualizar e buscar novas abordagens, informações e conhecimentos referentes ao uso de equipamentos e serviços para suportar as estratégias de sustentabilidade ambiental na área de TI (Mines, 2008). Esse conhecimento procura manter a organização aliada às estratégias organizacionais, mantendo ou reduzindo os custos de operação, reduzindo o desperdício e otimizando o consumo de energia elétrica nos processos da cadeia de valor da organização (Elliot & Binney, 2008). Kim e Ko (2010) salientam que as organizações que não se preocupam com a busca e a atualização de conhecimentos referentes à integração da sustentabilidade a suas atividades tendem a aumentar seus custos de produção, por causa dos investimentos de capital, e custos de operação, resultando em um relacionamento negativo entre a adoção de práticas mais sustentáveis e o resultado financeiro da empresa.

2.2. Adoção de práticas verdes na área de Tecnologia da Informação

A adoção da TI Verde diferencia-se da adoção de uma TI qualquer, especialmente pela importância que as questões éticas e de sustentabilidade possuem no processo de tomada de decisão. Enquanto a adoção de uma TI é usualmente motivada pelos potenciais benefícios econômicos do uso dessa tecnologia, as práticas de TI Verde são motivadas também por ser uma preocupação do planeta, mesmo que os benefícios econômicos possam não ser tangíveis no curto prazo (Watson, Boudreau &

Chen, 2010). Organizações preocupadas com suas responsabilidades sociais e ambientais, com a sustentabilidade dos negócios e com a TI Verde têm tratado essas questões elaborando políticas claras quanto à aquisição de equipamentos (com menor consumo de energia, materiais reciclados, materiais não poluentes, dentre outros), uso de computadores e impressoras (por meio de processos computacionais mais eficientes, virtualização, diminuição de impressões, remanufatura de cartuchos, uso de papel reciclado...) e até mesmo a disposição dos computadores e *datacenters* (menores, com menor consumo de energia, uso mais eficiente de refrigeração, etc.) (Lunardi *et al.*, 2011).

Em pesquisa realizada por Lunardi *et al.* (2011), foram identificadas 37 diferentes práticas de TI Verde adotadas pelas organizações, sendo estas classificadas em sete categorias gerais: práticas de conscientização, *datacenter* verde, descarte e reciclagem, fontes alternativas de energia, *hardware*, *software* e impressão. Embora algumas dessas práticas exijam elevados investimentos (especialmente aquelas ligadas aos *datacenters*, às fontes alternativas de energia e à substituição de equipamentos obsoletos por novos), boa parte das práticas de sustentabilidade pode ser adotada sem que a saúde financeira da empresa seja comprometida, apenas dependendo do esforço e da vontade dos usuários, e do apoio e direcionamento da organização (Lunardi *et al.*, 2011).

De acordo com Dedrick (2010), os gestores e profissionais de TI estão focados na redução dos impactos ambientais diretos dessa tecnologia, tais como tornar os centros de dados e computadores pessoais mais eficientes em relação ao consumo de energia. No entanto, espera-se que muito brevemente as iniciativas de TI Verde passarão de projetos específicos e pontuais para uma parte da prática do *core business* das empresas. Isso aponta dois desafios para a gestão de TI: em primeiro lugar, os gerentes de TI serão requisitados para minimizar o consumo de energia, as emissões, a ineficiência e o desperdício relacionado à TI; e, em segundo lugar (e talvez mais importante), os gerentes de TI deverão fornecer soluções que possibilitem às empresas medir, monitorar, reportar e reduzir o impacto ambiental que causam.

Esses desafios são enfrentados diante da necessidade global de provar o retorno sobre os investimentos realizados em TI (Molla, Cooper & Pittayachawan, 2011). Nesse sentido, o desenvolvimento de instrumentos que possibilitem às organizações mensurar e avaliar os resultados das atividades de TI e, mais especificamente, das iniciativas de TI Verde implementadas pela organização pode servir como uma importante ferramenta de apoio aos gestores, tanto de TI como de outras áreas e níveis gerenciais.

2.3. Impacto da Tecnologia da Informação Verde na dimensão ambiental da sustentabilidade

Ainda que as organizações estejam motivadas a adotar estratégias e práticas de TI Verde, seu sucesso e as mudanças associadas à orientação ambiental vêm sendo ultimamente avaliadas pelo impacto dessas atividades no meio ambiente

(Jenkin *et al.*, 2011). Conforme Ilinitch, Soderstrom e Thomas (1998), o impacto ambiental tem sido apontado como uma medida fundamental para avaliar o desempenho ambiental da empresa. No entanto, apesar de reconhecer-se sua importância, muito da literatura nessa área é conceitual e o significado do termo impacto ambiental é tratado de forma ambígua. Por exemplo, existe literatura que sugere a redução e a compreensão dos impactos ambientais da organização ou enfatiza a importância da organização em ter um baixo impacto ambiental negativo, sem detalhar o que se entende por impacto ambiental (Ramus & Steger, 2000). Os estudos empíricos nessa área tendem a examinar as questões ambientais em relação a resultados mais tangíveis da organização, tais como relatórios de sustentabilidade e a presença de políticas ambientais (Jenkin *et al.*, 2011). Ainda assim, existe uma reduzida compreensão de como medir com precisão os impactos ambientais, o que justifica o fato de que boa parte das pesquisas são conceituais até o momento (Manning, 2007).

Buscar a sustentabilidade ambiental não significa abandonar o pensamento econômico, até mesmo porque a economia é direcionada para o problema de alocar recursos escassos, e recursos como as energias livres de emissão de gases e os componentes eletroeletrônicos são particularmente escassos (Watson *et al.*, 2010). A literatura tem destacado diferentes vantagens de ser verde. York, Watson, Boudreau & Chen (2009) destacam como o uso da TI promove e incentiva as organizações a tornar as decisões e estratégias mais sustentáveis. Para Brooks *et al.* (2010), existem duas grandes categorias de benefícios: os ambientais, associados a objetivos de ecoequidade; e os financeiros, associados aos objetivos de ecoeficiência. Assim, além de minimizar a emissão de gases da empresa e ajudar na conservação e na redução do desperdício de energia associados ao *hardware* e *software* (Jenkin *et al.*, 2011), a TI Verde também auxilia na minimização das perdas, cortando gastos operacionais e aumentando a produtividade dos funcionários (Gupta, 2010).

Conforme Dyllick e Hockerts (2002, *apud* Watson *et al.*, 2010), a ecoeficiência consiste na entrega de produtos e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem os impactos ecológicos e a intensidade de recursos utilizados em todo o ciclo de vida, em um nível que esteja pelo menos em linha com a capacidade do planeta. A redução de custos motiva fornecedores a buscarem a produção ecoeficiente, assim, a ecoeficiência está alinhada com os objetivos corporativos. Nesse sentido, a questão econômica é um fator relevante, uma vez que as empresas visam ao aumento de seus lucros. Similarmente, os consumidores respondem a pressões econômicas para reduzir seus gastos.

A ecoequidade, por sua vez, refere-se à equidade entre as pessoas e as gerações e, em particular, aos direitos iguais de todas as pessoas aos recursos ambientais. No centro da definição de sustentabilidade, está a crença de que deve haver uma distribuição justa de recursos entre a humanidade. A ecoequidade foca

a responsabilidade social pelas gerações futuras que vão pagar as consequências do consumo excessivo de recursos escassos e da degradação do meio ambiente. Isso significa que é necessário desenvolver normas corporativas e sociais que suportem a ecoequidade de agora e de amanhã (Dyllick & Hockerts, 2002, *apud* Watson *et al.*, 2010).

A adoção dessas práticas também pode fazer com que as organizações tirem proveito de sua consciência socioambiental, por meio de campanhas de publicidade, na crença de que os consumidores tenham preferência por empresas mais responsáveis. Além disso, benefícios em termos de redução de taxas e impostos têm sido oferecidos por órgãos governamentais a quem investe em tecnologias mais sustentáveis (Watson *et al.*, 2010). Pequenas iniciativas são iniciadas pelos trabalhadores de nível operacional, influenciados por um senso de responsabilidade ambiental, como reduzir as impressões ao imprimir em ambos os lados da folha, desligar o computador quando ele não estiver em uso e instalar protetores de tela (Dick & Burns, 2011). Além desses aspectos, percebe-se que os consumidores estão se tornando mais sustentáveis e buscando formas de contribuir com o meio ambiente para que se tenha um futuro melhor. Tal situação leva a crer que empresas que não souberem acompanhar essas mudanças poderão perder espaço no mercado (D'Souza *et al.*, 2006). De modo geral, com a explosão do uso de diferentes tecnologias e sistemas de informação, reduzir seu impacto ambiental será crítico para suavizar a degradação ambiental do planeta (Jenkin *et al.*, 2011).

3. MÉTODO

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório, realizada com 44 empresas localizadas no Rio Grande do Sul, cujos respondentes (n=173) são usuários e gestores de TI de suas respectivas empresas. A pesquisa, realizada no segundo semestre de 2011, envolveu uma etapa exploratória, na qual foi elaborado o instrumento de pesquisa, e outra quantitativa, englobando procedimentos de coleta, validação e análise de dados. O instrumento de coleta de dados foi elaborado e validado seguindo a sequência de passos sugerida por Koufteros (1999). Segundo o autor, ao desenvolver-se um instrumento e realizar-se sua validação, uma sequência de sete passos deve ser realizada: a elaboração do questionário (envolvendo a revisão de literatura, a definição das variáveis, a validade de face e conteúdo e o pré-teste do instrumento, juntamente com sua revisão); a coleta de dados; a análise de fidedignidade dos construtos e do instrumento; o teste de unidimensionalidade, realizado por meio da análise fatorial exploratória **no bloco**; a validade discriminante, realizada por meio da análise fatorial exploratória **entre blocos**; novamente a fidedignidade dos construtos; e a validade dos construtos, por meio da análise fatorial confirmatória.

Em virtude de esta pesquisa apresentar características predominantes de um estudo exploratório (tendo por objetivo propor

um modelo teórico e não o testar), foram realizadas apenas as seis primeiras etapas sugeridas por Koufteros (1999). Dessas seis, somente a primeira e a segunda etapas são detalhadas nesta seção, as demais são apresentadas na seção dedicada aos resultados do estudo.

3.1. Etapa exploratória

O instrumento de coleta de dados foi elaborado a partir de uma extensa revisão da literatura sobre TI Verde. Foram analisados artigos publicados em revistas científicas, anais de congressos e revistas comerciais, levando-se em consideração essencialmente as práticas adotadas pelas empresas e os diferentes componentes que influenciam a forma como as organizações têm abordado a dimensão ambiental da sustentabilidade na área de TI. Essa busca resultou na identificação de 28 itens que foram adaptados em forma de questão e

classificados previamente pelos autores da pesquisa em cinco diferentes dimensões: consciência socioambiental (com quatro itens), ações sustentáveis (com dez itens), comunicação (com cinco itens), busca e atualização (com cinco itens) e monitoramento (com quatro itens).

Como forma de verificar se as questões apresentavam forma e vocabulário adequados ao propósito da mensuração, o instrumento foi analisado por um grupo de docentes e profissionais de administração com conhecimento na área de gestão ambiental e de TI. Pequenas alterações foram sugeridas em alguns dos itens, os quais tiveram seus enunciados modificados. Em suma, o instrumento solicitava informações sobre a empresa e o respondente, além das 28 questões propostas, estas operacionalizadas em uma escala tipo Likert de 5 pontos (variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”). Os itens do questionário, incluindo as questões eliminadas após os procedimentos de validação, podem ser visualizados na Figura 1.

| Item | Questão |
|------|--|
| q01 | Possui estratégias e políticas ambientais bem definidas. |
| q02 | Possui estratégias e políticas para a utilização de recursos naturais (água, luz, papel). |
| q03 | Procura parceiros comerciais que têm preocupações ambientais. |
| q04 | Pode ser considerada ambientalmente sustentável. |
| q05* | Maximiza a vida útil dos seus produtos de informática (ex. <i>upgrade</i> , redistribuição, reciclagem). |
| q06 | Possui produtos computacionais eficientes em termos de energia |
| q07* | Realiza descarte de produtos eletrônicos. |
| q08* | Adquire produtos computacionais sem materiais perigosos (ex. mercúrio, chumbo). |
| q09* | Adquire equipamentos computacionais que tenham selo verde de qualidade (ex. EnergyStar, ISO14000). |
| q10 | Implementa estratégias para melhor utilização dos produtos computacionais (função repouso, refrigeração, área física, virtualização). |
| q11* | Imprime apenas o que é realmente necessário para a atividade e para o negócio. |
| q12 | Faz remoção dos equipamentos computacionais que não estão em uso. |
| q13 | Tem feito suas últimas aquisições tecnológicas levando em consideração a eficiência energética. |
| q14 | Incentiva a reciclagem de produtos computacionais (ex. papel, cartucho, computador). |
| q15* | Procura informar aos funcionários sobre a reciclagem e o descarte de equipamentos computacionais na empresa. |
| q16 | Faz recomendações aos funcionários de como economizar energia com os produtos computacionais. |
| q17 | Faz comunicação constante para apagar a luz ao sair, usar o modo descanso e desligar o computador após o seu uso. |
| q18 | Possui um programa de conscientização sobre o uso racional dos recursos computacionais. |
| q19* | Divulga informações sobre tecnologias computacionais mais limpas (ex. novidades, casos de sucesso, estatísticas). |
| q20 | Tem conhecimento sobre as tecnologias computacionais mais limpas e eficientes existentes no mercado. |
| q21 | Busca novas formas de redução do consumo de energia dos produtos computacionais (computadores, servidores, <i>datacenters</i>). |
| q22 | Tem conhecimento sobre como diferentes tecnologias computacionais podem funcionar de forma mais eficiente. |
| q23 | Busca identificar casos de outras empresas que economizaram energia e dinheiro, através da utilização de tecnologias computacionais mais limpas. |
| q24 | Recorre a diferentes fontes para identificar tendências computacionais mais limpas e econômicas (seminários, livros, reportagens, consultorias). |
| q25 | Controla a impressão de documentos feita pelos funcionários. |
| q26 | Gerencia o consumo de energia das diferentes tecnologias computacionais. |
| q27 | Controla os custos com manutenção dos equipamentos computacionais. |
| q28 | Gerencia o desempenho dos equipamentos computacionais. |

Nota: * Itens excluídos após os procedimentos de validação do instrumento.

Figura 1: Questionário Aplicado

3.2. Etapa quantitativa

De posse do instrumento de coleta de dados previamente testado, procedeu-se a sua aplicação a 44 empresas localizadas no município de Rio Grande, localizado na região sul do Rio Grande do Sul. Em cada empresa participante do estudo, foram entregues quatro questionários autoadministrados, sendo um destinado ao responsável pela área de TI e os demais para gestores ou usuários de TI na empresa. A escolha das empresas participantes deu-se por conveniência, sendo a forma de contato utilizada a pessoal. Ao final do estudo, 180 questionários retornaram, sendo 173 considerados válidos. Desses, 44 respondentes (25,4%) eram gestores de TI e 129 (74,6%), gestores ou usuários de TI que atuavam em outras áreas administrativas. A caracterização da amostra investigada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1

Caracterização da Amostra

| Característica | n | % |
|--------------------------------------|------------|---------------|
| Tipo de Empresa | | |
| Indústria | 5 | 11,4 |
| Comércio | 18 | 40,9 |
| Serviços | 10 | 22,7 |
| Serviços Públicos | 11 | 25,0 |
| Porte | | |
| Micro | 9 | 20,5 |
| Pequena | 11 | 25,0 |
| Média | 7 | 15,9 |
| Grande | 16 | 36,4 |
| Não informado | 1 | 2,3 |
| Área de TI | | |
| Própria | 35 | 79,5 |
| Terceirizada | 9 | 20,5 |
| Total | 44 | 100,00 |
| Média de Computadores = 65,25 | | |
| Função do Respondente | | |
| Operacional | 98 | 55,5 |
| Supervisão | 19 | 8,1 |
| Gerência | 33 | 6,4 |
| Direção | 13 | 2,3 |
| Não respondeu | 10 | 5,8 |
| Escolaridade | | |
| Ensino médio | 37 | 21,4 |
| Superior incompleto | 70 | 40,5 |
| Superior completo | 45 | 26,0 |
| Pós-graduação | 15 | 8,7 |
| Não respondeu | 6 | 3,5 |
| Total | 173 | 100,00 |

Posteriormente ao término da coleta de dados e purificação dos questionários, procedeu-se à validação do instrumento e à análise descritiva da pesquisa. Na seção seguinte, apresentam-se os resultados do estudo.

4. RESULTADOS

Como forma de validar o modelo proposto e suas dimensões, empregaram-se os métodos tradicionais sugeridos por Koufteros (1999) para o desenvolvimento e a avaliação de escalas de mensuração. Conforme o autor, o uso da análise fatorial exploratória (AFE), do alfa de Cronbach e da correlação item-total corrigido (CITC) é útil nos estágios iniciais de uma investigação empírica, em que não existem modelos teóricos e o principal propósito da pesquisa é exploratório. Técnicas exploratórias podem ajudar a desenvolver hipóteses e modelos de mensuração que, posteriormente, poderão ser testados por meio de técnicas confirmatórias.

Utilizou-se, inicialmente, a AFE com o intuito de determinar o número de variáveis latentes (construtos) subjacentes ao conjunto completo de itens. Além de fornecer uma forma de explicar a variação entre um número relativamente grande de variáveis propostas (itens ou indicadores), a AFE cria uma lista de variáveis (fatores), porém em número reduzido. Para Hair Jr. *et al.* (2009), ao utilizar a AFE, o pesquisador deve verificar a adequação da amostra, determinar a técnica de extração e o número de fatores a serem extraídos, e decidir o tipo de rotação dos fatores. Para verificar a adequação da amostra, foram aplicados o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett. A técnica de extração selecionada foi a análise de componentes principais (ACP), uma técnica que transforma linearmente um grupo de variáveis em um conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas, responsável pela maior parte da informação do conjunto original.

Por sua vez, o tipo de rotação dos fatores escolhido, que se refere ao método matemático que rotaciona os eixos no espaço geométrico e que tem como principal objetivo tornar o resultado empírico encontrado mais facilmente interpretável, foi o ortogonal. A rotação dos fatores conserva as propriedades estatísticas originais, cujos valores absolutos dos elementos de cada coluna da nova matriz gerada se aproximam, na medida do possível, de 0 ou 1, o que facilita sua interpretação. Entre os modelos de rotação ortogonal mais comumente utilizados, está o método Varimax, opção utilizada nesta pesquisa. A AFE distribuiu inicialmente os 28 itens em seis diferentes fatores, representando 66% da variação das questões originais. Cabe destacar que todas as comunalidades dos itens (parcela de variância explicada pelos fatores comuns) apresentaram valores superiores a 0,50. Usualmente, quando alguma comunalidade aparece abaixo desse valor, sugere-se excluir a variável e repetir a análise fatorial.

O próximo passo foi analisar a fidedignidade de cada um dos seis construtos sugeridos pela AFE, por meio da realização do alfa de Cronbach e da correlação item-total corrigido (CITC). Ao final dessa análise, dois itens foram excluídos (q7 e q11) por apresentarem baixa CITC ($<0,50$). Em seguida, realizou-se a AFE **nos blocos**, de modo a observar-se a unidimensionalidade dos construtos. Segundo Koufteros (1999), poucos pesquisadores têm feito uso da AFE **nos blocos** e o resultado da aplicação desse teste revela se um item está presente em outro fator, o que sugeriria sua eliminação. Dois itens (q5 e q15) foram eliminados por apresentarem baixas comunalidades ($<0,5$) com seu grupo de itens.

Em seguida, realizou-se a análise fatorial exploratória **entre blocos** para verificar a validade discriminante do instrumento. Assim, os 24 itens restantes foram novamente analisados com o intuito de examinar se apresentavam a mesma formação, conforme sugerido pela primeira análise fatorial. Diferentemente da rodada anterior, a AFE distribuiu os 24 itens em cinco diferentes fatores, representando 65,6% da variação das questões originais. O fator com as variáveis q8 e q9 foi incorporado ao grupo que continha as questões q6, q10, q12 e q13 (relacionadas às ações sustentáveis). Como nas etapas anteriores, verificou-se novamente a fidedignidade do novo construto e sua unidimensionalidade. Verificou-se, também, que ambas as questões que se haviam agrupado ao construto apresentavam baixas comunalidades ($<0,50$) com seu grupo de itens, o que sugeriu sua eliminação (q8 e q9). Por fim, optou-se pela eliminação de mais uma questão (q19) do instrumento, porque não apresentava coerência conceitual com os demais itens do grupo em que se havia juntado.

Assim, após a realização dos procedimentos de validação, restaram 21 questões no instrumento final, distribuídas em cinco fatores (Tabela 2). As cinco dimensões do instrumento explicam 68,1% da variação das questões originais, o que representa um adequado grau de sintetização dos dados, facilitando seu manuseio e sua interpretação. O teste KMO de medida de adequação da amostra apresentou valor 0,91, demonstrando um elevado grau de ajuste para aplicação da AFE, sendo ratificado pelo teste de esfericidade de Bartlett, que apresentou nível de significância 0,000. Quanto à fidedignidade, o instrumento apresentou alfa de Cronbach igual a 0,94, enquanto os coeficientes dos fatores situaram-se entre 0,75 e 0,88, apontando boa consistência interna do instrumento para estudos de natureza exploratória. A definição conceitual dos construtos resultantes da AFE é apresentada a seguir:

- **consciência socioambiental** – avalia em que grau a organização está consciente da necessidade de abordar as questões ambientais de forma mais proativa, desenvolvendo uma política ambiental e delineando objetivos, metas e planos de ações para implantar efetivamente essas estratégias (Dick & Burns, 2011; Ko *et al.*, 2011; Ozturk *et al.*, 2011);

- **ações sustentáveis** – avalia em que grau a organização implementa diferentes iniciativas de modo a tornar as atividades de TI mais sustentáveis, utilizando os recursos computacionais de forma mais eficiente e contribuindo para o meio ambiente (Molla *et al.*, 2008; Murugesan, 2008; 2008; Brooks *et al.*, 2010);
- **expertise ambiental** – avalia em que grau a organização se submete a experimentar, atualizar e buscar novas abordagens, informações e conhecimentos referentes ao uso de equipamentos e serviços para suportar as estratégias de sustentabilidade ambiental na área de TI (Elliot & Binney, 2008; Mines, 2008; Kim & Ko, 2010);
- **monitoramento das atividades de TI** – avalia em que grau a organização gerencia as atividades e medidas de TI voltadas à redução do consumo de recursos, aos danos causados ao meio ambiente e aos custos operacionais do negócio, além de melhorar a efetividade do consumo de energia (Molla, 2009; Melville, 2010; Schmidt *et al.*, 2010);
- **orientação ambiental** – avalia em que grau a organização está comprometida com a sustentabilidade e com o suporte às inovações ambientais, implementando práticas e rotinas organizacionais na área de TI que encorajem o comportamento dos funcionários a seguir as políticas de responsabilidade ambiental que a organização apoia (Peloza & Hassay, 2006; Jenkin *et al.*, 2011).

Com relação à análise descritiva do instrumento, foi possível avaliar o grau com que a TI Verde vem sendo utilizada pelas organizações estudadas (Tabela 3). Pode-se perceber que dos diferentes componentes que influenciam a forma como as organizações têm abordado a sustentabilidade ambiental na área de TI, a **orientação ambiental** e as **ações sustentáveis** aparecem como as mais desenvolvidas (3,73 e 3,72, respectivamente). O esforço realizado pela alta administração no sentido de incentivar e desenvolver uma cultura organizacional comprometida com a sustentabilidade na área de TI foi percebido pelos respondentes com maior intensidade que os demais aspectos avaliados.

A presença de uma **orientação ambiental** por parte da organização, além de retratar suas reais intenções quanto às políticas de responsabilidade ambiental que diz apoiar, é essencial para influenciar o comportamento das pessoas e fortalecer as rotinas organizacionais focadas no meio ambiente. O incentivo à reciclagem de papel, cartuchos e até mesmo computador (4,06) foi percebido como o aspecto mais efetivo dentre todas as questões do instrumento. Atualmente, quase todo o material dos PCs é reciclável, com exceção do vidro dos monitores, que leva chumbo em sua fabricação. Por outro lado, as recomendações sobre como economizar energia com os produtos computacionais (3,35) devem ser mais enfatizadas. Dados de um estudo da consultoria Gartner apontam que o custo potencial da energia e a emissão de CO² liberado pelas empresas poderiam diminuir em 50%,

Tabela 2

Análise Fatorial (Rotação Varimax)

| Indicadores | Bloco | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|--|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Expertise Ambiental | | | | | | |
| q22. Tem conhecimento sobre como diferentes tecnologias computacionais podem funcionar de forma mais eficiente. | 0,816 | 0,762 | 0,221 | 0,173 | 0,214 | 0,026 |
| q20. Tem conhecimento sobre as tecnologias computacionais mais limpas e eficientes existentes no mercado. | 0,830 | 0,736 | 0,255 | 0,149 | 0,170 | 0,121 |
| q24. Recorre a diferentes fontes para identificar tendências computacionais mais limpas e econômicas (seminários, livros, reportagens, consultorias). | 0,827 | 0,689 | 0,116 | 0,268 | 0,345 | 0,084 |
| q18. Possui um programa de conscientização sobre o uso racional dos recursos computacionais. | 0,734 | 0,628 | 0,049 | 0,047 | 0,237 | 0,473 |
| q21. Busca novas formas de redução do consumo de energia dos produtos computacionais (computadores, servidores, <i>datacenters</i>). | 0,763 | 0,622 | 0,455 | 0,092 | 0,020 | 0,328 |
| q23. Busca identificar casos de outras empresas que economizaram energia e dinheiro, por meio da utilização de tecnologias computacionais mais limpas. | 0,750 | 0,598 | 0,152 | 0,434 | 0,222 | 0,028 |
| Ações Sustentáveis | | | | | | |
| q13. Tem feito suas últimas aquisições tecnológicas levando em consideração a eficiência energética. | 0,855 | 0,269 | 0,774 | 0,023 | 0,173 | 0,163 |
| q12. Faz remoção dos equipamentos computacionais que não estão em uso. | 0,823 | 0,079 | 0,764 | 0,142 | 0,217 | 0,052 |
| q06. Possui produtos computacionais eficientes em termos de energia. | 0,834 | 0,197 | 0,756 | 0,136 | 0,124 | 0,216 |
| q10. Implementa estratégias para melhor utilização dos produtos computacionais (função repouso, refrigeração, área física, virtualização). | 0,810 | 0,262 | 0,683 | 0,222 | 0,206 | 0,142 |
| Monitoramento | | | | | | |
| q27. Controla os custos com manutenção dos equipamentos computacionais. | 0,711 | 0,247 | 0,184 | 0,790 | 0,044 | 0,097 |
| q25. Controla a impressão de documentos feita pelos funcionários. | 0,511 | 0,011 | -0,035 | 0,775 | 0,145 | 0,310 |
| q26. Gerencia o consumo de energia das diferentes tecnologias computacionais. | 0,804 | 0,295 | 0,251 | 0,736 | 0,240 | 0,175 |
| q28. Gerencia o desempenho dos equipamentos computacionais. | 0,683 | 0,408 | 0,412 | 0,600 | 0,136 | 0,021 |
| Consciência Socioambiental | | | | | | |
| q01. Possui estratégias e políticas ambientais bem definidas. | 0,852 | 0,188 | 0,272 | 0,079 | 0,801 | 0,003 |
| q04. Pode ser considerada ambientalmente sustentável. | 0,818 | 0,207 | 0,120 | 0,192 | 0,726 | 0,181 |
| q02. Possui estratégias e políticas para a utilização de recursos naturais (água, luz, papel). | 0,732 | 0,157 | 0,105 | 0,142 | 0,706 | 0,084 |
| q03. Procura parceiros comerciais que têm preocupações ambientais. | 0,775 | 0,269 | 0,310 | 0,036 | 0,584 | 0,277 |
| Orientação Ambiental | | | | | | |
| q17. Faz comunicação constante para apagar a luz ao sair, usar o modo descanso e desligar o computador após seu uso. | 0,806 | 0,111 | 0,204 | 0,229 | 0,072 | 0,817 |
| q16. Faz recomendações aos funcionários de como economizar energia com os produtos computacionais. | 0,845 | 0,346 | 0,252 | 0,224 | 0,279 | 0,592 |
| q14. Incentiva a reciclagem de produtos computacionais (por exemplo, papel, cartucho, computador). | 0,802 | 0,040 | 0,453 | 0,237 | 0,219 | 0,500 |
| <i>Initial Eigenvalue</i> | | 8,94 | 1,62 | 1,44 | 1,25 | 1,05 |
| % Variância Explicada – <i>Rotated</i> (68,12%) | | 42,5% | 7,7% | 6,9% | 6,0% | 5,0% |
| Alfa de Cronbach (instrumento = 0,94) | | 0,88 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,75 |
| KMO (Medida de Adequação da Amostra) = 0,91 | | | | | | |
| Teste de Bartlett: qui-quadrado = 1.865,182 | | | | | | |

Tabela 3

Análise Descritiva – Avaliação da Tecnologia da Informação Verde

| Orientação Ambiental | 171 | 3,73 | 1,02 |
|--|------------|-------------|-------------|
| q14. Incentiva a reciclagem de produtos computacionais (por exemplo, papel, cartucho, computador). | 171 | 4,06 | 1,05 |
| q17. Faz comunicação constante para apagar a luz ao sair, usar o modo descanso e desligar o computador após seu uso. | 171 | 3,75 | 1,34 |
| q16. Faz recomendações aos funcionários de como economizar energia com os produtos computacionais. | 170 | 3,35 | 1,32 |
| Ações Sustentáveis | 171 | 3,72 | 0,95 |
| q12. Faz remoção dos equipamentos computacionais que não estão em uso. | 168 | 3,89 | 1,08 |
| q13. Tem feito suas últimas aquisições tecnológicas levando em consideração a eficiência energética. | 171 | 3,75 | 1,17 |
| q06. Possui produtos computacionais eficientes em termos de energia. | 171 | 3,68 | 1,17 |
| q10. Implementa estratégias para melhor utilização dos produtos computacionais (função repouso, refrigeração, área física, virtualização). | 171 | 3,54 | 1,17 |
| Monitoramento | 171 | 3,33 | 0,98 |
| q27. Controla os custos com manutenção dos equipamentos computacionais. | 171 | 3,68 | 1,11 |
| q28. Gerencia o desempenho dos equipamentos computacionais. | 169 | 3,47 | 1,16 |
| q25. Controla a impressão de documentos feita pelos funcionários. | 171 | 3,11 | 1,37 |
| q26. Gerencia o consumo de energia das diferentes tecnologias computacionais. | 169 | 3,08 | 1,16 |
| Expertise Ambiental | 171 | 3,30 | 0,92 |
| q22. Tem conhecimento sobre como diferentes tecnologias computacionais podem funcionar de forma mais eficiente. | 171 | 3,60 | 1,09 |
| q21. Busca novas formas de redução do consumo de energia dos produtos computacionais (computadores, servidores, <i>datacenters</i>). | 171 | 3,53 | 1,21 |
| q20. Tem conhecimento sobre as tecnologias computacionais mais limpas e eficientes existentes no mercado. | 171 | 3,47 | 1,14 |
| q23. Busca identificar casos de outras empresas que economizaram energia e dinheiro, por meio da utilização de tecnologias computacionais mais limpas. | 171 | 3,16 | 1,16 |
| q18. Possui um programa de conscientização sobre o uso racional dos recursos computacionais. | 171 | 3,06 | 1,27 |
| q24. Recorre a diferentes fontes para identificar tendências computacionais mais limpas e econômicas (seminários, livros, reportagens, consultorias). | 171 | 2,97 | 1,17 |
| Consciência Socioambiental | 171 | 3,21 | 0,99 |
| q02. Possui estratégias e políticas para a utilização de recursos naturais (água, luz, papel). | 171 | 3,35 | 1,20 |
| q03. Procura parceiros comerciais que têm preocupações ambientais. | 169 | 3,32 | 1,18 |
| q01. Possui estratégias e políticas ambientais bem definidas. | 170 | 2,91 | 1,36 |
| q04. Pode ser considerada ambientalmente sustentável. | 169 | 2,91 | 1,36 |

com um melhor gerenciamento do uso da energia nos PCs, monitores e impressoras como, por exemplo, encorajando os funcionários a desligá-los (Mingay, 2007).

Quanto às **ações sustentáveis**, pode-se perceber que diferentes iniciativas de TI Verde têm sido utilizadas com intensidade pelas empresas investigadas como forma de apoiar as estratégias ambientais da organização. Dentre as principais ações apontadas pelos respondentes como as mais efetivas, estão remover os equipamentos computacionais que não estão em uso (3,89), adquirir equipamentos tecnológicos tendo em vista a eficiência energética (3,75) e possuir produtos computacionais eficientes em termos de energia (3,68). Com o surgimento de dispositivos e equipamentos cada vez mais modernos e a constante atualização dos parques tecnológicos por parte das empresas, o obsolescimento tem se tornado um

ponto altamente crítico quando se fala em descarte responsável. O ritmo de produção de novos computadores e periféricos é proporcional ao volume de lixo eletrônico que é gerado, o que implica a elaboração de diferentes estratégias de descarte, como o reaproveitamento desses produtos (distribuindo-os internamente, fazendo doações ou entregando-os aos próprios fornecedores), o descarte correto, o recolhimento de materiais e a reciclagem de peças e equipamentos (Lunardi *et al.*, 2011).

A aquisição e a posse de equipamentos tecnológicos mais eficientes, por sua vez, têm como grande objetivo a redução dos gastos de energia, de refrigeração e dos próprios custos de operação da TI. Atualmente, os custos de energia representam uma proporção significativa do custo total de funcionamento da infraestrutura e dos ativos de TI (Rasmussen, 2006), o que tem feito da redução dos

custos de energia e da melhoria da eficiência energética uma das principais prioridades dos executivos (Thibodeau, 2007; Itweb, 2009; Dedrick, 2010). Já a implementação de estratégias para melhor utilização dos produtos computacionais, como função repouso, refrigeração, área física e virtualização, é percebida pelos respondentes como a ação menos efetiva (3,54).

Em seguida, aparecem as atividades de **monitoramento** e **expertise ambiental** (3,33 e 3,30, respectivamente), cuja média de avaliação se mostrou um pouco acima do ponto médio da escala utilizada. O controle de custos com manutenção de equipamentos computacionais (3,68) aparece como a atividade de monitoramento mais efetiva entre essas dimensões. Esse maior controle de custos das manutenções realizadas é justificado pelos elevados valores que são gastos nos consertos, muitos dos quais realizados em função do mau uso de equipamentos por parte de seus usuários. Já o monitoramento de impressões (3,11) e o gerenciamento do consumo de energia de equipamentos computacionais (3,08) aparecem como as atividades menos efetivas. Essas constatações apontam para fragilidades na forma como as impressões e o consumo de equipamentos são controlados, deixando de proporcionar maior economia, tanto no custo de impressão — que pode chegar a 30% por meio de um controle efetivo — (Carvalho, 2008), quanto de energia — identificando, por exemplo, casos em que a energia consumida é desperdiçada.

Quanto à **expertise ambiental** (3,30), verifica-se que o conhecimento sobre como as tecnologias computacionais podem funcionar de forma mais eficiente, ou até mesmo de quais tecnologias mais limpas e eficientes podem ser encontradas no mercado, também é moderado. Quando está atualizada ou busca novas abordagens, informações e conhecimentos referentes ao que está disponível no mercado, uma organização está propensa a diminuir seus custos de operação por estar investindo em uma tecnologia mais eficiente, o que implica um relacionamento positivo entre a adoção de práticas verdes e o resultado financeiro da empresa (Kim & Ko, 2010). Em contrapartida, a presença de programas de conscientização sobre o uso racional de recursos computacionais (3,06) e a identificação de tendências computacionais mais limpas e econômicas (2,97) é menos efetivo, o que aponta para uma posição reativa das empresas analisadas quanto à promoção da sustentabilidade ambiental por meio da TI. A elaboração de campanhas internas de conscientização focadas no impacto ambiental, a preferência por fornecedores verdes e a elaboração de políticas de sustentabilidade têm sido relatadas como ações ambientais que têm proporcionado diferentes benefícios às organizações (Lunardi *et al.*, 2011).

O grupo **consciência socioambiental** (3,21) aparece como o menos efetivo entre todas as cinco dimensões avaliadas. Embora as estratégias politicamente corretas

em relação ao meio ambiente estejam ganhando espaço na lista de prioridades dos executivos, tal conscientização ainda não tem chegado com a mesma intensidade aos vários níveis organizacionais, ainda que pequenas mudanças possam representar ganhos ambientais e econômicos significativos. Todos os itens do grupo ficaram avaliados de forma moderada, deixando clara a falta de uma política ambiental bem definida na percepção dos respondentes, assim como suas estratégias (2,91). Esse fato é preocupante, pois dificilmente se encontrará sustentabilidade na área de TI da organização se ela e, mais especificamente, seus funcionários não estiverem conscientes da necessidade de abordar as questões socioambientais de uma forma mais proativa (Ko *et al.*, 2011; Ozturk *et al.*, 2011) e, nesse sentido, o apoio da direção é fundamental. Segundo estudo da empresa de consultoria IDC (2009), para que as iniciativas de TI Verde funcionem, é fundamental que sejam desenvolvidas políticas verdes corporativas, especialmente para definir **por onde começar**. Depois de iniciadas algumas dessas iniciativas, outras virão como resultado da consciência corporativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo pode ser considerado como uma tentativa preliminar para avançar a pesquisa sobre TI Verde, por meio da teorização, da construção de um modelo teórico e do desenvolvimento de medidas capazes de avaliar os comportamentos e estratégias mais sustentáveis associadas à utilização da tecnologia da informação pelas organizações. Nesse sentido, buscou-se desenvolver e validar um instrumento para avaliar o grau em que a TI Verde vem sendo utilizada pelas empresas, identificando diferentes componentes que influenciam a forma como as organizações têm abordado a dimensão ambiental da sustentabilidade na área de TI. Por meio da identificação e da análise de vários artigos sobre sustentabilidade e TI, publicados em congressos e revistas científicas da área de SI, bem como em revistas comerciais, propôs-se um modelo para avaliar o fenômeno TI Verde.

Percebe-se cada vez mais que as organizações estão sob constante pressão de clientes, concorrentes, órgãos reguladores e grupos comunitários para implementar práticas de negócio ambientalmente corretas. Equilibrar o desempenho econômico e ambiental, sendo ao mesmo tempo **verde** e competitivo, é uma questão estratégica. Particularmente, a TI Verde analisa o papel da TI como causadora e estimuladora da dimensão ambiental da sustentabilidade, sendo responsável pela manutenção dos baixos custos das compras de TI e pela construção de uma reputação verde e de apoio às estratégias corporativas ambientais. A adoção de práticas mais sustentáveis ligadas à tecnologia da informação pode gerar valor tanto para as organizações quanto para

a sociedade, ao passo que os benefícios percebidos com seu uso superam os custos despendidos no planejamento e na implantação das ações de sustentabilidade ambiental na área de TI. Esses benefícios podem ser ambientais, financeiros, de imagem da organização, de respeito ao meio ambiente, aos consumidores e aos colaboradores. Nesse contexto, percebe-se uma tendência que leva a crer que as organizações que não souberem acompanhar e identificar essas oportunidades poderão perder espaço no mercado e tornar-se menos competitivas.

Observa-se, neste estudo, que diversas iniciativas têm sido adotadas pelas organizações, o que vem tornando as atividades de TI cada vez mais sustentáveis. Nesse sentido, disponibilizou-se um modelo que mensura o grau de utilização da TI Verde pelas organizações, por meio das seguintes dimensões: **ações sustentáveis** aplicadas à área de TI, **orientação ambiental** e **consciência socioambiental** da organização, **monitoramento** das atividades de TI e **expertise ambiental** de TI. O modelo considera a natureza multidimensional da TI Verde, permitindo que praticantes o utilizem para traçar diferentes opções estratégicas, de modo a tornar sua área de TI mais autossustentável. O instrumento foi elaborado e, posteriormente, validado junto a 173 gestores e usuários de TI de 44 diferentes empresas localizadas no estado do Rio Grande do Sul.

Percebeu-se que as **ações sustentáveis** e a **orientação ambiental** foram as dimensões mais efetivas nas empresas analisadas. Aparentemente, elas se destacam como os principais desencadeadores da presença da TI Verde nas organizações. A adoção de iniciativas que melhorem a utilização da infraestrutura de TI (como a reorganização dos *datacenters* e a utilização de *thin clients*), de práticas organizacionais que melhorem a eficiência energética e reduzam os impactos ambientais (como o uso da função repouso, a digitalização de documentos e a correta reciclagem ou o descarte de componentes e equipamentos obsoletos) e de produtos e serviços de TI ambientalmente mais saudáveis (como a aquisição de equipamentos computacionais mais eficientes energeticamente) são exemplos que vêm sendo seguidos com maior frequência no meio empresarial. Da mesma forma, o incentivo e a orientação por parte da organização à reciclagem de produtos computacionais e à economia de energia e outros recursos também repercutem na percepção dos usuários quanto à presença de uma postura mais voltada à sustentabilidade ambiental.

A **consciência socioambiental**, por sua vez, despontou como a dimensão menos efetiva, sugerindo que as questões ambientais ainda não são percebidas como prioritárias pelas empresas investigadas. A baixa presença de uma política ambiental clara e bem definida, assim como suas estratégias, repercute na baixa percepção dos usuários quanto a suas empresas poderem ser consideradas ambientalmente sustentáveis.

Entretanto, com a maior conscientização por parte dos consumidores e investidores sobre as questões ambientais, as atuais preocupações restritas à área de TI se tornarão mais populares e acabarão se estendendo aos ambientes intraorganizacional e interorganizacional (Mines & Davis, 2007).

A pesquisa traz importantes contribuições à área de TI, especialmente pelo tópico abordado, que vem atraindo crescente atenção entre acadêmicos e praticantes das mais diversas áreas, porém, a interação entre TI e sustentabilidade ambiental aparece ainda como sendo pouco explorada na literatura científica de SI. Como contribuições práticas do estudo, tem-se o desenvolvimento de um instrumento que pode auxiliar a organização a avaliar o quão sustentável têm sido suas atividades relacionadas à área de TI, permitindo-lhe acompanhar sua evolução. Nesse sentido, a TI Verde pode ajudar os mais variados setores da economia a se tornarem mais eficientes e ambientalmente corretos. Quando se aumenta a eficiência energética dos equipamentos de informática, por exemplo, os impactos ambientais de diferentes setores diminuem, porque a TI permite otimizar os processos existentes e criar processos mais eficientes. Portanto, a energia que pode ser economizada com a TI leva a uma eficiência energética induzida que pode ser muitas vezes maior do que o próprio consumo de energia da TI.

Como principais limitações do estudo, aponta-se o reduzido número de empresas investigadas, embora o sujeito da pesquisa e os resultados discutidos tenham sido analisados com base na percepção do usuário e não da organização. Do mesmo modo, salienta-se que as empresas participantes do estudo, além de estarem localizadas em um único município, foram selecionadas sem o uso de critérios estatísticos rigorosos, o que limita não só a interpretação dos resultados à amostra estudada, mas também sua possibilidade de generalização. Ainda assim, espera-se que os resultados obtidos possam estimular tanto acadêmicos quanto praticantes no estudo e na implementação de diferentes iniciativas de TI Verde que venham não somente tornar as organizações mais eficientes e eficazes, mas também mais comprometidas com a preservação dos recursos naturais do planeta.

Como pesquisas futuras, sugere-se a aplicação do instrumento elaborado neste estudo em diferentes contextos e setores da economia, de modo a verificar sua validade externa e possíveis semelhanças ou diferenças entre as empresas estudadas. Além disso, estudos futuros poderão propor a elaboração de modelos confirmatórios que possam testar relações entre os construtos aqui propostos e outras variáveis precedentes (como os motivos de adoção da TI Verde) ou consequentes (como a análise do impacto da adoção de práticas de TI Verde no desempenho ambiental ou organizacional). ◆

- Bose, R., & Luo, X. (2012). Green IT adoption: a process management approach. *International Journal of Accounting and Information Management*, 20(1), 63-77.
DOI: 10.1108/18347641211201081
- Brooks, S., Wang, X., & Sarker, S. (2010). Unpacking Green IT: a review of the existing literature. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, Lima, Peru.
- Carvalho, S. (2008). Choque de realidade na TI verde. *Info Corporate*. Recuperado em 12 janeiro, 2012, de <http://info.abril.com.br/corporate/ti-verde/choque-de-realidade-na-ti-verde.shtml>
- Chen, A., Boudreau, M., & Watson, R. (2008). Information systems and ecological sustainability. *Journal of Systems and Information Technology, Sustainability and Information Systems*, 10(3), 186-201.
DOI: 10.1108/13287260810916907
- Dao, V., Langella, I. & Carbo, J. (2011). From green to sustainability: information technology and an integrated sustainability framework. *Journal of Strategic Information System*, 20(1), 63-79.
DOI: 10.1016/j.jsis.2011.01.002
- Dedrick, J. (2010). Green IS: Concepts and issues for information systems research. *Communications of the Association for Information Systems*, 27(1), 173-184.
- Dick, G., & Burns, M. (2011, March). Green IT in small business: an exploratory study. *Proceedings of the Southern Association for Information Systems Conference*, Atlanta, USA.
- D'Souza, C., Taghian, M., Lamb, P., & Peretiatkos, R. (2006). Green products and corporate strategy: an empirical investigation. *Society and Business Review*, 1(2), 144-157.
DOI: 10.1108/17465680610669825
- Elliot, S. (2007). Environmentally sustainable ICT: a critical topic for IS research. *Proceedings of the Pacific Asia Conference Information Systems (PACIS)*, Auckland, New Zealand, 11.
- Elliot, S. & Binney, D. (2008, July). Environmentally sustainable ICT: developing corporate capabilities and an industry relevant IS research agenda. *Proceedings of the Pacific Asia Conference Information Systems (PACIS)*, Suzhou, China, 12.
- Elkington, J. (2001). *Canibais com garfo e faca*. São Paulo: Makroon Books.
- Gartner, Inc. (2010, April). Gartner estimates ICT industry accounts for 2 percent of global CO2 emissions. Recuperado em 23 janeiro, 2012, de <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=503867>
- Gupta, S. (2010). Computing with Green responsibility. *Proceedings of the International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology*, New York, USA.
DOI: 10.1145/1741906.1741959
- 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.
- Ilinitch, A., Soderstrom, N., & Thomas, T. (1998). Measuring corporate environmental performance. *Journal of Accounting and Public Policy*, 17(4), 383-408.
DOI: 10.1016/S0278-4254(98)10012-1
- International Data Corporation (IDC). (2009, November). 2009 U.S. Green IT survey – services implications. Recuperado em 23 janeiro, 2012, de <http://www.marketresearch.com/IDC-v2477/Green-Survey-Services-Implications-2496180/>
- Itweb. (2009). Projetos de TI verde estão entre prioridades, diz Gartner. *Itweb*. Recuperado em 1 maio, 2009, de <http://www.itweb.com.br/noticias/index.asp?cod=56910>
- Jenkin, T. A., Webster, J., & McShane, L. (2011, January). An agenda for “green” information technology systems research. *Information and Organization*, 21(1), 17-40.
- Kim, Y. S. & Ko, M. (2010). Identifying Green IT leaders with financial and environmental performance indicators. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, Lima, Peru.
- Ko, M., Clark, J., & Ko, D. (2011). Investigating the impact of “green” information technology innovators on firm performance. *Journal of Information Technology Management*, 22(2), 1-12.
- Koufteros, X. (1999). Testing a model of pull production: a paradigm for manufacturing research using structural equation modeling. *Journal of Operations Management*, 17(4), 467-488.
- Lunardi, G, Dolci, P., & Maçada, A. (2010, janeiro/fevereiro/março). Adoção de tecnologia de informação e seu impacto no desempenho organizacional: um estudo realizado com micro e pequenas empresas. *Revista de Administração – RAUSP*, 45(1), 5-17.
- Lunardi, G., Frio, R., & Brum, M. (2011). Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia. *Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia*, 4(2), 159-172.
- Manning, C. (2007). Facilitating and enabling global change: towards a model of knowledge-based paradigm shift. *Proceedings of the Australasian Conference on Information Systems*, Toowoomba, Australia, 18.
- Melville, N. (2010, March). IS innovation for environmental sustainability. *MIS Quarterly*, 34(1), 1-21.
- Mines, C. (2008, June) The dawn of green IT services. *Forrester Research*. Recuperado em 15 maio, 2012, de <http://www.accenture.com/NR/rdonlyres/24ABF590-558E-42E6-B78B-143AFCE81A23/0/TheDawnOfGreenITServices.pdf>

- Mines, C., & Davis, E. (2007, June). Topic overview: green IT. *Forrester Research*. Recuperado em 15 maio, 2012, de <http://www.forrester.com/Research/Document/Excerpt/0,7211,43494,00.html>
- Mingay, S. (2007). *Green IT: the new industry shock wave*. Stamford/USA: Gartner Research. Recuperado em 15 março, 2013, de http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=green%20it%3A%20the%20new%20industry%20shock%20wave&source=web&cd=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdownload.microsoft.com%2Fdownload%2FE%2FF%2F9%2FEF9672A8-592C-4FA2-A3BF-528E93DF44EA%2FVirtualizationPublicSafety_GreenITWhitepaper.pdf&ei=0wSdUb2alrG84APMvoHoBw&usq=AFQjCNGD02NI7XesEOuyamfmh0pTfa1VoQ
- Molla, A. (2009). Organizational motivations for green IT: exploring green IT matrix and motivation models. *Proceedings of the Pacific Asia Conference Information Systems (PACIS)*, Hyderabad, India, 13.
- Molla, A., Cooper, V., Corbitt, B., Deng, H., Peszynski, K., Pittayachawan, S., & Teoh, S. (2008). E-readiness to G-readiness: developing a green information technology readiness framework. *Proceedings of the Australasian Conference on Information Systems*, 19, Christchurch, New Zealand.
- Molla, A., Cooper, V., & Pittayachawan, S. (2011). The Green IT readiness (G-readiness) of organizations: an exploratory analysis of a construct and instrument. *Communications of the Association for Information Systems*, 29(1), 1-32.
- Murugesan, S. (2008). Harnessing green IT: principles and practices. *IT Professional*, 10(1), 24-33. DOI: 10.1109/MITP.2008.10
- Nascimento, E. P. (2012). Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, 26(74), 51-64.
- Ozturk, A., Umit, K., Medeni, I. T., Ucuncu, B., Caylan, M., Akba, F., & Medeni, T. D. (2011). Green ICT (Information and Communication Technologies): a review of academic and practitioner perspectives. *International Journal of eBusiness and eGovernment Studies*, 3(1), 1-16.
- Peloza, J., & Hassay, D. (2006). Intra-organizational volunteerism: good soldiers, good deeds and good politics. *Journal of Business Ethics*, 64(4), 357-379. DOI: 10.1007/s10551-005-5496-z
- Pitt, L. F., Parent, M., Junglas, I., Chan, A., & Spyropoulou, S. (2011). Integrating the smartphone into a sound environmental information systems strategy: principles, practices and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 20(1), 27-37. DOI: 10.1016/j.jsis.2010.09.005
- Pollack, T.A. (2008). Green and sustainable information technology: a foundation for students. *ASCUE 2008 Proceedings*.
- Ramus, C., & Steger, U. (2000). The roles of supervisory support behaviors and environmental policy in employee "ecoinitiatives" at leading-edge European companies. *Academy of Management Journal*, 43(4), 605-626. DOI: 10.2307/1556357
- Rasmussen, N. (2006). *Implementing energy efficient data centres*. APC White paper#114. Recuperado em 20 janeiro, 2010, de <http://www.apc.com>
- Salles, A., Alves, A. P. F., Dolci, D., & Lunardi, G. (2013). Adoção de práticas de TI Verde nas organizações: um estudo baseado em minicase. Anais do Encontro de Administração da Informação (Enadi), Bento Gonçalves, RS, Brasil, 4.
- Schmidt, N., Erek, K., Kolbe, L., & Zarnekow, R. (2010). Predictors of Green IT adoption: implications from an empirical investigation. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, Lima, Peru.
- Thibodeau, P. (2007, October). Gartner's top 10 strategic technologies for 2008. *Computerworld*.
- Vanttinen, M., & Pyhalto, K. (2009). Strategy process as an innovative learning environment. *Management Decision*, 47(5), 778-791. DOI: 10.1108/00251740910960114
- Watson, R., Boudreau, M., & Chen, A. (2010). Information systems and environmentally sustainable development: energy informatics and new directions for the IS community. *MIS Quarterly*, 34(1), 23-38.
- York, P. T., Watson, R. T., Boudreau, M-C., & Chen, A. J. (2009, August). Green IS: using information systems to encourage green behavior. *Academy of Management Annual Meeting*, Chicago, USA.

Development of a scale to assess the degree of Green Information Technology uses by the organizations

Issues related to sustainability have received more importance in the research and practice of organizations over the last decades. Specifically, the area of Information Technology (IT) has been responsible for some of the environmental problems that society faces today. In this sense, Green IT appears as a way of combining available resources to sustainable and economic policies in organizations, generating benefits for environment

and business. This study aimed to develop and validate a tool for assessing the degree of Green IT use by organizations. We found that Green IT can be measured by the effectiveness of sustainable actions applied to IT field, environmental orientation and environmental awareness of the organization, IT activities monitoring, and environmental expertise of IT organization. Environmental orientation and Green IT actions appear as the most developed dimensions, suggesting they are the main triggers of the Green IT presence in the organization. Environmental awareness, in turn, stands out as the less effective dimension assessed, indicating that environmental issues are not a priority for the investigated companies.

Keywords: Green IT, sustainability, green practices, conceptual framework, tool.

RESUMEN

Desarrollo de una escala para evaluar el grado de utilización de las Tecnologías Verdes por las organizaciones

A lo largo de las últimas décadas, se ha dado más importancia a cuestiones concernientes a la sustentabilidad en la investigación y la práctica de las organizaciones. Específicamente, el área de Tecnología de la Información (TI) ha sido responsable de algunos de los problemas ambientales que la sociedad enfrenta actualmente. En este sentido, la tecnología verde o Green IT aparece como una forma de combinar los recursos disponibles con políticas de desarrollo sostenible y economía en las organizaciones, lo que puede generar beneficios para el medio ambiente y los negocios. El objetivo en este estudio es desarrollar y validar un instrumento para evaluar el grado de utilización de Green IT por las organizaciones. Se encontró que Green IT puede medirse por medio de: la eficiencia de las acciones sostenibles aplicadas al área de TI; el grado de orientación ambiental y conciencia socioambiental de la organización; el control de las actividades de TI; y la experiencia ambiental en el área de TI. La orientación ambiental y las acciones de Green IT figuran como las dimensiones más desarrolladas, lo que sugiere que son los principales factores que desencadenan la presencia de Green IT en las organizaciones. La conciencia socioambiental, por otra parte, aparece como la dimensión menos eficaz, lo que indica que las cuestiones ambientales no son todavía una prioridad para las empresas estudiadas.

Palabras clave: Green IT, sostenibilidad, prácticas verdes, modelo conceptual, instrumento.

RAUSP

Revista de Administração

Visite o site da RAUSP. Acadêmicos e profissionais ligados ao estudo da Administração podem contar com essa importante ferramenta de pesquisa.

Pesquise, envie seu artigo, entre em contato com a RAUSP.

www.rausp.usp.br