



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Planaltina – FUP
Graduação em Gestão Ambiental – GAM

ISAAC JOSÉ DOS SANTOS BRAGA MOREIRA

**A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS:
UMA ABORDAGEM SOBRE A INDÚSTRIA DE GAMES**

BRASÍLIA

2021

ISAAC JOSÉ DOS SANTOS BRAGA MOREIRA

**A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS:
UMA ABORDAGEM SOBRE A INDÚSTRIA DE GAMES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Bacharel do curso de Gestão Ambiental, da Faculdade UnB Planaltina.

Orientadora: Profa. Dra. Tania Cristina da Silva Cruz

BRASÍLIA

2021

ISAAC JOSÉ DOS SANTOS BRAGA MOREIRA

**A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS:
UMA ABORDAGEM SOBRE A INDÚSTRIA DE GAMES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Bacharel do curso de Gestão Ambiental, da Faculdade UnB Planaltina.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Prof.^a Dr.^a. Tânia Cristina da
Silva Cruz – FUP/UnB

Prof. Dr. Irineu Tamaio – FUP/UnB

Prof. Jonathas Felipe Aires Ferreira –
FUP/UnB

Brasília, 19 de Maio de 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

José dos Santos Braga Moreira, Isaac

A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE RESÍDUOS
ELETRÔNICOS: UMA ABORDAGEM SOBRE A
INDÚSTRIA DE GAMES / Isaac José dos Santos Braga
Moreira; orientadora Tânia Cristina da Silva Cruz. Brasília, 2021.

35 p.

Monografia (Graduação – Gestão Ambiental) – Universidade de
Brasília, 2021.

1. Resíduo Eletrônico. 2. Indústria de Jogos. 3. Poluição
Eletrônica. 4. Pegada Ecológica. 5. Impacto Ambiental. I.
Cristina da Silva Cruz, Tânia, orientadora.

RESUMO

A indústria de jogos eletrônicos é um mercado de grande relevância na economia global. Nos últimos anos a demanda por este tipo de entretenimento cresceu de maneira acentuada, pressionando o mercado a produzir cada vez mais produtos e serviços. Conseqüentemente, este aumento contribui para um maior impacto ambiental neste sistema de produção, seja pela geração de mais resíduos eletrônicos, poluição eletrônica, consumo de energia e outras particularidades. A produção científica desta área é escassa, o que gera um atraso no avanço de inovação e alternativas para solucionar os problemas das atividades dessa natureza. Este trabalho busca compreender as características e transformações da indústria de jogos eletrônicos, o impacto ambiental de seus resíduos e refletir sobre a pegada ecológica deste mercado. Para isto, se apoiou em uma revisão bibliográfica estruturada através de uma pesquisa exploratória sobre o tema. Com a produção desta monografia, podemos constatar o quão necessário é avaliar os impactos ambientais desde a produção até o descarte, como forma de investigar a sustentabilidade ambiental do ciclo dos produtos da indústria de jogos.

Palavras-chave: resíduo eletrônico, indústria de jogos, poluição eletrônica, pegada ecológica, impacto ambiental.

ABSTRACT

The gaming industry is a highly important market in the global economy. In recent years, the demand for this type of entertainment had a significant growth worldwide, increasing the market for the production of many of these products and services. Consequently, this increase contributes to an environmental impact on this production system, increasing e-waste, electronic pollution, energy consumption, among other circumstances. The scientific production in this area is scarce, which leads to a delay in advancing innovation and alternatives to solve the problems of this nature activities. This work is proposed as a scientific object that works with this gap of knowledge on the subject, trying to understand the characteristics and electronic game industry changes, the environmental impact of their waste and reflect on the ecological footprint of this market. This work was based on a literature review structured through an exploratory research on the topic. In the production of this work, we can see the need to assess the environmental impact from production to disposal, in order to investigate the environmental sustainability of the gaming industry's product cycle.

Key-words: e-waste, gaming industry, energy consumption, footprint, environmental impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número global de jogadores

Figura 2 – Valor de mercado por região

Figura 3 – Valor total da indústria

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissão de gás carbônico de uma mídia física

Tabela 2 – Emissão de gás carbônico de uma mídia digital

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD – *Compact Disc* (Disco Óptico)

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CO₂ – Gás Carbônico

DVD – *Digital Versatile Disc* (Disco Digital Versátil)

EEE – Equipamentos Eletro Eletrônicos

EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)

EUA – Estados Unidos da América

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

KG – Quilograma

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PC – *Personal Computer* (Computador Pessoal)

PE – Pegada Ecológica

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

TWh – Quilowatt-hora

US\$ – *United States Dollar* (Dólar Americano)

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	11
2	CONTEXTO HISTÓRICO, EVOLUTIVO E ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE JOGOS ELETRÔNICOS	13
2.1	HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	13
2.2	CONTEXTUALIZANDO O MERCADO	14
3	A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS	16
3.1	POLUIÇÃO ELETRÔNICA	16
3.2	OBSOLESCÊNCIA PLANEJADA DE BENS E CONSUMO.....	18
3.3	LOGÍSTICA REVERSA	19
3.4	LEGISLAÇÃO	21
4	SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE JOGOS	22
4.1	PEGADA ECOLÓGICA	22
4.2	<i>FOOTPRINT</i> FÍSICO E DIGITAL.....	23
4.3	NOVAS PERSPECTIVAS SUSTENTÁVEIS.....	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28

1 APRESENTAÇÃO

Inegavelmente, o impacto ambiental é um tema central da discussão sobre a cadeia produtiva de bens e consumo, mesmo que esse ainda seja um tópico negligenciado pelos agentes produtivos e políticos ou desconhecido pelos consumidores. Isso torna relevante o olhar sobre o processo que envolve o ciclo de vida do produto da sua concepção ao seu destino final ou reuso.

Neste cenário, um setor que tem crescido virtuosamente nos últimos anos é a indústria de games, motivada entre muitos fatores, pelo crescente interesse por este tipo de entretenimento, especialmente no público jovem. Certamente, com o advento de novas tecnologias, os jogos eletrônicos se modernizaram e puderam trazer uma experiência cada vez mais satisfatória, digital e digna de criar um verdadeiro *hobbie* entre os usuários. Um número maior de demanda também criou um mercado competitivo, progressivo e que disponibiliza opções e atualizações rápidas para venda e consumo. Isso sem dúvida acaba por gerar, conseqüentemente, um maior impacto ambiental seja pela geração de mais resíduos eletroeletrônicos, consumo de energia e outras particularidades do sistema de produção dessa cadeia.

A indústria de jogos eletrônicos basicamente se divide em duas categorias de produtos, uma representada por *hardwares* (consoles, computadores, celulares e acessórios) e mídias físicas (CD, DVD, Card) e outra representada por *softwares* (jogos digitais). Estas soluções podem ser usadas separadamente ou concomitantemente por seus consumidores e ambas geram impacto ambiental, em maior ou menor intensidade, o que justifica estudar, conhecer e ter ações mitigadoras sobre o processo produtivo que as compõem.

É um mercado de grande relevância na economia global, onde gera enorme receita e empregos para a sociedade. A produção científica desta área é escassa, o que gera um atraso no avanço de inovação e alternativas para solucionar os problemas das atividades dessa natureza. Este trabalho se propõe como um objeto científico que colabora com esta lacuna de conhecimento a cerca deste tema, buscando compreender as características e transformações da indústria de jogos eletrônicos, o impacto ambiental de seus resíduos e refletir sobre a pegada ecológica deste mercado.

Para isto, este trabalho se estruturou em três partes e se apoiou em um levantamento bibliográfico estruturado através de pesquisa exploratória sobre o tema a partir de base de dados de materiais publicados em artigos, periódicos, anais de congressos e livros, utilizando-se de

palavras chaves relacionadas a temática. Inicialmente, buscou-se contextualizar o histórico, evolução e importância econômica da indústria de jogos eletrônicos. Na segunda parte, aprofundou-se na problemática ambiental dos resíduos eletrônicos, abordando os temas de poluição eletrônica, cadeia de produção de bens e consumo, logística reversa e legislação aplicável. Por fim, abordou sobre pegada ecológica, hábitos de escolha e consumo, *footprint* físico e digital, e por fim o capítulo trouxe um panorama de novas perspectivas sustentáveis.

Esta pesquisa problematiza a temática e tem o objetivo de ampliar a discussão ecológica, tão necessária e urgente, sobre o impacto ambiental e a sustentabilidade da indústria de jogos eletrônicos sobre o meio ambiente.

2 CONTEXTO HISTÓRICO, EVOLUTIVO E ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE JOGOS ELETRÔNICOS

2.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

Em 1958 nos Estados Unidos, o físico Willy Higinbotham criou o primeiro jogo eletrônico de que se tem registro, conhecido como *Tennis for Two* (HUNTER, 2002). O jogo era controlado por um osciloscópio e processado através de um computador analógico, trazendo a simulação de um jogo de tênis.

Embora o *Tennis for Two* tenha representado um avanço e pioneirismo para época, não foi possível a comercialização e popularização deste e outros jogos desenvolvidos em seguida, devido às limitações técnicas, financeiras e de produção. Também o próprio Higinbotham não considerou o potencial mercadológico desta invenção. Diante disso, delimitaremos a origem dos jogos eletrônicos através da comercialização em larga escala dos primeiros equipamentos destinados exclusivamente a jogos.

No início da década de 70, a empresa de eletrônicos *Megavox*, iniciou a produção do primeiro console doméstico conhecido como *Odyssey*. O videogame ainda possuía suas limitações, como um único jogo para o console. Ainda assim, o produto vendeu 120 mil unidades e mais 20 mil *rifles* em seu primeiro ano (GULARTE, 2016a). Sobre a definição, Aranha (2004), descreve os consoles como aparelhos de médio porte, de uso doméstico, que conectados a um aparelho de televisão dão realização aos jogos contidos em cartuchos ou CDs.

Após a popularidade desse primeiro console, outras empresas surgiram nos anos seguintes, interessadas em desenvolver seus próprios produtos e conquistar o potencial mercado em desenvolvimento, ao passo que surgiam e desapareciam inúmeros produtos e marcas dentro deste cenário de entretenimento eletrônico.

Somente em 1975 com o lançamento do *Atari 2600*, a indústria se transformou com a possibilidade de venda dos jogos através de “cartuchos”, que nada mais eram do que placas eletrônicas com chips de memória com o jogo envolvidos em uma caixa plástica. (FACHIN, PINHEIRO, 2019).

Em meados da década de 80, o mercado voltou a crescer com a introdução de novos jogos, abertura de concorrentes e a expansão do negócio para outras regiões, além da América

do Norte. Ainda contribuindo para este aquecimento do mercado, a Nintendo lançou o videogame portátil *Game Boy*, pioneiro no mercado de dispositivos portáteis e precursor do conceito de jogos eletrônicos para versão mobile (uso em aparelhos telefônicos e smartphones), segmento este de relevância para a indústria de games.

Na década seguinte e adiante, o mercado de jogos eletrônicos para computadores pessoais (PC) também se popularizava, com o advento da internet, evolução e maior acesso de mercado. Os jogos para computadores tornaram-se um forte e competitivo segmento de mercado de jogos eletrônicos e se consolidou como o mais lucrativo da indústria de entretenimento (NEWZOO, 2020).

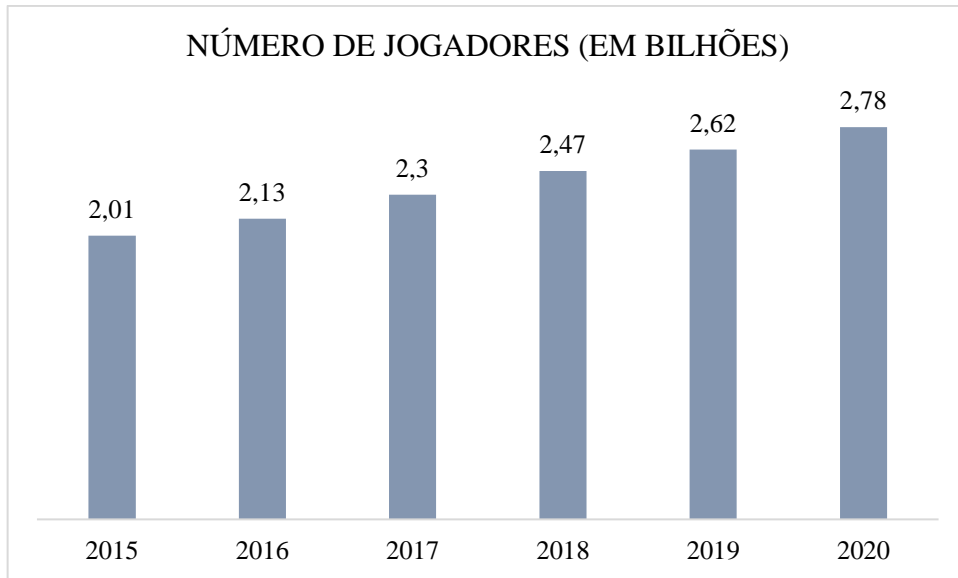
Outro fator importante que possibilitou a evolução dos jogos eletrônicos foi a introdução de componentes de computador na produção de consoles, como processador, memória RAM, placa de vídeo e outros *hardwares*. Esta associação tecnológica possibilitou a criação de equipamento cada vez mais versáteis e tecnológicos.

2.2 CONTEXTUALIZANDO O MERCADO

Segundo a consultoria de mercado NewZoo (2020), uma das agências de pesquisas mais respeitadas em análises do mercado de jogos, o número de jogadores de games em 2020 foi de quase 2,8 bilhões. Ainda de acordo a pesquisa, a previsão para 2023 é que este número ultrapasse os 3 bilhões de consumidores. Isso mostra o potencial que esta indústria representa e justifica a necessidade de um olhar socioambiental sobre a cadeia de produção, uma vez que se aumenta o consumo, o impacto ambiental sobre a crescente demanda também pode aumentar.

Na figura 1, podemos observar a progressão do número de jogadores, revelando um salto de 6,0% nos últimos 5 anos. Uma explicação para o aumento do consumo de jogos eletrônicos está relacionada ao advento da internet impulsionada pela globalização e modernização nos meios de comunicação.

Figura 1 – Número global de jogadores

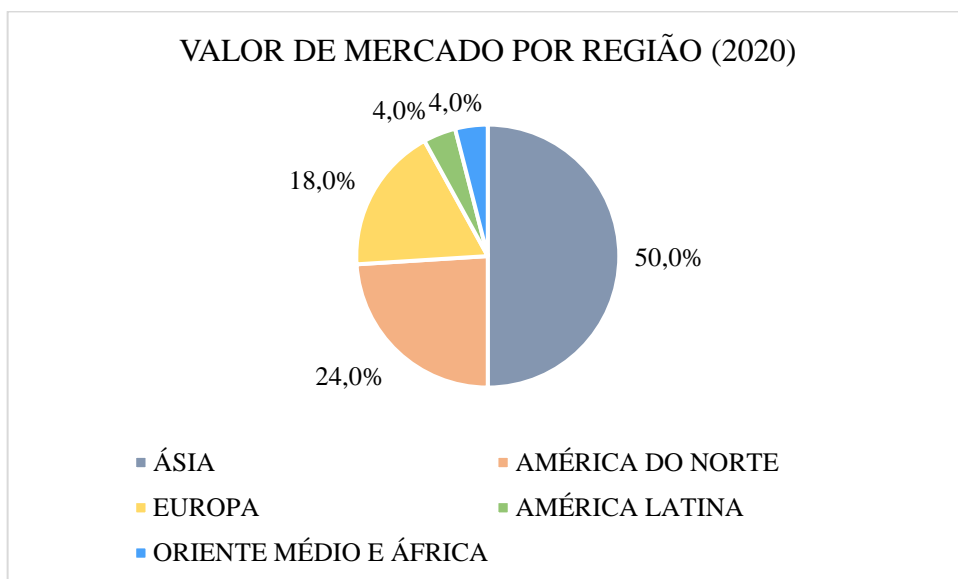


Fonte: Adaptado de Newzoo (2020).

Ainda segundo o NewZoo (2020), o maior número de jogadores se concentra na plataforma mobile com 55,31%, seguido de usuários que usam jogos em PC com 27,65% e por último consumidores de jogos através de consoles com 17,04%.

O valor do mercado global de jogos pode ser visto na figura 2, reforçando a liderança da Ásia no *market share* desta indústria, impulsionada pela forte participação da China.

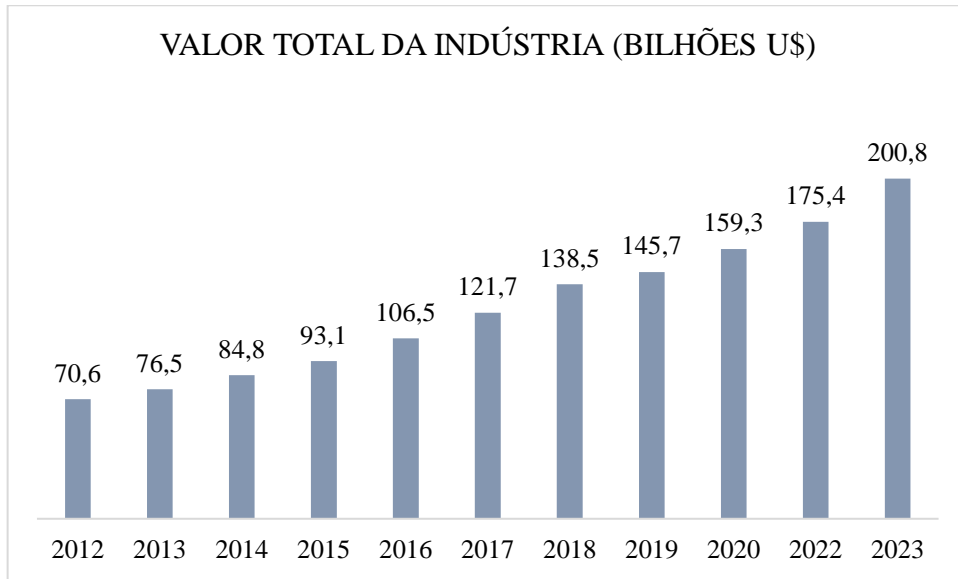
Figura 2 – Valor de mercado por região



Fonte: Adaptado de Newzoo (2020).

De acordo com dados divulgados pela Statista (2020), a indústria de games movimentou só em 2019 mais de 145 bilhões de dólares. Em relação a 2012 este faturamento é mais que o dobro, conforme ilustra a figura 3. O aumento no faturamento anual desta indústria em partes pode ser explicado pelo aumento no número de consumidores.

Figura 3 – Valor total da indústria



Fonte: Adaptado de Statista (2020)

3 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS

3.1 POLUIÇÃO ELETRÔNICA

A poluição é um dos graves problemas ambientais que impacta a vida e a natureza de diferentes formas, e está intimamente ligada a destinação incorreta de resíduos após o uso e consumo de bens. Uma das formas de poluição muito discutidas atualmente, talvez pela corrida tecnológica e consequente consumismo do ser humano, é o que se denomina poluição eletrônica, sucata eletrônica ou ainda, e-lixo (BESSA, FERREIRA, 2008).

Segundo Celinski et al. (2013), o lixo eletrônico atualmente é um dos resíduos que mais crescem, devido à intensa inovação tecnológica do mercado combinado com a rapidez que se tornam obsoletos. O lixo eletrônico tem seu crescimento impulsionado principalmente por

fatores tais como o avanço tecnológico, lei da oferta e da procura, competitividade, e a obsolescência planejada.

O conceito de resíduo eletrônico é definido por Vieira et al. (2009), como qualquer produto que possua origem tecnológica, tornando-se obsoleto ou inserível, sendo descartado ou jogado no lixo. Dentro desse conceito, podemos considerar inúmeros produtos conhecidos e inseridos em grande escala na sociedade, como celulares, televisores, computadores, videogames, mídias de armazenamento, brinquedos, entre tantos outros produtos produzidos, consumidos e descartados em todo o mundo.

A gestão inadequada dos resíduos eletrônicos pode ocasionar em problemas irreversíveis ao meio ambiente, inclusive ao ser humano enquanto parte integrante e indissociável do mesmo, seja pela disposição inadequada, pela incineração ou pelo manuseio incorreto destes equipamentos.

Neste sentido, Silva (2010), afirma que a preocupação ambiental em relação à disposição inadequada de resíduos eletrônicos, ocorre devido à liberação de substâncias tóxicas que podem causar sérios impactos à natureza. Esses resíduos quando entram em contato com o solo podem contaminar o lençol freático e, quando submetidos à combustão, acabam poluindo o ar (MOI, et al., 2014).

Ao serem descartados em lixo comum, os resíduos eletroeletrônicos liberam substâncias altamente tóxicas como mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo e alumínio, que penetram no solo e nos lençóis freáticos, contaminando a água e, conseqüentemente, as plantas, animais e seres humanos (SELPIS, CASTILHO, ARAUJO, 2012).

A contaminação do solo por substâncias químicas oriundas de resíduos eletrônicos também está em função de características físico-químicas do próprio solo que atua como um grande filtro. O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade no meio penetram na cadeia alimentar dos organismos vivos ou são lixiviados, colocando em risco a qualidade do sistema de água subterrânea (ALMEIDA, et al., 2015).

As substâncias presentes nesses materiais podem desencadear sérios problemas à saúde humana, que pode ser agravado pelo processo de reciclagem bruta, pois muitos poluentes orgânicos persistentes e metais pesados são liberados, podendo se acumular facilmente no organismo por inalação do ar contaminado (MOI, et al., 2014). Mattos e Perales (2008),

abordando as consequências desta exposição não controlada relata que vão os danos à saúde são desde cefaleia e vômito, até complicações mais sérias, como comprometimento do sistema nervoso e surgimento de câncer.

Este contexto é agravado no Brasil pela falta de empresas especializadas em reciclagem de equipamentos eletro eletrônicos (EEE), políticas públicas adequadas e outros fatores que colaboram para a crescente poluição eletrônica. Sobre isso, Guimarães (2003), já alertava que a maioria dos produtos eletroeletrônicos não recebe espécie alguma de tratamento e são depositados em aterros sanitários ou lixões.

3.2 OBSOLESCÊNCIA PLANEJADA

A cultura de consumo se desenvolve numa movimentação de mercado que visa à geração de lucros crescentes, causando um aquecimento da economia que necessita, constantemente, de mais produção e mais consumo (SIQUEIRA, MORAES, 2009). Este conceito complementa a ideia que a produção em massa, ao ser um *modus operandi* e modelo vigente de negócio que impera no capitalismo, cria o que conhecemos como sociedade de consumo. Fatalmente, este modelo tem suas consequências entre elas o grave impacto ambiental que um produto ou serviço tem na sua cadeia de produção.

A quantidade de e-lixo produzida no mundo inteiro é cada vez maior, sobretudo nos países desenvolvidos, onde o custo da tecnologia para o usuário final é comparativamente menor (SILVA, 2010). No entanto, nos últimos anos, os países em desenvolvimento têm sido detentores das maiores taxas de crescimento do consumo de eletrônicos (COSTA, 2010).

As questões ambientais ainda permeiam uma visão conflitante para a maioria dos autores do processo produtivo, impedindo muitas vezes que ações sustentáveis sejam implementadas de maneira adequada, ao não enxergar valor no investimento de ações concretas de sustentabilidade. Para a maioria das empresas a busca pela sustentabilidade é difícil de ser conciliada com o objetivo de gerar lucro, e embora para alguns executivos, sustentabilidade seja um mandato moral, para outros é uma exigência legal. (HART, MILSTEIN, 2004).

A crescente demanda por equipamentos eletroeletrônicos, sua rápida obsolescência, e a falta de legislação e fiscalização sobre sua destinação correta têm contribuído para que equipamentos ou suas partes como computadores, televisores, celulares, refrigeradores,

baterias, pilhas, entre outros, sejam descartados como lixo comum (SELPIS, CASTILHO, ARAUJO, 2012).

A legislação sobre o tema ainda não responsabiliza totalmente aos fabricantes pela destinação correta dos produtos ao final de sua vida útil (LEIS, 2011), e a grande maioria dos consumidores também desconhecem como proceder com os equipamentos que não utilizam mais.

Devido à obsolescência tecnológica, os consumidores tem acelerando a troca de seus equipamentos eletrônicos por outros mais novos. O usuário médio de computadores, por exemplo, troca seus equipamentos eletrônicos em tempo mais célere em relação aos da geração anterior (SILVA, 2010).

Faz parte de uma estratégia de mercado que visa garantir um consumo constante através da insatisfação, de forma que os produtos que satisfazem as necessidades daqueles que os compram parem de funcionar tendo que ser obrigatoriamente substituídos de tempos em tempos por mais modernos (SELPIS, CASTILHO, ARAUJO, 2012).

Mattos e Perales (2008) afirmam que a área de informática não era vista tradicionalmente como uma indústria poluidora. Porém, o avanço tecnológico acelerado encurtou o ciclo de vida desses equipamentos, gerando cada vez mais lixo eletrônico.

3.3 LOGÍSTICA REVERSA

O aumento da preocupação com o meio ambiente vem criando importância na reutilização dos materiais e conseqüentemente a formação de um ciclo que parte do consumidor e chega novamente ao fornecedor (ALMEIDA, et al., 2015). O gerenciamento desse caminho inverso dos materiais, comparado ao fluxo direto da cadeia de suprimentos, é chamado de logística reversa (LEITE, LAVEZ, SOUZA, 2009).

A logística reversa é um termo utilizado frequentemente para se referir ao papel da logística no retorno de produtos, redução de fornecimentos, reciclagem, substituição e reutilização de materiais, eliminação de desperdícios, reprocessamento, reparação e refabricação (CLOCK, BATIZ, DUARTE, 2011). O processo de logística reversa, entretanto,

só se concretiza com o retorno do lixo eletrônico à condição de matéria prima (CELINSKI, et al., 2013).

Segundo Lavez e Souza (2011), com a logística reversa é possível ganhar em eficiência e sustentabilidade nas operações, além de mitigar os impactos ambientais causados por produtos elétricos e eletrônicos, trazendo benefícios para as organizações. É evidente a necessidade de viabilização de procedimentos que garantam a logística reversa do lixo eletrônico, ou seja, da coleta, reciclagem e retorno à indústria como matéria-prima (CELINSKI, et al., 2011).

A logística reversa também inclui programas de reciclagem, de materiais perigosos, disposição de produtos, de matérias ou de equipamentos obsoletos e recuperação de ativos (KOBAL, SANTOS, SOARES 2012).

Devido a maior atenção a temática ambiental, as empresas estão adquirindo uma nova visão de marketing socioambiental e principalmente de responsabilidade empresarial, por terem consciência que mesmo involuntariamente, acabam poluindo e causando danos ao meio ambiente (LEITE, 2003). Muitas empresas que antes não despendiam tempo nem energia a compreensão desse processo mudaram seus valores a tal ponto, que algumas buscam certificação ISO em seus processos de retorno e terceirizados têm visto um grande aumento na demanda por seus serviços (ROGERS, TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Atualmente, submetidas às pressões socioambientais e influenciadas pelo conceito de ecologia industrial, as empresas são cada vez mais responsabilizadas pelo lixo que geram, tanto durante o processo produtivo quanto no descarte de seus produtos após sua vida útil. (RODRIGUES, PEIXOTO, XAVIER, 2011).

Apesar de existirem empresas especializadas em reciclagem de aparelhos eletroeletrônicos, o número ainda é insignificante, se comparado ao aumento do consumo desses produtos (MOI, et al., 2014). O valor estratégico alcançados com a logística reversa fez despertar o interesse por essa ferramenta (KOBAL, SANTOS, SOARES 2012).

A sociedade necessita de conscientização e orientações quanto ao descarte correto de equipamentos obsoletos, pois desconhece ou ignora os perigos dos resíduos eletroeletrônicos descartados em lixo comum (SELPIS, CASTILHO, ARAUJO, 2012).

3.4 LEGISLAÇÃO

A Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010).

No ano de 2010, a Lei nº 12.305/2010 regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis, a nível nacional. Esta lei para coloca o Brasil no patamar das nações desenvolvidas (ALMEIDA, et al., 2015). Apesar de recente, a legislação brasileira compreende diversos aspectos do processo de logística reversa dos resíduos sólidos, incluindo a categoria dos eletroeletrônicos. (CELINSKI, et al., 2013).

O art. 3º, inc. XI, da PNRS traz um moderno conceito de gestão integrada de resíduos sólidos, que prevê um conjunto de ações voltadas à busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (MOI, et al., 2014).

A Responsabilidade Compartilhada, art. 30 da PNRS, gera uma cadeia de responsabilidade diferenciada entre os diversos intervenientes na gestão integrada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (MOI, et al., 2014).

O artigo 33 da referida Lei estabelece que “estão obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos” (ALMEIDA, et al., 2015).

Para efetivar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa de eletroeletrônicos no Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) assinou Acordo Setorial com entidades representativas do setor. As obrigações, metas e prazos foram refletidas no Decreto nº 10.240, de 12/02/2020.

O sistema de Logística Reversa tem início com o cadastro, pela entidade gestora, dos estabelecimentos comerciais e demais locais para operar como pontos de entrega. Devidamente cadastrados, recebem e armazenam adequadamente os eletroeletrônicos descartados pelo consumidor doméstico. O operador logístico coleta os eletroeletrônicos descartados e os transporta dos pontos de entrega até as destinadoras, que realizam o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), especifica que apenas as baterias e pilhas recebem tratamento diferenciado, podendo ser devolvidas para o revendedor no ato de sua substituição e encaminhadas para os fabricantes (LAVEZ, SOUZA, LEITE, 2011).

Segundo Grimberg (2005), a ausência de fiscalização da PNRS e também de programas de educação ambiental nos municípios são importantes desafios que precisam ser enfrentados. A falta de legislação pertinente envolvendo incentivos às atividades de reciclagem neste segmento, a baixa conscientização da população em relação à sua importância, a complexidade e o alto custo da logística reversa, a pequena quantidade de pesquisas envolvendo o assunto e, também, certa acomodação governamental em relação ao problema (RUIZ et al, 2012).

4 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE JOGOS

4.1 PEGADA ECOLÓGICA

A Pegada Ecológica é um indicador que responde pela demanda humana por recursos biológicos globais (RUŽEVIČIUS, 2011). O conceito de pegada ecológica também abrange uma análise do ciclo de vida do produto, originalmente desenvolvida como um indicador do impacto ambiental de nações, indivíduos ou populações, a pegada ecológica é cada vez mais usada como um indicador do desempenho ambiental organizacional e corporativo, ou mesmo como um indicador da sustentabilidade dos produtos (RAVEN, et al., 2010).

O acelerado desenvolvimento das tecnologias nas últimas décadas, o crescimento econômico e o consumo excessivo originaram uma ameaça à regeneração dos recursos naturais. O nível atual de consumo humano já excede em 1,4 vezes o potencial ecológico da Terra, ou seja, a pegada ecológica de todos os países do mundo excede em 1,4 vezes a capacidade de regeneração dos recursos naturais (RUŽEVIČIUS, 2011).

Por esse e outros motivos, a tecnologia não pode ser visualizada apenas por seu lado benéfico, é importante que haja consciência no desenvolvimento de uma tecnologia que agrida menos o meio ambiente, seja no momento da sua fabricação, seja no seu descarte (LAVEZ, SOUZA, LEITE, 2011).

Algumas formas de entretenimento têm sido avaliadas por pesquisadores para quantificar os impactos ambientais de antigas e novas formas de distribuição. Um exemplo é a música: um estudo publicado em 2010 comparou as emissões de dióxido de carbono de um CD e um download na loja de música *iTunes*. As emissões de carbono em relação ao download digital foram 40% a 80% menores do que os impactos associados ao custo de produção de um CD (WEBER, KOOMEY, MATTHEWS, 2010).

Um outro exemplo é assistir filmes através da internet por serviços de *streaming*, como o Netflix. Um estudo de Shehabi, Walker e Masanet (2014), indicou que os filmes em *streaming* podem reduzir o consumo de energia e de carbono significativamente em comparação aos DVDs. O *streaming* de filmes era potencialmente menos poluente do que qualquer outro método de visualização que envolvesse o consumidor dirigir até uma loja para comprar ou alugar um DVD. Se toda a visualização de DVD que ocorreu em 2011 tivesse sido transmitida por *streaming*, teriam sido evitados cerca de 2 bilhões (kg) de emissões de dióxido de carbono (SHEHABI, WALKER, MASANET, 2014).

Além disso, como estes estudos mostram, os meios digitais de obtenção de entretenimento estão se tornando mais onipresentes em todas as formas de mídia. Como mostrado anteriormente, os downloads digitais representam agora mais da metade das vendas de videogames (ENTERTAINMENT, 2014).

4.2 FOOTPRINT FÍSICO E DIGITAL

A escolha por comprar uma mídia física ou digital, como discutido, leva em consideração vários outros fatores, deixando a questão ambiental em segundo plano ou não observada. Fica claro que o hábito é motivado por fatores mais técnicos e escolhas pessoais do que aspectos como a pegada ecológica do produto e seu consequente impacto ambiental. Assim, este tema se torna urgente uma vez que à medida o número de jogadores é crescente, a geração de energia, lixo eletrônico e emissão de gás carbônico (CO₂) também aumentam.

Pesquisadores da Universidade de Washington nos EUA, realizaram um estudo em 2016 com 1257 jogadores e identificaram o que motiva a escolha ao decidir por uma mídia física ou digital. De acordo com os autores, Lee, Holmes e Lobe (2016), os defensores dos formatos digitais tipicamente valorizam a acessibilidade e a conveniência, longevidade dos jogos livres de danos físicos, menor necessidade de armazenamento, e custo reduzido. Já os que optam por jogos físicos geralmente primam pela capacidade de facilmente recuperar, compartilhar, e revender os jogos, longevidade do acesso aos jogos, possibilidade de colecionar os objetos, e as qualidades estéticas e tangíveis do objeto físico.

Um recente estudo intitulado *Console Carbon Footprint* (O *Footprint* dos Consoles, em tradução livre) e divulgado pela *Slot Online Canadá* revela que a produção de cópias físicas de jogos emite mais de vinte vezes as emissões de CO₂ em relação aos downloads digitais. Como mostrado na tabela 1, o jogo físico emite 0,39kg de CO₂ via manufatura, enquanto os downloads digitais produzem apenas 0,017kg, conforme tabela 2.

Tabela 01 – Emissão de gás carbônico de uma mídia física

MÍDIA FÍSICA			
	MATERIAIS	PESO	CO ₂ /kg
DISCO	ALUMINIO / POLICARBONATO	15g	0,11
EMBALAGEM PLÁSTICA	POLIPROPILENO / POLIETILENO	53g	0,26
CONTÉUDO IMPRESSO	PAPEL BRILHANTE	5g	0,02

Fonte: Adaptado de *Console Carbon Footprint* (2020).

Tabela 02 – Emissão de gás carbônico de uma mídia digital

MÍDIA DIGITAL			
	WATTS	kW/h	CO ₂ /kg
ELETRICIDADE	60	0,06	0,017

Fonte: Adaptado de *Console Carbon Footprint* (2020).

Certamente a maior pegada de CO₂ das mídias físicas se deve aos materiais usados na produção, como policarbonato de alumínio no disco, plásticos de polipropileno e polietileno na caixa e papel brilhante na capa impressa e folhetos.

Levando em consideração que consoles e mídias físicas em sua maioria são feitos de plástico, componentes eletrônicos e outros polímeros sintéticos, justifica a preocupação com estabelecer medidas como efetiva logística reversa, criação de produtos sustentáveis e não menos importante a educação para um consumo consciente. Esta preocupação por exemplo é sustentada por dados do Atlas do Plástico, publicado pela Fundação Heinrich Böll em 2020, que revelam que dos mais de nove bilhões de toneladas de plásticos produzidos desde a década de 1950, menos de 10% foi reciclado, em todo o mundo (MONTENEGRO, VIANNA, TELES, 2020).

Uma outra pesquisa no Reino Unido liderada por Mayer, et al. (2014), investigou a pegada de carbono do ciclo de vida dos jogos de console, examinando a forma de distribuição via discos Blu-ray e outra através de jogos baixados pela internet. Neste estudo os autores concluíram que a distribuição de jogos por mídias físicas resulta em menores emissões de gases de efeito estufa do que por download na internet, discordando das conclusões apresentadas acima.

Resultado semelhante que também serve para ilustrar por que nem sempre é verdade que a distribuição digital de mídia terá menos emissões de carbono do que a distribuição por meios físicos, foi estudada por Mills et.al. (2018). Nesta pesquisa, o pesquisador concluiu que os sistemas usados para jogos de computador na Califórnia consumiram 4,1 TWh/ano em 2016 ou US\$ 700 milhões em contas de energia, com emissões de 1,5 milhão de toneladas de CO₂. Este estudo também criticou que programas de pesquisa e desenvolvimento neste sentido têm sido negligenciados pelas principais empresas produtoras.

Além disso, como estes estudos mostram, os meios digitais de obtenção de entretenimento estão se tornando mais onipresentes em todas as formas de mídia.

Entretanto, as informações sobre o que isto significa para nosso impacto ambiental coletivo continuam limitadas, pois estas tecnologias ainda são relativamente novas, e requerem mais estudos para compreender e continuar a estabelecer uma base para a pesquisa contínua.

A produção de novos consoles e a impressão de jogos pode gerar problemas até controláveis, só que é preciso levar em conta o maior consumo de banda e processamento em

nuvem nos últimos anos, não só por consoles e computadores, mas também por dispositivos móveis e empresas. Dispositivos conectados dependem de dados providos por servidores, grandes consumidores de energia e por conseguinte, emissores de carbono em larga escala.

Em um estudo publicado nos Estados Unidos por Mills et al. (2019), demonstraram que a base instalada de gamers dos EUA corresponde a um consumo de energia de 34 TWh/ano, o equivalente a 2,4% de toda energia consumida nos EUA em um ano. Ao mesmo tempo, esse número representa uma geração de dióxido de carbono correspondente a 5 milhões de carros (MILLS, et al., 2019).

De um modo geral, por categoria de impacto, nem a distribuição física nem a distribuição digital se revelam como sendo menos prejudicial. No que tange a questão de combustíveis fósseis, ambas as plataformas têm um desempenho pior para mídias físicas do que as digitais. Com os jogos de vídeo, a comparação da distribuição digital com a distribuição física é equilibrada. Mas desenvolvimentos futuros, tais como o aumento da eficiência energética da transferência de dados, poderiam fazer da distribuição digital uma opção mais favorável ao ambiente.

4.3 NOVAS PERSPECTIVAS SUSTENTÁVEIS

Nos últimos anos, uma nova tecnologia surgiu na indústria: o *streaming* de jogos. O serviço segue a lógica de qualquer outro serviço de *streaming* já conhecido: acesso ao catálogo de conteúdos digitais através de uma plataforma específica do distribuidor, mediante a obtenção de um plano de assinatura.

É uma forma de consumir jogos totalmente digitais, eliminando processos de produção, distribuição e destinação final de possíveis resíduos eletrônicos. Outra vantagem é o custo de operação e manutenção reduzidos, pois, com a especialização de empresas nesse ramo é possível otimizar o consumo energético de distribuição digital. Ao mesmo tempo é uma vantagem aos desenvolvedores, diminuindo a pirataria de seus produtos através da facilidade e comodidade que esses serviços oferecem.

A preocupação com o meio ambiente não passou despercebida por grandes empresas de jogos, como a Microsoft e Sony, que pretendem se tornar companhias com zero emissões de carbono, o que inclui suas divisões Xbox e PlayStation, até 2030 e 2050 respectivamente

(MICROSOFT, NINTENDO, SONY, 2017). Outra medida tomada pela Sony e Microsoft, foi o desenvolvimento do primeiro console de mesa sem uma entrada de mídia física, como o *PS5 Digital Edition* e o *Xbox Series S*, ambos sem leitor de discos (MILLS, et al., 2019).

A Nintendo, por sua vez não fixou datas, mas implementou uma série de medidas para reduzir suas emissões, tais como: compra de créditos de carbono, sistema de logística reversa é certificado pelo programa *SmartWay* da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), redução de emissão de carbono e reciclagem de 100% das peças recebidas pela assistência técnica. (MILLS, et al., 2019).

Incentivos fiscais para empresas que pratiquem a sustentabilidade, podem contribuir para a indústria adotar medidas sustentáveis em seus processos de produção e distribuição aos usuários finais.

Para a correta gestão ambiental de resíduos eletroeletrônicos, há necessidade de esforços conjuntos da sociedade, empresas e Governo, através de educação ambiental e conscientização, legislações que atribuam responsabilidades aos fabricantes, comerciantes e também aos consumidores. Pontos de coleta de fácil acesso, condições logísticas e incentivos fiscais para práticas de reciclagem e destinação correta desses resíduos (SELPIS, CASTILHO, ARAUJO, 2012). Apesar de existirem empresas especializadas em reciclagem de aparelhos eletroeletrônicos, o número ainda é insignificante, se comparado ao aumento das vendas de produtos eletrônicos (BESSA, FERREIRA, 2008).

Segundo Affonso (2008), há diferentes formas de se ver um computador, ele pode ser descrito como um conjunto de plástico (40%), metais (37%), eletrônicos (5%), borracha (1%) e de outros materiais (17%). Comparativamente, os consoles possuem características de composições semelhantes aos computadores. Em termos amplos, 94% do que consiste em um computador são potencialmente recicláveis. Na prática, cerca de 42% podem ser reciclados, sendo necessário que sejam produzidos aparelhos cada vez mais “recicláveis” (BESSA, FERREIRA, 2008).

Ribeiro (2008) afirma que, no caso de computadores, a única parte que não atrai o interesse das recicladoras é a tela do monitor. Ainda sobre a reciclagem desses materiais, 90% do lixo tecnológico podem ser reaproveitados, e algumas empresas já o fazem com margem razoável de lucro.

O impacto dos games no meio ambiente deve ser combatido não só pelos fabricantes, controlando suas emissões e desenvolvendo produtos que consomem menos energia, ou serviços que dependam menos da nuvem, como também pelos consumidores, que devem ser educados a consumir menos e gerar menos lixo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes de mais nada, é preciso ressaltar que este trabalho foi realizado durante a pandemia do novo coronavírus, e assim como outras pesquisas no país e no mundo, se viu limitada de realizar ensaios à campo. O autor foi assistido e orientado remotamente na condução da monografia e optou por estruturar sua produção científica baseada em artigos nacionais e internacionais sobre o tema, através de uma ampla revisão bibliográfica. Estas dificuldades, entretanto, não diminuíram a capacidade de explorar a problemática ambiental de resíduos eletrônicos, fazendo uma abordagem sobre a indústria de games.

Com esta pesquisa, podemos constatar o quão necessário é avaliar os impactos ambientais desde a produção até o descarte, como forma de investigar a sustentabilidade ambiental do ciclo dos produtos da indústria de jogos. Nesse aspecto, fica evidente que embora a relevância de uma correta avaliação de impacto ambiental, ainda se desconhece com clareza e assertividade sobre a pegada ecológica dos produtos desta indústria. Isso, entre outros prejuízos para um melhor gerenciamento ambiental, colabora para ações ineficientes ou inexistentes que apoiem uma correta destinação de resíduos eletrônicos dessa natureza.

A logística reversa para indústria de games é pouco difundida e carece de informações técnicas e operacionais para os usuários. As maiores produtoras, entre elas Sony, Microsoft e Nintendo, embora contenham em seus sites e embalagens essas orientações, não tem um programa de incentivo à mesma. Também não se vê a logística reversa como uma prática habitual entre os distribuidores destes produtos. Faz parte disto, ainda, a própria falta de interesse dos consumidores do correto descarte final do produto, e menos ainda de outros destinos mais sustentáveis como a reciclagem ou reaproveitamento. Embora esforços ocorram no sentido contrário a esses discutidos, eles ainda são discretos e insuficientes para conter a poluição eletrônica que é cada vez mais crescente.

Embora o Brasil tenha uma legislação sobre resíduos eletrônicos bem estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, a sua aplicação na prática carece de mecanismos de

fiscalização. Sem dúvidas, programas mais estruturados e implementados de logística reversa poderiam ser um instrumento de desenvolvimento econômico e social eficazes para gerar renda, emprego e contribuir para destinação final ambientalmente correta de bens de consumo.

Este ensaio também evidenciou que há impacto ambiental significativo dos resíduos eletrônicos sobre o meio ambiente das mídias físicas de jogos eletrônicos. Também foi possível constatar que as mídias digitais causam impacto, poluindo de uma forma diferente através do consumo de energia.

Há uma ausência de pesquisas sobre este tema que limita a conclusões precisas sobre o impacto ambiental destes produtos. Carece, também, informações ambientais dos jogos eletrônicos fornecidos pelas próprias empresas produtoras, dificultando um aprofundamento científico. O autor sugere que novos estudos devem ser realizados afim de estabelecer e compreender os impactos ambientais desta indústria, haja vista que seu crescente aumento também pressiona uma maior produção de lixo eletrônico.

Sem dúvidas, é necessário criar ações sustentáveis que preferencialmente, elimine ou ao menos minimize os impactos ambientais destes produtos, sustentada em tecnologia, inovação e educação ambiental. Neste trabalho observou-se que novas perspectivas sustentáveis têm sido estudadas e implementadas por empresas e instituições, como o desenvolvimento de produtos com melhor eficiência energética, que torne mais sustentável a distribuição digital. A pretensão de empresas produtoras de reduzir ou zerar a emissão de gás carbônico na cadeia de produção, para os próximos anos, também podem ser considerados um compromisso público com a redução dos impactos ambientais desta cadeia.

Este trabalho cumpriu seu objetivo de realizar um levantamento bibliográfico do impacto da geração de resíduos eletrônicos produzidos pela indústria de games, apresentar a pegada ecológica dos produtos físicos e digitais, e descrever de que forma os avanços tecnológicos contribuem para redução do *footprint* neste mercado. A pesquisa certamente poderá ampliar a discussão ecológica acerca do ciclo de vida destes produtos, colaborando para uma reflexão urgente e necessária sobre a sustentabilidade industrial desta cadeia.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, J, C. *Semana da Inclusão Digital discute os 50 milhões de toneladas do lixo eletrônico*. TELEBRASIL, v. 18, 2008.

ALMEIDA, M, A; et al. *Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos*. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 07, p. 17-17, 2015.

ARANHA, G. *O processo de consolidação dos jogos eletrônicos como instrumento de comunicação e de construção de conhecimento*. Ciências & Cognição, págs. 21-62, 2004.

BESSA, J, M; FERREIRA, A, C. *A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica*. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v. 3, n. 3, p. 157-170, 2008.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília, DF: Planalto, Casa Civil, DOU 3 ago. 2010.

CELINSKI, T, M; et al. *Perspectivas para reuso e reciclagem do lixo eletrônico*. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2011.

CELINSKI, T, M; et al. *Gestão do Lixo Eletrônico: Desafios e Oportunidades*. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador. 2013.

CLOCK, M; BATIZ, E, C; DUARTE, P, C. *Redução do impacto ambiental e recuperação de custos por meio da Logística Reversa: estudo de caso em empresa de distribuição elétrica*. Produção em Foco, v. 1, n. 1, 2011.

COSTA, L, A, F. *O lixo eletrônico na Universidade de Brasília: um estudo exploratório*. 59f. Monografia. (Licenciatura em Química) - Universidade de Brasília, 2010.

ENTERTAINMENT, S, A, et al. *Games: Improving the economy*. Recuperado el, v. 7, p. 05-18, 2014.

FACHIN, Z, A; PINHEIRO, V, G, M. *Defesa da propriedade intelectual nas novas mídias digitais-jogos digitais*. Revista Jurídica da UniFil, v. 15, n. 15, p. 221-236, 2019.

GERBASE, A, E; OLIVEIRA, C, R. *Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química*. Química Nova, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

GUIMARÃES, G, A. *Tratamento de lixo tecnológico – no Brasil e na União Européia*. Disponível em: www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Lixo_tecnologico.pdf. Acesso em 03 dez 2020.

GULARTE, D. *Color TV-Game 6 — Bojogá*. 2016a. Disponível em: <https://bojoga.com.br/acervo/consoles/geracao-1/color-tv-game-6>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GRIMBERG, E. *A Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social*. São Paulo: Instituto Pólis, 2004.

HART, S, L.; MILSTEIN, M, B. *Criando valor sustentável*. GV EXECUTIVO, v. 3, n. 2, p. 65-79, 2004.

HUNTER, W. (2002). *Player 1 Stage 1: Bits From the Primordial Ooze*. Retirado em 10/03/2021, World Wide Web: <http://www.emuulim.com/doteater/playsta2.htm>.

KOBAL, A, B; SANTOS, S, M; SOARES, F. A. *Cadeia de suprimento verde como apoio a sustentabilidade ambiental-os desafios do setor do lixo eletrônico*. SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAISSIMPOI, 2012.

LAVEZ, N; SOUZA, V, M; LEITE, P, R. *O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de computadores*. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 1, 2011.

LEE, J, H; HOLMES, D; LOBE, B. *Media format matters: Users' perceptions of physical versus digital games*. Proceedings of the Association for Information Science and Technology, v. 53, n. 1, p. 1-10, 2016.

LEIS, A. C. *Riscos socioambientais dos resíduos tecnológicos: uma análise do tema na legislação e suas implicações para a sociedade*. Revista Tecnologia e Sociedade - n. 13 - 2º Semestre de 2011

LEITE, P. R. *Logística reversa – meio ambiente e competitividade*. Ed. Pearson Education do Brasil Ltda, 2003.

LEITE, P. R.; LAVEZ, N; SOUZA, V. M. *Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de informática*. SIMPOI. 2009.

MATTOS, K. M. da C; PERALES, W. J. S. *Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente*. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais. ABEPRO, 2008.

MICROSOFT; NINTENDO; SONY, I, E. *Report on the 2017 Review of the Game Console Self-regulatory Initiative*, 2017.

MILLS, E; et al. *Toward greener gaming: Estimating national energy use and energy efficiency potential*. The Computer Games Journal, v. 8, n. 3, p. 157-178, 2019.

MOI, P, C, P; et al. *Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções*. CONNECTION LINE-REVISTA ELETRÔNICA DO UNIVAG, n. 7, 2014.

MONTENEGRO, M; VIANNA, M; TELES, B, D. *Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. Fundação Heirich Böll, 2020.

MOREIRA D. *Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana*. 2007. Disponível em: <http://www.htmlstaff.org/ver.php?id=7220>. Acesso em: 03 abr. 2021.

NEWZOO, B. V. *Newzoo Global Games Market Report 2020*, 2021.

PATTERSON, T. M.; BARATT, S. *Playing for the Planet—How Video Games can Deliver for People and the Environment*. UN Environment/GRID-Arendal: Arendal, Norway, 2019.

RAVEN, J. *Giving effect to footprint information*. Academic Conference: The State of the Art in Ecological Footprint Theory and Applications. 2010.

RODRIGUES, S. C.; PEIXOTO, J, A, A; XAVIER, L, S. *Gestão sustentável de resíduos industriais: um exemplo de cadeia verde de suprimentos no setor de reciclagem*. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro. 2011.

ROGERS, D, S; TIBBEN-LEMBKE, R, S. *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reverse Logistics Executive Council. University of Nevada, Reno, 1998.

RUIZ, M, R; et al. *Desafios para o gerenciamento de pilhas e baterias pós-uso: proposição de projeto de lei sobre o e-lixo na cidade de Rio Claro–SP*. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 1, n. 2, p. 29-50, 2012.

RUŽEVIČIUS, J. *Ecological footprint: Evaluation methodology and International benchmarking*. Verslo ir teisės aktualijos/Current Issues of Business and Law, v. 6, n. 1, p. 11-30, 2011.

SELPIS, A, N; DE OLIVEIRA, C, R; DE ARAUJO, J, A, B. *Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos*. Tekhne e Logos, v. 3, n. 2, p. 111-128, 2012.

SHEHABI, A; WALKER, B; MASANET, E. *The energy and greenhouse-gas implications of internet video streaming in the United States*. Environmental Research Letters, v. 9, n. 5, p. 2014.

SILVA, J, R, N. *Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Campus Manaus Centro*. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2010.

SIQUEIRA, M, M; MORAES, M, S. *Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo*. Ciência & Saúde Coletiva, v. 14, p. 2115-2122, 2009.

SLOT, C. *Console Carbon Footprint: the most eco-friendly games console*. Canada. Disponível em: <https://www.slotsonlinecanada.com/most-eco-friendly-games-console/>. Acesso em 10 de abr. 2021.

STATISTA, *Statistics & Facts. Leading gaming markets worldwide in 2020, 2021*.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. *A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilha e baterias da BRASKEM*. Revista de Gestão Social e Ambiental. v.3, n 3, p.120-136. Set. – Dez. 2009.

WEBER, C, L; KOOMEY, J, G; MATTHEWS, H, S. *The energy and climate change implications of different music delivery methods*. Journal of Industrial Ecology, v. 14, n. 5, p. 754-769, 2010.

GLOSSÁRIO

Banda de Processamento: É a capacidade de transferência de dados — em outras palavras, a quantidade de dados que pode ser movida de um ponto a outro num determinado período de tempo.

Créditos de Carbono: Mecanismo de flexibilização que auxilia os países que possuem metas de redução da emissão de gases poluentes a alcançá-las. Considerados a moeda do chamado mercado de carbono, os créditos de carbono representam a não emissão de dióxido de carbono à atmosfera.

Ecologia Industrial: princípios e estratégias para evitar o desperdício de materiais e energia, minimizando a geração de resíduos e encontrando formas de incorporá-los novamente aos ciclos produtivos.

Footprint: usado para medir e gerenciar o uso de recursos através da economia. É comumente usado para explorar a sustentabilidade do estilo de vida de indivíduos, produtos e serviços, organizações, setores industriais, vizinhanças, cidades, regiões e nações.

Hardware: é a parte física do computador, ou seja, o conjunto de aparatos eletrônicos, peças e equipamentos que fazem o computador funcionar. A palavra hardware pode se referir também como o conjunto de equipamentos acoplados em produtos que precisam de algum tipo de processamento computacional.

Impacto Ambiental: alterações que provoquem o desequilíbrio das relações constitutivas do ambiente, tais como as alterações que excedam a capacidade de absorção do ambiente considerado.

ISO: a sigla ISO denomina a International Organization for Standardization, ou seja, Organização Internacional de Padronização. Em outras palavras, é um meio de promover a normalização de produtos e serviços, utilizando determinadas normas para que a qualidade seja melhorada.

Market Share: é a porcentagem que corresponde à relevância da sua empresa ou mercado diante dos competidores da indústria em que ela atua. Pode representar o valor de mercado, a porção de um público que prefere aquela marca e o volume de vendas.

Modus Operandi: termo utilizado para designar uma maneira de agir, operar ou executar uma atividade seguindo geralmente os mesmos procedimentos.

Obsolescência Planejada: quando um produto lançado no mercado se torna inutilizável ou obsoleto em um período de tempo relativamente curto de forma proposital, ou seja, quando empresas lançam mercadorias para que sejam rapidamente descartadas e estimulam o consumidor a comprar novamente.

Osciloscópio: é um instrumento de medida de sinais elétricos/eletrônicos que apresenta gráficos a duas dimensões de um ou mais sinais elétricos.

Pegada Ecológica: é comumente usado para explorar a sustentabilidade do estilo de vida de indivíduos, produtos e serviços, organizações, setores industriais, vizinhanças, cidades, regiões e nações.

Política Nacional de Resíduos Sólidos: legislação que estabeleceu metas e objetivos para pessoas físicas e jurídicas relacionados ao gerenciamento de resíduos, com os seguintes propósitos: adequar o gerenciamento de resíduos às legislações e normativas existentes, preservação ambiental com a redução do uso de aterros e a logística reversa de resíduos pós consumo.

Software: todo programa rodado em um computador, celular ou dispositivo que permita ao mesmo executar suas funções.

Sustentabilidade: significa suprir as necessidades da geração presente sem afetar as gerações futuras.