



## ACESSO ABERTO

**Data de Recebimento:**

30/04/2024

**Data de Aceite:**

30/09/2024

**Data de Publicação:**

01/10/2024

**\*Autor correspondente:**

Renato Massaharu Hassunuma,  
Doutorado em Odontologia (área  
de concentração Biologia Oral),  
Rua Luís Levorato, 140 - Chá-  
caras Bauruenses, Bauru - SP,  
17048-290. Telefone de contato:  
(14) 3312-7000. E-mail: rhassu-  
numa@gmail.com.

**Citação:**

FERNANDES, C.R et al. Eyewire:  
mapeamento de neuritos por  
meio de um jogo de ciência ci-  
dadã. **Revista Multidisciplinar  
em Educação e Meio Ambien-  
te**, v. 5, n. 4, 2024. [https://doi.  
org/10.51161/integrar/rema/4388](https://doi.org/10.51161/integrar/rema/4388)

DOI: 10.51161/integrar/  
rema/4388

Editora Integrar© 2024.

Todos os direitos reservados.

**EYEWIRE: MAPEAMENTO DE NEURITOS POR MEIO DE UM JOGO DE CIÊNCIA CIDADÃ**

Cyntia Rebeca Da Silva Fernandes <sup>a</sup>, Renato Massaharu Hassunuma <sup>a</sup>, Patrícia Carvalho Garcia <sup>a</sup>, Sandra Heloisa Nunes Messias <sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Universidade Paulista, Câmpus Bauru. Rua Luís Levorato, 140 - Chácaras Bauruenses, Bauru - SP, 17048-290.

<sup>b</sup> Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Paraíso. Rua Vergueiro, 1211, 8º andar – Paraíso, São Paulo – SP, CEP: 01504-001.

**RESUMO**

**Introdução:** O EyeWire (link: <https://eyewire.org/>) é um jogo on-line de ciência cidadã executado em navegadores de internet que convoca jogadores de todo o mundo a auxiliar pesquisadores na reconstrução tridimensionais de neurônios com o objetivo de mapear a localização destas células do cérebro. **Objetivos:** analisar os menus e comandos do jogo EyeWire, bem como seus tutoriais, no intuito de verificar seu potencial didático para utilização em sala de aula. **Metodologia:** o presente estudo realizou a tradução e análise dos menus e comandos apresentados no jogo, bem como os tutoriais do EyeWire. Os conteúdos abordados em cada tutorial foram analisados, sendo discutida a sua aplicabilidade didática em sala de aula no ensino de conceitos referentes a recursos de mapeamento da morfologia de neurônios. Foram estabelecidos também alguns pontos positivos e negativos observados após a análise dos tutoriais do jogo. **Resultados:** A análise dos tutoriais e funcionalidades do EyeWire revelou por meio destes, o usuário é capacitado a aprender a localizar fragmentos de neuritos em imagens de microscopia eletrônica de transmissão. Adicionalmente, o tutorial prepara os alunos para contribuir em pesquisas reais, o que aumenta ainda mais a relevância deste recurso didático. **Conclusões:** O jogo apresentou-se como uma ferramenta didática valiosa, potencializando o ensino de ciências por meio da gamificação e participação colaborativa. Contudo, a implementação do EyeWire em práticas educativas enfrenta desafios, incluindo a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e de competências digitais tanto por parte dos alunos quanto dos educadores.

**Palavras chaves:** Tecido nervoso. Participação cidadã em Ciência e Tecnologia. Jogos de vídeo. Materiais de ensino.

**ABSTRACT**

**Introduction:** EyeWire (link: <https://eyewire.org/>) is an online citizen science game running in internet browsers that invites players from around the world to assist researchers in the three-dimensional reconstruction of neurons

with the aim of mapping the location of these brain cells. Objectives: analyze the menus and commands of the EyeWire game, as well as its tutorials, in order to verify its didactic potential for use in the classroom. Methodology: the present study carried out the translation and analysis of the menus and commands presented in the game, as well as the EyeWire tutorials. The contents covered in each tutorial were analyzed, and their didactic applicability in the classroom in teaching concepts related to neuron morphology mapping resources was discussed. Some positive and negative points observed after analyzing the game tutorials were also established. Results: Analysis of EyeWire tutorials and features revealed that the user is able to learn how to locate neurite fragments in transmission electron microscopy images. Additionally, the tutorial prepares students to contribute to real research, which further increases the relevance of this teaching resource. Conclusions: The game presented itself as a valuable teaching tool, enhancing science teaching through gamification and collaborative participation. However, implementing EyeWire in educational practices faces challenges, including the need for adequate technological infrastructure and digital skills on the part of both students and educators.

**Keywords:** Nerve tissue. Citizen participation in Science and Technology. Videogames. Teaching materials.

## 1 INTRODUÇÃO

A ciência cidadã corresponde a uma estratégia de pesquisa que possibilita que pessoas do público em geral participem de investigações científicas, realizando atividades que normalmente seriam desenvolvidas por cientistas (COOPER et al., 2018). Desta forma, os projetos de ciência cidadã baseados na utilização da internet permite que sejam recrutados um grande número de voluntários para resolver problemas desafiadores em pesquisas (TINATI et al., 2016, 2017).

O EyeWire (link: <https://eyewire.org/>) é um jogo on-line de ciência cidadã executado em navegadores de internet que convoca jogadores de todo o mundo a auxiliar pesquisadores na reconstrução tridimensionais de neurônios com o objetivo de mapear a localização destas células do cérebro (COOPER et al., 2018; TINATI et al., 2017).

O jogo foi lançado oficialmente em dezembro de 2012 (KIM et al., 2014), porém seu desenvolvimento se iniciou no final dos anos 2000, quando o pesquisador Seung Lab do Massachusetts Institute of Technology criou um visualizador de imagens tridimensionais usando a linguagem de programação C++ e uma ferramenta de reconstrução denominada Omni. Este visualizador permitia exibir imagens volumétricas imensas divididas em seções menores denominadas “cubos”. A este programa foram adicionados assistentes de pesquisa especializados em reconstrução de neurônios denominados “rastreadores” (COOPER et al., 2018).

O programa utiliza imagens seriadas de ressonância magnética funcional (RMf) para determinar a estrutura de neurônios e suas conexões de uma região cerebral no intuito de os pesquisadores descobrirem como os humanos processam os estímulos visuais (TINATI et al., 2016, 2017).

Este jogo é considerado o primeiro jogo na área de neurociência a obter o envolvimento de uma comunidade internacional. No período entre 2010 a 2013, o EyeWire atraiu a atenção de mais de 250.000 jogadores de 145 países diferentes. Neste período, os usuários do programa ajudaram realizar para a primeira reconstrução tridimensional em alta resolução de redes de neurônios da retina do rato (HELMSTAEDTER et al., 2013; ROSKAMS; POPOVIĆ, 2016).

O EyeWire combina recursos de ciência cidadã com inteligência artificial (IA) para o mapeamento

de neurônios. No jogo, o usuário recebe um cubo que possui um trecho de um prolongamento de um neurônio (neurito) previamente localizado por meio da IA denominado “semente”. O desafio do jogo é colorir o restante do neurito, evitando colorir partes de outros neurônios. Embora possa parecer uma tarefa fácil, o jogo pode ser mais desafiador do que parece, uma vez que as imagens podem ser corrompidas por ruídos e artefatos, além de os neuritos poderem mudar de direção de forma abrupta (KIM et al., 2014).

Sobre a sua relevância, vale ressaltar que o EyeWire também é um jogo de descoberta científica, uma vez que reúne jogadores investigadores de uma população global de voluntários que auxiliam a abordar e resolver problemas não resolvidos de uma investigação científica, no caso do jogo, o mapeamento de neurônios cerebrais (DAS et al., 2019).

Assim, o presente estudo se propõe a analisar os menus e comandos do jogo EyeWire, bem como seus tutoriais, no intuito de verificar seu potencial didático para utilização em sala de aula. Foram traduzidos as janelas das caixas de texto e os menus do jogo e discutido a importância deste tipo de ciência cidadã, bem como determinado alguns pontos positivos e negativos observados durante a análise realizada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A atual pesquisa foi realizada em fevereiro a maio de 2024, sendo um estudo de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, cujo objetivo é explicativo, e com procedimentos técnicos que caracterizam uma pesquisa narrativa, visando analisar os menus e comandos do programa computacional EyeWire, bem como discutir a sua utilização didática no ensino sobre conceitos relativos ao mapeamento de neuritos.

O EyeWire (link: <https://eyewire.org/>) é um programa computacional gratuito on-line e que pode ser utilizado em qualquer navegador de internet, podendo funcionar em computadores, notebooks, celulares e tablets.

Desta forma, o presente estudo analisou os menus, comandos e tutoriais do jogo EyeWire, verificando os conteúdos abordados em cada um, e discutindo a aplicabilidade didática do programa em sala de aula no ensino de conceitos referentes a recursos de mapeamento da morfologia de neurônios. Foi discutida a importância deste tipo de ciência cidadã e determinados alguns pontos positivos e negativos observados após a análise dos tutoriais do jogo.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de introduzir o usuário aos jogos normais do EyeWire, os jogadores recebem um treinamento imediatamente após se registrarem no site. Este treinamento consiste em uma sequência de cinco tutoriais que ensinam e dão um retorno ao jogador de como está o seu desempenho ao usar os recursos do jogo.

Assim é apresentado a seguir, o tutorial do programa EyeWire, que pode funcionar como um guia introdutório para professores e alunos compreenderem como este recurso lúdico pode ser utilizado para o mapeamento de neurônios cerebrais.

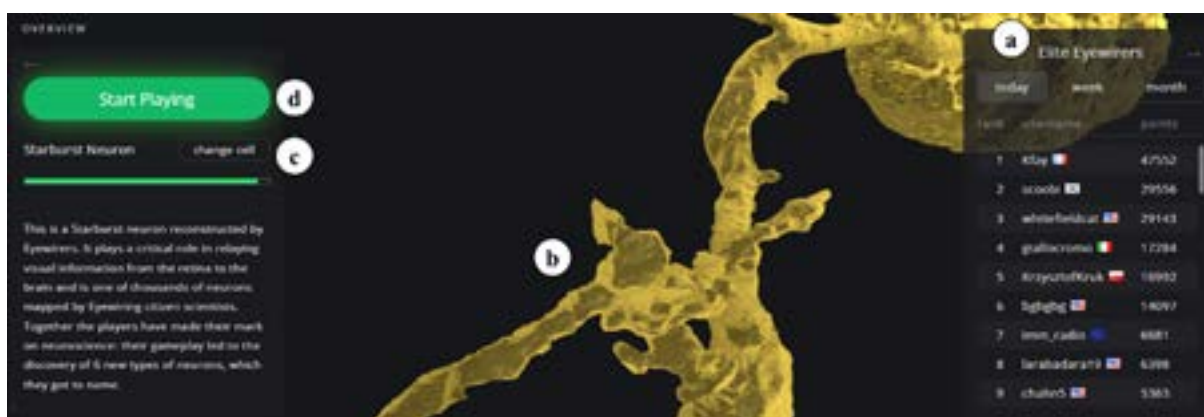
### 3.1 Acessando o programa e o menu Overview

O programa EyeWire pode ser acessado por meio do link: <https://eyewire.org/>. Para utilizar o

programa é necessário ter uma conta, por meio de um cadastro rápido usando um perfil do Facebook ou registrando um e-mail. No login, o usuário deve criar um nome para identificação e uma senha.

Após abrir uma conta e realizar o login, o jogador será conduzido ao menu Overview (Visão geral) (Figura 1), que apresenta: um ranking mundial com os jogadores que alcançaram as pontuações mais altas no dia, semana e mês (a), uma imagem de um neurônio mapeado por completo a partir da utilização do programa EyeWire, informações gerais sobre o neurônio mapeado (c) e o botão Start Playing (Comece a jogar) (d), por onde o tutorial pode ser acessado.

Figura 1 – Menu Overview

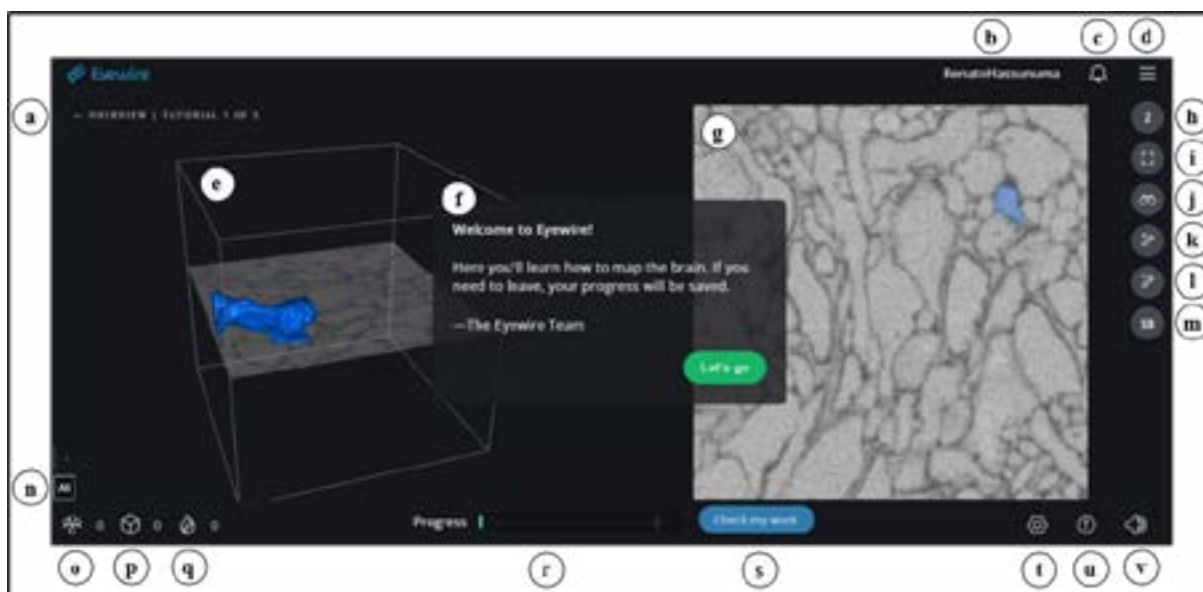


Fonte: EYEWIRE, 2024.

### 3.2 Área de trabalho

Após clicar no botão Start Playing, o jogador é conduzido para a área de trabalho do jogo e ao primeiro tutorial (Figura 2).

Figura 2 – Área de trabalho



Fonte: EYEWIRE, 2024.

As funções de cada botão e de cada parte da área de trabalho estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Área de trabalho

Letra na Figura 2	Botão, área ou símbolo	Descrição	Teclas de Atalho
a	Overview (Visão geral)	Retorna ao Menu Overview	-
b	Texto	Nome do usuário	-
c	Ícone de sino	Notificações do programa	-
d	Três linhas	Acesso aos links: about, blog, wiki, forum, heroes, science, evil cubes submission form, stats, sign out	-
e	Cubo	Apresenta a visão tridimensional do ramo de um neurônio parcialmente reconstruído e que se estende por ele. Este ramo é chamado “semente”	-
f	Janela de texto	Exibe mensagens informativas do jogo, como boas-vindas e/ou instruções	-
g	Imagem de ressonância magnética funcional (RMf)	Mostra os cortes transversais dos neurônios para que o jogador possa colorir áreas não identificadas previamente pela inteligência artificial	-
h	Botão Change axis (Mudar eixo)	Muda o eixo de visualização da semente nos eixos x, y e z	A, D e setas para direita e esquerda
i	Botão Zoom	Controla a ampliação da imagem	Barra de espaço ou Alt + Scroll (roda) do mouse
j	Botão Toggle explore mode (Alterar modo de exploração)	Alternar modo de exploração: Commit (Comprometer) e Discart (Descartar)	Ctrl + E
k	Botão Increase brush size (Aumentar tamanho do pincel)	Aumenta o tamanho do pincel	E
l	Botão Decrease brush size (Diminuir o tamanho do pincel)	Diminui o tamanho do pincel	Q
m	Botão Toggle swarm borders	Inclui bordas roxas na imagem de RMf	B
n	Botão All (Todos) com barra e símbolo de maior que acima	Exibe ou oculta o chat, comentários, perfis de jogadores online, pontuações, entre outros avisos	-
o	Ícone Points (Pontuação)	Pontuação atual do jogador	-
p	Ícone Cubes completed (Cubos completados)	Número de cubos completados	-
q	Ícone Cubes trailblazed (cubos pioneiros)	Número de cubos que o jogador foi o primeiro a mapear	-

<b>r</b>	Barra Progress (Progresso)	Indicador de progresso do jogador no desafio atual	-
<b>s</b>	Botão Check my work (Verifique meu trabalho)	Botão para verificar o trabalho realizado	-
<b>t</b>	Botão Game Settings (Configurações de jogo)	Acesso às configurações do jogo	-
<b>u</b>	Botão Help (Ajuda)	Acesso ao menu de ajuda (Help)	-
<b>v</b>	Botão Mute (Mudo)	Silencia ou ativa os sons do jogo	-

Fonte: VIGELAND, 2024.

### 3.3 Tutorial 1

O EyeWire apresenta cinco tutoriais que capacitam os jogadores a utilizarem os principais recursos do jogo. Os textos apresentados no primeiro tutorial estão apresentados e traduzidos no Quadro 2. Algumas notas do tradutor foram incluídas entre colchetes no texto.

Quadro 2 – Tutorial 1

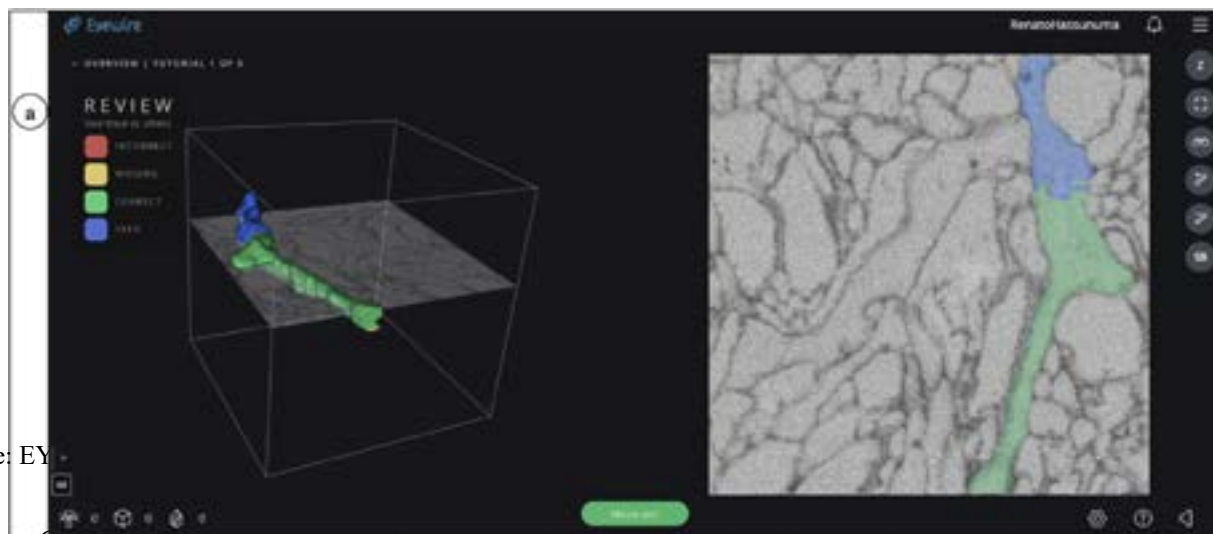
<b>Texto original</b>	<b>Tradução</b>
<i>Welcome to EyeWire! Here you'll learn how to map the brain. If you need to leave, your progress will be saved. The EyeWire Team. Let's go.</i>	Bem-vindo ao EyeWire! Aqui você aprenderá a mapear o cérebro. Se você precisar partir, seu progresso será salvo. A Equipe EyeWire. Vamos lá.
<i>To your left you see a neuron branch in a 3D cube, colored blue. Click and drag to move it. Ok.</i>	À sua esquerda você vê um ramo de neurônio em um cubo tridimensional, colorido de azul. Clique e arraste para movê-lo. Ok.
<i>Cool! Now try to scrolling to zoom in and out. Ok.</i>	Legal! Agora tente rolar [com a roda do mouse] para ampliar e reduzir [a imagem]. Okey.
<i>On the right you see a 2D cross section of this cube. Scroll or use your ↑ and ↓ arrow keys to move the plane. Notice the plane in the 3D cubes moves as you scroll. Ok.</i>	À direita, você vê uma seção transversal bidimensional deste cubo. Role [a roda do mouse] ou use as teclas de seta ↑ e ↓ para mover o plano. Observe que o plano no cubo tridimensional se move enquanto você rola. Okey.
<i>The blue segment is a piece of a neuron. The computer started coloring it but needs your help to finish mapping the branch to the other side of the cube. Ok.</i>	O segmento azul é um pedaço de um neurônio. O computador começou a colori-lo, mas precisa de sua ajuda para terminar de mapear a ramificação para o outro lado do cubo. Ok.
<i>The 2D slice is like a coloring book. Color inside the dark lines. Click the blinking area to color it.</i>	A fatia bidimensional é como um livro para colorir. Cor dentro das linhas escuras. Clique na área piscando para colori-la.

<i>Cool. Now scroll through to find the rest of the pieces. Don't worry – even if you're wrong, you won't hurt science.</i>	Legal. Agora role para encontrar o resto das peças. Não se preocupe – mesmo que você esteja errado, você não vai ferir a ciência.
<i>Nice work! You've found almost every piece that was missing. When you're finished, click "Check my work". Ok.</i>	Bom trabalho! Você encontrou quase todas as peças que estavam faltando. Quando terminar, clique em "Verificar meu trabalho". Ok.
<i>Oops, that piece isn't part of the neuron being traced.</i>	Ops, esse pedaço não faz parte do neurônio que está sendo rastreado.
<i>Try again, or if you're having trouble get a hint by clicking on the "?" at the bottom right. Ok.</i>	Ops, esse pedaço não faz parte do neurônio que está sendo rastreado. Tente novamente, ou se você estiver tendo problemas, obtenha uma dica clicando no botão "?" no canto inferior direito. Ok.
<i>If you having trouble with this one, you can watch this video walkthrough. Ok.</i>	Se você tiver problemas com este, você pode assistir a este vídeo do passo a passo. Ok.
<i>You got 100% correct. First cube complete! After each cube you will be able to check your work. When you've finished reviewing, click "Move on!" at the bottom of the screen. Ok.</i>	Você acertou 100%. Primeiro cubo completo! Após cada cubo você poderá conferir seu trabalho. Quando terminar de revisar, clique em "Seguir em frente!" na parte inferior da tela. Ok.
<i>REVIEW Your trace vs. others Incorrect Missing Correct Seed Move on!</i>	REVISÃO Seu rastreamento versus de outros [jogadores] Incorreto Faltando Correto Semente Prossiga!

Fonte: Autores, 2024.

Sobre o Quadro 2, vale informar que a porcentagem de acerto da última janela depende do volume do neurito investigado que o jogador conseguiu localizar. Após selecionar as regiões do neurito e clicar no botão Check my work (Verifique meu trabalho), será apresentado os resultados do Tutorial 1, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Revisão do Tutorial 1



Fonte: EY

Observe na Figura 3 que em Review (a) (REVISÃO), o EyeWire exibe em azul a região originalmente localizada pela IA denominada semente (Seed), em verde as regiões do neurito que o usuário conseguiu localizar corretamente (Correct), em vermelho as regiões selecionadas incorretamente (Incorrect) e em amarelo as áreas que o usuário não conseguiu localizar (Missing). Após analisar a revisão da atividade, o jogador pode prosseguir para o segundo tutorial clicando no botão Move on! (Prossiga).

Caso o professor ou os alunos tiverem dificuldade para resolver o quebra-cabeça, o tutorial indica consultar o vídeo passo-a-passo disponível no canal do EyeWire no YouTube por meio do link: <https://www.youtube.com/@EyeWirer/videos>. Os vídeos dos tutoriais podem auxiliar o usuário a como obter 100% da pontuação do desafio.

### 3.4 Tutorial 2

No Tutorial 2, o jogador é apresentado a um outro desafio semelhante. É apresentado o trecho de um neurito (semente) e o jogador deve completar o restante do segmento do neurônio. Os textos apresentados no segundo tutorial estão apresentados e traduzidos no Quadro 3.

Quadro 3 – Tutorial 2

Texto original	Tradução
<i>Before you start your next neuron, take a look at chat in the bottom left corner. If you have a question, don't be afraid to ask! Let us how you're doing.</i>	Antes de começar o seu próximo neurônio, dê uma olhada no chat no canto inferior esquerdo. Se você tiver alguma pergunta, não tenha medo de perguntar! Deixe-nos saber como você está fazendo.
<i>Here's another branch. Remember to scroll all the way through – make sure you've found all the missing pieces.</i>	Aqui está outro ramo. Lembre-se de rolar até o final – certifique-se de ter encontrado todas as peças faltantes.
<i>If you having trouble with this one, you can watch this video walkthrough. Ok.</i>	Se você tiver problemas com este, você pode assistir a este vídeo do passo a passo. Ok.

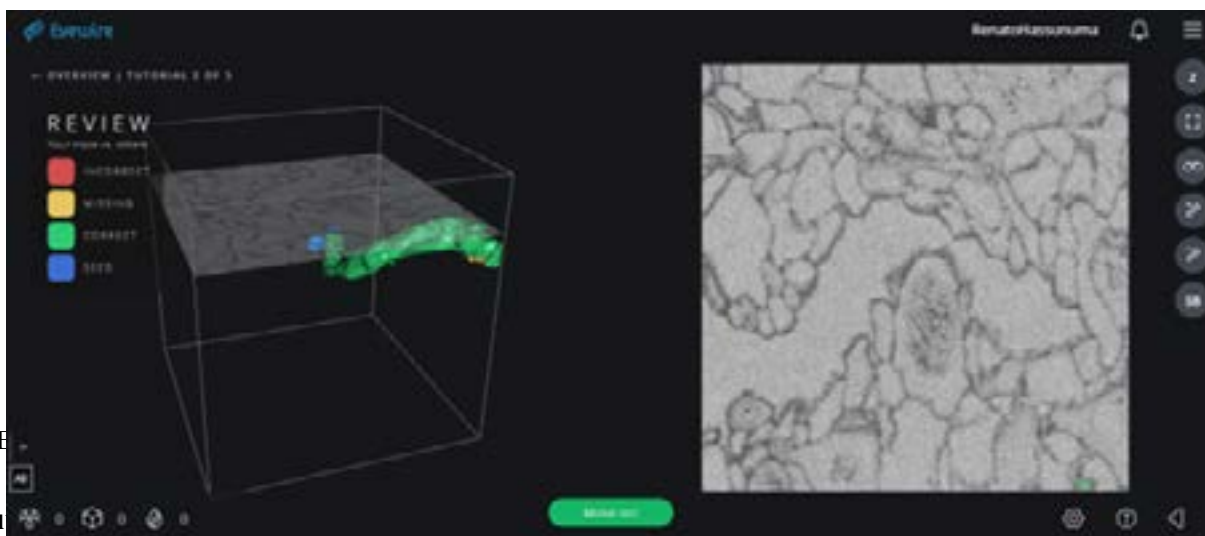


<p><i>You got 100% correct.</i>  <i>When you've finished looking over your work, click "Move on!" bottom to proceed.</i>  <i>Ok.</i></p>	<p>Você acertou 100%.                  Quando terminar de examinar seu trabalho, clique em "Seguir em frente!" na parte inferior para prosseguir.                  Ok.</p>
<p><i>REVIEW</i>  <i>Your trace vs. others</i>  <i>Incorrect</i>  <i>Missing</i>  <i>Correct</i>  <i>Seed</i>  <i>Move on!</i></p>	<p>REVISÃO                  Seu rastreamento versus de outros [jogadores]                  Incorreto                  Faltando                  Correto                  Semente                  Prossiga!</p>

Fonte: Autores, 2024.

Após selecionar todas as regiões do neurito encontradas, o jogador deve clicar no botão Check my work (Verifique meu trabalho) para checar os resultados do Tutorial 2, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Revisão do Tutorial 2



Fonte: EyeWire

3.5 Tu

No Tutorial 3 do EyeWire, o jogador aprende a utilizar os comandos para apagar partes de neuritos que foram selecionados incorretamente (pressionando o botão direito do mouse ou usando as teclas Ctrl + botão direito do mouse) e para ocultar um trecho do neurito selecionado corretamente (tecla Shift + clique no botão direito do mouse). Estes comandos ajudam a melhorar a visualização das estruturas neuronais e aumentam a pontuação do jogo. Os textos apresentados no terceiro tutorial estão apresentados e traduzidos no Quadro 4.

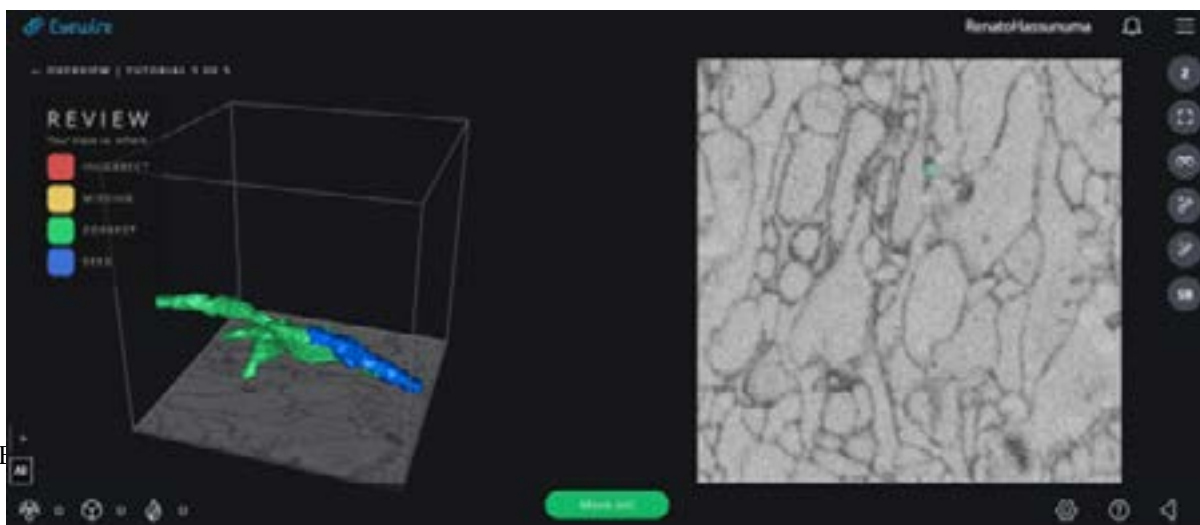
Quadro 4 – Tutorial 3

<b>Texto original</b>	<b>Tradução</b>
<i>Let's color another neuron. This one will be more challenging.</i> <i>Let's go.</i>	Vamos colorir outro neurônio. Este será mais desafiador. Vamos lá.
<i>Keep an eye on the progress bar as you play. A fully green bar means you have found all the missing pieces!</i> <i>Ok.</i>	Fique de olho na barra de progresso enquanto joga. Uma barra totalmente verde significa que você encontrou todas as peças faltantes! Ok.
<i>Here's another trick. Try clicking on a piece that is clearly not correct.</i>	Aqui está outro truque. Tente clicar em uma peça que claramente não está correta.
<i>Now remove it with a right click or Ctrl+click.</i>	Agora remova-a com o clique no botão direito [do mouse] ou Ctrl + clique.
<i>Awesome!</i> <i>Sometimes a painted piece makes it hard to see a boundary clearly. You can hide the coloring by hitting the shift key. Try it!</i>	Incrível! Às vezes, uma peça pintada torna difícil ver claramente um limite. Você pode esconder a coloração apertando a tecla shift. Tente!
<i>Great!</i> <i>Now we'll let you loose to try on your own. Be free little bird!</i> <i>Try clicking the ? symbol in the lower right corner of your screen if you forget your commands or need a hint.</i> <i>Ok.</i>	Ótimo! Agora vamos deixar você tentar por conta própria. Seja livre, pequeno pássaro! Tente clicar no botão “?” no canto inferior direito da tela se você esquecer seus comandos ou precisar de uma dica. Ok.
<i>You got 100% correct.</i> <i>When you've finished looking over your work, click "Move on!" bottom to proceed.</i> <i>Ok.</i>	Você acertou 100%. Quando terminar de examinar seu trabalho, clique em “Seguir em frente!” na parte inferior para prosseguir. Ok.
<i>REVIEW</i> <i>Your trace vs. others</i> <i>Incorrect</i> <i>Missing</i> <i>Correct</i> <i>Seed</i> <i>Move on!</i>	REVISÃO Seu rastreamento versus de outros [jogadores] Incorreto Faltando Correto Semente Prossiga!

Fonte: Autores, 2024.

Ao clicar no botão Check my work (Verifique meu trabalho), o jogador observa os resultados do Tutorial 3, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Revisão do Tutorial 3



Fonte: EyeWire

3.6 Tutorial 4

No Tutorial 4, todas as áreas selecionadas pelo usuário são marcadas em verde na imagem, independentemente se a seleção está certa ou errada. A indicação de erro é apresentada na barra de pontuação, onde a inclusão de uma área errada cria uma barra vermelha. Os textos apresentados no quarto tutorial estão apresentados e traduzidos no Quadro 5.

Quadro 5 – Tutorial 4

Texto original	Tradução
<i>You're on your way to becoming an EyeWire expert! From now on, everything you add will be colored light blue regardless of correctness. Let's go.</i>	
<i>If your progress bar starts turning red, it means you're adding incorrect pieces. Erase them using the right-click command.</i>	
<i>You got 100% correct. When you've finished looking over your work, click "Move on!" bottom to proceed. Ok.</i>	
<i>REVIEW Your trace vs. others Incorrect Missing Correct Seed Move on!</i>	REVISÃO Seu rastreamento versus de outros [jogadores] Incorreto Faltando Correto Semente Prossiga!

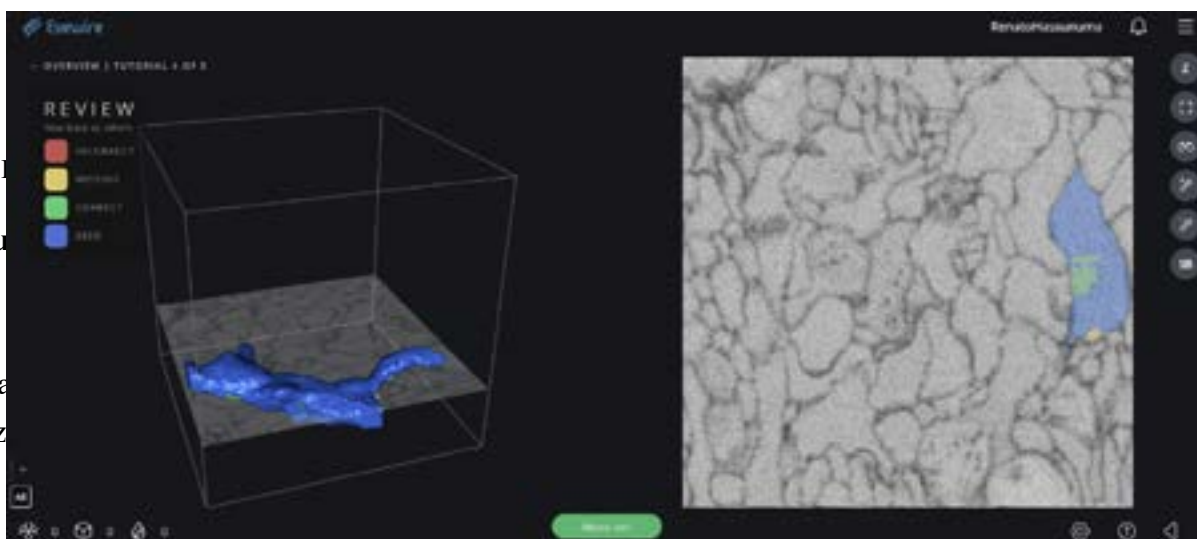
Fonte: Autores, 2024.

Na tradução observada, foi percebido um erro na primeira janela de texto, uma vez que as novas

áreas selecionadas são apresentadas em verde e não em azul como indicado no texto. Espera-se que este erro seja corrigido em futuras atualizações do jogo.

Ao final deste tutorial, ao clicar no botão Check my work (Verifique meu trabalho), o jogador observa os resultados do Tutorial 4, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Revisão do Tutorial 4



Fonte: [illegible]  
 3.7 Tu  
 rastrea  
 traduz

precisa  
 ados e

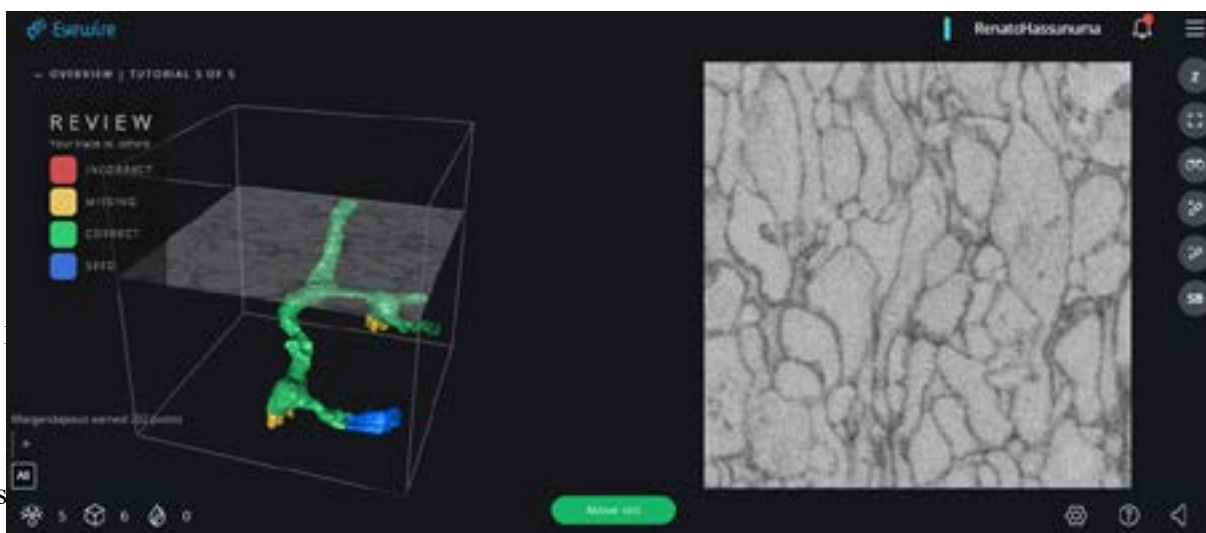
Texto original	Tradução
<i>Good work. You've arrived at the last tutorial cube. Let's go.</i>	Bom trabalho. Você chegou ao último cubo do tutorial. Vamos lá.
<i>This is the last cube that will have a progress bar. Once you've finished this tutorial and the practice cubes that follow, you'll move on to real cubes. For science! Ok.</i>	Este é o último cubo que terá uma barra de progresso. Uma vez que você tenha terminado este tutorial e os cubos de prática que o seguem, você passará para os cubos reais. Pela ciência! Ok.

<p><i>This branch is tricky because it forks in many places.</i>  <i>Try following one branch at a time. Once you've reached the end of a branch, backtrack to the fork, and do the next branch.</i>  <i>Consult the 3D view often. It's very helpful for cases like this.</i>  <i>Ok.</i></p>	<p>Este ramo é complicado porque se bifurca em vários lugares.                  Tente seguir um ramo de cada vez. Uma vez que você tenha alcançado o final de um ramo, volte até a bifurcação e faça o próximo ramo.                  Consulte a visão tridimensional com frequência. É muito útil para casos como este.                  Ok.</p>
<p><i>You got 100% correct.</i>  <i>Congratulations!</i>  <i>You've finished the tutorials. You're now ready to move up to practice cubes.</i>  <i>Ok.</i></p>	<p>Você acertou 100%.                  Parabéns!                  Você concluiu os tutoriais. Agora você está pronto para avançar para os cubos práticos.                  Ok.</p>
<p><i>REVIEW</i>  <i>Your trace vs. others</i>  <i>Incorrect</i>  <i>Missing</i>  <i>Correct</i>  <i>Seed</i>  <i>Move on!</i></p>	<p>REVISÃO                  Seu rastreamento versus de outros [jogadores]                  Incorreto                  Faltando                  Correto                  Semente                  Prossiga!</p>

Fonte: Autores, 2024.

Ao final deste tutorial, ao clicar no botão Check my work (Verifique meu trabalho), o jogador observa os resultados, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Revisão do Tutorial 5



Fonte:

corres...), que... rra de... progresso. Uma sugestão é que estes próximos cinco desafios sejam usados como exercícios pelos alunos para que possam avaliar o seu nível de aprendizado e melhorar seu desempenho usando o software. A

avaliação pode ser feita por meio da pontuação que o aluno obtém ao final de cada cubo prático.

### 3.8 Importância didática do jogo

Ao utilizar o jogo Eyewire em sala de aula, o professor apresenta um recurso didático e de pesquisa que aborda vários conceitos diferentes. O primeiro e mais importante consiste no conceito de ciência cidadã, em que pessoas não especialistas podem colaborar na resolução de problemas associados a investigações científicas (SØRENSEN et al., 2016), uma forma de desenvolvimento de pesquisas já consagradas por outros jogos como o Foldit (HASSUNUMA; YONEZAWA, 2022) e pelo EteRNA (LUIZ et al., 2023).

Um outro conceito interessante que o aluno pode aprender ao jogar o EyeWire é o de gamificação, que corresponde à aplicação de elementos do jogo num contexto não relacionado com jogos (SØRENSEN et al., 2016).

Um fator óbvio para se utilizar o jogo estudado em sala de aula se deve a motivação dos alunos. Estudos sugerem que os jogadores de EyeWire sejam motivados a continuar jogando por diferentes motivos, sendo o dominante a “contribuição para o projeto”, com “melhoria do conhecimento científico pessoal”, “diversão” e “aprendizado” mencionados com quase a mesma frequência (TINATI et al., 2016).

O EyeWire permite que o jogador converse, colabore e receba ajuda de outros usuários em tempo real por meio do chat, o que estimula a comunicação e a sociabilização dos estudantes (COOPER et al., 2018).

Um outro fator a ser considerado é que quando um professor apresenta um jogo de ciência cidadã a uma turma, ele está capacitando mais pessoas a contribuir com descobertas científicas; ressaltando que o jogo apresenta um recurso denominado Interface EyeWire Tracer (lançado em dezembro de 2016), em que pesquisadores podem depositar no site dados de suas próprias pesquisas para utilizar a comunidade de jogadores do EyeWire para auxiliar no mapeamento de neurônios (COOPER et al., 2018).

Duas descobertas científicas que utilizaram o EyeWire como recurso de pesquisa se destacam. A primeira delas foi realizada pela equipe conduzida Kim et al. em 2014, os quais utilizaram os recursos do jogo para realizar reconstruções de células amácrinas Starburst e de células bipolares do tipo OFF de camundongos para criar um modelo de como as direções dos estímulos em movimento são integradas a partir de entradas da retina. Esta pesquisa auxiliou cientistas a entender melhor como a retina de mamíferos detecta movimentos, um problema clássico da neurociência visual que estava sem solução há mais de meio século.

A segunda descoberta foi realizada por Vishwanathan et al. em 2017, os quais obtiveram evidências da ocorrência de sinapses entre neurônios integradores no peixe-zebra. Este trabalho incluiu a reconstrução de células com a contribuição de cientistas profissionais usando a interface Eyewire Tracer.

Estas duas pesquisas reforçam a confiabilidade nos resultados obtidos utilizando o EyeWire, mostrando que o jogo pode ser eficaz no desenvolvimento de capacidades visuoespaciais de forma mais eficaz do que os métodos tradicionais de recrutamento e de capacitação de cientistas especializados. Além de ser mais eficaz do que os recursos de inteligência artificial disponíveis na época (KIM et al., 2014).

Vale ressaltar também que o EyeWire possui um sistema de pontuação que além de motivar o jogador a competir por uma posição melhor no ranking mundial, também auxilia pesquisadores a verificar qual jogador está mais próximo da estrutura real da amostra analisada, contribuindo para o controle da

precisão dos resultados (COOPER et al., 2018).

Lembrando também que a experiência do jogador também pode ser verificada analisando a quantidades de cubos resolvidos pelo mesmo. Além disso, os resultados obtidos pelo jogo são posteriormente tratados com um outro programa denominado GrimReaper, uma versão especializada do jogo interpretada por especialistas que corresponde a um segundo estágio de correção de erros cometidos pelos jogadores, aumentando a precisão dos resultados (KIM et al., 2014).

Estudos indicam que existem milhares de usuários registrados, com uma ampla gama de idades, níveis educacionais, de mais de 130 países, sendo a maioria sem treinamento formal na área de neurociências. Assim é possível concluir que o EyeWire amplia e democratiza a participação da população em pesquisas na área (KIM et al., 2014).

### 3.9 Pontos positivos e negativos da aplicação didática do jogo EyeWire

Durante a tradução e análise dos tutoriais, foram estabelecidos alguns pontos positivos e negativos deste recurso didático que estão apresentados de forma resumida no Quadro 7.

Quadro 7 – Pontos positivos e negativos observados na análise dos tutoriais do EyeWire

Pontos positivos	Pontos negativos
1. O jogo não requer compra de software ou assinatura de contas pagas.	1. É necessário um laboratório de informática com computadores e internet para que o jogo e as atividades possam ser desenvolvidos.
2. Permite apresentar a morfologia de neurônios de uma abordagem lúdica.	2. Embora os neuritos sejam apresentados, não é possível observar nos cubos, a estrutura completa de um neurônio.
3. O jogo é uma oportunidade de os alunos aprenderem a utilizar recursos computacionais e uma forma de o professor introduzir seu uso em atividades práticas.	3. A interface do jogo pode ser complexa para usuários de computador iniciantes, podendo necessitar de atenção especial durante o processo de aprendizagem.
4. O jogo pode estimular a aprendizagem ativa e motivar os alunos por meio de desafios práticos.	4. Não há de recursos de acessibilidade para usuários com deficiências visuais ou motoras.
5. O jogo oportuniza a sociabilização de alunos, por meio da colaboração e interação entre usuários.	5. Para utilizar o jogo, é necessário que o professor disponha de tempo em sua disciplina, pois a resolução de tutoriais poderá levar algum tempo pelos alunos.
6. Contribui para a pesquisa em neurociência através da ciência cidadã, integrando alunos em projetos globais.	6. Certas dificuldades que possam ocorrer na utilização do computador ou da interface do jogo podem desmotivar alunos muito inexperientes.

Fonte: Autores, 2024.

O EyeWire corresponde a uma ferramenta didática aplicada à Aprendizagem Baseada em Jogos (ABJ), que surge como uma estratégia promissora para motivar alunos e promover uma profundidade de aprendizagem em uma variedade de ambientes e assuntos educacionais (EDWARDS et al., 2023).

Vale ressaltar que alguns pontos negativos apresentados no Quadro 7, podem levar a desafios

na implementação do EyeWire em sala de aula, como a necessidade de utilização de computadores, a complexidade inicial da interface, a disponibilidade de conexão à internet estável. Entretanto, caso a instituição de ensino já disponha de um laboratório de informática, os demais pontos podem ser facilmente resolvidos com a ajuda de alunos-monitores ou de jogadores mais experientes.

#### 4 CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou a aplicabilidade do tutorial do jogo EyeWire como atividade didática direcionada para alunos de Ensinos Médio e Superior. O tutorial corresponde a uma gamificação que prepara o usuário para atividades de ciência cidadã no intuito de auxiliar no mapeamento de neurônios. No tutorial, a aprendizagem é ativa e possui potencial para motivar e superar algumas das limitações dos métodos tradicionais de ensino.

A análise dos tutoriais e funcionalidades do EyeWire revelou por meio destes, o usuário é capacitado a aprender a localizar fragmentos de neuritos em imagens de microscopia eletrônica de transmissão. Adicionalmente, o tutorial prepara os alunos para contribuir em pesquisas reais, o que aumenta ainda mais a relevância deste recurso didático. Contudo, a implementação do EyeWire nas práticas educativas enfrenta desafios, incluindo a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e de competências digitais tanto por parte dos alunos quanto dos educadores.

No contexto de avaliação do software, é interessante que futuras pesquisas sejam desenvolvidas no intuito de verificar o impacto do uso do EyeWire no desempenho acadêmico e na motivação dos alunos. Além disso, seria importante verificar também a percepção dos educadores sobre esta ferramenta didática como forma de gamificação do ensino.

#### CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse na presente pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

COOPER, S.; STERLING, A. L. R.; KLEFFNER, R.; SILVERSMITH, W. M.; SIEGEL, J. B. Repurposing citizen science games as software tools for professional scientists. **F. D. G.**, v. 2018, p. 39, 2018 Aug. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6241531/>. Acesso em: 01 abr. 2024.

DAS, R.; KEEP, B.; WASHINGTON, P.; RIEDEL-KRUSE, I. H. Scientific discovery games for biomedical research. **Annu. Rev. Biomed. Data Sci.**, v. 2, n. 1, p. 253-79, 2019 Jul. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8297398/>. Acesso em: 01 abr. 2024.

EYEWIRE. Disponível em: <https://eyewire.org/>. Acesso em: 21 mar. 2024.

EDWARDS, S. L.; GANTWERKER, E.; COSIMINI, M.; CHRISTY, A. L.; KAUR, A. W.; HELMS, A. K.; STIVER, M. L.; LONDON, Z. Game-based learning in neuroscience: key terminology, literature survey, and how to guide to create a serious game. **Neurology Education**, v. 2, n. 4, p. e200103, 2023 Dec. Disponível em: <https://www.neurology.org/doi/full/10.1212/NE9.000000000200103>. Acesso em: 22 mar. 2024.



HASSUNUMA, R. M.; YONEZAWA, W. M. Aplicação didática do jogo Foldit no ensino de design e edição de proteínas. **Rev. Multi. Educação e Meio Amb.**, v. 4, n. 4, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/3447>. Acesso em: 3 abr. 2024.

HELMSTAEDTER, M.; BRIGGMAN, K. L.; TURAGA, S. C.; JAIN, V.; SEUNG, H. S.; DENK, W. Connectomic reconstruction of the inner plexiform layer in the mouse retina. **Nature**, v. 500, n. 7461, p. 168-74, 2013 Aug. 8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature12346>. Acesso em: 01 abr. 2024.

KIM, J. S.; GREENE, M. J.; ZLATESKI, A.; LEE, K.; RICHARDSON, M.; TURAGA, S. C.; PURCARO, M.; BALKAM, M.; ROBINSON, A.; BEHABADI, B. F.; CAMPOS, M.; DENK, W.; SEUNG, H. S.; EYEWIRERS. Space-time wiring specificity supports direction selectivity in the retina. **Nature**, v. 509, n. 7500, p. 331-6, 2014 May 15. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4074887/>. Acesso em: 01 abr. 2024.

LUIZ, I. L.; HASSUNUMA, R. M.; GARCIA, P. C.; MESSIAS, S. H. N. Aplicação didática de quebra-cabeças do jogo EteRNA para o ensino sobre a edição e dobramento de moléculas de RNA. **Rev. Multi. Educação e Meio Amb.**, v. 4, n. 4, p. 1-18, 2023. Disponível em: <https://editoraintegrar.com.br/publish/index.php/rema/article/view/4169>. Acesso em: 3 abr. 2024.

ROSKAMS, J.; POPOVIĆ, Z. Power to the people: addressing big data challenges in neuroscience by creating a new cadre of citizen neuroscientists. **Neuron**, v. 92, n. 3, p. 658-64, 2016 Nov. 2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27810012/>. Acesso em: 01 abr. 2024.

SØRENSEN, J. J.; PEDERSEN, M. K.; MUNCH, M.; HAIKKA, P.; JENSEN, J. H.; PLANKE, T.; ANDREASEN, M. G.; GAJDACZ, M.; MØLMER, K.; LIEBEROTH, A.; SHERSON, J. F. Exploring the quantum speed limit with computer games. **Nature**, v. 532, n. 7598, p. 210-3, 2016 Apr. 14. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature17620>. Acesso em: 03 abr. 2024.

TINATI, R.; LUCZAK-ROESCH, M.; SIMPERL, E.; HALL, W. "Because science is awesome": studying participation in a citizen science game. **Proceedings of the 8th ACM Conference on Web Science**, p. 45-54, 2016 May. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2908131.2908151>. Acesso em: 01 abr. 2024.

TINATI, R.; LUCZAK-ROESCH, M.; SIMPERL, E.; HALL, W. An investigation of player motivations in Eyewire, a gamified citizen science project. **Computers in Human Behavior**, v. 73, p. 527-40, 2017 Aug. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563216309037>. Acesso em: 01 abr. 2024.

VISHWANATHAN, A.; DAIE, K.; RAMIREZ, A. D.; LICHTMAN, J. W.; AKSAY, E. R. F.; SEUNG, H. S. Electron microscopic reconstruction of functionally identified cells in a neural integrator. **Curr. Biol.**, v. 27, n. 14, p. 2137-2147.e3, 2017 Jul. 24. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5569574/>. Acesso em: 03 abr. 2024.