

# BASTA! OU ELES, OU NÓS! UMA REFLEXÃO SOBRE O PONTO DE IMPACIÊNCIA DA SOCIEDADE NO MERCADO DO E-RESÍDUO SOB AS LENTES DO MULTIPLE BOTTOM LINE E A DA ECONOMIA CIRCULAR

## 1 Introdução

O processo de extração, produção, consumo e descarte, conhecido com o Economia Linear, tem predominado nos diversos setores de atividades econômicas mundiais, tornando cada vez mais escassos, tanto os recursos naturais, quanto as oportunidades de geração de valor (Weetman, 2019). Esse processo *mainstream* tem causado um impacto ambiental negativo de tal forma, que os cientistas argumentam ser esta a Era do Antropoceno, geologicamente falando (Lewis & Maslin, 2015). Segundo essa abordagem, a humanidade, ao continuar com um sistema de produção e consumo baseado na Economia Linear, deixa um legado de insegurança no que tange à existência, sobrevivência e continuidade de gerações futuras. Isso se revela na questão que envolve a produção, consumo e descarte dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) e seus resíduos, aqui tratados como e-resíduos.

A cadeia de suprimento de EEE ainda é predominantemente linear, com crescimento exponencial dos e-resíduos e, apenas aproximadamente 20% desse tipo de resíduo tem tratamento e destinação adequados (Balde, Forti, Gray, Kuehr, & Stegmann, 2017; Balde, Wang, Kuehr, & Huisman, 2015), sendo o restante descartado indevidamente ao final de sua vida útil, expondo, conseqüentemente, seus componentes e suas respectivas toxinas ao meio ambiente, e afetando principalmente as populações socialmente vulneráveis (Souza, 2015).

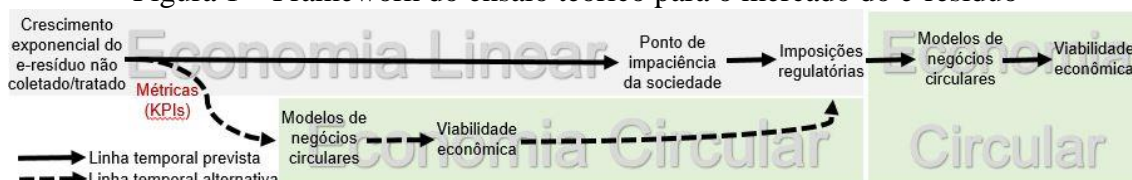
O conflito gerado pela demanda humana por recursos do planeta, superado pela biocapacidade da natureza, exige uma mudança radical no posicionamento e participação de todos os atores envolvidos no processo. Weetman (2019, p. 34) alerta para uma reconsideração profunda e extrema das cadeias de suprimentos, com a “criação de redes simbióticas colaborativas, capazes de se interconectar dentro dos e entre os setores de atividades”. O alto grau de transparência exigido em relação aos fornecedores, materiais e negócios, nessa perspectiva, proporciona *loops* de retorno favoráveis à eficácia na geração de valor e na mudança de paradigmas comportamentais em toda a sociedade.

Nesse contexto, a sustentabilidade, em seu aspecto corporativo, dado a abordagem *Multiple Bottom Line* que dimensiona as práticas sustentáveis segundo os focos econômicos, de governança, éticos, sociais e ambientais (Brockett & Rezaee, 2013), proporciona como alternativa, a visão do sistema de produção como uma cadeia cíclica, conhecida como Economia Circular, a qual busca dissociar o crescimento econômico do esgotamento de recursos naturais e degradação ambiental (Hofmann, 2019; Liu, Li, Zuo, Zhang, & Wang, 2009; Murray, Skene, & Haynes, 2016; Xue et al., 2010). Esse conceito holístico funciona como um guarda-chuva para açambarcar práticas cíclicas baseadas em pensamento sistêmico, inovação frugal, biomimética e química verde. Suas principais influências são a Economia de Desempenho, Ecologia Industrial, *Cradle to Cradle*, Economia Azul e Capitalismo Natural (Weetman, 2019). A Economia Circular tem potencial para assumir posição de sistema *mainstream* nas cadeias de suprimentos, desde que sejam superadas suas limitações (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018).

No entanto, dada a complexidade do contexto introdutório apresentado, este trabalho procura discutir a Economia Circular como alternativa para a sustentabilidade corporativa do mercado de e-resíduos, sob a ótica do *Multiple Bottom Line*, em suas cinco dimensões, destacando a dimensão econômica como principal agente motivador para a transição de modelos negócios lineares para modelos de negócios circulares. O objetivo

é fundamentar uma reflexão sobre a estratégia de antecipação ao ponto de impaciência da sociedade, quanto aos marcos regulatórios, para justificar a transição viável, ou não, para uma Economia Circular, sob a ótica de uma dimensão econômica, ou seja, trazer uma reflexão sobre a performance do mercado de e-resíduos, discutindo um cenário de oportunidades econômicas e sustentáveis, embasado no conceito de Economia Circular como fator-chave mitigador do crescimento do e-resíduo não coletado/tratado (Figura 1).

Figura 1 – Framework do ensaio teórico para o mercado do e-resíduo



Nota: KPIs (Key Performance Indicators)

O trabalho está dividido em mais quatro seções. A segunda seção aborda a problemática do e-resíduo, e o mercado oriundo deste, como um *driver* que impulsiona, inevitavelmente, para uma mudança de mentalidade nos tradicionais modelos de negócios lineares. A terceira seção trata de discutir o ponto de impaciência da sociedade, sua influência nos marcos regulatórios e no processo decisório corporativo. A quarta seção traz à discussão uma alternativa de antecipação ao ponto de impaciência da sociedade: a Economia Circular, fundamentada nas premissas da sustentabilidade corporativa e seus critérios, sob a lente da abordagem do *Multiple Bottom Line*. A quinta seção conclui.

## 2 A dinâmica do e-resíduo como *driver* para uma metanoia disruptiva

As discussões em torno do e-resíduo tomaram proporções cada vez maiores, tanto nas esferas do poder público quanto na iniciativa privada, no terceiro setor e no meio acadêmico. Todavia, o problema do e-resíduo não pode ser resolvido sem uma mudança na postura mental atual, sendo mister uma ruptura de paradigmas obsoletos para uma concepção de novos paradigmas que apontem para uma solução ótima. Assim, propõe-se uma metanoia disruptiva para o mercado do e-resíduo, onde os problemas possam ser enxergados sob novas lentes. Para tal, é preciso avaliar o que impulsiona e direciona os argumentos de uma mudança de mentalidade, ou seja, identificar os *drivers* de mudança.

### 2.1 O e-resíduo não coletado/tratado tende a explodir no tempo

O primeiro *driver* para uma reformulação mental e comportamental no mercado do e-resíduo são os registros expostos pela literatura cinza e por pesquisadores que estudam e monitoram a geração, descarte, tratamento, destinação e disposição final do e-resíduo no mundo. Os resultados apontam, não apenas para um crescimento acelerado da geração de e-resíduo (Figura 2), mas também que a maioria do e-resíduo gerado, cerca de 82,6% (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020), não será coletado nem tratado adequadamente, sendo descartado indevidamente no meio ambiente, causando problemas sociais, ambientais e de saúde pública em escala global. (ABDI, 2012; Awasthi et al., 2018; Balde et al., 2017, 2015; Eurostat, 2018; Forti, Baldé, & Kuehr, 2018; Forti et al., 2020; Ikhlayel, 2016; Lu et al., 2014; Magalini, Kuehr, & Baldé, 2015; Pickin & Randell, 2016).

Em 2019, foram geradas cerca de 53,6 Mt (milhões de toneladas) de e-resíduos no mundo. Todos os continentes registraram coletas formais e reciclagem de e-resíduos em quantidades bem menores do que as quantidades estimadas de geração desse tipo de resíduo naqueles continentes. A Ásia foi o continente com maior quantidade de e-resíduo gerado (24,9Mt) e a Europa tem a maior taxa per capita de e-resíduo (16,2 kg per capita).



Figura 2 – E-resíduo global gerado por ano.

Fonte: (Forti et al., 2020)

Nota: As projeções futuras não levam em consideração efeitos econômicos referentes à crise do Covid19.

Além disso, o fluxo de exportação do e-resíduo, prática comum em países ricos, tem implicado na transferência do problema para outros países, aumentando a sustentabilidade em países desenvolvidos em detrimento da sustentabilidade de países em desenvolvimento, provocando um efeito bumerangue e expondo as limitações da gestão e governança do e-resíduo em escala global (Korhonen et al., 2018; Lepawsky & McNabb, 2010; Souza et al., 2016).

Já é percebido por empresas multinacionais, startups, governos, organizações não-governamentais e pesquisadores que o comportamento monitorado do e-resíduo, no mundo, revela o caráter de finitude dos recursos naturais. Boulding (1966) já alertava que “qualquer um que acredite que o crescimento exponencial pode durar para sempre num mundo finito é louco ou economista”. Essa percepção implica na necessidade da busca por uma alternativa sustentável de produtos, processos e modelos de negócios mitigadores das implicações negativas do e-resíduo para a saúde e o meio ambiente (Weetman, 2019).

## 2.2 O e-resíduo é uma questão social e de saúde pública

Outro aspecto a considerar como *driver* de mudança, é a implicação do e-resíduo na saúde humana, alertado há 15 anos por Widmer, Oswald-Krapf, Sinha-Khetriwal, Schnellmann, e Böni (2005). Souza (2015) concluiu que, no ambiente de cooperativas de catadores no Brasil, foram encontrados, embora em níveis baixos devido ao volume recebido, metais tóxicos no ar e materiais particulados no solo, os quais lançam um alerta de monitoramento, pois entre eles estão metais como o Mercúrio, Arsênio, Bário e Chumbo, todos altamente nocivos, que quando absorvidos pelo organismo humano, geram problemas no sistema nervoso, respiratório e excretor. As emissões de carbono se encaixam nesse contexto tanto quanto os metais pesados presentes na indústria de baterias automotivas, os quais poluem o ar provocando danos graves à saúde da população, como o quadro patológico da intoxicação ocupacional por chumbo – plumbismo, saturnismo – identificado nos estudos em pacientes que trabalham com reciclagem de baterias (Fonte, Agosti, Scafa, & Candura, 2007). Já na Tailândia, esses mesmos tipos de trabalhadores, por manusearem e desmontarem e-resíduos sem os cuidados necessários, têm potencial para desenvolver câncer, por exposição ao Cádmiio e Níquel, em níveis maiores do que os critérios aceitáveis (Puangprasert & Prueksasit, 2019) Na China, os trabalhadores

envolvidos diretamente na fabricação e reciclagem de placas de circuito impresso (PCI) são expostos ao contato com metais pesados, como o Cromo, elemento altamente cancerígeno, e por isso estão sujeitos a efeitos adversos na saúde quando não estão usando equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados (Xue, Yang, Ruan, & Xu, 2012; Zhou et al., 2014).

Essa exposição assume uma extensão que vai além das estruturas industriais. Prestadores de serviços de assistência técnica em equipamentos eletroeletrônicos se dizem despreparados para destinar os equipamentos inservíveis abandonados em seus estabelecimentos. Assim, partes desmontadas dos equipamentos acabam por expor elementos tóxicos no ar ou no solo do ambiente onde ocorre movimentação de pessoas que transitam sem EPIs (Appelt, Porto, Pedro Filho, Carneiro, & Costa, 2015; Porto, Souza, Campos, & Freitas, 2018).

Ampliando esse espectro de exposição de elementos tóxicos, domicílios também são alcançados por elementos tóxicos presentes nos e-resíduos (Quadro 1), como os relatados no entorno de Guiyu (área de tratamento informal de e-resíduos) na China. Nos domicílios, próximos daquela área, 237 mulheres grávidas apresentaram níveis preocupantes de Cádmio na urina, resultando em um aumento no risco de resultados adversos nos partos, afetando peso, altura e circunferência da cabeça de bebês do sexo feminino, e os índices de APGAR (*Appearance, Pulse, Grimace, Activity, Respiration*) em bebês do sexo masculino (Zhang et al., 2018). Nesse sentido, percebe-se que há uma assimetria informacional por parte do poder público junto à população, referente a conscientização do problema de reter o e-resíduo e de descartá-lo incorretamente.

Quadro 1 – Fontes de exposição e impactos na saúde pública e meio ambiente.

FORMAS DE EXPOSIÇÃO	FONTES DE EXPOSIÇÃO	IMPACTOS NA SAÚDE	LITERATURA
Exposição da comunidade	a) Alimentos, água, ar; e b) Oficinas em casa	a) Resultados adversos nos partos;	Alabi et al., 2012; Cong et al., 2018;
Exposição ocupacional	a) Vapores inalados da queima de fios e cozimento de placas de circuitos impressos; b) Mulheres grávidas que trabalham como recicladoras – exposição de fetos.	b) Neurodesenvolvimento alterado; c) Resultados adversos na aprendizagem; d) Danos ao DNA; e) Efeitos cardiovasculares adversos;	Davis & Garb, 2019; Decharat, 2018; Decharat & Kiddee, 2020; Huo, Dai, et al., 2019; Huo, Wu, et al., 2019; Landrigan & Goldman, 2011; Nti et al., 2020;
Exposição de crianças	a) Ingestão de poeira contaminada em superfícies; b) Crianças brincando com eletrônicos desmontados; c) Crianças e adolescentes trabalhando na coleta, desmontagem e reciclagem.	f) Efeitos respiratórios adversos; g) Efeitos adversos no sistema imunológico; h) Doenças de pele; i) Perda auditiva; j) Câncer.	Pronczuk-Garbino, 2005; Seith, Arain, Nambunmee, Adar, & Neitzel, 2019; Soetrisno & Delgado-Saborit, 2020; Xu et al., 2020; Zhang et al., 2018
Contaminação ambiental	a) Despejo de ácido nos rios, usado para remover ouro; b) Lixiviação de substâncias oriundas de aterros ou eletrônicos armazenados; c) Partículas e toxinas oriundas de desmantelamento de eletrônicos; d) Contaminantes que entram no sistema de água e no sistema alimentar através de gado, peixes e plantações.		

Fonte: Adaptado (Forti et al., 2020, p. 64)

Considerando que o e-resíduo domiciliar se enquadra como resíduo doméstico perigoso, este também pode exercer influência sobre outros fluxos de resíduos, alterando as condições redox<sup>1</sup> ou causando reações diretas com outros resíduos perigosos. A população, no entanto, revela grau de conscientização ambiental insuficiente para entender os malefícios dos elementos tóxicos presentes no e-resíduo (Inglezakis & Moustakas, 2015; Porto, Brasnieski, Souza, & Freitas, 2020). As principais fontes e impactos dessa exposição foram descritas por Forti et al. (2020), conforme resume o Quadro 1. Todos os estudos aqui relacionados alertam que os riscos presentes nos e-resíduos podem afetar não apenas trabalhadores informais que atuam diretamente com o manuseio de componentes perigosos, como também a comunidade e os biomas em torno das áreas de desmontagem e reciclagem de e-resíduos.

Além das implicações para a saúde humana, a exposição tóxica ao e-resíduo e seus componentes, e também a negligência no trato com o e-resíduo, refletem negativamente no aspecto social da comunidade e trabalhadores do entorno. Cita-se no Brasil, o caso da indústria COBRAC – Companhia Brasileira de Chumbo, que durante mais de três décadas descartou Chumbo e Cádmiio indevidamente em seu entorno, contaminando o meio ambiente e muitos dos residentes da cidade de Santo Amaro da Purificação na Bahia. Nesse caso, as consequências vão além das doenças provocadas nos habitantes da cidade. A negligência da empresa refletiu em seu fechamento, ocasionando o desemprego de todos os seus funcionários, além do desequilíbrio financeiro e psicológico dos ex-funcionários, pois estes foram alvo de rejeição e discriminação por outras empresas da região, pelo fato de serem um potencial risco de passivo trabalhista (Bomfim, 2011). Esse fato fragilizou não só os ex-funcionários, mas todas as famílias dependentes deles, impactando em um malefício social que refletiu por muitos anos naquela região.

Dessa forma, a despeito de ambos os *drivers* apontados, houve um incremento, entre 2010 e 2020, de estudos sobre o comportamento do e-resíduo no mundo e os efeitos sociais, na saúde humana e no meio ambiente, de forma adversa, associados à exposição ao e-resíduo. Tais efeitos, mesmo impactando por tanto tempo, têm um limite para a sociedade.

### **3 O ponto de impaciência da sociedade**

A geração de e-resíduo tende para um volume máximo suportado pela sociedade, ou dito de outra forma, tende a um ponto no tempo, no qual a sociedade pressionará o poder público e as empresas a adotarem políticas públicas para evitar que esse nível indesejado seja alcançado ou ultrapassado. E nesse sentido, o Estado tende a agir, impondo restrições e criando regulamentação para não permitir que a sociedade seja penalizada pelo descarte equivocado de tais resíduos. Isso ocorre porque ao longo da história da humanidade civilizada, os paradigmas sociais que direcionam uma sociedade são construídos sob demanda da própria sociedade.

É importante destacar que a caminhada rumo à conscientização ambiental da sociedade de forma plena, ainda é um desafio, porém, tem avançado aceleradamente. Por um lado, há indícios científicos que apontam que a sociedade não demonstra plena conscientização das implicações do comportamento do e-resíduo, no curto e no longo prazo, nem de políticas e iniciativas mitigatórias de seus impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente (Kirchherr et al., 2018; Liu et al., 2009; Xue et al., 2010). O consumidor não está disposto a pagar mais caro por produtos verdes. Entretanto, por outro

---

<sup>1</sup> As reações de oxirredução, conhecidas como reação redox, são reações de transferências de elétrons que produzem, entre um conjunto de espécies químicas, um oxidante e um redutor. A ferrugem é um aspecto visual da ocorrência de uma reação de oxirredução (Houaiss & Villar, 2001).

lado, outros estudos mostram que a implementação de modelos de consumos colaborativos têm revelado um alto grau de conscientização dos cidadãos em torno do consumo e da produção sustentáveis (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016).

Um exemplo da influência da sociedade conscientizada ambientalmente nas finanças corporativas é o caso da maior empresa gestora de ativos do mundo, a BlackRock, Inc., que externalizou sua preocupação com a sustentabilidade corporativa, afirmando que o dinheiro gerido por ela pertence a pessoas de diversos países, que buscam atingir objetivos de longo prazo, como aposentadoria. E que, embora as mudanças no mercado financeiro capazes de refletir os anseios da sociedade sejam lentas, a conscientização de investidores tem mudado muito rapidamente, devendo provocar mudanças estruturais nas finanças corporativas. O reflexo da influência dessa parcela da sociedade investidora é que a BlackRock alerta que votará contra administradores/gestores que não estiverem com suas práticas operacionais alinhadas progressivamente com a sustentabilidade (Fink, 2020).

No caso do mercado de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), o esgotamento dos recursos extraídos para sua fabricação é iminente. Como agravante, alguns desses insumos, devido às falhas no processo de logística reversa, têm uma baixa taxa de reciclagem. Basta ver nos estudos sobre escassez dos elementos da Tabela Periódica, onde matérias-primas para componentes eletrônicos, tais como Ouro, Prata e Cádmiom possuem reservas remanescentes estimadas para se esgotarem nos próximos 50 anos. O Cádmiom, por exemplo, além de estar entrando em processo de escassez nesse período, sua taxa de reciclagem está entre 10% e 25% (EMF, 2013, p. 28; Forti et al., 2020, p. 58). Sem substituto para tais elementos, e com o crescimento exponencial dos e-resíduos, a sociedade tende a se conscientizar de que, para sua sobrevivência, não está disposta a extrapolar um determinado volume máximo de Ouro, Prata e Cádmiom, entre outros, gerados como e-resíduos, porém, deixando de: a) ser coletados, b) tratados, e c) reentrar no processo produtivo para suprir novas demandas de EEE.

A resposta do Estado ao ponto de impaciência da sociedade, devido às exigências oriundas, inicialmente, do consumidor e cidadão conscientizado, vem na forma de imposições regulatórias, direta ou indiretamente relacionadas com o e-resíduo, como as que já estão em vigor em diversos países dos 5 continentes (Forti et al., 2020, pp. 105–116). Recentes propostas de políticas públicas, empresariais e societárias, têm inspirado o surgimento de diversos marcos regulatórios ao redor do mundo.

No entanto, leva tempo até o amadurecimento de uma imposição regulatória ser considerada eficaz. O país que mais avançou na legislação e implementação da Economia Circular foi a China, com a Lei de Promoção à Economia Circular (LPEC). Ainda assim, após os primeiros 10 anos de vigência, a LPEC ainda não apresentou eficácia significativa no que tange à promoção da Economia Circular no país, o que contrariou as expectativas anteriores. Nesse caso, a eficácia da LPEC na China foi mensurada estimando o grau de circularidade da economia chinesa, num estudo comparativo das mudanças de determinados indicadores-chaves nos períodos pré e pós adoção da LPEC. Esse é um dos dispositivos legais que guardam relação direta com a gestão dos e-resíduos na China. Outras duas legislações também se destacam por abranger a gestão de e-resíduos: Lei de Controle de Poluição de Resíduos Sólidos (LCPRS) e Lei de Promoção da Produção Limpa (LPPL). Todavia, nenhum dos normativos regulamenta a coleta de e-resíduo, o que dificulta a implementação de um sistema de logística reversa eficaz naquela região (Hu, He, & Poustie, 2018; Lu et al., 2014).

No Brasil, um dos princípios básicos para o exercício da atividade econômica é a defesa ao meio ambiente (Brasil, 2016), o que significa que sistemas produtivos que agredam ou comprometam a sustentabilidade do planeta Terra, em território brasileiro,

com base nesse princípio de sustentabilidade, podem, por meio de políticas públicas regulamentadas, ser combatidos, desestimulados, descontinuados ou sobretaxados. No caso dos e-resíduos, os principais marcos regulatórios são a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a partir da qual surgiram legislações estaduais e municipais correlatas, e o Acordo Setorial para implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes (Brasil, 2010; MMA, 2019).

#### **4 A alternativa tem nome: antecipação**

Diante do exposto, cabe à empresa, como reflexão, decidir se produz até que a sociedade se inquiete e cobre medidas corretivas, ou, se vale a pena antecipar ações que evitem esse momento e que se revertam em benefícios diretos e indiretos para ela própria. Entretanto, a estratégia de antecipação passa pela discussão e esclarecimento dos critérios e dimensões da sustentabilidade, para a concepção de modelos de negócios alternativos capazes de dissociar a busca pela lucratividade do esgotamento dos recursos naturais e do aumento da poluição ambiental.

##### **4.1 Highlights do marco teórico da sustentabilidade**

O marco histórico da consciência ambiental moderna e da abordagem pioneira sobre desenvolvimento sustentável é atribuído aos estudos de Carson (1962). No entanto, o destaque influenciador nas discussões sobre sustentabilidade empresarial tem sido, desde o final da década de 60, o conhecido Clube de Roma<sup>2</sup>. Atualmente, o Clube de Roma já tem em seu acervo, 47 relatórios, desde o primeiro, “The Limits to Growth” até o mais recentemente publicado em 2020, “Bildung - Keep Growing” (Rome, 2020). Com a publicação do seu primeiro relatório, o Clube de Roma despertou a discussão sobre a percepção conceitual da sustentabilidade. Este tem sido um conceito reconhecidamente dinâmico, o qual pode apresentar configurações e interpretações diversas, dependendo dos propósitos que forem alinhados (Brockett & Rezaee, 2013; Mebratu, 1998).

No entanto, o Relatório de Brundtland (WCED, 1987) definiu, pela primeira vez, o termo “sustentabilidade” e estabeleceu que as políticas públicas, estratégias empresariais e ações efetivas realizadas no presente, serão assim chamadas de sustentáveis, se estas não comprometerem a continuidade das gerações futuras no que tange ao atendimento de suas necessidades. Entretanto, é preciso ressaltar que tais práticas, para que sejam sustentáveis, devem atender a seis critérios (Brockett & Rezaee, 2013) que, juntos, formam um modelo descritivo de sustentabilidade, buscando se mostrar maior do que as somas de suas partes, dando um caráter positivamente sinérgico ao valor das organizações envolvidas (Ijiri, 1975; Kaplan & Norton, 2006).

Nesse contexto, é salutar tecer uma reflexão sobre a importância do atendimento conjunto e concomitante dos critérios de sustentabilidade. Isto pode ser feito por meio de uma analogia com a estrutura do Ácido Desoxirribonucleico (DNA), que possui, igualmente, seis componentes necessários ao seu modelo descritivo de dupla-hélice (Watson, 1968). Da mesma forma que o DNA só existe em função da sinergia entre seus seis componentes juntos, a sustentabilidade só é possível de ser vista em seu conceito pleno, em função da presença simultânea e sinérgica entre seus seis critérios, como pode ser visto na Figura 3.

---

<sup>2</sup> Uma organização de pessoas, composta por profissionais de todo o mundo das áreas da diplomacia, indústria, academia e sociedade civil, que, inicialmente, se reuniu em Roma para discutir as suas preocupações relativas ao crescimento econômico e ao consumo dos recursos limitados.



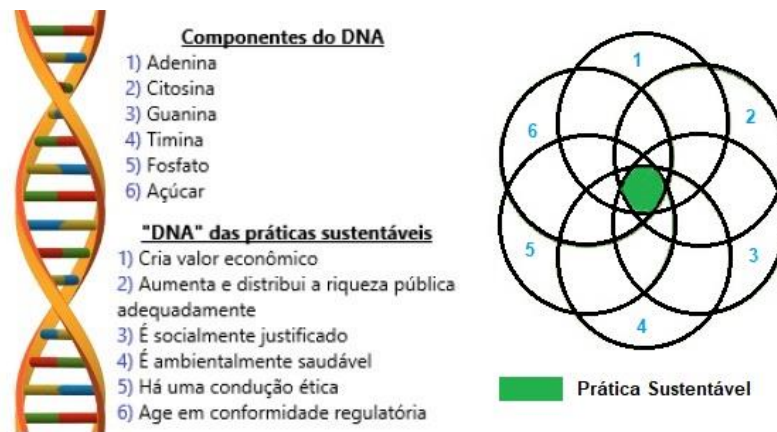


Figura 3 – Analogia entre a estrutura do DNA e os critérios de sustentabilidade  
Nota: DNA (Ácido Desoxirribonucleico).

Portanto, desse ponto de vista, uma prática é sustentável, ou, uma empresa é sustentável, se, e somente se, em seu “DNA” de práticas sustentáveis, todos os seus componentes se completam, como em um quebra-cabeça. Este conceito é resultado de variadas interpretações e discussões ao longo das últimas três décadas do século XX (Mebratu, 1998).

#### 4.2 A sustentabilidade e suas perspectivas na berlinda: qual a mais importante?

Antes da primeira metade do século XX já se acreditava no conceito de destruição criativa, no qual o capitalismo eliminaria empresas não criativas e não competitivas. Isso porque, no processo de acumulação de capital, as empresas são levadas à competição acirrada e a serem cada vez mais inovadoras em seus produtos, processos e tecnologias (Schumpeter, 1942). Ocorre, então, a abundância compartilhada de produtos no mercado, decorrente de sua crescente e diversificada oferta, aliada ao estímulo ao consumismo proposto como estratégia em meados da década de 1950 (Lebow, 1955). Com o aquecimento da economia, o padrão de vida dos consumidores aumenta, bem como sua busca por mais igualdade, traduzida pela oportunidade de possuir bens que antes eram restritos à classe alta da sociedade. O reflexo desse comportamento, nas empresas, é que a competição força a inovação, para manutenção e/ou aumento do seu *marketshare*. A tecnologia, por sua vez, como produto da ciência e da engenharia, alcança cada vez mais o cotidiano das pessoas, operando em um ciclo de influência mútua, entre oferta e demanda, não necessariamente nessa ordem. Dito de outra forma, ao mesmo tempo em que as pessoas são agentes do desenvolvimento tecnológico, são também cada vez mais tecnologicamente dependentes. Essa situação torna proeminente, dentre outros problemas, a questão ambiental relacionada às consequências negativas do processo produtivo tradicional de produção-consumo-descarte criticado por Leonard (2020).

A sustentabilidade, abordada no subtópico anterior, no contexto corporativo, passa a ser discutida sob três perspectivas distintas, porém complementares e interdependentes: ambiental, social e econômica. Surgem, então, os princípios do *Triple Bottom Line*, trazendo implícita a noção de uma simbiose genuinamente social como fator-chave de sucesso das iniciativas de se construir um capitalismo sustentável para a economia do século XXI (Elkington, 1997).

Mais recentemente, essas perspectivas foram revistas, e, um novo olhar, sob novos ângulos da sustentabilidade corporativa, foi incorporado em sua análise. Nesse novo contexto, as perspectivas de ética e governança assumiram um lugar nas abordagens



estratégicas de sustentabilidade, e ampliaram o espectro de pesquisa, sendo tais perspectivas vistas como dimensões da sustentabilidade corporativa, as quais são conhecidas como *Multiple Bottom Line* (Brockett & Rezaee, 2013), visto na Figura 4.

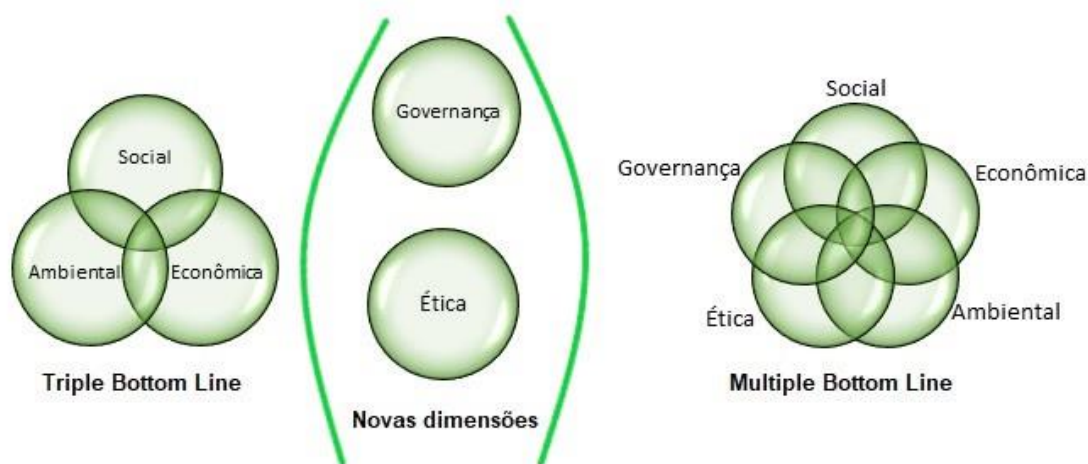


Figura 4 – Evolução das dimensões da sustentabilidade corporativa.

Fonte: Adaptado (Brockett & Rezaee, 2013; Elkington, 1997).

As cinco dimensões do *Multiple Bottom Line* estão estruturadas como métricas de sustentabilidade corporativa, avaliando a performance conjunta das áreas: econômica, governança, social, ética e ambiental (EGSEA). Brockett e Rezaee (2013, p.14) apontam a dimensão econômica como sendo a mais importante dentre as cinco citadas, classificando tal dimensão como pedra angular da sustentabilidade dos negócios. Os autores justificam que “as organizações podem sobreviver e produzir desempenho sustentável somente quando continuarem lucrativas, criando valor para os acionistas”. Sob a ótica desse argumento, as empresas podem auferir lucros sustentáveis, desde que a performance econômica seja transparente (Brockett & Rezaee, 2013; Nilipour, Silva, & Li, 2020; Rezaee, 2017; Silva, 2015).

A questão, nesse ponto, é que o equilíbrio entre dimensões mensuráveis deve buscar a melhoria contínua, traduzida em estratégias e ações que se ajustem a um padrão ótimo, como ocorre, analogamente, com a lógica do ajustamento de uma linha de regressão aos dados de uma amostra, visto sob a perspectiva do diagrama de Venn (Gujarati & Porter, 2011, p. 95; Ruskey & Weston, 2011). Assim, a interseção das dimensões do *Multiple Bottom Line* (Figura 4), resultará na sustentabilidade corporativa. Porém, ponderando o pressuposto de que a dimensão econômica seja resultante das práticas e políticas adotadas nas demais dimensões, sendo aquela causada por estas, quanto maior essa interseção, maior será a consolidação da sustentabilidade corporativa na organização. Avaliando um cenário de oportunidades disruptivas, as quais buscam evitar externalidades – provavelmente penalizadas por imposições regulatórias – o alinhamento das dimensões do *Multiple Bottom Line*, aumenta sua interseção (Figura 5) e promove um ajuste ótimo de práticas e políticas circulares, as quais provêm de toda a cadeia de suprimentos, que criam valor para todos os *stakeholders* da entidade.

Dessa forma, partindo do pressuposto que a sustentabilidade corporativa tem em suas dimensões as métricas necessárias para avaliar o desempenho das empresas sob vários ângulos, e assim, definir suas práticas como sustentáveis, é crível que tais métricas se traduzam em indicadores de performance nas dimensões do *Multiple Bottom Line*.

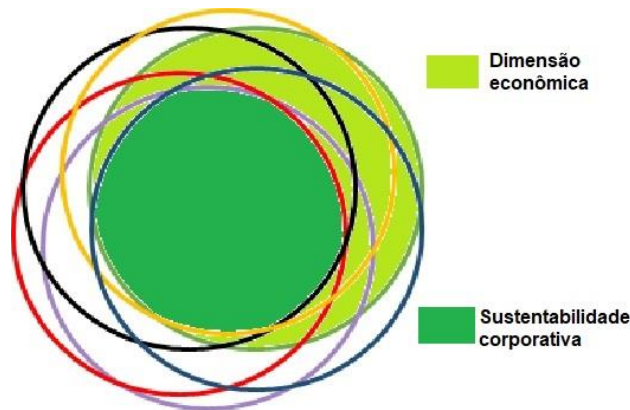


Figura 5 – Alinhamento das dimensões da sustentabilidade corporativa em direção ao ponto ótimo de ajuste de práticas e políticas, considerando a dimensão econômica como pedra angular e efeito do *Multiple Bottom Line*.

#### 4.3 Sustentabilidade corporativa na prática: a Economia Circular é o caminho?

A preocupação com a escassez de recursos naturais e os impactos negativos provocados pela ação do homem no meio ambiente, tem levantado estudos e debates em diversas frentes relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Uma dessas frentes aborda a Economia Circular, em oposição ao modelo de Economia Linear.

As discussões sobre Economia Circular vêm ganhando força em todo o mundo (Geissdoerfer, Morioka, & Carvalho, 2018; Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017) e iniciaram a partir dos estudos de Boulding, (1966), que, em seus argumentos, trata a Terra como um sistema fechado, com recursos finitos, e que por essa razão, a economia designada por ele como “*spaceship economy*” deveria ser encarada como um astronauta em uma nave espacial, na qual o homem deve encontrar o seu lugar num sistema ecológico cíclico. Uma década depois, Stahel e Reday-Mulvey (1977) cunharam pela primeira vez o termo Economia Circular. Mais adiante, a definição de Economia Circular surgiu, de forma precursora, nos estudos de Pearce e Turner (1990). Desde então, as literaturas científica e cinzenta têm publicado variantes do conceito de Economia Circular, como apresentado nos estudos de Kirchherr, Reike, e Hekkert (2017), onde foram revisadas 114 definições de Economia Circular (EC), codificadas em 17 dimensões. Na concepção da ideia restaurativa e regenerativa, a EC, popularmente difundida por EMF (2019b) “cria resiliência de longo prazo, gera oportunidades comerciais e econômicas e proporciona benefícios ambientais e sociais”.

##### 4.3.1 O modelo de Economia Circular

O modelo de EC, baseado em ciclos biológicos e técnicos, propõe um fluxo, composto por *loops*, onde: o sistema industrial é restaurador por *design* e intenção; a reciclagem é o último recurso para evitar a disposição final dos recursos biológicos ou técnicos; e as emissões, energia e disposição final são reduzidas (EMF, 2019b).

Os *loops*, tanto do lado dos ciclos biológicos, quanto dos ciclos técnicos, correspondem a uma lógica de uso de energia e efetividade da circularidade, como o *loop* “Manutenção”, mais interno, que é menor entre os *loops* do lado dos ciclos técnicos por exigir menos energia do que o *loop* “Reciclagem”, que é o *loop* que demanda maior energia entre todos para sua realização, o que justifica seu uso em último caso. Sendo assim, o coração da EC é a ideia do ciclo (EMF, 2019a). Nessa perspectiva, em vez de exigirem repetidas extrações de recursos naturais e de gerarem resíduos, a produção e o consumo devem ocorrer, tanto quanto possível, em ciclos fechados. Num ciclo econômico

(tendencialmente) fechado, o desperdício e o descarte não existem. Os bens são reparados e reutilizados em vez de descartados, as matérias-primas provêm da reciclagem, em vez da extração, e assim por diante (Portugal, 2018). Quanto ao fluxo da EC, sob a perspectiva da EMF (2019b), os *loops* classificam-se de acordo com o exposto no Quadro 2.

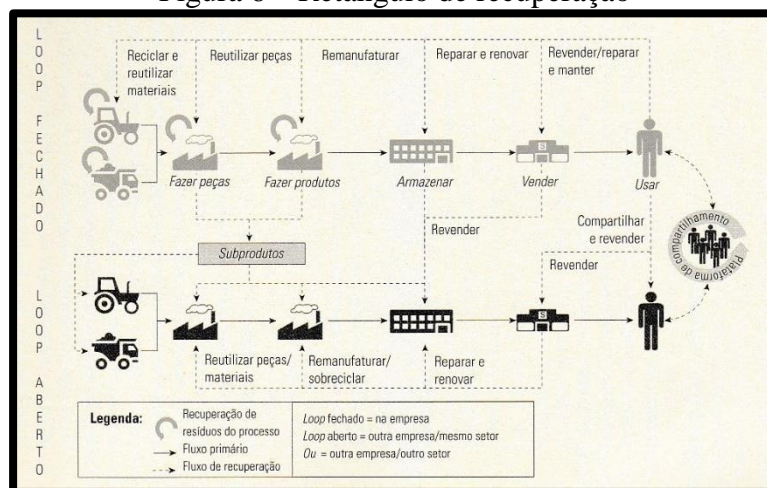
Quadro 2 – Classificação dos *loops* da EC.

Fechados	Quando os produtos ou materiais são retidos ou recuperados com o objetivo de serem reutilizados pela mesma empresa.
Abertos, mesmo setor	No caso de refluxo de materiais ou produtos entre empresas do mesmo setor, seja na forma de revenda, reciclagem ou manufatura.
Abertos, transeoriais, ou entre setores	Quando o refluxo dos materiais ou produtos ocorre entre uma ou mais empresas de setores diferentes.

Fonte: Adaptado (Weetman, 2019).

Na Figura 6, é possível compreender melhor os fluxos circulares do *loop* aberto e fechado. Nesse processo de circularidade e fluxos reversos, a EC abrange múltiplos atores, com diferentes papéis na estruturação de uma rede para a logística reversa, prospectando um cenário de inovações disruptivas.

Figura 6 – Retângulo de recuperação



Fonte: (Weetman, 2019, p. 75)

Arquétipos recentes, nesse sentido, são a Economia do Desempenho focada na venda de serviços no lugar de bens, internalizando todos os custos (Stahel, 2016), a ecoeficácia proposta pela concepção *Cradle to Cradle* (McDonough & Braungart, 2013), a inexistência de resíduos, em função da premissa de que qualquer subproduto pode ser fonte de um novo produto (Pauli, 2019), a mineração urbana como alternativa de obtenção de recursos, aproveitando, economicamente, matéria-prima secundária (Xavier & Lins, 2018; Zhang et al., 2019), e o mercado de créditos da logística reversa descrito por (Caiado, Guarnieri, Xavier, & Chaves, 2017). Todos os exemplos citados representam uma forte influência para uma abordagem holística da EC no contexto de seus fluxos circulares, o que instiga a refletir sobre o porquê de modelos circulares serem a alternativa ao ponto de impaciência da sociedade quanto ao problema causado pelos e-resíduos.

#### 4.3.2 Por que Economia Circular?

Uma derradeira reflexão oportuna nesse estudo é discutir a motivação para a escolha da Economia Circular com estratégia antecipatória ao ponto de impaciência da sociedade no que tange a questão do e-resíduo.

Entre diversos temas estudados como alternativas para o incentivo ao pragmatismo sustentável corporativo, bem como à mitigação da agressão ao meio ambiente, a Economia Circular, em pesquisas acadêmicas internacionais, tem crescido de forma muito rápida nos últimos anos (82,12% dos artigos publicados desde 2004 até abr/2017 sobre o tema se concentram entre 2013 e abr/2017), originadas predominantemente na Ásia e Europa, e é considerado o tema emergente mais publicado entre os periódicos mais produtivos<sup>3</sup> em publicações de questões ambientais. Nessa mesma linha argumentativa, as pesquisas em Economia Circular tiveram como objetos de estudo, as indústrias de equipamentos eletroeletrônicos, resíduos sólidos e e-resíduos, somando quase 1/3 das publicações no período, razão pela qual a questão do e-resíduo e seus subprodutos tem espaço e respaldo para estudo no contexto da Economia Circular, onde as soluções encontram um esverdeamento inovador e capaz de atender aos critérios de sustentabilidade (Merli, Preziosi, & Acampora, 2018).

Outro argumento válido é a alternativa que tem sido imposta até o momento. As imposições regulatórias aprovadas e vigentes têm em seu bojo a característica da circularidade dos processos produtivos, tendo como objetivos principais a redução de emissões e de extrações, o que coaduna com os princípios da EC, e mostra uma tendência em direção a legislações e aprimoramentos que abordem aspectos cíclicos (Bansal, Pratima; Roth, 2000; Hu et al., 2018; Lu et al., 2014; Widmer et al., 2005). Antecipar-se ao ponto de impaciência da sociedade com a EC, nesse caso, significa antecipar-se a imposições regulatórias que caminharão na mesma direção, no que tange à solução.

Sob o argumento econômico, há dois fatores a se considerar. O primeiro diz respeito ao potencial do mercado de e-resíduo diante das opções de adoção de modelos de negócios circulares. A United Nations University/Step Initiative divulgou (Figura 7) o valor potencial de negociação do e-resíduo gerado em 2014 e o que foi perdido deste valor, em decorrência da não coleta e do descarte incorreto. São mais de US\$ 40 bilhões perdidos, o que representa uma perda de oportunidade econômica considerável.



Figura 7 – Valor estimado do fluxo de e-resíduos em 2014

Fonte: (Per Döfnäs & Kuehr, 2017)

Em 2019, o valor dos e-resíduos gerados cresceu e foi estimado em US\$ 57 bilhões. Sob a ótica microeconômica do bem-estar, os custos e benefícios sociais carecem de métodos de valoração econômica do meio ambiente<sup>4</sup> que avaliem quando as decisões de investimentos públicos impactam no consumo da população (Freeman, 1979; Motta, 2006). Os estudos de (Ottoni, Dias, & Xavier, 2020; Xavier & Lins, 2018) apontam que, dentre os vários materiais que compõem os produtos eletroeletrônicos, há recicláveis de grande valor agregado, como os metais preciosos, materiais de difícil reciclagem, como alguns tipos de plásticos, outros que não possuem valor de mercado, como a sílica, além de substâncias perigosas de potencial altamente tóxico, como os metais pesados. O ganho

<sup>3</sup> Journal of Cleaner Production; Resources, Conservation and Recycling; Sustainability (Switzerland); Waste Management; e Journal of Industrial Ecology (Merli et al., 2018, p. 708).

<sup>4</sup> Consiste em determinar quanto melhor ou pior estará o bem-estar das pessoas devido a mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não (Motta, 2006, p. 13).

econômico gerado com a compra de matéria-prima reciclada pode variar entre 20% e 25%, com reflexos no estoque e no custo do produto vendido (CPV) das organizações. Golev e Corder (2017) mostraram uma visão geral das barreiras e oportunidades em torno da retenção da “riqueza” do REEE com uma análise ao longo da cadeia de valor australiana dos metais pós-consumo. O segundo fator diz respeito ao alinhamento dos modelos de negócios com as tendências regulatórias. Como já foi dito, é iminente a regulação da mudança de padrões produtivos, de consumo e descarte, na direção da EC. Portanto, atuar antecipadamente às imposições regulatórias migrando para modelos circulares não somente acompanha uma tendência, como também evita custos de remodelagem de negócios igualmente disruptivos, porém, sem a vertente circular. Dito de outra forma, não parece ser uma estratégia economicamente viável antecipar-se ao ponto de impaciência da sociedade efetuando a transição para modelos de negócios que não abordem os princípios da EC, sob pena de ter custo dobrado de mudança (ou de retrabalho), diante de imposições regulatórias futuras, que tendenciam a impor modelos de negócios circulares. Nesses casos, o estudo de métricas de performance econômica para modelos de negócios circulares (*Key Performance Indicators – KPIs*) poderia dar suporte decisório direcionado à viabilidade ou não da antecipação ao ponto de impaciência da sociedade, e assim, fundamentar a transição, gerando uma vantagem competitiva em relação às empresas concorrentes.

## 5 Conclusão

Em face aos estudos e às argumentações apresentadas, torna-se inicialmente plausível concluir que o ponto de impaciência da sociedade frente ao crescimento exponencial do e-resíduo é iminente. E tende a trazer consigo as imposições regulatórias resultantes das exigências da sociedade junto a seus representantes públicos, seja por meio de manifestações públicas, seja por *lobby* empresarial, motivados por mudanças estruturais nas finanças corporativas, onde investidores são atraídos por empresas que buscam a sustentabilidade corporativa por meio da adequação de suas práticas ao *Multiple Bottom Line*.

Ao mesmo tempo, tendo em vista que tais imposições regulatórias, segundo a literatura, tendem a modelar as futuras cadeias de suprimentos nos moldes dos princípios da Economia Circular, parece, à primeira vista, incoerente a adoção do comportamento reativo como estratégia competitiva, uma vez que se contrapõe às inovações disruptivas. A alternativa ao ponto de impaciência da sociedade passa pela transição de modelos de negócios lineares para modelos de negócios circulares. E tal transição, em princípio, exige uma análise mais criteriosa sobre uma possível antecipação às imposições regulatórias. No entanto, o gestor pode entender não ser viável economicamente antecipar-se e aguardar as medidas legais para adequação do processo produtivo.

Destaca-se aí a dimensão econômica do *Multiple Bottom Line*, que é vista como pedra angular da sustentabilidade nos negócios (Brockett & Rezaee, 2013). Nesse sentido, se a dimensão econômica apontar para um cenário de viabilidade, por meio de KPIs definidos, as demais dimensões tendem a atender os critérios de sustentabilidade, gerando imagem positiva e legitimação perante os *stakeholders*.

As motivações para que a busca da alternativa ao problema causado pelo e-resíduo não coletado/tratado passe pela Economia Circular, pautam-se: i) pelo crescimento rápido das pesquisas internacionais em torno dos modelos de negócios circulares; ii) pela convergência das imposições regulatórias vigentes aos modelos de negócios circulares e cadeias de suprimentos cíclicas; iii) pelo potencial econômico do mercado de e-resíduo a ser explorado e o alinhamento dos modelos de negócios com as tendências regulatórias.



Este ensaio contribuiu para incitar uma agenda de pesquisa voltada para o desenvolvimento de métricas econômicas capazes de direcionar o gestor ao suporte decisório quanto à antecipação de uma transição de modelos de negócios lineares e não sustentáveis para modelos de negócios disruptivos, sustentáveis e circulares. Os parâmetros decisórios para a transição antecipada para a Economia Circular carecem da análise econômica, sem perder o foco das demais dimensões do *Multiple Bottom Line*.

O fato é que como o ponto de impaciência da sociedade é um fator preponderante, real e iminente, e as discussões dessa vertente devem seguir numa curva crescente, tanto no âmbito acadêmico, quanto no âmbito legislativo e empresarial. O que se espera, com o atual ritmo de crescimento do e-resíduo, é que, ao atingir o volume de e-resíduo máximo suportável, a sociedade se expresse e exija junto ao Estado iniciativas normativas que venham a desestimular, descontinuar, corrigir e punir empresas não sustentáveis. Se a antecipação a essa situação não for uma alternativa, o poder público ouvirá da sociedade o clamor por políticas públicas mitigadoras dos impactos negativos dos e-resíduos, na forma de um simples e sonoro ultimato: Basta! Ou eles, ou nós!

## Referências

- ABDI. (2012). Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. *Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI*, 177.
- Alabi, O. A., Bakare, A. A., Xu, X., Li, B., Zhang, Y., & Huo, X. (2012). Comparative evaluation of environmental contamination and DNA damage induced by electronic-waste in Nigeria and China. *Science of the Total Environment*, 423, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.01.056>
- Appelt, A. I., Porto, W. S., Pedro Filho, F. S., Carneiro, A. F., & Costa, R. F. (2015). Electronic waste management and discard of technology. *30th International Conference on Solid Waste Technology and Management*, 964–982. Philadelphia, PA.
- Awasthi, A. K., Cucchiella, F., D’Adamo, I., Li, J., Rosa, P., Terzi, S., ... Zeng, X. (2018). Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. *Science of the Total Environment*, 613–614, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.288>
- Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor - 2017. In *United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA)*. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148>
- Balde, C. P., Wang, F., Kuehr, R., & Huisman, J. (2015). The global e-waste monitor - 2014. In *United Nations University - UNU-IAS - Institute for the Advanced Study of Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1479-4>
- Bansal, Pratima; Roth, K. (2000). Why Companies Go Green : Responsiveness. *Academy of Management*, 43(4), 717–736. <https://doi.org/10.2307/1556363>
- Bomfim, W. H. (2011). *Vítimas da contaminação por chumbo e a luta pelo direito: o caso do município de Santo Amaro na Bahia* (Universidade Católica de Salvador). Retrieved from <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/bitstream/123456730/319/3/WADIIH HABIB BOMFIM.pdf>
- Boulding, K. E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In H. Jarrett (Ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy* (pp. 3–14). Baltimore, MD: Resources for the Future/Johns Hopkins University Press.
- Brasil. *Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.*, (2010).
- Brasil. (2016). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. In *Senado Federal*. <https://doi.org/10.4304/jcp.6.9.1903-1912>
- Brockett, A., & Rezaee, Z. (2013). Corporate sustainability: integrating performance and reporting. In *Wiley corporate F&A series*. Hoboken, NJ: Wiley corporate F&A.

- Caiado, N., Guarnieri, P., Xavier, L. H., & Chaves, G. D. L. D. (2017). Resources , Conservation and Recycling A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits ( RLC ) and an analogy with the existing carbon credit market. “*Resources, Conservation & Recycling*,” 118, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.021>
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin.
- Cong, X., Xu, X., Xu, L., Li, M., Xu, C., Qin, Q., & Huo, X. (2018). Elevated biomarkers of sympatho-adrenomedullary activity linked to e-waste air pollutant exposure in preschool children. *Environment International*, 115(March), 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.011>
- Davis, J. M., & Garb, Y. (2019). A strong spatial association between e-waste burn sites and childhood lymphoma in the West Bank, Palestine. *International Journal of Cancer*, 144(3), 470–475. <https://doi.org/10.1002/ijc.31902>
- Decharat, S. (2018). Urinary mercury levels among workers in e-waste shops in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 51(4), 196–204. <https://doi.org/10.3961/jpmph.18.04>
- Decharat, S., & Kiddee, P. (2020). Health problems among workers who recycle electronic waste in southern Thailand. *Osong Public Health and Research Perspectives*, i(1), 34–43. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.1.06>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Michigan University: New Society Publishers.
- EMF, E. M. F. (2013). *Towards the Circular Economy Vol 3: accelerating the scale-up across global supply chains*. Retrieved from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Towards-the-circular-economy-volume-3.pdf>
- EMF, E. M. F. (2019a). Infographic: circular economy system diagram. Retrieved August 2, 2019, from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic>
- EMF, E. M. F. (2019b). What is a circular economy? Concept. Retrieved August 2, 2019, from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
- Eurostat. (2018). Energy, transport and environment indicators. 2018 edition. In *Eurostat - Statistica Books*. <https://doi.org/10.2785/94549>
- Fink, L. D. (2020). Uma mudança estrutural nas finanças. Retrieved September 1, 2020, from BlackRock, Inc. website: <https://www.blackrock.com/br/larry-fink-ceo-letter>
- Fonte, R., Agosti, A., Scafa, F., & Candura, S. M. (2007). Anaemia and abdominal pain due to occupational. *The Hematology Journal*, 92(online), 13–14.
- Forti, V., Baldé, C. ., & Kuehr, R. (2018). E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators, second edition. In *United Nations University, IAS-SCYCLE*. Retrieved from [http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6477/RZ\\_EWaste\\_Guidelines\\_LoRes.pdf](http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6477/RZ_EWaste_Guidelines_LoRes.pdf)
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: quantities, flows and the circular economy potential*. Bonn/Geneva/Rotterdam.
- Freeman, A. M. (1979). *The benefits of environmental improvements: theory and practice*. Baltimore, MD: The John Hopkins University Press.
- Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., & Carvalho, M. M. De. (2018). Business models and supply chains for the Circular Economy. *Journal of Cleaner Production*, 190, 712–721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems.



- Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Golev, A., & Corder, G. D. (2017). Quantifying metal values in e-waste in Australia: The value chain perspective. *Minerals Engineering*, *107*, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.10.021>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). Econometria básica. In *Mqa* (5th ed.). Porto Alegre/RS: AMGH.
- Hofmann, F. (2019). Circular business models: Business approach as driver or obstructer of sustainability transitions? *Journal of Cleaner Production*, *224*, 361–374. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.115>
- Houaiss, A., & Villar, M. (2001). Dicionário Houaiss da língua portuguesa. In *Instituto Antonio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro/RJ: Instituto Antonio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa.
- Hu, Y., He, X., & Poustie, M. (2018). Can legislation promote a circular economy? A material flow-based evaluation of the circular degree of the Chinese economy. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/su10040990>
- Huo, X., Dai, Y., Yang, T., Zhang, Y., Li, M., & Xu, X. (2019). Decreased erythrocyte CD44 and CD58 expression link e-waste Pb toxicity to changes in erythrocyte immunity in preschool children. *Science of the Total Environment*, *664*, 690–697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.040>
- Huo, X., Wu, Y., Xu, L., Zeng, X., Qin, Q., & Xu, X. (2019). Maternal urinary metabolites of PAHs and its association with adverse birth outcomes in an intensive e-waste recycling area. *Environmental Pollution*, *245*, 453–461. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.098>
- Ijiri, Y. (1975). *Theory of accounting measurement*. Sarasota: American Accounting Association.
- Ikhlal, M. (2016). Differences of methods to estimate generation of waste electrical and electronic equipment for developing countries: Jordan as a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, *108*, 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.015>
- Inglezakis, V. J., & Moustakas, K. (2015). Household hazardous waste management: A review. *Journal of Environmental Management*, *150*, 310–321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.021>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2006). *Alinhamento: utilizando o Balanced Scorecard para criar sinergias positivas*. Rio de Janeiro/RJ: Alta Book.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, *150*(April), 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *127*(April), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, *143*, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Landrigan, P. J., & Goldman, L. R. (2011). Children’s vulnerability to toxic chemicals: A challenge and opportunity to strengthen health and environmental policy. *Health Affairs*, *30*(5), 842–850. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2011.0151>
- Lebow, V. (1955). Journal of Retailing. *Journal of Retailing*, *31*(5), 7. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2006.1>

- Leonard, A. (2020). Story of Stuff, Referenced and Annotated Script. Retrieved July 24, 2020, from [https://www.storyofstuff.org/wp-content/uploads/2020/01/StoryofStuff\\_AnnotatedScript.pdf](https://www.storyofstuff.org/wp-content/uploads/2020/01/StoryofStuff_AnnotatedScript.pdf)
- Lepawsky, J., & McNabb, C. (2010). Mapping international flows of electronic waste. *Canadian Geographer*, 54(2), 177–195. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2009.00279.x>
- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519, 171–180.
- Liu, Q., Li, H., Zuo, X., Zhang, F., & Wang, L. (2009). A survey and analysis on public awareness and performance for promoting circular economy in China : A case study from Tianjin. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.003>
- Lu, C., Zhang, L., Zhong, Y., Ren, W., Tobias, M., Mu, Z., ... Xue, B. (2014). An overview of e-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(1), 2020. <https://doi.org/10.1007/s10163-014-0256-8>
- Magalini, F. U.-I., Kuehr, R. U.-I., & Baldé, C. P. U.-I. (2015). *eWaste in Latin America*. Retrieved from <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2013). *Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente*. São Paulo/SP: GGBR.
- Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: historical and conceitual review. *Environ Impact Asses Rev*, 9255(98), 493–520.
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703–722. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>
- MMA, M. do M. A. Acordo setorial para implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. , Pub. L. No. Acordo Setorial MMA de 31/08/2019, Brasília/DF 92 (2019).
- Motta, R. S. da. (2006). *Economia ambiental*. Rio de Janeiro/RJ: FGV.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2016). *The Circular Economy : An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context*. (May), 0–37. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Nilipour, A., Silva, T. De, & Li, X. (2020). The Readability of Sustainability Reporting in New Zealand over time The Readability of Sustainability Reporting in New Zealand over time. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 14(3), 86–107. <https://doi.org/10.14453/aabfj.v14i3.7>
- Nti, A. A. A., Arko-Mensah, J., Botwe, P. K., Dwomoh, D., Kwarteng, L., Takyi, S. A., ... Fobil, J. N. (2020). Effect of particulate matter exposure on respiratory health of e-waste workers at agboglobshie, Accra, Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093042>
- Otoni, M., Dias, P., & Xavier, L. H. (2020). A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>
- Pauli, G. (2019). Blue Economy. Retrieved August 2, 2019, from <https://www.gunterpauli.com/the-blue-economy.html>
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore, MD.
- Per Döfnäs, E., & Kuehr, R. (2017). *Step Annual Report 2015-2016*. Retrieved from [https://www.step-initiative.org/files/\\_documents/annual\\_reports/2015\\_16/Step\\_Annual\\_Report\\_2015\\_16\\_ebook.html](https://www.step-initiative.org/files/_documents/annual_reports/2015_16/Step_Annual_Report_2015_16_ebook.html)

- Pickin, J., & Randell, P. (2016). *Australian National Waste Report 2016. A Report Prepared for the Department of Energy and Environment*. 84. Retrieved from <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/d075c9bc-45b3-4ac0-a8f2-6494c7d1fa0d/files/national-waste-report-2016.pdf%0Awww.blueenvironment.com.au>
- Porto, W. S., Brasnieski, A. C. F., Souza, J. A. de, & Freitas, M. A. L. de. (2020). Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um diagnóstico da destinação na percepção do consumidor final de Vilhena/RO. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade - AOS*, 8(2), 07. <https://doi.org/10.17648/aos.v8i2.1008>
- Porto, W. S., Souza, J. A. de, Campos, K. S., & Freitas, M. A. L. de. (2018). Gestão do descarte de resíduos eletroeletrônicos com foco na TI Verde. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade - AOS*, 7(2), 47–68.
- Portugal, C. E. (2018). Sobre economia circular. Retrieved September 6, 2018, from <https://www.circulareconomy.pt/sobre-economia-circular/#historia>
- Pronczuk-Garbino, J. (2005). Children's Health and the Environment: A Global Perspective. In *World Health Organization* (Vol. 19). <https://doi.org/10.1108/ijhcqa.2006.06219eae.002>
- Puangprasert, S., & Prueksasit, T. (2019). Health risk assessment of airborne Cd, Cu, Ni and Pb for electronic waste dismantling workers in Buriram Province, Thailand. *Journal of Environmental Management*, 252(October), 109601. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109601>
- Rezaee, Z. (2017). Corporate Sustainability: Theoretical and Integrated Strategic Imperative and Pragmatic Approach. *The Journal of Business Inquiry*, 16(1), 60–87. Retrieved from <http://www.uvu.edu/woodbury/jbi/articles>
- Rome, T. C. of. (2020). History. Retrieved September 3, 2020, from <http://www.clubofrome.org/about-us/history/>
- Ruskey, F., & Weston, M. (2011). Spherical venn diagrams with involutory isometries. *The Electronic Journal of Combinatorics*, 18(1), 191–204.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy* (3rd ed.). Harper and Brothers.
- Seith, R., Arain, A. L., Nambunmee, K., Adar, S. D., & Neitzel, R. L. (2019). Self-Reported Health and Metal Body Burden in an Electronic Waste Recycling Community in Northeastern Thailand. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61(11), 905–909. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001697>
- Silva, T.-A. de. (2015). Corporate Sustainability: Integrating Performance and Reporting. *Pacific Accounting Review*, 27(4), 438–440. <https://doi.org/10.1108/PAR-08-2013-0077>
- Soetrisno, F. N., & Delgado-Saborit, J. M. (2020). Chronic exposure to heavy metals from informal e-waste recycling plants and children's attention, executive function and academic performance. *Science of the Total Environment*, 717, 137099. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137099>
- Souza, G. F. (2015). *Avaliação ambiental nas cooperativas de materiais recicláveis* (Universidade de São Paulo - USP). <https://doi.org/10.11606/T.5.2015.tde-20052015-103437>
- Souza, R. G., Clímaco, J. C. N., Sant'Anna, A. P., Rocha, T. B., Valle, R. A. B., & Quelhas, O. L. G. (2016). Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. *Waste Management*, 57, 46–56. <https://doi.org/10.1177/0734242X16665914>
- Stahel, W. R. (2016). The Circular Economy. Retrieved August 2, 2019, from Nature News, Nature Publishing Group website: <https://www.nature.com/news/the-circular-economy-1.19594>
- Stahel, W. R., & Reday-Mulvey, G. (1977). *The Potential for Substituting Manpower*

- for Energy: Final Report 30 July 1977 for the Commission of the European Communities.* Battelle.
- StEP, I. (2013). *Annual report 2012-2013*. Retrieved from [https://www.step-initiative.org/files/\\_documents/annual\\_reports/2012\\_13/StEP\\_AR.html](https://www.step-initiative.org/files/_documents/annual_reports/2012_13/StEP_AR.html)
- Wang, F., Huisman, J., Stevels, A., & Baldé, C. P. (2013). Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate Input-Output Analysis. *Waste Management*, 33(11), 2397–2407. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.005>
- Watson, J. (1968). *The Double Helix: a personal account of the discovery of the structure of DNA*. EUA: Atheneum Press.
- WCED, W. C. on E. and D. (1987). *Our common future* (G. H. Brundtland, Ed.). Oxford/New York: Oxford University Press.
- Weetman, C. (2019). *Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa*. São Paulo/SP: Autêntica Business.
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5 SPEC. ISS.), 436–458. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>
- Xavier, L. H. ., & Lins, F. A. F. (2018). Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos : uma nova fronteira a explorar no Brasil. *Brasil Mineral*, 379(1), 22–26. Retrieved from <https://www.cetem.gov.br/images/periodicos/2018/mineracao-urbana.pdf>
- Xu, L., Huo, X., Liu, Y., Zhang, Y., Qin, Q., & Xu, X. (2020). Hearing loss risk and DNA methylation signatures in preschool children following lead and cadmium exposure from an electronic waste recycling area. *Chemosphere*, 246, 125829. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125829>
- Xue, B., Chen, X., Geng, Y., Guo, X., Lu, C., Zhang, Z., & Lu, C. (2010). Survey of officials ' awareness on circular economy development in China : Based on municipal and county level. "Resources, Conservation & Recycling," 54(12), 1296–1302. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.05.010>
- Xue, M., Yang, Y., Ruan, J., & Xu, Z. (2012). Assessment of Noise and Heavy Metals (Cr, Cu, Cd, Pb) in the Ambience of the Production Line for Recycling Waste Printed Circuit Boards. *Environmental Science Technology*, (46), 494–499. <https://doi.org/10.1021/es202513b>
- Zhang, L., Qu, J., Sheng, H., Yang, J., Wu, H., & Yuan, Z. (2019). Urban mining potentials of university : In-use and hibernating stocks of personal electronics and students ' disposal behaviors. *Resources, Conservation & Recycling*, 143(December 2018), 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.007>
- Zhang, Y., Xu, X., Chen, A., Basha, C., Zheng, X., Kim, S. S., ... Huo, X. (2018). Maternal urinary cadmium levels during pregnancy associated with risk of sex-dependent birth outcomes from an e-waste pollution site in China. *Reproductive Toxicology*, 75, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2017.11.003>
- Zhou, P., Guo, J., Zhou, X., Zhang, W., Liu, L., Liu, Y., & Lin, K. (2014). PM2.5, PM10 and health risk assessment of heavy metals in a typical printed circuit boards manufacturing workshop. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(10), 2018–2026. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.08.003>