

Melhores Trabalhos Acadêmicos

P@ed 2025

Título:

TELECOMUNICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL: TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E
REGULAÇÃO

Autor (a):

NATHANE LIMA CINTRA

Telecomunicações Sustentáveis no Brasil: Transformação Digital e Regulação

Nathane Lima Cintra¹

Sumário: 1. Introdução; 2. Transformação digital e sustentabilidade: conceitos e mecanismo de interação; 3. Iniciativas e políticas internacionais e nacionais relevantes; 4. Análise crítica: lacunas, obstáculos e oportunidades; 5. Propostas e recomendações de política; 6. Limitações e agenda de pesquisa futura; 7. Perspectivas futuras e papel estratégico da Anatel; 8. Conclusão.

Resumo

Este artigo analisa a interseção entre transformação digital e sustentabilidade no setor de telecomunicações, com foco no papel regulatório da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). A partir de revisão bibliográfica e análise documental, o trabalho apresenta conceitos centrais sobre transformação digital e sustentabilidade, identifica impactos ambientais e sociais associados à expansão digital, e discute iniciativas regulatórias recentes no Brasil. O artigo aponta desafios persistentes, especialmente no que se refere ao consumo energético de data centers, à gestão de resíduos eletrônicos e à inclusão digital. Por fim, propõe recomendações de política pública e instrumentos regulatórios para alinhar inovação tecnológica aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A análise indica que a Anatel tem ampliado seu papel como indutora de práticas sustentáveis, mas que são necessárias ações mais integradas e metas claras para consolidar um ecossistema digital responsável no Brasil.

Palavras-chave: transformação digital; sustentabilidade; Anatel; telecomunicações; regulação.

1. Introdução

A transformação digital permeia hoje grande parte das atividades econômicas e sociais, configurando-se como vetor de inovação, produtividade e novas formas de organização. Esse processo combina tecnologias como internet das coisas, computação em nuvem, redes 5G e inteligência artificial, e exige mudanças não apenas tecnológicas, mas também organizacionais e regulatórias (Vial, 2019). No setor de telecomunicações, a digitalização é particularmente sensível, dada a centralidade das redes e dos serviços de conectividade para o funcionamento da economia moderna.

¹ Bacharelado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia - UFBA

Ao mesmo tempo, a expansão digital traz implicações ambientais e sociais importantes. A crescente demanda por equipamentos e infraestrutura intensifica a geração de resíduos eletrônicos, e o funcionamento de data centers aumenta o consumo energético, o que levanta questões sobre a pegada ambiental do setor (Forti et al., 2020; Shehabi et al., 2016). Ademais, existe a tensão entre a necessidade de ampliar a inclusão digital e o risco de aprofundar desigualdades caso políticas públicas não garantam acesso equitativo.

No contexto brasileiro, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) vem incorporando, nos últimos anos, preocupações relacionadas à sustentabilidade em sua agenda regulatória. Iniciativas recentes, como o Programa Anatel de Intercâmbio Acadêmico em Ecosistema Digital (P@ed), o Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações PERT 2025–2029, e a articulação de um Selo Climático em parceria com o Banco Interamericano de Desenvolvimento, indicam um reposicionamento da agência que vai além da regulação técnica tradicional. Cabe analisar como essas iniciativas se articulam com evidências acadêmicas e com as demandas socioambientais do país.

Este artigo tem como objetivo principal compreender de que maneira a transformação digital pode ser efetivamente alinhada com práticas sustentáveis no âmbito do setor de telecomunicações, investigando, ao mesmo tempo, qual é o papel estratégico que a regulação, especialmente por meio da atuação da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), pode desempenhar de forma proativa e determinante nesse processo de integração e avanço. A metodologia empregada nesta pesquisa combina uma revisão bibliográfica detalhada e abrangente de obras fundamentais e estudos acadêmicos de referência sobre os temas de transformação digital e sustentabilidade, complementada pela análise de relatórios técnicos internacionais que abordam boas práticas globais, bem como pela consulta a documentos oficiais e normativos produzidos pela Anatel, que fornecem o contexto regulatório e as diretrizes específicas aplicáveis ao setor no Brasil.

Este trabalho adota uma abordagem qualitativa, exploratória e bibliográfica, uma vez que busca analisar a interseção entre transformação digital e sustentabilidade no setor de telecomunicações brasileiro a partir de fontes secundárias. A pesquisa qualitativa se justifica pelo objetivo de compreender fenômenos complexos, que não podem ser reduzidos apenas a dados quantitativos, como a formulação de políticas públicas, a atuação regulatória da Anatel e os impactos socioambientais da digitalização.

As fontes utilizadas incluem artigos acadêmicos, livros, relatórios técnicos e documentos regulatórios. Para a revisão bibliográfica, recorreu-se prioritariamente a bases como Google Acadêmico, Scopus e Web of Science, buscando publicações de relevância na área de transformação digital, sustentabilidade e regulação. O período considerado concentrou-se nos anos 2015 a 2025, de modo a incorporar literatura recente e atualizada, contemplando a fase de implantação das redes 5G e o fortalecimento da agenda ESG (Environmental, Social and Governance) no setor de telecomunicações.

Complementarmente, foram analisados documentos oficiais da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), disponíveis em sua página institucional, incluindo planos estratégicos, relatórios técnicos e comunicados sobre programas específicos como o PERT 2025–2029 e o Programa P@ed. Também foram examinados relatórios de organismos internacionais, como o World Economic Forum e a União Internacional de Telecomunicações (UIT), que oferecem comparações globais e indicadores de desempenho setorial.

O processo de seleção das fontes bibliográficas seguiu critérios de relevância temática, atualidade e consistência científica. Foram priorizados artigos publicados em periódicos revisados por pares, além de relatórios de reconhecida credibilidade técnica. Trabalhos considerados clássicos na literatura, como Vial (2019) sobre transformação digital e Hilty e Aebischer (2015) sobre sustentabilidade em TICs, também foram incorporados, mesmo quando mais antigos, devido à sua influência acadêmica.

Entre as limitações metodológicas, destaca-se a ausência de coleta de dados primários junto a operadoras, formuladores de políticas e consumidores. Assim, a análise apresentada depende de informações secundárias, o que restringe a compreensão de aspectos práticos da implementação regulatória. No entanto, essa limitação não compromete a relevância da pesquisa, uma vez que o objetivo central é mapear e discutir criticamente conceitos, políticas e iniciativas em curso, contribuindo para a formulação de novas agendas de investigação e de regulação.

2. Transformação digital e sustentabilidade: conceitos e mecanismo de interação

2.1 Conceitos e quadros de análise

Transformação digital é um conceito multidimensional que envolve tecnologia, mudanças organizacionais e inovação nos modelos de negócio. Vial (2019) propõe que a transformação digital

deve ser entendida não apenas como adoção de novas tecnologias, mas como processo que altera rotinas, competências e estruturas organizacionais. Westerman, Bonnet e McAfee (2014) complementam a perspectiva enfatizando a necessidade de liderança e capacidades estratégicas para que tecnologia gere valor sustentado.

A sustentabilidade, por sua vez, refere-se ao equilíbrio entre desenvolvimento econômico, inclusão social e preservação ambiental. No campo das tecnologias da informação e comunicação (TICs), Hilty e Aebischer (2015) argumentam que têm efeitos ambíguos sobre a sustentabilidade. Por um lado, tecnologias digitais podem aumentar a eficiência de processos, otimizar o uso de recursos e permitir o monitoramento ambiental. Por outro, a difusão tecnológica aumenta a demanda por energia, a produção de dispositivos e, conseqüentemente, a geração de resíduos, o que exige políticas para mitigar efeitos adversos.

A literatura recente que realiza revisões sistemáticas mostra que existe um conjunto de mecanismos através dos quais a transformação digital afeta a sustentabilidade. Esses mecanismos incluem a eficiência operacional, a substituição de processos físicos por digitais, o monitoramento e otimização de sistemas, e a criação de novos modelos de economia circular. No entanto, identificam-se também externalidades negativas, como aumento do consumo energético e a obsolescência acelerada de equipamentos (Pierli; Murmura; Bravi, 2023).

2.2 Impactos ambientais e desafios técnicos

Os impactos mais amplamente documentados referem-se à energia e aos resíduos eletrônicos. O relatório Global E-waste Monitor estima que milhões de toneladas de resíduos eletrônicos são produzidas anualmente, e chama atenção para baixos índices de recolhimento e reciclagem em grande parte dos países, inclusive no Brasil (Forti et al., 2020). A ausência de cadeias reversas robustas compromete a recuperação de materiais e cria impactos ambientais e sociais consideráveis. Contudo, é possível observar um avanço promissor no Brasil no que diz respeito à logística reversa, um instrumento-chave da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que tem evoluído como parte do Programa Lixão Zero, do Ministério do Meio Ambiente. Esse progresso é evidenciado por recordes como a reciclagem de 97,4% das latas de alumínio em 2020, além de iniciativas que abrangem baterias de carro, eletroeletrônicos, medicamentos e óleo lubrificante, conforme destacado pelo secretário de qualidade ambiental, André França. A logística reversa tem se consolidado como uma estratégia eficaz para a preservação ambiental, com números expressivos, como 30 bilhões de latas recicladas e 490 milhões de litros de óleo lubrificante recolhidos em 2019, posicionando o Brasil

como líder global em alguns segmentos, como a reciclagem de alumínio. Esse avanço demonstra que, apesar das lacunas, o país está dando passos concretos para fortalecer suas cadeias reversas, o que pode inspirar soluções semelhantes no setor de telecomunicações para mitigar os impactos dos resíduos eletrônicos.

No que diz respeito ao consumo energético, estudos sobre data centers mostram que a demanda por energia tem aumentado com o crescimento do tráfego de dados e com aplicações intensivas em processamento, como inteligência artificial (Shehabi et al., 2016). Embora existam ganhos de eficiência por meio de otimização de infraestrutura, a expansão efetiva da capacidade traz um incremento no consumo total que precisa ser gerido por meio de políticas de eficiência energética e uso de fontes renováveis.

Além dos aspectos técnicos, há desafios de governança e métricas. A literatura evidencia a falta de padrões consolidados para medir o impacto ambiental de serviços digitais, o que dificulta a comparação entre iniciativas e a definição de metas regulatórias (Hilty; Aebischer, 2015). Assim, é necessário avançar em indicadores que considerem ciclo de vida, consumo energético e externalidades sociais.

3. Iniciativas e políticas internacionais e nacionais relevantes

3.1 Panorama internacional

Organismos internacionais e fóruns multilaterais têm destacado de maneira crescente e consistente o papel estratégico desempenhado pelas tecnologias digitais como um instrumento essencial para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU. O World Economic Forum, por exemplo, tem se dedicado a discutir e propor estratégias inovadoras para aproveitar ao máximo o potencial da transformação digital em prol dos ODS, enfatizando a importância crucial de políticas públicas e privadas que assegurem a inclusão social e digital de populações vulneráveis, ao mesmo tempo em que buscam reduzir de forma significativa os impactos ambientais negativos associados ao avanço tecnológico (World Economic Forum, 2022). Paralelamente, as agências técnicas internacionais têm se empenhado na produção de indicadores detalhados, guias práticos e recomendações técnicas voltadas para a gestão responsável de resíduos eletrônicos e para a promoção da eficiência energética, com o objetivo de harmonizar as práticas adotadas entre diferentes países, fomentando uma abordagem global e coordenada para enfrentar os desafios da sustentabilidade no contexto digital.

3.2 Iniciativas no Brasil e a atuação da Anatel

No Brasil, a Anatel tem elevado a sustentabilidade à agenda regulatória. O Programa P@ed 2025 visa formar lideranças no ecossistema digital com foco em sustentabilidade, ao promover intercâmbio acadêmico e inovação em políticas públicas (Anatel, 2025a). O Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações, PERT 2025–2029, traz diretrizes para expansão da infraestrutura considerando eficiência e cobertura, com atenção para requisitos técnicos que podem reduzir impactos ambientais (Anatel, 2025b).

Adicionalmente, a articulação de um Selo Climático ESG, em cooperação com o Banco Interamericano de Desenvolvimento, representa tentativa de conjugar regulação e incentivos de mercado, estimulando práticas mais verdes por parte de operadoras. Esses instrumentos sinalizam que a Anatel busca ir além da supervisão técnica e assumir um papel proativo na promoção de sustentabilidade no setor.

3.3 Experiências de mercado e iniciativa privada

Relatórios de sustentabilidade elaborados por empresas do setor de telecomunicações, aliados a estudos especializados realizados em âmbito setorial, revelam que diversas operadoras já têm implementado uma série de iniciativas voltadas para a promoção da sustentabilidade, incluindo a melhoria contínua da eficiência energética em suas operações, a incorporação de materiais recicláveis em seus processos produtivos e a criação de programas estruturados de logística reversa para a gestão de resíduos. Essas práticas, embora representem um avanço significativo, apresentam variações consideráveis tanto em termos de escopo quanto de intensidade, dependendo de fatores como o porte das empresas, sua localização geográfica e os recursos disponíveis. A experiência acumulada em nível internacional sugere que a formação de parcerias estratégicas entre os setores público e privado, combinada com a adoção de mecanismos eficazes de responsabilidade estendida do produtor, constitui-se em instrumentos fundamentais para ampliar a escala e a efetividade das ações sustentáveis, promovendo uma abordagem mais integrada e impactante no enfrentamento dos desafios ambientais no setor de telecomunicações.

4. Análise crítica: lacunas, obstáculos e oportunidades

4.1 Lacunas regulatórias e institucionais

Apesar dos notáveis avanços alcançados até o momento, ainda persistem diversas lacunas significativas que demandam atenção e resolução. No que diz respeito ao âmbito regulatório, observa-se uma carência preocupante de metas vinculantes e obrigatórias que visem promover a eficiência energética de forma mais efetiva, bem como a ausência de padrões claros, objetivos e amplamente aceitos para a gestão adequada e responsável dos resíduos eletrônicos gerados no setor de telecomunicações. Essa falta de diretrizes bem definidas e estruturadas contribui para uma situação em que a ausência de indicadores padronizados e universalmente reconhecidos dificulta sobremaneira o monitoramento contínuo, a avaliação precisa e a comparação justa dos resultados obtidos entre diferentes iniciativas e regiões. Por outro lado, do ponto de vista institucional, verifica-se que a articulação e a coordenação entre as diversas agências governamentais, os diferentes estados da federação e o setor privado nem sempre se mostram suficientemente eficazes ou bem alinhadas, o que acaba comprometendo a capacidade de operacionalizar e implementar políticas de escala nacional de maneira integrada e com o impacto desejado.

4.2 Obstáculos técnicos e logísticos

A implementação de cadeias reversas eficientes no setor de telecomunicações e outros campos relacionados enfrenta uma série de barreiras significativas, tanto de natureza logística quanto econômica, que dificultam seu desenvolvimento e consolidação. Pesquisas e estudos especializados que analisam detalhadamente os processos de recuperação de materiais no contexto brasileiro destacam uma série de problemas críticos, incluindo a presença de uma infraestrutura de reciclagem formal extremamente limitada e insuficiente, a predominância de uma economia informal que gira em torno do descarte inadequado de eletrônicos e os custos elevados e muitas vezes proibitivos associados à logística de transporte e manejo em regiões remotas e de difícil acesso. Essas condições adversas tornam imprescindível e urgente a necessidade de se pensar em estratégias inovadoras e instrumentos que combinem de forma harmoniosa incentivos econômicos atrativos, uma regulamentação rigorosa e bem estruturada, além de um suporte técnico especializado e contínuo, a fim de superar esses obstáculos e promover um sistema de gestão de resíduos mais sustentável e eficaz.

4.3 Oportunidades regulatórias e instrumentos possíveis

Existem diversos instrumentos regulatórios que apresentam um significativo potencial de impacto positivo no avanço da sustentabilidade no setor de telecomunicações, sendo capazes de

promover mudanças estruturais e duradouras. Dentre os principais instrumentos que se destacam nesse contexto, podem ser mencionados os seguintes: 1) a definição de metas progressivas e gradativas de eficiência energética, especialmente direcionadas à operação de data centers e à infraestrutura de rede, com o objetivo de reduzir o consumo energético ao longo do tempo; 2) o estímulo ativo e incentivado à adoção de fontes renováveis de energia por parte dos grandes consumidores de energia dentro do setor, promovendo uma transição para matrizes energéticas mais limpas e sustentáveis; 3) a implementação de uma política robusta de responsabilidade estendida do produtor, que estabeleça metas específicas e vinculantes para o recolhimento e a reciclagem adequada de equipamentos eletrônicos ao final de seu ciclo de vida; 4) a criação e promoção de selos e certificações ambientais, como o Selo Climático ESG, que podem ser associados a benefícios regulatórios significativos ou incentivos financeiros, incentivando a adesão a práticas sustentáveis; e 5) o fomento estratégico a programas de reuso e condicionamento de dispositivos eletrônicos, com o propósito de ampliar a inclusão digital e prolongar a vida útil dos equipamentos, beneficiando populações menos favorecidas.

A experiência internacional acumulada ao longo dos anos sugere de maneira consistente que instrumentos regulatórios combinados, os quais aliam de forma integrada regulação rigorosa, incentivos econômicos atrativos e programas abrangentes de capacitação técnica e profissional, tendem a se mostrar substancialmente mais eficazes na obtenção de resultados sustentáveis do que medidas isoladas ou fragmentadas. Além disso, ao incorporar de maneira obrigatória métricas detalhadas relacionadas ao ciclo de vida dos produtos e a exigência de relatórios periódicos de sustentabilidade, a regulação pode desempenhar um papel crucial na melhoria da transparência das operações e na facilitação da comparabilidade entre os diferentes agentes do setor, permitindo uma avaliação mais precisa e equitativa de suas práticas e desempenhos ambientais.

5. Propostas e recomendações de política

A partir da análise conduzida, propõe-se elaboração e a execução de um conjunto abrangente de ações práticas e estratégicas destinadas a alinhar de maneira eficaz a transformação digital com os princípios da sustentabilidade no âmbito do setor de telecomunicações no Brasil, promovendo um desenvolvimento tecnológico que seja economicamente viável, ambientalmente responsável e socialmente inclusivo:

1. Estabelecer metas regulatórias de eficiência energética para data centers e nós de rede, com cronograma progressivo e revisões periódicas. Tais metas podem ser calibradas com base em benchmarks internacionais e acompanhadas por mecanismos de auditoria. (Shehabi et al., 2016).
2. Implementar política de responsabilidade estendida do produtor (REP) aplicada a fabricantes e importadores de equipamentos de telecomunicações, definindo metas de recolhimento, reciclagem e logística reversa, e incorporando incentivos para recondicionamento de dispositivos. (Forti et al., 2020).
3. Consolidar um quadro de indicadores setoriais de sustentabilidade, que inclua consumo energético total, intensidade energética por tráfego, taxa de recolhimento de e-waste e percentual de energia renovável consumida. A padronização de métricas melhora a tomada de decisão e transparência. (Hilty; Aebischer, 2015).
4. Ampliar programas de formação técnica e acadêmica, como o P@ed, para gerar capacidade técnica e de pesquisa focada em soluções verdes para telecomunicações. Conectar programas acadêmicos a incubadoras e projetos piloto acelera a inovação aplicada. (Anatel, 2025a).
5. Ligação entre incentivos regulatórios e certificações voluntárias, por exemplo oferecendo facilidades administrativas ou preferências em editais para empresas com certificação ESG e cumprimento de metas de sustentabilidade. Esse alinhamento estimula a adoção de boas práticas. (World Economic Forum, 2022).
6. Fomentar parcerias público-privadas para infraestrutura de recolhimento e reciclagem em regiões menos favorecidas, reduzindo custos logísticos e promovendo inclusão socioeconômica por meio de geração de trabalho formal na cadeia de reciclagem.

A implementação eficaz destas medidas demanda um investimento significativo em qualificação técnica especializada um alinhamento institucional robusto entre os diversos atores envolvidos, incluindo o regulador, as empresas do setor e a sociedade como um todo, além de um compromisso firme e de longo prazo para garantir a continuidade e a evolução dessas iniciativas, assegurando que os objetivos de sustentabilidade sejam alcançados de forma sustentável e duradoura ao longo do tempo.

6. Limitações e agenda de pesquisa futura

Este estudo baseou-se em uma abordagem metodológica que combinou revisão bibliográfica e análise documental. Entre as principais limitações identificadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa, destaca-se, de maneira significativa, a ausência de pesquisa empírica primária realizada diretamente com agentes atuantes no setor de telecomunicações, o que acaba por restringir a compreensão mais profunda das barreiras operacionais internas às empresas e de percepção de consumidores em relação às iniciativas de sustentabilidade, aspectos esses que poderiam enriquecer a análise. Para superar essas limitações e ampliar o escopo do conhecimento, pesquisas futuras poderiam incluir estudos de caso de operadoras nacionais, análises de ciclo de vida detalhadas de equipamentos, bem como avaliações abrangentes de impacto socioambiental de projetos piloto de economia circular no setor de telecomunicações.

Além disso, é importante reconhecer que a evolução tecnológica ocorre de maneira extremamente rápida, especialmente em áreas como inteligência artificial e computação de borda, o que impõe a necessidade de uma atualização constante tanto das métricas utilizadas para avaliação quanto das metas regulatórias estabelecidas, a fim de acompanhar esse ritmo acelerado de inovações. Essa dinâmica abre um promissor espaço para o desenvolvimento de estudos adicionais focados na criação e na validação de frameworks regulatórios adaptativos, capazes de se ajustar de forma flexível e eficaz às mudanças tecnológicas e às novas demandas do mercado, garantindo assim uma regulação mais alinhada às necessidades atuais e futuras do setor de telecomunicações.

7. Perspectivas futuras e papel estratégico da Anatel

A relação entre transformação digital e sustentabilidade não é estática; ao contrário, trata-se de um campo dinâmico, constantemente modificado pela emergência de novas tecnologias, pela intensificação das demandas sociais e pela necessidade de respostas regulatórias mais sofisticadas. O setor de telecomunicações, como pilar da economia digital, ocupa posição central nesse processo. Assim, torna-se essencial refletir sobre as perspectivas futuras e sobre o papel estratégico da Anatel no alinhamento entre inovação tecnológica, inclusão social e preservação ambiental.

7.1 Tendências tecnológicas emergentes

Nos próximos anos, a expansão das redes 6G, a consolidação da computação em borda (edge computing), a aplicação intensiva da inteligência artificial (IA) e os avanços da computação quântica

devem redefinir a infraestrutura digital global. Essas tecnologias prometem maior capacidade de transmissão, baixa latência e novas funcionalidades aplicáveis a setores como saúde, transporte e energia.

Contudo, tais inovações trarão também desafios ambientais significativos. A demanda energética tende a aumentar exponencialmente com a intensificação do processamento de dados, principalmente em aplicações de IA e em sistemas massivos de Internet das Coisas (IoT). Assim, o papel do regulador será estabelecer parâmetros claros para eficiência energética, uso de fontes renováveis e gestão de resíduos eletrônicos resultantes da rápida obsolescência tecnológica.

7.2 Cooperação internacional e comparações globais

Outro aspecto essencial é a inserção do Brasil em redes internacionais de cooperação regulatória. A União Europeia, por exemplo, avança em políticas de economia circular para equipamentos eletrônicos, enquanto países como a Coreia do Sul e o Japão já implementam programas robustos de eficiência energética em data centers. A experiência dos Estados Unidos, por sua vez, mostra a importância de incentivos fiscais para estimular a adoção de fontes renováveis no setor digital.

Ao comparar-se com essas práticas, o Brasil encontra oportunidades de adaptação, sobretudo no fortalecimento de indicadores padronizados de sustentabilidade e na criação de mecanismos de cooperação tecnológica. A Anatel pode desempenhar papel estratégico ao articular políticas nacionais com padrões globais, garantindo competitividade ao setor brasileiro e, ao mesmo tempo, promovendo responsabilidade socioambiental.

7.3 Participação social e justiça digital

A perspectiva de futuro exige também ampliar a compreensão de sustentabilidade para além da dimensão ambiental. A justiça digital emerge como princípio fundamental, apontando para a necessidade de democratizar o acesso à conectividade e reduzir desigualdades regionais e sociais. Regiões rurais, populações periféricas e comunidades tradicionais ainda enfrentam obstáculos para acessar serviços de telecomunicações de qualidade, o que compromete sua inserção plena na sociedade digital.

Nesse sentido, a regulação pode contribuir ao exigir compromissos de universalização do acesso e ao vincular autorizações de operação à implementação de programas de inclusão digital. Além disso, torna-se relevante estimular projetos de reuso e recondicionamento de dispositivos, capazes de ampliar o acesso para camadas populares, ao mesmo tempo em que prolongam a vida útil de equipamentos e reduzem a geração de resíduos.

7.4 Desafios éticos e ambientais futuros

O futuro digital também coloca desafios éticos relevantes. O crescimento da inteligência artificial levanta preocupações sobre privacidade, vieses algorítmicos e concentração de poder tecnológico em poucas empresas globais. Ao mesmo tempo, a expansão de infraestruturas físicas para suportar novas redes pode gerar impactos ambientais intensos, desde o aumento da pegada de carbono até a pressão sobre cadeias de suprimento de minerais raros.

Diante disso, cabe ao regulador antecipar-se a essas questões, estabelecendo marcos normativos que equilibrem inovação e responsabilidade social. O estabelecimento de métricas obrigatórias de sustentabilidade, a exigência de relatórios periódicos e a promoção de transparência das empresas do setor podem ser instrumentos eficazes para prevenir abusos e orientar práticas mais éticas e sustentáveis.

7.5 O papel estratégico da Anatel no longo prazo

Ao considerar todas essas tendências, a Anatel assume posição de destaque como indutora de uma governança digital sustentável. Mais do que supervisionar tecnicamente o setor, a agência deve ampliar sua atuação como mediadora de interesses entre empresas, sociedade civil e governo. Esse papel envolve desde a definição de metas claras e vinculantes de eficiência energética até a criação de programas de incentivo à pesquisa e inovação sustentável, conectando universidades, empresas e comunidades.

No longo prazo, a consolidação dessa agenda pode transformar o setor de telecomunicações em vetor de desenvolvimento sustentável, capaz de gerar empregos qualificados, reduzir desigualdades sociais e contribuir para as metas ambientais globais. No entanto, essa visão depende de um compromisso contínuo com a inovação regulatória, com a integração entre políticas públicas e com a articulação internacional.

8. Conclusão

A transformação digital e a sustentabilidade não são objetivos incompatíveis. Pelo contrário, a integração deliberada entre inovação digital e políticas ambientais pode ampliar benefícios econômicos e sociais, reduzindo impactos negativos. A Anatel, ao incorporar iniciativas como o P@ed e ao atualizar o PERT, demonstra sensibilidade para essa agenda. No entanto, para que a transformação digital no Brasil se torne realmente sustentável, é necessário que a regulação avance de forma mais proativa e articulada.

Recomenda-se, portanto, que a Anatel, em conjunto com seus parceiros estratégicos, adote instrumentos combinados, os quais incluam metas de eficiência, a implementação de políticas robustas de responsabilidade estendida do produtor, indicadores padronizados que facilitem o acompanhamento e a avaliação, além da oferta e incentivos para práticas empresariais sustentáveis por parte das organizações do setor. A consolidação bem-sucedida dessas medidas exige, por sua vez, a promoção de um diálogo multissetorial amplo e inclusivo, envolvendo diferentes atores sociais, econômicos e governamentais, o investimento contínuo em capacitação para os envolvidos, e a realização de um monitoramento rigoroso e constante dos resultados alcançados. Dessa forma, será possível transformar a oportunidade tecnológica em um instrumento efetivo e transformador para o desenvolvimento sustentável, contribuindo de maneira significativa para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e para o bem-estar das futuras gerações.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Anatel). P@ed — Programa Anatel de Intercâmbio Acadêmico em Ecossistema Digital 2025. Brasília: Anatel, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/composicao/ceadi/paed-2025>. Acesso em: 30 ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Anatel). Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT) 2025–2029. Brasília: Anatel, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/anatel-divulga-atualizacao-2025-plano-estrutural-de-redes-de-telecomunicacoes-pert>. Acesso em: 30 ago. 2025.

DAEHN, Cheryl Maureen; COSTA, Ana Ester da; PEREIRA, Ricardo. Transformação digital e sustentabilidade: desafios e tendências. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO

EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, XXIII., 2021, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ENGEMA, 2021. p. 1-28.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis P.; KUEHR, Ruediger; BEL, Garam. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. Bonn: United Nations University; International Telecommunication Union; International Solid Waste Association, 2020.

HILTY, Lorenz M.; AEBISCHER, Bernard (orgs.). ICT for Sustainability: An Emerging Research Field. Cham: Springer, 2015.

PIERLI, Giada; MURMURA, Federica; BRAVI, Laura. Digital transformation and sustainability: a systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, v. 32, n. 5, p. 2137–2155, 2023.

SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. Logística reversa avança no Brasil e contribui para a preservação ambiental. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2021/08/logistica-reversa-avanca-no-brasil-e-contribui-para-a-preservacao-ambiental>. Acesso em: 31 ago. 2025.

SHEHABI, Arman et al. United States Data Center Energy Usage Report. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2016. Disponível em: <https://eta.lbl.gov/publications/united-states-data-center-energy>. Acesso em: 30 ago. 2025.

VIAL, Grégory. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, v. 28, n. 2, p. 118–144, 2019.

WESTERMAN, George; BONNET, Didier; MCAFEE, Andrew. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Harnessing Digital Transformation for the Sustainable Development Goals*. Geneva: WEF, 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/harnessing-digital-transformation-for-the-sdgs>. Acesso em: 30 ago. 2025.