

# **Robolix: proposta de jogo educacional sobre o descarte correto de lixo eletrônico**

**Andrea Carla Vargas Rodrigues<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>PPCIC – Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação – CEFET/RJ  
Rua General Canabarro, 485 – Pavilhão 1, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ

prof.andreavargas@gmail.com

***Abstract.** This paper presents the proposal for the educational game “Robolix” which addresses, in a playful way, information about the correct disposal of electronic waste, a growing problem that poses risks to the environment and people's health. The game prototype was well accepted by the test participants and the game can collaborate, in some way, to promote awareness about the problem of e-waste in contemporary times.*

***Keywords—** e-lixo, serious game, environmental preservation*

***Resumo.** Este trabalho apresenta a proposta do jogo educacional “Robolix” que aborda, de maneira lúdica, informações sobre o descarte correto do lixo eletrônico, um problema crescente que apresenta riscos para o meio ambiente e para a saúde das pessoas. O protótipo do jogo foi bem aceito pelos participantes dos testes e o game pode colaborar, de alguma forma, para promover a conscientização sobre o problema do e-lixo na contemporaneidade.*

***Palavras-chave—** e-lixo, serious game, preservação ambiental*

## **1. Introdução**

A crise climática ambiental tem suscitado interesse em diversos âmbitos no mundo, mobilizando instituições governamentais e setores da sociedade civil em torno do debate de soluções que possam contribuir para a preservação do planeta. Neste contexto, também ocorre o aumento do consumo de equipamentos eletroeletrônicos que facilitam várias ações cotidianas, desde afazeres domésticos, tarefas relacionadas ao trabalho e até mesmo atividades de lazer. Como consequência do crescimento do uso destes aparelhos, há a preocupação com o descarte correto destes dispositivos no ambiente, que são conhecidos como e-lixo. Neste cenário, Mattos, Mattos e Perales [2008] destacam a necessidade de promover a conscientização sobre o problema do e-lixo, que apresenta uma série de riscos ao meio ambiente.

Com o objetivo de colaborar para difundir informações sobre o lixo eletrônico, foi desenvolvido o serious game “Robolix”, que é do gênero plataforma 2D e side scroller para web. O público-alvo do jogo é composto por adolescentes e jovens adultos de 18 a 25 anos.

Além da contextualização introdutória do tema, este trabalho apresenta o problema do e-lixo e trabalhos relacionados, descrição do processo de produção do jogo “Robolix” e análise de usuários com resultados obtidos por meio de questionários.

## 2. Fundamentação teórica

Arvers [2009] conceitua um *serious game* como um jogo que possui o objetivo de educar, instruir e entreter o usuário com algum tipo de tema sério.

Michael e Chen [2006] afirmam que os *serious games* apresentam uma finalidade educacional elaborada cuidadosamente, cujos objetivos de aprendizagem se mostram de forma clara. O entretenimento não é o objetivo principal, mas os jogos sérios podem ser divertidos.

Já Dichev e Dicheva [2017] destacam que o uso de jogos como ferramentas lúdicas que auxiliam no processo de aprendizagem tem sido objeto de estudos de pesquisas pela facilidade de oferecer interação e envolvimento do jogador com a ação.

Dörner et al. [2016] afirmam que um *serious game* tem como finalidade entreter e alcançar um objetivo adicional, como ajudar no aprendizado, aperfeiçoar a coordenação motora ou melhorar a saúde. Os autores ressaltam ainda que os jogos sérios, mesmo com o intuito de promover o aprendizado, não são obrigatoriamente destinados a ambientes tradicionais de ensino, como a sala de aula.

Prensky [2005] salienta que o ensino tradicional pode não motivar tanto o aluno, em oposição aos jogos, que podem captar a atenção do estudante por muito mais tempo. Desta forma, se os jogos digitais forem planejados e estruturados adequadamente, seus usos podem representar um poderoso recurso de ensino, associando o entretenimento no processo de aprendizagem.

## 3. O problema do e-lixo e trabalhos relacionados

Segundo o relatório *The Global E-Waste Monitor 2020* da Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil foi o país que mais produziu lixo eletrônico na América Latina, gerando cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano. Deste total, apenas 3% foi reciclado ou descartado de forma adequada. A obsolescência programada dos dispositivos e o avanço tecnológico permitem a compra de melhores equipamentos por um custo menor, o que contribui para o aumento do número de eletroeletrônicos descartados. O documento também destaca que o e-lixo deve chegar a 74 milhões de toneladas no mundo, em 2030. O relatório da ONU aponta ainda que o descarte incorreto do e-lixo representa riscos para o meio ambiente e para a saúde das pessoas, já que existem substâncias tóxicas nos componentes, como mercúrio, retardadores de chama (BFR) e clorofluorocarbonos (CFCs).

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) [2013], o e-lixo pode ser dividido em alguns tipos, de acordo com as características dos equipamentos: linha marrom – monitores e TVs (LCDs, plasma, LEDs), áudio, projetores e filmadoras; linha azul – videogames, videogêms, agendas eletrônicas, barbeadores, calculadoras, câmeras fotográficas, microfones e fones de ouvido; linha verde – computadores, notebooks, periféricos, tablets, impressoras, celulares, secretárias eletrônicas, fax, telefonia, placas de circuito integrado, fios e HDs; linha branca – refrigeradores, fogões, máquinas de lavar e TVs (tubo).

Esta classificação do e-lixo também foi adotada para fins pedagógicos no jogo “Robolix”, já que as categorias propostas pela ABDI serviram de base para a criação, no setor privado, de entidades que gerenciam a logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) no país. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) é responsável pela linha verde e a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos (ELETROS) administram as linhas marrom, branca e azul.

Algumas iniciativas de jogos que abordam, de algum modo, a coleta e o descarte correto de lixo foram desenvolvidas, como o *Clean City* [2015], que incentivava a coleta seletiva de resíduos sólidos para reciclagem para o Instituto Pró-Cidadania (IPCC), em parceria com a Prefeitura de Curitiba e a Racional Games. O game *EcoLogic* [Pires et al., 2018] oferecia, em formato de puzzle, missões para o jogador resolver problemas relacionados à coleta seletiva de lixo. O jogo *Papa Lixo* [Duarte et al., 2018] trazia uma proposta semelhante para incentivar crianças de 6 a 12 anos a aprenderem sobre a coleta seletiva. Um game que trabalhava o e-lixo como tema era *Ecobot* [Arruda et al., 2021], um aplicativo gamificado que reunia elementos de RPG e aventura, em que o usuário podia criar seu robô e encontrar peças de lixos eletrônicos.

#### 4. Processo de produção do jogo

O “RoboLix” é um jogo digital, gênero plataforma 2D e side scroller para web, cujo objetivo é o usuário coletar a maior quantidade de e-lixo com a arma sugadora (conforme apresentado na Figura 1). O jogador combate inimigos que surgem devido a contaminação do meio ambiente, constituídos por uma miscelânea de e-lixo, repleto de substâncias tóxicas. Para apresentar de forma pedagógica os tipos de e-lixo (marrom, verde, azul e branco), cada nível descreve as propriedades e os malefícios destas sucatas. O jogo apresenta seis fases e cada uma corresponde a um character do letreiro “E-LIXO”, que são estruturadas conforme a descrição abaixo.



Fig. 1. Cena da Capa e do menu do jogo “Robolix”.

- Cena jogável 1 – Letra E (conforme apresentado na figura 2): É o começo da experiência, onde o jogador evolui de fase realizando simples coletas de todas as sucatas eletrônicas do cenário. Ele não pode coletar lixo orgânico, pois é um erro no processo de coleta para o qual o RoboLix foi programado.



**Fig. 2. Cena jogável 1 – Letra E do jogo “RoboLix”.**

- Cena jogável 2 – Hífen: Level onde o jogador recebe informações sobre o e-lixo encontrado na primeira cena, descartando cada item em portais coloridos disponíveis com um temporizador. Nesta fase, o jogo oferece dicas para o correto descarte. Logo, o jogador descobre a função de cada portal e outras informações necessárias para evoluir nas fases posteriores.
- Cena jogável 3 – Letra L (ênfase na linha marrom): Nesta cena, o RoboLix enfrenta inimigos patrulheiros que tentam impedir as coletas do e-lixo. Neste ponto do jogo, os descartes são realizados assim que forem coletados. Caso seja feito no portal errado, o jogador não poderá repetir o descarte, porém não perde pontos. Ao final da fase, o RoboLix precisa destruir o mini boss MARROM.
- Cena jogável 4 – Letra I (ênfase na linha verde): Level onde surge o mini boss chamado VERDINHO, que é um inimigo resistente. Para encontrá-lo, RoboLix só pode coletar e-lixo VERDE. Quanto mais sucata verde for coletada e bem descartada, mais vidas e tempo o RoboLix ganha no combate.
- Cena jogável 5 – Letra X (ênfase na linha azul): Para atrapalhar o jogador, o level conta com o inimigos patrulheiros e itens mortais aleatórios surgindo pelas laterais da cena (esquerda e direita) em determinados momentos. Se sobreviver até o final da fase, o RoboLix vai combater o mini boss chamado AZULAZU.
- Cena jogável 6 – Letra O (ênfase na linha branca): Além de coletar lixo da linha branca, que é mais pesado, o usuário terá que enfrentar o super boss chamado BRANQUITO, que tenta atrapalhar o RoboLix. Quanto mais acertos, mais força o RoboLix conquista para o combate final. As coletas da linha branca só podem ser descartadas com 3 tiros da arma sugadora. O RoboLix também vai enfrentar alguns itens mortais surgindo de tempos em tempos.

Ao longo de todo o jogo, quando o usuário descarta o tipo de e-lixo em um portal errado, recebe como penalidade um selo vermelho. A cada dois selos vermelhos, o jogador perde uma vida. Em compensação, quando o jogador acerta quatro descartes sequenciais, ganha um selo roxo, um item colecionável que permite montar um painel com informações sobre e-lixo e sustentabilidade ambiental.

Como parte do processo de produção, o personagem “RoboLix” foi criado no software Inkscape e as demais artes são provenientes do site <https://www.gratispng.com/>. O game está em desenvolvimento no motor de jogo Unity e a proposta de publicação é na web, para o usuário jogar na plataforma PC.

## 5. Análise do uso do jogo

Como forma de validar o protótipo do jogo, foram realizados testes em comunidades da internet interessadas no tema. Por motivos de segurança, o link secreto, na plataforma NetLify na web, foi enviado por e-mail aos interessados. No total, foram 30 voluntários participantes, na faixa etária de 18 a 25 anos, com a proposta de testarem o jogo por 48 horas. Também foi enviado um questionário, via formulário on-line, sem identificação formal, para analisar as seguintes situações: (1) Nível de conhecimento sobre o tema e-lixo; (2) Diversão e aprendizado sobre o tema; (3) Análise de conhecimentos sobre o e-lixo após o jogo; (4) Dificuldades enfrentadas no jogo.

Dos participantes, 6 pessoas com mais de 21 anos, sentiram dificuldades para conseguir vencer o Super Boss BRANQUITO com o temporizador. Outras 4 pessoas acharam confuso desviar dos inimigos aleatórios, que surgiam pelas laterais, ao mesmo tempo em que faziam a coleta do e-lixo. Os demais entrevistados, não sentiram dificuldades, gostaram dos desafios e sugeriram acrescentar cenas bônus com o que faltou ser explorado. Todos os entrevistados informaram que não descartam corretamente todos os seus lixos eletrônicos, por inúmeros motivos, com destaque para a falta de tempo e o desconhecimento dos locais corretos para o descarte.

**Tabela. 1. Resultados dos questionários dos participantes do uso do jogo “Robolix”.**

Nº	Pergunta	Sim	Não
1	Foi divertido jogar o Robolix?	28	2
2	Você considera ter mais conhecimentos sobre o e-lixo após o jogo?	30	0
3	Sentiu dificuldades ao longo do jogo?	10	20
4	Gostaria de jogar um novo protótipo?	30	0

## 6. Conclusões

O trabalho apresentou a proposta do jogo educacional “Robolix”, que aborda, de maneira lúdica, informações sobre o descarte correto de lixo eletrônico. Na primeira testagem com voluntários, o jogo foi bem recebido pelos usuários, que também responderam que puderam aprender sobre o e-lixo. O objetivo é terminar o desenvolvimento do jogo, que ficará disponível on-line, de forma gratuita, e também será oferecido como ferramenta pedagógica, no ensino médio e em instituições de ensino superior. Desta forma, será possível contribuir com a conscientização de jovens adultos sobre o problema contemporâneo do e-lixo na sociedade e ajudar a preservar o meio ambiente.

## 7. Referências

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. (2013). Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos – análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília, novembro, 2013. Disponível em: [https://www.comexresponde.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl\\_1416934886.pdf](https://www.comexresponde.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1416934886.pdf)

- Arvers, I. (2009). Serious Games. *The International Digital Art Magazine*.
- Arruda, Valdeci; Violante, Lucas; Júnior, Ivaldir; Vieira, Jeferson. (2021) Ecobot: a gamificated app about electronic waste. In: *Proceedings and Abstracts, 18th CONTECSI, 2021*. DOI: 10.5748/18CONTECSI/COM/SOC/6836
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 9.
- Dörner, R.; Göbel, S.; Effelsberg, W.; Wiemeyer, J. (2016). Introduction. In: Dörner, R.; Göbel, S.; Effelsberg, W.; Wiemeyer, J. (Eds.). *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. Springer Nature, Cham, p.1-34.
- Duarte, Leonardo; Santos, Otávio; Albuquerque, Rafael; Abreu, Victor; Coutinho, Denilson; Ghetti, Tiago; Balista, Vania. (2018). PapaLixo: Um Jogo Sério para a Conscientização quanto o Descarte de Resíduos Sólidos. In: *Proceedings of SbGames, Education Track, ISSN: 2179-2259*.
- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.
- Mattos, K. M. da C., Mattos, K. M. da C., Perales, W. J. S. (2008). Os Impactos Ambientais Causados Pelo Lixo Eletrônico e o Uso da Logística Reversa Para Minimizar os Efeitos Causados ao Meio Ambiente. *XXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção*, 11.
- Michael, D.; Chen, S. 2006. *Serious games: games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology PTR, Boston, 287p.
- Prefeitura de Curitiba. (2015). Pró-Cidadania lança game que incentiva boas práticas e preservação do meio ambiente. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/pro-cidadania-lanca-game-que-incentiva-boas-praticas-e-preservacao-do-meio-ambiente/38144>
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: digital game-based learning. In: Raessens, J.; Goldstein, J. (Eds.). *Handbook of Computer Game Studies*. The MIT Press, Cambridge and London, p.97-123.
- Pires, Fernanda; Ferreira, Rafaela; Silva, Marcos; Batista, Jean; Franzola, Fabrizio; Freitas, Rosiane. (2018). EcoLogic: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional e da consciência ambiental. In: *Anais dos Workshops do VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2018)*