

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA**

O uso sustentável de recursos comuns em um jogo digital

*Marlon Alexandre de Oliveira*

São Carlos

2022

O uso sustentável de recursos comuns em um jogo digital

*Marlon Alexandre de Oliveira*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Psicologia.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Coelho de Rose.



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas  
Programa de Pós-Graduação em Psicologia

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Marlon Alexandre de Oliveira, realizada em 27/09/2022.

#### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Júlio César Coelho de Rose (UFSCar)

Profa. Dra. Camila Domeniconi (UFSCar)

Prof. Dr. Marcelo Frota Lobato Benvenuti (IP/USP)

Prof. Dr. Pedro Bordini Faleiros (UNIMEP)

Profa. Dra. Verônica Bender Haydu (UEL)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia.

## Apoio



O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), do qual faz parte o Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos (PPGpsi/UFSCar).



O presente foi desenvolvido no âmbito do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento, Cognição e Ensino (INCT-ECCE, Processos CNPq 465686/2014-1 e FAPESP 2014/50909-8) que forneceu boa parte da infraestrutura necessária para a realização da pesquisa.

## Agradecimentos

Apesar de conduzida por mim, esta pesquisa contou com a colaboração direta ou indireta de várias pessoas que me acolheram ou ajudaram em diferentes momentos. Esses momentos veem a mim como pequenos lampejos de luz iluminando boas lembranças e que são tempos em tempos revisitadas. Colegas do Laboratório de Estudos do Comportamento Humano, amigos, orientadores, familiares e participantes da pesquisa, vocês são parte de um todo que resultou em minha tese.

Agradeço a minha família por todo suporte, principalmente: minha mãe Josefina, meu pai Mario, minha irmã Talita e minha Tia Maria. Sou grato por tudo que me forneceram ao longo desta jornada. Agradeço de coração o suporte e momentos felizes propiciados pelos meus amigos: Gustavo Seloti, Gustavo Lavandeira, Camila Marchiori, Liliane Baldin, Eduardo Vasconcelos, Thiago Takeshi, Camila Cerminaro, Táhcita, Umbelino, Lucas De Vitto, Lucas Paes, Wilbert, Dilson, Leonardo Gomes, Leonardo Bonetti, Reidun Victoria e Anderson. Impossível esquecer de agradecer pela parceria de Bárbara e Filipe, os tesouros que o doutorado concedeu. Agradeço à Denise pela colaboração nas pesquisas e pelas conversas que deixavam a vida acadêmica mais leve. Ao Julio Camargo, eu devo dizer que nunca terei palavras para agradecer as várias sugestões para a presente tese e por me auxiliar com seus conhecimentos quando solicitei, você foi importante!

Em especial, agradeço meu orientador Júlio de Rose por ter acreditado em mim, sempre incentivando minhas ousadas aventuras pelo campo da programação e por ter criado condições para ampliar meu repertório, além de abrir portas para realizar parte da redação deste trabalho em Oslo, na Noruega. Professor Júlio, acho que suas orientações sempre foram no sentido de descrever esta regra: seja curioso e sempre faça o melhor trabalho possível! Foi uma honra trabalhar por tantos anos com você.

Agradeço imensamente aos professores Verônica, Marcelo, Pedro e Camila pela leitura cuidadosa do texto e pelas contribuições para a versão final desta tese. Por fim, fecha-se um ciclo e outro começa. Saúdo a todos que estiveram comigo durante esta jornada!

晴耕雨読 *Seiko udoku* – “ cultive quando fizer sol, leia quando chover. ”

(Ditado japonês. Possivelmente, refere-se à: “*cada coisa tem seu tempo*”).

*" O erro é a ponte pela qual iremos ao caminho do acerto. "*

(Autor desconhecido)

### **Ausência**

*“ Por muito tempo achei que a ausência é falta.*

*E lastimava, ignorante, a falta.*

*Hoje não a lastimo.*

*Não há falta na ausência.*

*A ausência é um estar em mim.*

*E sinto-a, branca, tão pegada, aconchegada nos meus braços,*

*que rio e danço e invento exclamações alegres,*

*porque a ausência, essa ausência assimilada,*

*ninguém a rouba mais de mim. “*

(Carlos Drummond de Andrade)

de Oliveira, M. A. (2022). *O uso sustentável de recursos comuns em um jogo digital* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 98 pp.

Esta tese está em formato de artigos compostos por três capítulos. O primeiro capítulo apresenta um artigo teórico sobre sustentabilidade, uso dos recursos de acesso comum e os estudos analítico-comportamentais relacionados a sustentabilidade ambiental. Este artigo visa, a partir de uma descrição dos conceitos de sustentabilidade e recurso de acesso comum, apontar como se dá a pesquisa sobre promoção do uso de bens coletivos na análise experimental do comportamento e discutir possíveis variáveis dependentes a serem investigadas por meio de jogos digitais. O segundo capítulo se encontra em formato de artigo científico e está escrito na língua inglesa. O conteúdo dele envolve um experimento realizado com seis crianças expostas individualmente ao jogo digital *Fishing Cards* que envolveu em uma primeira fase capturar peixes por meio da escolha de cartas com figuras de tecnologias de pesca (vara de pesca, barco pescador e radar), as quais tinham diferentes capacidades de extração dos recursos comuns e deveriam ser utilizadas para pescar em partidas sucessivas, até a conclusão. Todavia, em uma fase posterior, os recursos eram limitados e compartilhados com jogadores virtuais. Diante desse desafio, os participantes vitoriosos jogaram de maneira a promover sustentabilidade dos recursos e adicionalmente se mantiveram “vivos” ao longo das jogadas. O experimento do segundo capítulo identificou que os jogadores apresentam padrões de respostas de uso sustentável dos recursos naturais renováveis. Observou-se mudanças na velocidade de pesca e escolhas de cartas com menores capacidades de extração do recurso para prover sua manutenção. A principal contribuição do experimento foi demonstrar em um contexto de jogo digital, crianças podem adotar diferentes estratégias para superar a extinção dos bens comuns por meio do aumento no intervalo entre suas respostas e alterando a quantidade de extração. Por fim, o terceiro capítulo apresenta outro artigo científico, porém, diferentemente do anterior, ele está em português. No experimento do terceiro capítulo utilizou-se uma versão adaptada do jogo digital para permitir coleta remota em que adultos e adolescentes deveriam capturar peixes de maneira idêntica ao experimento anterior, lidando com o mesmo desafio. Os resultados encontrados foram a ausência de diferenças entre o manejo do recurso pelos grupos de adultos e adolescentes, novamente a diminuição no ritmo da velocidade de pesca e alocação do uso das cartas foram uma estratégia eficaz para vencer o jogo. De forma geral, os achados dos experimentos revelaram que o jogo *Fishing Cards* avança na compreensão do conflito entre as consequências individuais e imediatas atuantes em um cenário de Tragédia dos Comuns, mostrando a possibilidade de modelar um comportamento individual que em longo prazo estabelece consequências de reforçamento positivo para o bem coletivo (i. e., conservação dos recursos naturais renováveis de acesso comum).

Palavras-chave: extração de recursos; recurso de acesso comum; sustentabilidade; jogo digital, aprendizagem.

de Oliveira, M.A. (2022). *The sustainable use of common resources in a digital game* (Doctoral Thesis). Graduate Program in Psychology, Federal University of São Carlos, São Carlos, SP, Brazil. 98 pp.

The PhD dissertation contains three chapters in paper format. The first chapter presents a theoretical article about sustainability, the use of common access resources and analytical-behavioral studies related to environmental sustainability. It aims, from a description of the concepts of sustainability and common access resources, to point out how research on promoting the use of collective goods in the experimental analysis of behavior is carried out and to discuss possible dependent variables to be investigated through digital games. The second chapter is in the format of a scientific paper and is written in English. Its content involves an experiment carried out with six children individually exposed to a digital game named Fishing Cards, in which in the first stage they captured fish by choosing cards with pictures related to fishing technologies (fishing rod, fishing boat and radar), which had different capacities to the extraction of common resources and should be used to fish in successive rounds, until completion. However, at a later stage, resources were limited and shared with virtual players. Faced with this challenge, the victorious participant played in a way that promoted the sustainability of resources and remained “alive” throughout the rounds. The experiment in the second chapter identified that the players present response patterns of sustainable use of renewable natural resources. Changes were observed in fishing speed and choices of cards with lower resource extraction capabilities to provide maintenance. Its main contribution was to demonstrate, in a digital game context, children can adopt different strategies to overcome the extinction of the commons by increasing the interval between their responses and changing the amount of extraction. Finally, the third chapter presents another scientific paper, however, unlike the previous one, it is in Portuguese. In the experiment of the third chapter, an adapted version of the digital game was used to allow remote collection in which adults and adolescents had to capture fish identically to the previous experiment, dealing with the same challenge. The results found were the absence of differences between the management of the resource by the groups of adults and adolescents, again the decrease in the pace of fishing speed and the allocation of the use of cards was an effective strategy to win the game. In general, the findings of the experiments revealed that the game Fishing Cards advances in the understanding of the conflict between the individual and immediate consequences acting in a scenario of Tragedy of the Commons, showing that individual behavior can be modeled in the long term establishes consequences of reinforcement positive for the collective good (i.e. conservation of commonly available renewable natural resources).

Keywords: resource extraction; common-pool resource; sustainability; digital game, learning.

# Sumário

<b>CAPÍTULO 1 – ARTIGO TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>2</b>
<b>1. A ORIGEM DO TERMO SUSTENTABILIDADE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS DE ACESSO COMUM.....</b>	<b>4</b>
<b>3. DEFINIÇÕES TEÓRICAS DENTRO E FORA DA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. CONFLITOS ENTRE AS CONSEQUÊNCIAS E O JOGO DILEMA DOS COMUNS .....</b>	<b>10</b>
<b>5. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO: ESTUDOS APLICADOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O USO DE RECURSO COMUM</b>	<b>12</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO DO EXPERIMENTO 1.....</b>	<b>26</b>
<b>RESPONSE RATIO AND INTER-RESPONSE TIME "AS STRATEGIES" TO MANAGE COMMON-POOL</b>	
<b>RESOURCES IN A DIGITAL GAME.....</b>	<b>26</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>26</b>
<b>METHOD .....</b>	<b>30</b>
<i>Setting, Materials and Equipment.....</i>	<i>31</i>
<i>Experimental task: The game Fishing Cards .....</i>	<i>32</i>
<i>Procedure .....</i>	<i>36</i>
<i>Dependent Variables .....</i>	<i>39</i>
<i>Experimental design .....</i>	<i>40</i>
<b>RESULTS.....</b>	<b>40</b>
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>52</b>
<b>APPENDIX A.....</b>	<b>55</b>
<b>APPENDIX B.....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO 3 – ARTIGO DO EXPERIMENTO 2.....</b>	<b>60</b>
<b>INVESTIGANDO O USO DO RECURSO COMUM EM UM JOGO DIGITAL: MANEJOS DE ADULTOS E</b>	
<b>ADOLESCENTES .....</b>	<b>60</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>60</b>
<b>MÉTODO .....</b>	<b>64</b>
<i>Participantes.....</i>	<i>64</i>
<i>Tarefa experimental: O jogo Fishing Cards .....</i>	<i>65</i>
<i>Procedimento.....</i>	<i>67</i>
<i>Condições experimentais .....</i>	<i>67</i>
<i>Desenho experimental.....</i>	<i>71</i>
<i>Análise de dados .....</i>	<i>72</i>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

*“ No que vagueia os olhos, contudo, surpreende-se-lhe o imanecer da bem-aventura, transordinária benignidade, o bom fantástico. ”*

*(Guimarães Rosa)*

## APRESENTAÇÃO

A presente tese é composta por três capítulos apresentados em formato de artigos. O capítulo 1 é um aporte teórico desta tese e foi escrito em língua portuguesa. O primeiro capítulo teve como objetivo definir sustentabilidade ambiental, recursos naturais de acesso comum e os conflitos ao se lidar com o compartilhamento de bens coletivos, especialmente, os recursos naturais renováveis. Além disso, discute-se a promoção de uso sustentável dos recursos comuns dentro e fora da análise do comportamento. Ao final do referido capítulo indica-se caminhos para futuros experimentos. Posteriormente, esta tese apresenta dois novos capítulos. O capítulo 2 foi escrito em inglês e apresenta um experimento sobre o uso sustentável dos recursos comuns realizado com seis crianças. O estudo teve como o objetivo foi investigar se a restrição e limitação do recurso de acesso comum em um jogo digital produziria mudanças no comportamento de extração. Já o capítulo 3 prossegue com investigação da mesma questão, porém, ele foi escrito na língua portuguesa e apresenta um experimento realizado com adolescentes e adultos, expandindo a investigação para outras populações. Ademais, os capítulos 2 e 3 empregaram em seus experimentos um instrumento científico para pesquisa sobre o comportamento humano, especialmente desenvolvido para a presente tese: um jogo digital denominado *Fishing Cards*. Tal jogo teve como objetivo criar um cenário para que o jogador apresentasse uma extração isolada dos recursos renováveis de acesso comum e, posteriormente, manejar a renovação do recurso e manter-se vivo no jogo. Por fim, a conclusão desta tese estabelece uma discussão geral e sugestões para estudos futuros com o uso do jogo *Fishing Cards*.

## **CAPÍTULO 1 – ARTIGO TEÓRICO**

### **Resumo**

A análise do comportamento é uma ciência com potencial para contribuir na identificação de variáveis relacionadas aos comportamentos que promovem sustentabilidade ambiental, principalmente, quando experimentos estão inseridos na investigação de contingências envolvendo o uso dos recursos de acesso comum. Este artigo visa, a partir de uma descrição dos conceitos de sustentabilidade e recurso de acesso comum, apontar como se dá a pesquisa sobre promoção do uso de bens coletivos dentro e fora da análise do comportamento. Ademais, apresenta-se o jogo Dilema dos Comuns como um aporte teórico útil para auxiliar na elaboração de uma análise experimental do comportamento, na qual as respostas de extração dos recursos possam ser modeladas para preservação dos bens comuns em longo prazo. Durante o efeito de conflito entre consequências imediatas para os indivíduos e de longo prazo para o grupo que os compartilha, experimentos indicam que o tempo entre as respostas e a distribuição na alocação dos recursos são variáveis dependentes promissoras para medir um uso sustentável dos bens comuns. Destaca-se que o uso de jogos digitais tem tido resultados positivos para melhorar o controle experimental e aproximar a dinâmica do dilema ao se utilizar recursos com os quais as pessoas estão envolvidas em seus dia-a-dia.

## 1. A origem do termo sustentabilidade

A degradação do meio ambiente se acentuou na metade do século XVIII, devido à revolução industrial e ao aumento da produção e surgimento de novas tecnologias. Entretanto, Pott e Estrela (2017) comentam que somente ao final da década de 60 do século XX a questão ambiental começou a ser mais amplamente debatida na sociedade. Com base nesses debates, destaca-se uma das primeiras iniciativas para políticas públicas internacionais para preservação das reservas naturais, a Conferência mundial de Estocolmo.

Essa conferência foi realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), na Capital da Suécia em 1972 e reuniu 113 países para discutir ações que poderiam reduzir os impactos ambientais. Um dos principais produtos desta reunião foi um documento que indica 26 princípios para preservar e melhorar o meio ambiente dos seres humanos em benefício a gerações atuais e a posterioridade (ONU, 1972). Posteriormente, outra iniciativa global relevante para avançar com a questão foi a *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, liderada por Gro Harlem Brundtland, médica, diplomata e política norueguesa, que entre 1983 e 1987 presidiu uma comissão denominada *Brundtland*, vinculada à ONU e dedicada ao estudo do meio ambiente relacionado ao progresso humano. Os frutos desta iniciativa geraram o relatório *Nosso futuro comum* (CMMAD, 1991). Assim, sistematizou-se os problemas ambientais da década anterior e o relatório apresentava preocupações com maior foco sobre questões sociais, em que suprir as necessidades humanas e ao mesmo tempo preservar nosso meio ambiente são vistos como missões inseparáveis. A grande importância de todo este trabalho é apresentar pela primeira vez a definição de desenvolvimento sustentável, derivando os termos sustentabilidade e, mais precisamente, *sustentabilidade ambiental* (Dal Ben et al. 2016).

Com o advento do século XXI, está muito bem definido que proporcionar um ambiente sustentável é imprescindível para melhorar a vida da humanidade e o mundo para as próximas gerações. Para este período, a ONU por meio da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, fornece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que são ações globais de parcerias envolvendo todos os países para estratégias socioeconômicas para melhorar a saúde, educação e reduzir as desigualdades. Pode-se destacar, especialmente, o desenvolvimento sustentável relacionado às ações ambientais, como nas mudanças climáticas e seu impacto (13ª meta) e ao fornecer indicativos para preservar e usar de forma sustentável nossos oceanos, mares e recursos marinhos (14ª meta).

A partir das iniciativas descritas sobre as políticas públicas para sustentabilidade ambiental, fica claro a necessidade da extração moderada dos bens na promoção do nosso desenvolvimento social e a preservação da natureza. Ao acessar os recursos naturais, a sociedade deve preservá-los ao longo do tempo. Assim, conclui-se que: ser sustentável é conseguir atender na atualidade as necessidades de acesso da humanidade aos recursos naturais e renováveis, sem comprometer o acesso para as gerações futuras.

## **2. Sustentabilidade dos Recursos Naturais Renováveis de Acesso Comum**

A perda dos nossos recursos naturais renováveis, como por exemplo, florestas, reservas de água potável e áreas de pesca, tornou-se um problema global (Dietz et al., 2003; Ostrom, 2002, 2009). Uma das características desses recursos naturais é que eles são acessados e utilizados por um ou múltiplos indivíduos, o que os define como Recursos de Acesso Comum (CPR) - *Common Pool Resources* (Ostrom, 1990; 2002; 2009). Para ilustrar como um CPR pode ser ameaçado de extinção, pode-se pensar em um ambiente que é acessado como fonte de extração, por exemplo, uma área da floresta com madeira

de corte. No momento que um indivíduo extrai unidades de recurso desta área, uma parte do montante total disponível desaparece e, conforme o tempo passa, novos indivíduos irão realizar as mesmas ações e competir pelo recurso restante. Conforme o tempo passa, apesar de tais recursos terem capacidade de se renovarem, eles podem vir a se findar, especialmente, quando indivíduos extraem para obter o máximo possível do CPR e no tempo futuro exauri-lo.

Segundo Tourinho (2003) a análise de comportamento investiga fenômenos das relações dos organismos inseridos em seus ambiente físico e social. Assim, a abordagem da análise do comportamento pode contribuir para entender como as pessoas interagem com o uso do CPR, principalmente, ao explicitar como as consequências danosas dos comportamentos individualistas e imediatistas (e. g., esgotamento dos recursos) afetam as gerações futuras, pois elas terão a perda permanente do acesso ao bem comum, ou seja, será produzida uma consequência da punição negativa de alta magnitude (ver Brechner, 1977; Camargo, 2019). Todavia, a discussão sobre a manutenção dos bens comuns pode ser pautada a dentro e fora de uma perspectiva analítico-comportamental, cabendo maior inspeção sobre posições de outras teorias, cujas contribuições devem ser mencionadas para complementar o entendimento do uso do bem comum.

### **3. Definições teóricas dentro e fora da análise do comportamento**

Quando os bens comuns, como recursos naturais renováveis, são extraídos por grupos, as ações coletivas em relação ao comportamento de extração também podem ser cooperativas e resultar na manutenção do CPR para todos. Seguindo esta visão, Wilson et al. (2013) argumentam que a Seleção Multi Nível – *Multi Level Selection* (MLS) é uma perspectiva da biologia evolutiva que foca na evolução da população de indivíduos nas suas interações como membros no grupo ou entre grupos. Essa prática deve evoluir nos

grupos como seleção fenotípica (comportamentos) de maneira análoga a uma seleção genética de grupos de células e ninhos para animais eussociais, por exemplo, abelhas, formigas (ver Wilson et al., 2013 para mais detalhes sobre essa seleção evolutiva).

Durante uso do CPR, o efeito da interação individual levará a um efeito no grupo: estabelecer normas que indivíduos que se apresentam “menos sustentáveis” se adequem ao restante dos membros, pois assume-se que o coletivo deve atuar em direção à preservação de seus recursos. Isso acontece porque comunidades formadas por indivíduos focados em manter uma boa gestão dos bens públicos, sobrevivem melhor do que grupos com “caronistas” - *free riders*, indivíduos que diante de um recurso comum agem para benefício a si próprio e trazem prejuízo em longo prazo ao grupo.

De maneira geral, a eficácia de um grupo em gerir seus recursos está estritamente ligada à sua capacidade de cooperar e coordenar objetivos sobre o uso do CPR (Wilson et al., 2013). Assim, direitos e obrigações são regras que estabelecem como será a gestão dos bens comuns e com base nas decisões coletivas mantém o monitoramento dos indivíduos e evitam transgressões sobre o uso dos recursos, de acordo com os que o grupo consentiu (Ostrom, 2009, ver também Wilson et al., 2014 p. 20-21 para mais detalhes sobre princípios de auto-organização).

Cabe informar que o MLS adiciona biologia evolutiva para complementar um entendimento da seleção dos comportamentos dentro e fora de grupos de pessoas, por meio dos princípios de auto-organização dos indivíduos que foram descritos pela economista Ostrom. Esta autora mostra como os grupos poderiam gerenciar seus recursos naturais de acesso comum de forma a preservá-los. Isso é possível devido a princípios identificados empiricamente, por exemplo: estabelecer monitoramentos dos recursos pelos membros do grupo e compartilhamento de normas entre eles. Esses princípios

fornecem condições para que as pessoas cooperarem de forma a alcançar práticas comuns sustentáveis (e. g., Dietz et al., 2003, Ostrom, 2009, Wilson et al, 2013). Além disso, estes trabalhos empíricos (Dietz et al., 2003; Ostrom, 2002, 2009) tem como principal achado que o CPR pode ser gerido pelos membros dos grupos, sem focar nos agentes externos ou governança de cima para baixo (por exemplo, regulamentações de mercado ou gestão governamental).

Quando se foca na cooperação para as práticas de gestão dos CPR, é necessário observar que quando elos cooperativos são rompidos, qualquer tipo de recurso natural é impactado por grupos de indivíduos em diferente estágio da vida (e. g., crianças, adolescentes ou adultos) por agirem de forma egoísta, como "caronistas". No entanto, o comportamento de uma ou poucas pessoas não produz grandes problemas sociais ou ambientais. Por exemplo, no Brasil um problema socioambiental envolve a poluição do ar que mata cerca de 51.000 pessoas todos os anos. Tal situação ocorre porque qualidade do ar foi negligenciada pela população brasileira; como resultado, a poluição tende a afetar intensamente os moradores mais pobres, incluindo crianças e idosos (Felin & Simoni, julho 8, 2021). Essas dificuldades surgem quando os efeitos nocivos das práticas culturais são mantidos por muitos membros de uma cultura (Borba & Glenn, 2014, Borba, Tourinho & Glenn, 2015). Em uma perspectiva analítico-comportamental, estas práticas destrutivas da natureza decorrem do efeito cumulativo do comportamento de várias pessoas (macrocomportamento). O macrocomportamento tem um efeito cumulativo, de modo a produzir uma macrocontingência (Borba et al., 2014b).

Para ilustrar as consequências de uma macrocontingência na sociedade, pode-se pensar no seguinte problema socioambiental: o setor energético brasileiro e suas crises energéticas dos reservatórios hidrelétricos que atingem baixos níveis em determinados anos (Hunt et al., 2022). No Brasil, quando ocorrem crises de energia, a população recebe

um aumento em suas contas de energia elétrica, chamado de bandeira vermelha. Possivelmente, cada pessoa agirá para reduzir seu consumo da energia elétrica, por exemplo, tomar um banho curto durante a semana ou tomar mais frequentemente banhos mais frios. Independentemente do modo como cada pessoa economiza a conta de energia, as consequências finais que produziram quedas nos valores, encontram-se produzidas pelo acúmulo de vários dos comportamentos individuais e que afastaram uma estimulação aversiva presente na vida comum (i. e., abatimento do valor da energia elétrica e, conseqüentemente, a remoção da bandeira vermelha para certo grupo).

Assim, em uma macrocontingência, as respostas dos indivíduos nem sempre terão relação funcional com o comportamento do outro. Em outras palavras, as respostas individuais estão sob o controle de contingências de reforços particulares e, às vezes, desarticuladas com o que o grupo faz, porém, os efeitos cumulativos desses comportamentos contribuem para condições que afetam todo o grupo, às quais podem ser negativas e positivas (ver Borba et al., 2014b; Glenn, 2004). Uma macrocontingência que pode ter vários efeitos ao grupo está relacionada à extração dos recursos naturais renováveis: estes efeitos podem ser positivos se os macrocomportamentos produzem um efeito sustentável no CPR, mas caso tal efeito seja, em longo prazo, a perda dos recursos, tem-se um impacto negativo com a perda do acesso comum para o grupo ou para próxima geração.

Um outro modo de se observar um cenário com efeito negativo para a sustentabilidade de um CPR é descrito pelo artigo seminal de Garrett Hardin intitulado *The Tragedy of the Commons* (Hardin, 1968), no qual o autor mostrou os impactos do uso excessivo de recursos naturais renováveis compartilhados por múltiplos indivíduos, quando a restrição para extração é pouco clara ou ausente. Hardin usa como exemplo um pasto onde vários pastores criam seu gado, obtendo recursos (por exemplo, carne e leite).

A extração excessiva se explica porque cada pastor busca maximizar sua produção, superando os recursos ambientais disponíveis. Infelizmente, com o passar do tempo, todo o pasto se esgota, evitando a produção de novos animais. Este exemplo alerta: se as pessoas não gerenciarem sua extração, então, a longo prazo, não haverá a restauração dos recursos naturais para aqueles que os compartilharam.

Por meio desta parábola entre o uso do recurso comum por pastores, Hardin (1968) apresenta um dilema social, no caso o acesso a uma área comum produzirá um conflito entre as consequências reforçadoras a curto prazo para cada pessoa e as consequências aversivas ao longo prazo para o coletivo. Em outras palavras, os indivíduos tendem a cada vez criar mais gado para aumentarem seus ganhos pessoais e, progressivamente, aceleram a consequência negativa ao grupo, pois existe um limite natural para alimentar até um número X de animais, proporcional a área do pasto.

Todas as teorias expostas até aqui podem ser consideradas de acordo com os níveis de seleção dos comportamentos humanos proposto por Skinner (1981). O primeiro nível é biológico, encontra-se adaptação em um ambiente selecionador ao longo de um período evolutivo de uma espécie. No primeiro nível, a seleção filogenética atua em comportamentos inatos ou para aumentar a sensibilidade dos organismos para reforçadores incondicionados selecionados na história evolutiva (e. g., predileção por sabores doces na espécie humana). O segundo nível, ontogênico, refere-se aos comportamentos selecionados por meio da exposição as consequências reforçadoras ou punitivas ao longo da vida de um indivíduo. O terceiro nível trata da evolução das culturas e é sociogênico no sentido de que comportamentos tem efeitos nos grupos e, ao serem influenciados por estes, eles irão mantê-los ou extingui-los como prática cultural no tempo futuro.

Skinner aponta que o comportamento humano é produto da interação destes três níveis, sendo eles todos perpassados por consequências reforçadoras. Interessante observar que no contexto evolutivo de interação entre grupos proposta pelo MLS, os três níveis de seleção do comportamento são bastante evidentes, mas têm-se ênfase nas interações entre grupos ao invés das relações comportamentais. Assim, as teorias apresentadas até aqui podem convergir em maior ou menor grau em cada um deste níveis de seleção pelas consequências – filogenético, ontogênico e sociogênico. Neste sentido, a análise do comportamento pode dialogar com outros enfoques teóricos, pois insere-se em perspectivas sociais e biológicas do comportamento humano, possibilitando assim melhorar sua compreensão das contingências conflitantes durante o uso dos CPRs.

#### **4. Conflitos entre as consequências e o jogo Dilema dos Comuns**

Do ponto de vista de arranjos que permitam produzir uma análise entre consequências antagônicas em experimentos, o uso de procedimentos baseados na Teoria dos Jogos, tais como o jogo Dilema dos Comuns (Guerin, 2004) pode ser propício para verificar o efeito cumulativo sobre um bem comum. O Dilema dos Comuns apresenta uma situação simulada, na qual dois ou mais indivíduos compartilham um mesmo reservatório de recursos, representado, por exemplo, por um lago com peixes. No início do jogo há um montante predeterminado de recursos no reservatório. A cada tentativa os jogadores devem escolher individualmente a quantidade de recursos a ser extraída. De tempos em tempos, os recursos são renovados com base na quantidade restante, simulando, por exemplo, a reprodução dos peixes no ambiente natural. O dilema se dá da seguinte forma: escolhas individuais pela extração de uma quantidade muito grande de recursos, quando realizadas por diversos indivíduos, podem superar a capacidade de regeneração, levando à diminuição e ao esgotamento dos recursos no reservatório, o que

caracteriza a chamada “tragédia dos comuns” (ver Camargo et al., 2014; Camargo, 2018; Hardin, 1968; Fonseca, 2022).

Para ilustrar como exemplo de como este dilema pode ser “solucionado” empiricamente e, inclusive, por crianças, pode-se apresentar o experimento de Koomen e Herrmann (2018). As autoras demonstram que crianças, ao se comunicarem com seus pares, promovem uma coesão nas decisões sobre o uso do recurso comum. Participaram do experimento 108 crianças que operaram um aparato que simulava a manutenção de recursos comuns. Primeiramente, este aparato era operado individualmente e, posteriormente, um par era formado com um colega. Nas laterais deste aparelho havia duas válvulas que podiam ser fechadas ou abertas pelas crianças; recipientes das laterais eram preenchidos com água se a válvula fosse aberta e no momento que um deles se enchia, um ovo de brinquedo era liberado para a criança coletar. Os ovos coletados davam acesso a guloseimas, porém coletar muitos ovos tinha como consequência o esgotar a água do reservatório. Para serem vitoriosas na tarefa, as crianças deveriam ter acesso a certa quantidade de ovos, mas sem esgotar a água, o que poderia ser feito esperando durante um período de tempo sem abrir a válvula. Nesse processo, ao se comunicarem, 50% das crianças estabeleceram estratégias verbais entre si para tornar a extração sustentável e com isso resolver o dilema dos comuns permitindo que o recurso extraído fosse acessível sem comprometer o CPR do qual elas partilhavam. Apesar de ser possível demonstrar que é possível resolver um Dilema dos Comuns por meio de manipulações empíricas como visto no experimento de Koomen e Herrmann (2018), ainda é necessário observar se a análise do comportamento pode estabelecer contingências para emissão de comportamentos que promovam uso sustentável dos recursos de acesso comum, no campo aplicado e experimental.

## **5. Análise do comportamento: estudos aplicados e experimentais sobre o uso de recurso comum**

Respostas que produzem reforçadores atrasados de alta magnitude, ao invés de reforçadores imediatos de baixa magnitude são definidas como autocontroladas (Rachlin, 1974; 2000). Por outro lado, em uma perspectiva voltada ao uso dos CPR, o conflito de um indivíduo ao escolher se age em função de consequências imediatas ou longo prazo pode ser descrito como autocontrole ético. Essas respostas autocontroladas de um indivíduo produzem consequências imediatas de menor valor reforçador para si, mas favorecendo consequências reforçadoras a longo prazo e de maior valor reforçador para o seu grupo ou comunidade (Borba et al., 2014a, 2014b; Gomes & Tourinho, 2016). Entretanto, a ausência de indivíduos eticamente autocontrolados levará aos prejuízos ao meio ambiente por meio de uma Tragédia dos Comuns. Muito deste prejuízo ambiental é produto do comportamento humano e, desta forma, fica claro que a análise do comportamento pode oferecer uma tecnologia para reverter tais questões (cf. Lehman & Geller, 2004).

Reconhecida essa relação danosa entre comportamento e consequências na natureza, as intervenções pró-ambientais que envolveram promover a sustentabilidade nas décadas de 70 e 80 tiveram um aumento na literatura analítico-comportamental. Muito disso se deve às primeiras conferências globais da Organização das Nações Unidas sobre debates das questões climáticas e de desenvolvimento sustentável, que fomentaram que tais temas fossem investigados pela análise aplicada do comportamento. Entre estes temas estão economia de energia elétrica, redução do uso de água e separação de lixo e reciclagem (e. g., Becker, 1979; Lehman & Geller, 2004; Luke & Alavosius, 2012; Osbaldiston & Schott, 2012).

Um exemplo de um estudo aplicado para promover comportamentos pró ambientais é o estudo de Powers et al. (1973) que aplicou incentivos financeiros para promover o aumento do descarte adequado de lixo em um parque dos Estados Unidos. Obteve-se resultados favoráveis à preservação da limpeza local e aumento do recolhimento de lixo em sacolas. Participaram pessoas que frequentavam o parque com idades de 11 a 44 anos. Durante 21 semanas, mediu-se o número de lixo recolhido pelos usuários do parque, sendo que durante algumas semanas, uma intervenção era implementada: observou-se os efeitos de incentivos de pagamentos, em que o participante poderia escolher receber de 0,25\$ ou concorrer a um sorteio de 20\$. Na linha de base, tanto o volume de lixo recolhido do chão quanto depositado era em média abaixo de 4 sacolas por semana. Porém, na fase experimental, quando era apresentado o incentivo financeiro, o número de sacolas aumentou para acima de 10 ao longo das semanas, com exceção das semanas intermediárias devido a condições do clima. Ao retomarem a linha de base, os números de sacolas eram similares à quantidade anterior à fase experimental. As principais contribuições encontradas pelos autores foram os efeitos dos reforçamento positivo para aumentar os comportamentos de recolhimento do lixo. Ademais, o delineamento de reversão empregado no estudo mostrou a possibilidade de procedimentos de incentivos ao longo de grandes períodos de tempo com população de ampla faixa de idade.

Infelizmente, após a década de 90, Lehman e Geller (2004) em sua revisão notaram que apenas 32 artigos comportamentais voltados a intervir em comportamentos pró ambientais foram publicados entre 1990 e 2004. Ainda, revisão de Dal Ben et al. (2016) indicou que embora baixa, pode-se constatar produção na área, pois uma busca realizada na revista científica voltada para questões sociais na análise do comportamento retornou 13 artigos, sendo 9 teóricos e 4 empíricos. Segundo Camargo (2019), os

principais motivos para a queda de publicações envolvem a migração de pesquisadores devido ao crescimento de outras linhas de pesquisa, além de dificuldades financeiras e de controle de variáveis dos estudos aplicados. Ademais, uma limitação recorrente nos estudos aplicados tem sido o fato de comportamentos pró-ambientais promovidos deixarem de ocorrer ou apresentarem queda se as variáveis responsáveis pelas mudanças (remuneração, *feedbacks*, sinalização, supervisão de pessoas, etc.) forem suspensas, ou seja, o efeito na mudança de comportamentos que preservam o meio ambiente não se mantém a longo prazo.

Sobre a manutenção dos efeitos de mudanças e dificuldade de controle das variáveis, a linha de investigação de comportamento pró ambiental pode se beneficiar com as investigações de laboratório, uma vez que ao simular um CPR em ambiente com maior grau de controle, pode-se planejar delineamentos experimentais que permitam avaliar com precisão os efeitos de variáveis nos comportamentos de sustentabilidade. Aliado à criatividade inventiva dos pesquisadores, novos procedimentos podem também trazer contribuições relevantes para futuros estudos (Camargo, 2018).

Uma maneira de implementar manipulações das contingências de reforçamento e punição por meio de procedimentos experimentais em análise do comportamento pode se basear na afirmação de Platt (1973) sobre esgotamento de recursos descrito pela “*Tragédia dos Comuns*” ser entendido como uma Armadilha Social. Essa armadilha envolve o uso individual dos recursos coletivos para vantagem pessoal, o que, com o passar do tempo, é prejudicial ao grupo “como um todo”. Nota-se que este conceito se encaixa na definição de um Dilema dos Comuns e uso insustentável do meio ambiente

Teoricamente uma armadilha social descreve conflitos entre as consequências positivas dos indivíduos e as consequências negativas de longo prazo para o grupo, uma

vez que atos para maximizar necessidades pessoais, comportando-se com egoísmo, podem destruir bens coletivos. O comportamento humano na armadilha social pode ser simulado em um experimento, que consiste em um exame sistemático de múltiplos esquemas de reforçamento. Essas consequências podem ser compostas por valências opostas, em esquemas de razão ou intervalo, que irão programar as consequências imediatas e tardias para uso de um recurso de acesso comum. Em contexto de laboratório, o conflito entre consequência de curto e longo prazo estabelece uma armadilha social devido ao responder estar sob controle de múltiplas consequências ou “esquemas de reforçamento sobrepostos” (Brechner, 1977, p. 554).

Para verificar os controles de esquemas de reforçamento sobrepostos sobre o uso de um CPR, Brechner (1977) realizou um experimento com seis grupos, com três participantes cada, onde somente em metade dos grupos podia haver comunicação entre os membros. Eles foram expostos a uma situação em que as respostas dos indivíduos têm impacto na manutenção dos recursos disponíveis ao grupo. Desta forma, o experimento investigou a possibilidade de mudanças de consequências individuais de curto prazo para longo prazo com benefícios para o grupo (manter a CPR disponível para uso ao longo do tempo). A tarefa exigia o toque de dez botões (FR) para adicionar um ponto, sendo este somado ao total do participante e subtraído do recurso comum. Os pontos do recurso comum eram repostos de tempos em tempos, ou seja, havia um aumento do montante de CPR em esquema de reforçamento diferencial de baixas taxas de respostas (DRL), ou seja, a velocidade das respostas individuais impactava no quão rápido o recurso comum poderia se exaurir e, além disso, quanto mais cheio o nível do CPR, menor eram os segundos necessários para que ele se recuperasse. Se fosse esgotado o recurso, o experimento era encerrado. Em geral, os resultados mostraram alguns padrões de respostas na gestão de recursos de cada grupo: responder com taxas rápidas e constantes

até esgotar todos os recursos; respostas no padrão que era mais vagaroso mantendo níveis elevados de recursos; respostas rápidas iniciais e posteriormente lentas, e as respostas seguidas por pausas (grupo com comunicação). Essa diferença nos padrões de respostas entre os grupos de indivíduos foi selecionada pelas consequências presentes nos esquemas DRL e FR, mostrando a complexidade das contingências apresentadas quando os indivíduos estão diante de uma “Armadilha Social” e como eles podem escapar desta armadilha. Uma das limitações do estudo foi o participante trocar pontos por créditos de aula somente ao final do experimento, o que afastaria a relação entre o desempenho e a consequência na tarefa. Além disso, o esgotamento do recurso ocorreu apenas ao final da sessão, com pouca magnitude de uma consequência aversiva.

Apesar de o experimento de Brechner (1977) demonstrar o potencial dos esquemas de reforçamento na simulação da Tragédia dos Comuns, uma contribuição metodológica e conceitual para a área é verificada no estudo das pesquisadoras Nogueira e Vasconcelos (2015). O objetivo das autoras foi investigar se o conflito entre consequências ao expor um dilema dos comuns, poderia ser um análogo experimental de uma macrocontingência (Gleen, 2004; Glenn et al., 2016), envolvendo um problema social voltado para a extinção de recursos comuns. Em três grupos experimentais e um controle, os participantes trabalharam em trios que recebiam inicialmente 100 peixes e a cada tentativa, retiravam dois, quatro ou seis peixes deste total. No grupo controle, ocorreu a extinção dos recursos, assim como nos grupos experimentais nas primeiras linhas de base. Isso foi analisado como um efeito cumulativo dos comportamentos individuais, de forma a replicar uma macrocontingência. Porém em uma outra condição, em que o contato verbal entre os participantes era permitido, o efeito da comunicação entre eles levou a manutenção dos recursos ao longo do tempo.

Com o objetivo de investigar o efeito de novas variáveis para estabelecer comportamentos que podem promover sustentabilidade, Camargo e Haydu (2016) realizaram um experimento análogo à Tragédia dos Comuns, com o objetivo de verificar o efeito de alertas escritos e feedbacks contingentes ao comportamento de extração de recursos naturais renováveis de acesso comum (peixes em um oceano). Experimentalmente, estes autores criaram uma situação de conflitos entre consequências imediatas (extrair peixes de um oceano em uma tarefa computadorizada) e de longo prazo (manter os peixes do oceano de forma que a sua renovação fosse possível). Trocar por dinheiro os peixes coletados, ao final da rodada, era a contingência planejada para engajar os participantes no comportamento de extração. Todavia, os recursos poderiam se esgotar em poucas rodadas caso a extração fosse exacerbada. Vinte e dois participantes realizaram as tarefas e ao longo das rodadas eram substituídos, mas antes poderiam informar ao substituto sobre a estratégia de pesca que utilizaram durante o experimento. Assim, a comunicação entre os participantes serviu para avaliar a interferência do relato verbal sobre o comportamento individual em relação à tarefa sobre cada geração de participantes. Inicialmente, nenhuma contingência para o uso sustentável do recurso comum era estabelecida (linha de base), mas com o avanço das sessões os participantes foram separados em três grupos: alerta, feedback e controle. Eles também foram informados que poderiam escolher a quantidade de peixes para retirar. Os resultados mostraram que alertar sobre esgotamento do recurso ou apresentar feedback constante sobre o montante de peixes restantes apresentou efeitos sobre o comportamento de extração, mantendo a conservação e preservação dos recursos disponíveis durante as rodadas do experimento. Em relação às instruções entre os participantes, observou-se que, principalmente no grupo de feedback, quanto melhor fosse a precisão da descrição de um

padrão sustentável, maiores eram as chances do próximo participante se engajar na preservação do recurso comum já nas tentativas iniciais.

De maneira geral, os achados de Camargo e Haydu (2016) são importantes para o avanço de novos estudos em três sentidos: (a) indicar que sinalizações sobre o esgotamento do recurso comum contingente ao comportamento de extração podem produzir um padrão sustentável ao longo do tempo, permitindo que recursos partilhados pelo grupo se renovem (b) demonstrar a possibilidade de realizar experimentos que investigam o uso de recursos naturais comuns, mesmo com indivíduos isolados do grupo e (c) comunicar aos pares sobre como devem consumir os recursos comuns pode promover comportamentos de extração sustentáveis.

Para procurar produzir dados mais fidedignos, Camargo (2019) realizou um experimento para investigar o uso sustentável de recursos de recursos comuns em um jogo digital com participantes adultos. O autor demonstrou por meio de um jogo eletrônico a possibilidade de simular o conflito existente no uso da CPR em dois experimentos. O *videogame* sinalizava o nível de recurso disponível durante as jogadas e o jogador tinha sua “vida no jogo”. Para ser vitorioso, ele deveria recolher os recursos ao capturar peixes de forma que ocorresse um equilíbrio entre se manter vivo (capturar constantemente os peixes) e evitar o colapso do CPR. Grupos experimentais foram alocados de acordo com as consequências em vigor de acordo com o intervalo entre respostas (IRT): bônus (acréscimo de pontos), multas (perda de pontos) e controle (sem perda ou ganho de pontos). Os resultados demonstraram que as condições de multa e bônus produziram um padrão otimizado de uso sustentável dos recursos no longo prazo e, dessa forma, a maioria dos participantes terminou o jogo sem esgotar o bem comum. Por outro lado, no grupo controle, em que a apresentação de consequências pelo responder estava ausente, os participantes foram sinalizados apenas pelo feedback do nível de

extração de recursos durante a partida e demoraram mais para conseguir ter sucesso no jogo.

## **6. Conclusão**

As conferências globais fomentadas pela ONU debateram a preocupação pró ambiental para preservar os recursos naturais renováveis de agora e para as próximas gerações. Os analistas do comportamento atentos a estas questões deram os primeiros passos na pesquisa sobre sustentabilidade no início dos anos 70 do século XX. Embora o maior número de publicações se concentre em contexto aplicado, estudos experimentais também revelaram variáveis importantes na manutenção do comportamento que promove sustentabilidade ambiental (e. g., Brechner, 1977; Camargo & Haydu, 2016; Nogueira & Vasconcelos, 2015). Ademais, o jogo Dilema dos Comuns pode ser incorporado aos estudos experimentais como alternativa metodológica bastante robusta (Camargo, 2018). Este jogo permite capturar o fenômeno de conflito entre consequências, que pode ser implementado em laboratório e contribuir para entender melhor o processo que levaria os indivíduos a desenvolverem um autocontrole ético. Assim, o avanço da compreensão do uso sustentável dos CPRs melhorará nosso planejamento das contingências de reforçamento ou punitivas e, desta forma, auxiliar no desenvolvimento de indivíduos com padrões comportamentais que em longo prazo possam beneficiar grupos e a si próprio.

Stahlman & Catania (2022) comentam que indivíduos podem beneficiar seus pares quando exploram um recurso finito e limitado. Isso vem sendo atestado empiricamente por meio de experimentos que estabeleceram recursos limitados e compartilhados como uma variável de controle do comportamento de extração (e. g., Brechner, 1977; Camargo & Haydu, 2016; Nogueira & Vasconcelos, 2015; Capítulo 2 da presente tese). Em todos estes estudos está bem documentado que o comportamento de

extração individual pode ser manipulado para reverter seus efeitos de consequência negativa ao grupo, advindos do esgotamento do CPR. Todavia manipulações de variáveis indicam que um dilema dos comuns somente é resolvido quando o padrão de resposta se altera para consequências que beneficiem o grupo com a renovação do bem comum.

Em outra perspectiva, relacionada às características de populações, estudos na área mostram que evitar a Tragédia dos Comuns é um comportamento presente em diversas faixas etárias, inclusive crianças (i. e., Koomen & Herrmann, 2018). Ou seja, a capacidade de mudança do padrão comportamental para promover sustentabilidade deve ser investigada em diferentes faixas de idades, pois isso poderia aumentar o escopo para avaliar o efeito de novas variáveis em experimentos. A literatura ainda recomenda estudos futuros investigando variáveis como tamanho dos grupos, contexto acadêmico e tipos de reforçadores, aproximando as consequências reforçadoras ao desempenho da tarefa (ver Camargo e Haydu, 2016). Outra necessidade é mensurar comportamentos de maneira mais próxima aos CPR da vida real: os experimentais de uso sustentável de recursos comuns geralmente precisam lidar com variáveis intervenientes como artificialidade da tarefa ou expectativa do participante, uma vez que o contexto dos experimentos se afasta em demasia das situações de extração de recursos em ambiente natural (ver Brechner, 1977, ver também Camargo e Haydu, 2016). Brechner (1977) indicou que as investigações de laboratório sobre uso dos recursos estavam limitadas pela artificialidade da manipulações e procedimentos pode enfraquecer o controle experimental. Uma saída para esta limitação foi a adoção de jogos eletrônicos como tarefa, pois vídeo games tem se mostrado promissores por garantir imersão do participante na atividade e com isso tem-se comportamentos mais próximos aos emitidos em vida real.

Por fim, uma armadilha social implementada em experimentos sobre manejo do uso do CPR com esquemas de reforçamento sobrepostos é útil para investigar estratégias

sustentáveis e como são produzidas, já que expõe os indivíduos a situações mais próximas ao ambiente natural em um curto espaço de tempo. Os efeitos de tais esquemas sobrepostos podem ser medidos em respostas com diferentes escolhas sobre “como” recursos serão extraídos, nas gestões do tempo de renovação, na interação com outros usuários ou nas manipulações sistemáticas das consequências aversivas pelo esgotamento de CPR.

### Referências

- Brechner, K. (1976). An experimental analysis of social traps. *Journal of Experimental Social Psychology*, 13, 552-564.
- Becker, L. J. (1978). Joint effect of feedback and goal setting on performance: A field study of residential energy conservation. *Journal of Applied Psychology*, 63(4), 428–433. doi.org/10.1037/0021-9010.63.4.428
- Borba, A., da Silva, B. R., Cabral, P. A. d. A., de Souza, L. B., Leite, F. L., & Tourinho, E. Z. (2014a). Effects of exposure to macrocontingencies in isolation and social situations in the production of ethical self-control. *Behavior and Social Issues*, 23, 5-19. doi.org/10.5210/bsi.v23i0.4237
- Borba, A., Tourinho, E. Z., & Glenn, S. S. (2014b). Establishing the macrobehavior of ethical self-control in an arrangement of macrocontingencies in two microcultures. *Behavior and Social Issues*, 23, 68-86. doi.org/10.5210/bsi.v23i0.5354
- Camargo, J. C., Rossi, M., & Haydu, V. B. (2014, Maio). Pescaria virtual: um sistema informatizado para o estudo de variáveis comportamentais no jogo “Dilema dos Comuns”. *Anais do III Congresso de Psicologia e Análise do Comportamento*, Londrina, Brasil.

- Camargo, J., & Haydu, V. B. (2016). Fostering the sustainable use of common-pool resources through behavioral interventions: an experimental approach. *Behavior and Social Issues*, 25, 61-76. doi.org/10.5210/bsi.v25i0.6328
- Camargo, J. (2018). O jogo Dilema dos Comuns como ferramenta para a análise de processos comportamentais e sociais relevantes. In: G. Escobal, P. Faleiros, & A. L. Ferreira (Eds.). São Paulo: Edicon.
- Camargo, J. C. (2019). *Investigando o uso sustentável de recursos comuns por meio de um jogo eletrônico* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 80 pp.
- CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- Dal Ben, R. D., Camargo, J. C., Figueira, G., Melo, C. M. (2016). Análise do comportamento e sustentabilidade: revisão dos artigos publicados no Behavior and Social Issues de 2005 a 2016. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 12, 86-94. doi.org/10.18542/rebac.v12i2.4401
- Dietz, T., Ostrom, E., & Stern, P. C. (2003). The struggle to govern the commons. *Science (New York, N.Y.)*, 302(5652), 1907–1912. doi.org/10.1126/science.1091015
- Felin, B., & Simoni, De Walter. (2021,8 de julho). 4 Reasons to Make Air Quality a Priority in Brazil – and Around the World. *The City Fix*, 1-3. <https://thecityfix.com/blog/4-reasons-to-make-air-quality-a-priority-in-brazil-and-around-the-world/>
- Fonseca, S. de A., Costa, D. de C., & Sampaio, A. A. S. (2022). O Estudo Experimental das Relações entre Cultura e Comportamento Verbal: uma Revisão de Escopo. *Perspectivas Em Análise Do Comportamento*, 13(2), 031–053. doi.org/10.18761/PAC000764.nov22

- Glenn S. S. (2004). Individual behavior, culture, and social change. *The Behavior analyst*, 27(2), 133–151. doi.org/10.1007/BF03393175
- Gomes, H. C. d. R., & Tourinho, E. Z. (2016). Metacontingências de autocontrole ético: Efeitos do aumento da magnitude de reforço. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 32(4), 1–8. doi.org/10.1590/0102.3772e32422
- Guerin, B. (2004). *Handbook for analysing the social strategies of everyday life*. Reno, NV: Context Press.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science (New York, N.Y.)*, 162(3859), 1243–1248. doi.org/10.1126/science.162.3859.1243
- Koomen, R., & Herrmann, E. (2018). An investigation of children's strategies for overcoming the tragedy of the commons. *Nature human behaviour*, 2(5), 348–355. doi.org/10.1038/s41562-018-0327-2
- Hunt, J. D., Nascimento, A., ten Caten, C. S., Tomé, F. M. C., Schneider, P. S., Thomazoni, A. L. R., ... & Senne, R (2022). Energy crisis in Brazil: impact of hydropower reservoir level on the river flow. *Energy*, 239(2022), 121927. doi.org/10.1016/j.energy.2021.121927
- Lehman, P. K., & Geller, E. S. (2004). Behavior analysis and environmental protection: Accomplishments and potential for more. *Behavior and Social Issues*, 13(1), 13–32. doi.org/10.5210/bsi.v13i1.33
- Luke, M. M., Alavosius, M. I. (2012). Impacting Community Sustainability through Behavior Change: A Research Framework. *Behavior and Social Issues*, 21, 54–79. doi.org/10.5210/bsi.v21i0.3938
- Nogueira, E. E., & Vasconcelos, L. A. (2015). De macrocontingências a metacontingências no jogo dilema dos comuns. *Revista brasileira de análise do comportamento*, 11(2), 104-116. doi: 10.18542/rebac.v11i2.1941

- Platt, J. (1973). Social traps. *American Psychologist*, 28(8), 641–651.  
doi.org/10.1037/h0035723
- Powers, R. B., Osborne, J. G., & Anderson, E. G. (1973). Positive reinforcement of litter removal in the natural environment. *Journal of applied behavior analysis*, 6(4), 579–586. doi.org/10.1901/jaba.1973.6-579
- Pott, C. M., & Estrela, C. C. (2017). Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Estudos avançados*, 31, 271-283.  
doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890021
- Rachlin, H., & Green, L. (1972). Commitment, choice and self-control. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 17(1), 15–22. doi.org/10.1901/jeab.1972.17-15
- Rachlin, H. (2000). *The science of self-control*. Harvard University Press.
- Stahlman, W.D. and Catania, A.C. (2022), Faustian bargains: Short-term and long-term contingencies in phylogeny, ontogeny, and sociogeny. *Journal of the experimental analysis of behavior*. doi.org/10.1002/jeab.812
- Skinner, B. F. (1981). Selection by consequences. *Science*, 213(4507), 501–504. doi.org/10.1126/science.7244649
- ONU (1972). Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. In: Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 6p.  
www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2167.pdf
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action (Political Economy of Institutions and Decisions)*. Cambridge: Cambridge University Press. doi.org/10.1017/CBO9780511807763
- Ostrom, E. (2002). Reformulating the commons. *Ambiente & Sociedade*, 5(10), 1-22. doi.org/10.1002/j.1662-6370.2000.tb00285.x

- Ostrom E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* (New York, N.Y.), 325(5939), 419–422. doi.org/10.1126/science.1172133
- Osbaldiston, R., & Schott, J. P. (2012). Environmental sustainability and behavioral science: Meta-analysis of proenvironmental behavior experiments. *Environment and Behavior*, 44(2), 257–299. doi.org/10.1177/0013916511402673
- Tourinho, Emmanuel Zagury. (2003). A produção de conhecimento em psicologia: a análise do comportamento. *Psicologia: ciência e profissão*, 23(2), 30-41. doi.org/10.1590/S1414-98932003000200006
- Wilson, D. S., Ostrom, E., & Cox, M. E. (2013). Generalizing the core design principles for the efficacy of groups. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 90(Suppl), S21–S32. doi.org/10.1016/j.jebo.2012.12.010

## CAPÍTULO 2 – ARTIGO DO EXPERIMENTO 1

### **Response Ratio and Inter-Response Time "as Strategies" to Manage Common-Pool Resources in a Digital Game**

#### **Abstract**

Common pool resources (CPR) are shared by multiple individuals. Many natural or manmade CPRs are limited: maximization of their use for individual gain may bring negative consequences for all users. The current study simulated CPR management by children, with a digital game. The player extracted fish (CPR) using three types of cards varying in extraction power. Fishing returned points needed to remain “alive” in the game. In a baseline with unlimited and unshared resources, children used predominantly the most powerful card, with shorter interresponse time between successive fishing responses. An intervention phase followed, when resources were limited and shared with virtual players. A vertical bar signaled amount of fish, which decreased with extraction and increased periodically to simulate fish reproduction. With continued experience in the game, five of six children succeeded in moderating the extraction rhythm, earning enough points to stay “alive” in the game and avoiding CPR exhaustion. Their strategies combined decreasing the use of the most powerful card and increasing the frequency of longer IRTs, which allowed for regeneration of resources. Continued exposure to the contingencies shaped a more sustainable behavior. For most natural resources, however, it is not possible to shape sustainable extraction by repeated exposure to negative consequences, because resources may be permanently exhausted. The simulation of CPR management by children may, however, reveal variables and processes involved in sustainable behavior and may also be a valuable educational tool to teach sustainable behavior and the dangers of irresponsible use of CPR.

Keywords: Tragedy of the Commons; sustainability; management of resources; digital game; social trap; children

The resources to which multiple individuals have access are called Common Pool Resources (CPR). They include renewable natural resources, such as forests, fisheries, land used for grazing, irrigation areas, as well as manmade resources (i.e., internet data, bridges, face masks) shared by many and used by them (Camargo & Haydu, 2016, Dietz et al., 2003, Ostrom, 2009, Wilson et al., 2013). However, overexploitation of CPR may exceed its renewal capacity and result in depletion. For instance, Begossi et al. (2017) warned that fishing resources on the coast of the Brazilian Atlantic Forest are at risk of extinction, even with small-scale fishing: of the 65 most consumed fish species, 33% are endangered, and 54% are extinct. Therefore, overfishing impacts on food sources for these populations and raises the possibility of total depletion of local fish species.

Garrett Hardin's seminal paper on *The Tragedy of the Commons* (Hardin, 1968) discussed the impacts of the overuse of CPR. Hardin made an analogy between shared resources and a pasture where several herders feed their cattle. As each herdsman seeks to maximize production, pasture will be overused and depleted. The tragedy of the commons thus highlights a conflict between short-term individual benefits as opposed to long-term impairment to the group's access to CRP (Borba et al., 2014, Camargo & Haydu, 2016).

As Platt (1973) pointed out, the depletion of resources described by *The Tragedy of Commons* may be considered a social trap: the use of collective resources for personal advantage, as time passes, damages the group as a whole. The complex human behavior in the social trap can be understood in terms of multiple schedules of reinforcement presenting immediate and delayed consequences with opposite valences (Brencher, 1977). To experimentally investigate social traps, Brencher set up an experimental situation simulating the extraction of CPR: There was a limited number of points shared by a group of three participants, so each point earned by a participant was subtracted from

the common pool. Like many kinds of natural resources, the number of points “regenerated” after intervals of no responding, according to a DRL schedule. Brencher observed various patterns of “extraction” of CPR by different groups, some allowing for sustainable extraction and some leading to depletion of CPR.

Another analog of the Tragedy of Commons was simulated by Nogueira and Vasconcelos (2015). They developed a game in which college students used different cards to extract fish from a virtual ocean. The cards varied in the number of fish they extracted. The results showed that groups in which participants could talk to each other were able to coordinate their extraction patterns to avoid depletion of resources.

Camargo & Haydu (2016) also used a game in which groups of college students extracted fish from a virtual ocean, simulating the management of common pool resources. As in the study of Brencher (1973), immediate gains, i.e., points awarded for the extraction of fish, conflicted with long-term aversive consequences: depletion of resources. Participants could not talk to each other, and were periodically replaced, one by one, with the newcomers being briefly instructed by the former members. Camargo and Haydu investigated two conditions that produced a more sustainable extraction pattern. Groups that had access to a display showing the number of available resources or to feedback messages on the extraction pattern could remain in the game for more rounds before resources got depleted.

The previous studies developed analogs of the Tragedy of the Commons, in which participants extracted a resource with immediate gains but risked exhausting the resources if extraction was uncontrolled. To come closer to a natural situation, Camargo (2019) developed a digital game named *Keep Fishin'*, in which college students found themselves in a virtual ocean in which fish would constantly be jumping from the water,

and players could drag them to a basket, earning virtual money. Players would lose the game if they did not earn enough money to keep alive, but they shared the resources with virtual players who reproduced their extraction pattern in a “tit-for-tat” fashion. The challenge for the participants was to extract enough fish to keep themselves “alive”, without exceeding the rate of renewal of the resources. While the studies mentioned before involved discrete trials, the Keep Fishin’ game was a free operant situation in which fishing responses (dragging fish to the basket) could occur at any time, and inter-response times constituted an important dependent variable. Camargo studied two conditions that contributed to a sustainable extraction pattern: bonuses for a sustainable range of IRTs, or fines for short IRTs. Both conditions produced a more sustainable pattern than a control condition without bonuses or fines.

Koomen and Herrmann (2018) conducted the first experiment to investigate CPR management by children: two children shared water that flowed from a reservoir, and each child could extract it by opening a tap. When a child's tap was open, it filled cylinders, earning a reward for each filled cylinder. The level of the water reservoir was signaled, and the water would be exhausted if extraction exceeded the water's renewal rate. Several pairs of children (although not all of them) could cooperate to manage CPR. Successful strategies involved communication between members of the pair to generate rules and a fair distribution of resources.

In the present study, we used a digital game to investigate the management of CPR by children in a situation where they shared resources with virtual players with whom they could not communicate. The use of a digital game to investigate social traps and sustainable use of CPR is promising because it may provide the participants with an entertaining, immersive, and challenging experience (Camargo, 2019). The use of electronic games to investigate various behavioral questions has been increasing (e. g.,

Morford, 2014; Young et al., 2013; Young, Webb, & Jacobs, 2011), and games may be particularly useful in experiments on the sustainable use of common resources, as the computerized system guarantees reliability and precision in data recording.

The game Fishing Cards was developed for this study. We employed an ABA design in which resources were unlimited and not shared in the baseline condition (A). In an Intervention Phase (B), resources became limited and renewable, as well as shared with virtual players, with the level of resources signaled continuously, to verify if children would shift to a more sustainable pattern of extraction. The baseline conditions were then reinstated in the following phase (A).

## **Method**

Four boys and two girls participated. They were typically developing fourth-grade students in a public elementary school, aged 9 to 10 years. Their native language was Brazilian Portuguese, and all communication with them was in this language, although English equivalents are used in this report. The research was approved by the Ethical Review Board of Federal University of São Carlos (CAAE: 03865218.3.0000.5504). The experiment started after parents signed informed consent forms. Table 1 presents demographic data from participants.

**Table 1***Number of Children, Sex, Chronological Age, Grade and Time Spent in Electronic Games*

Participant	Sex	Age	Time Spent
P1	M	9 y, 3 m	Sometimes
P2	M	10 y, 3 m	Sometimes
P3	M	10 y, 5 m	Very often
P4	F	9 y, 8 m	Sometimes
P5	M	10 y, 6 m	Sometimes
P6	F	9 y, 10 m	Very often

**Setting, Materials and Equipment**

The experiment used two rooms (experimental and waiting rooms) from the Laboratory of Human Behavior Studies at the Federal University of São Carlos. The experimental room was furnished with chairs and a desk. A Samsung® tablet with an 8" screen, touch-sensitive and with internet access was on the desk. An LG AIO computer with Intel® Core i5 processor, 4 GB of RAM, 23", and wireless network card was also used. The electronic game "Fishing Cards" was installed on the tablet. The game was conceived and developed by the first author using the Unity® game development platform to be run on devices with the Android® operating system. This game presented the experimental events, recorded data, and simulated a virtual environment with renewable natural resources.

In the waiting room, the children waited to be called individually to play on the device, and a research assistant ensured their safety and interacted with them. In addition, board games, children's card games, coloring drawings, and painting activities took place in this waiting room. Daily, the children received a small gift (small toys and/or school supplies) for their participation in the research.

### **Experimental task: The game Fishing Cards**

The game Fishing Cards simulates an environment allowing access to natural CPR. The game scenario seeks to reproduce the point of view of a diver on the bottom of an ocean (see Figure 1). The application can run all experimental tasks automatically. Fishing Cards was conceived with elements inspired by other tasks and/or games, such as a board game adapted from Virgo Games Studios (2014). The conflict between immediate reinforcing consequences for the individual and long-term aversive effects for the group was inspired by the digital game Keep Fishin' developed by Camargo (2019), and the possibility of choosing cards to extract fish was added based on Nogueira and Vasconcelos (2015). The players'/participants' task was to catch fish using cards that represented different fishing technologies (fishing rod, fishing boat, and radar). The game required participants to make repeated purchases of cards to allow extracting a CPR (fish) and, in this way, advance through successive rounds, until the conclusion of the game. Each round was scheduled to last 30 s. Participants won the round if they managed to stay alive until the end of the round. In the Baseline, participants “died” if they let three fishes’ escape. In the Intervention Phase, participants also died when the pattern of fishing led to resource depletion. To win the game, the player has to win ten consecutive rounds.

To start playing, the participant tapped the “Start Match” button to activate a timer on the center of the screen, signaling that the match would start in three seconds. A bar

in the upper left of the screen (Figure 1A, indicated by *a*) signaled the time remaining to the end of the current round. The round ended when the participant stayed “alive” for 30 s or when they “died”. When the participant won a round, a message appeared, instructing the participant to tap the “next game” button. After ten consecutive wins, the following message appeared: “Congratulations, you won this game.” Loss of a round (“dying”) produced the following message: “GAME OVER, you lost! Try again!”.

During the rounds, four types of fish, in yellow, green, brown, and red colors, would repeatedly appear on the device's screen. Fish entered one at a time, from a whirlpool at the upper left of the screen (see *b*, in Figure 1A), at intervals varying randomly from 2.5 s to 4 s. Fishes traversed the screen from the upper left to an endpoint, a whirlpool at the lower right of the screen (*c*, in Figure 1A). The time to cross the screen depended on the color of the fish: Green fish took  $\cong 24$  s to cross, yellow fish took  $\cong 22$  s, red fish  $\cong 15$  s, and brown fish  $\cong 10$  s. Participants started each round with three games lives signaled by the lighted hearts at the upper left of the screen (*d* in Figure 1A). Each fish that reached the lower right whirlpool resulted in the loss of a life (signaled by the darkening of one of the hearts). If the participant let three fishes escape, they lost their three lives and lost the round.

There was a life bar above each fish (*e* in Figure 1A). Participants used cards representing different fishing technologies to reduce or eliminate the fish's life. Card 1, the fishing rod, took  $1/3$  of the target's life. Card 2, the boat, took  $2/3$  of the target's life, and Card 3, the radar, caught the fish instantly. The player could purchase cards by paying with virtual money (points). To purchase a card, the player tapped on one of the three buttons (each with the image of one type of card) in the selection panel at the lower center of the screen (*f* in Figure 1A). Cards 1, 2, and 3 costed, respectively, one, three, and five points. Tapping a button produced the withdrawal of the selection panel, and the selected

card became available for use. Players could not buy another card until they used the card they already had, i.e., they could have only one card at a time. Players used a card, dragging it toward a fish with their fingers on the touch-sensitive screen (Figure 1B). The card disappeared after reaching the fish, and the fish's life diminished in accordance with the card's power. To decrease the life of a fish, the player emitted, therefore, a response chain, whose main links were to buy a card and drag the card onto a fish. However, for data analysis purposes, a fishing response was defined as reaching the target with the card, and the moment the card hit the fish started an inter response time (IRT).

A fish was captured when it lost all its life. To catch a fish using only Card 1, the participant needed to emit three consecutive responses of selecting and using this card (FR 3). Two consecutive responses (FR 2) were required to catch a fish using only Card 2, whereas only one response was needed to capture a fish with Card 3 (FR 1). Fishes could also be captured using different cards: the participant could remove 1/3 of the fish's life with Card 1 and then remove the remaining 2/3 with Card 2 (or with Card 3). Capturing a fish produced points, that varied depending on the card used in the capture: Cards 1, 2, and 3 returned, respectively, one, three, and nine points (see Figure 2). A counter of points was visible on the bucket at the lower left of the screen (*g* in Figure 1A): points accumulated with the capture of fish and were expended for the purchase cards.

Each player started the game with 20 points, which they could use to buy cards. Since the less expensive cards had a lower ratio of returned per expended points, purchasing only the low value cards could lead to loss of the game by lack of points to purchase cards (if the player no longer had points to purchase cards, they could no longer avoid the escape of fish). Therefore, before the first round, participants were instructed to avoid purchasing only low value cards.

**Figure 1**

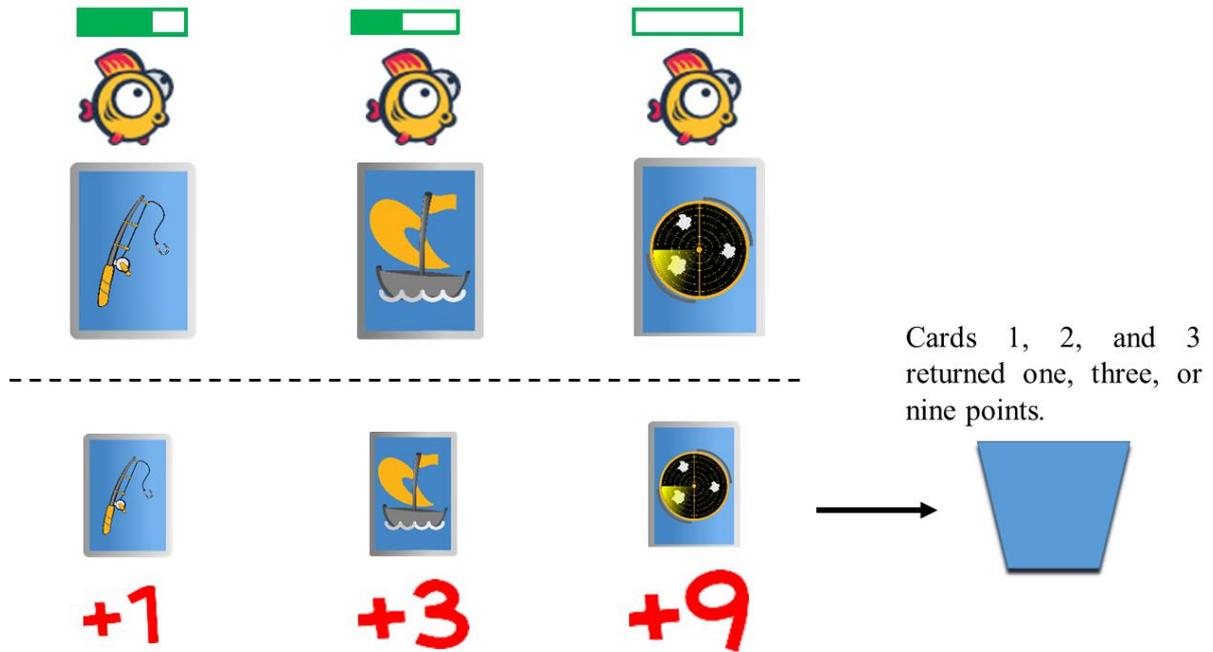
*Example of the experimental task*



\*note: A demonstration of the gameplay can be watched at <https://youtu.be/f2iyLKbvdGQ>

**Figure 2**

*Technology cards used to reduce or eliminate the target lives and point system*



### Procedure

An authorized transportation-service for school children picked up the participants at their school and brought them to the lab at the university. On the first experimental day, participants received a Tutorial on how to play the game. They returned for an additional two to five days to complete the experiment.

**Tutorial.** The experimenter initially instructed each child about the game's context, objectives, and elements. The experimenter explained details such as the clock and time bar, whirlpools and trajectory of the fish, cards and how to purchase and use them, and the meaning of the hearts. Then, the child played four successive rounds of the game. In these rounds, the word "TUTORIAL" was presented in green letters on the screen's lower right corner. If the experimenter noticed that the child had difficulties playing the game, the tutorial was repeated with assistance from the experimenter.

The Appendix A presents a complete description of the Tutorial, with the English translation of verbal instructions given by the experimenter in the Tutorial and subsequent phases.

**Baseline.** In this phase, there was no limit on the availability of resources and no virtual players to share CRP. Each participant played the game for successive rounds until winning the game (i.e., winning ten consecutive rounds) at least once. Another criterion to advance to the following phase was to use the radar card at least 40% of the time.

**Intervention: Shared and Limited Resources.** Before the first session of this phase, the experimenter instructed the participant about two new game features (see Appendix A for detailed instructions). Two submarines represented virtual players who were also catching fish in the surroundings, i.e., sharing the resources. A green vertical bar on the left-hand side of the screen signaled the amount of CRP (fish) available (Figure 3). The size of the green bar decreased proportionally to the number of fish captured by the participant and the virtual players. When this bar was close to zero, i.e., total depletion of resources, the screen changed to a reddish tone, indicating the impending depletion of resources.

The virtual players, represented by two submarines, shared the resources, and their rate of extraction was proportional to the number of resources available: as resources decreased, the submarines' rate of extraction also reduced. The green bar dropped with captures of fish. Regeneration of resources was simulated by increases in the bar level: resources increased by 5% of the total height of the bar after every 3 s, i.e., in a Variable Time 3 (VTs) schedule. A distinct sound signaled raises in the bar so that renewal of the resources would be easily discriminable. Therefore, a decreasing bar size would indicate

an extraction pattern beyond the capacity of regeneration of the resources. In contrast, a constant or increasing bar size would show a sustainable extraction pattern.

In the Intervention Phase, as in the Baseline, it was still necessary to avoid the fish's escape and earn sufficient points to buy the cards that would allow their capture. In the Intervention Phase, it was also essential to prevent depletion of resources, and this required a change in the extraction pattern to ensure the management of CPR extraction.

The Intervention Phase proceeded until the participant achieved two victories in the game, winning ten consecutive rounds in each game.

**Return to baseline.** In this phase, the game returned to the baseline conditions. In the beginning, the experimenter instructed the child that from this point on, there would be no submarines and no limitation on the availability of fish (see detailed instructions in the Appendix A). The second Baseline Phase also ended after the participant won 10 consecutive rounds.

**Figure 3**

*Green bar and Virtual players as submarines*



### **Dependent Variables**

There were three dependent variables: a) The number of resources available was continuously recorded in the Intervention Phase. b) The specific card used by each player at any moment of the game. c) The inter-response time (IRT) is the interval elapsed between two consecutive fishing responses, i.e., hits of a fish with a card. The interval between the last fishing response in one round and the first response in the following round also counted as an IRT.

## **Experimental design**

Participants were exposed to an ABA reversal design with the subject as their own control (Cooper, Heron & Heward, 2007; Kazdin, 2011). The independent variable (the intervention) was absent in the Baseline (A), present in the Intervention Phase (B), and absent again in the second Baseline (A).

## **Results**

All children attained the criterion of two victories to end the intervention condition, except for participant P1 (see the description of P1's results below). As mentioned, dependent variables were IRTs, use of cards, and a number of resources available. Two of these are measures of participants' performance: IRTs and use of cards, whereas the other is an environmental condition (simulated by the game). Table 2 summarizes the values of these variables for the five participants who achieved victories. The table shows the percentage of use of Card 3 (the most powerful), the percentage of IRTs equal to or longer than 5 s, and time spent in IRTs equal similar or longer than 5 s, in the baselines and the 10 rounds of each victory achieved by the participants.

**Table 2**

*Participants percentages of Card 3 choices, responses and time spent in IRT above five seconds*

	Baseline	1st Victory	2nd Victory	Baseline
P6				
Card 3 <sup>a</sup>	97%	9%	6%	96%
Responses in IRT > 5 s	1%	7%	3%	1%
Time spent in IRT > 5 s	2%	30%	13%	2 %
P5				
Card 3	51%	2%	2%	82%
Responses in IRT > 5 s	2%	2%	0%	3%
Time spent in IRT > 5 s	4%	13%	0%	7%
P4				
Card 3	100%	20%	3%	97%
Responses in IRT > 5 s	5%	19%	12%	5%
Time spent in IRT > 5 s	11%	32%	32%	7%
P3				
Card 3	92%	5%	6%	92%
Responses in IRT > 5 s	6%	12%	11%	4%
Time spent in IRT > 5 s	13%	57%	56%	10%
P2				
Card 3	100%	17%	13%	100%
Responses in IRT > 5 s	1%	27%	16%	18%
Time spent in IRT > 5 s	2%	42%	46%	52%

<sup>a</sup> Card 3 refers to the most powerful game card

The Table 2 shows the most important changes in performance that resulted in victory in the game. In the baseline, all participants used Card 3 almost exclusively except for P5, who made a more balanced use of the three cards. IRTs in the baseline were relatively short: the percentage of time spent in IRTs longer than 5 s ranged from 2% to 13%. This pattern of CPR extraction has the highest environmental impact: in terms of the game, it would reduce the level of resources faster than their renewal rate, leading to depletion of resources. Since resources were unlimited in the baseline, this extraction pattern succeeded in winning baseline rounds: it returned enough points to enable the player to continue buying cards, and the use of Card 3 was more effective in preventing the escape of fish. However, in the Intervention Phase, when resources were limited and shared with the submarines, this extraction pattern resulted in the loss of rounds by depletion of resources. Five players succeeded in changing the extraction pattern to manage the opposing requirements of the Intervention Phase: extract fish enough to keep alive, but do not exceed their renewal rate.

Successful players used two strategies. One was to diminish the use of Card 3. The other was to increase the percentage of IRTs equal to or longer than 5s. Both strategies reduced the over-extraction of fish in successful rounds. Some players combined both strategies, and others relied more upon one. They usually suffered several losses at the beginning of the intervention and varied their strategy until they achieved a sustainable extraction pattern. Different strategies can be seen in Figures 4 through 7, showing individual data from four representative participants (data from the remaining participants are available in the supplemental material). Each of these figures has two graphs showing data for all participant responses. The solid line in the upper graph depicts the card chosen by the participant for each response. The solid line in the lower graph depicts successive IRTs. The dotted line in the upper graph represents the continuous

changes in the level of resources. The circles in this dotted line represent points in which the player lost a round by letting three fishes escape. If the level of resources reached 0, the participant lost the round by depletion of resources (signaled by a diamond).

Figure 4 presents data from P2. His baseline shows exclusive use of Card 3 and relatively short IRTs, with only one IRT longer than 5 s. At the beginning of the Intervention Phase, when resources became limited and shared, with availability signaled by the bar at the left of the screen, P2 immediately shifted card preference and started to use Card 1 in most trials. The consequent reduction of responses resulted in losses due to the escape of fish. Eventually, the participant also increased IRTs, and the combination of increased IRTs with infrequent use of Card 3 led to two consecutive victories. Return to baseline conditions produced an immediate return to the initial baseline performance.

## Figure 4

### *Individual data from Participant 2*

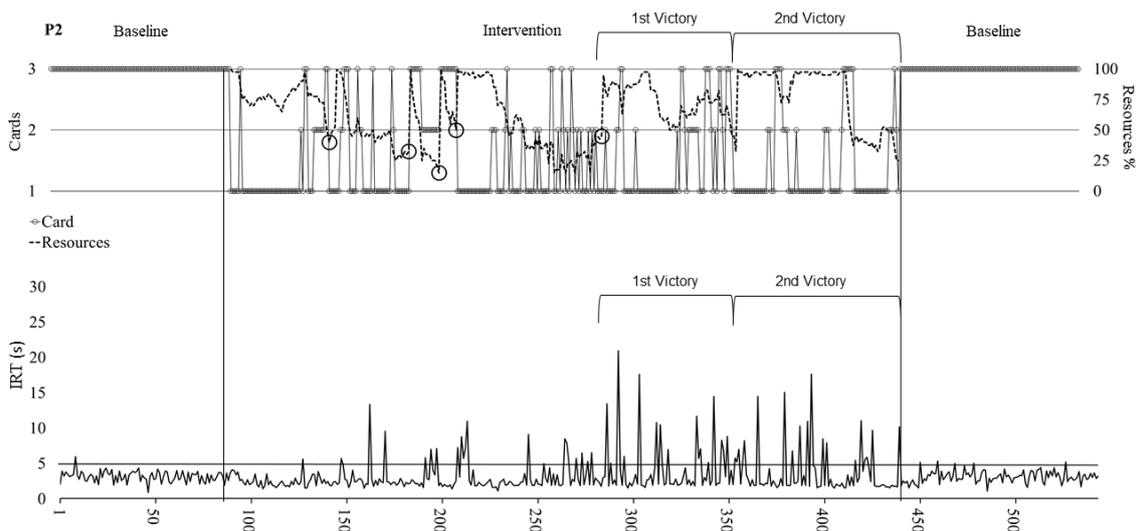
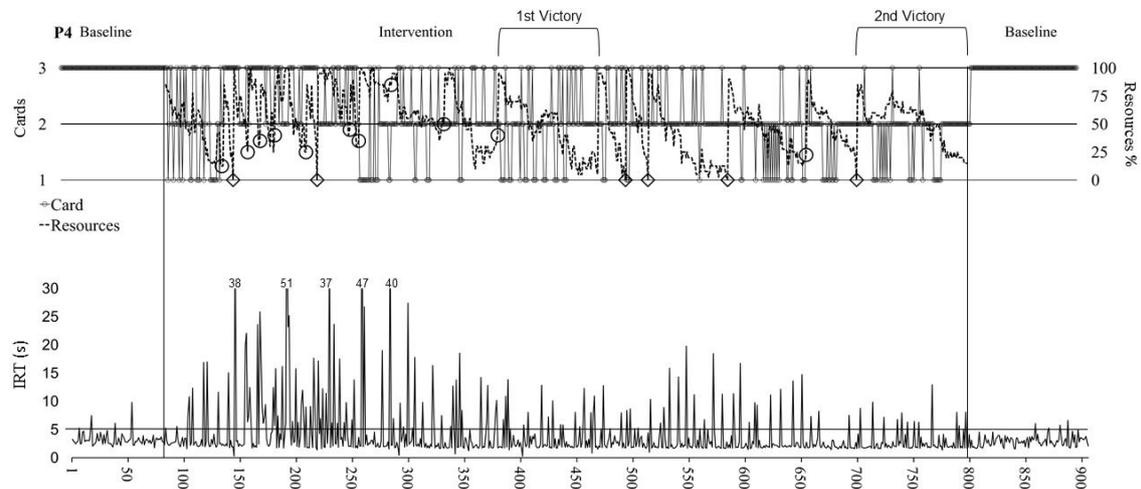
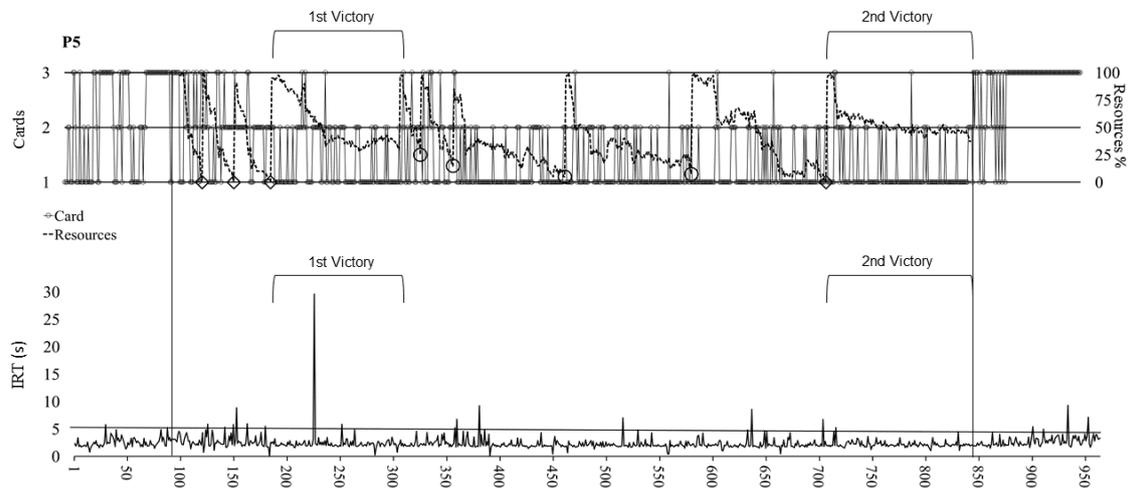


Figure 5 shows the performance of P4. She also used Card 3 exclusively in the baseline, with few IRTs above 5 s. At the beginning of the Intervention Phase P4 immediately started to use Cards 1 and 2 for several responses, but still used Card 3 more frequently. Long IRTs gradually appeared. These strategies were unsuccessful at the beginning, and P4 suffered many losses, the majority of them by the escape of fish, and a few by depletion of resources. She eventually combined successfully a distributed use of cards with a more moderate increase in IRTs (without the long pauses that occurred earlier in this Phase) and obtained the first victory. After winning, she increased again the frequency of use of Card 3, and experienced three losses by depletion of resources. She then increased again the use of Cards 1 and 2, which eventually led to a loss by escape of fish and, after a decrease in the proportion of long IRTs, another loss by depletion of resources. The participant then achieved another successful combination of the predominant use of Cards 1 and 2 with a moderate percentage of longer IRTs to achieve her second victory. The subsequent return to the baseline led to an immediate return to baseline performance.

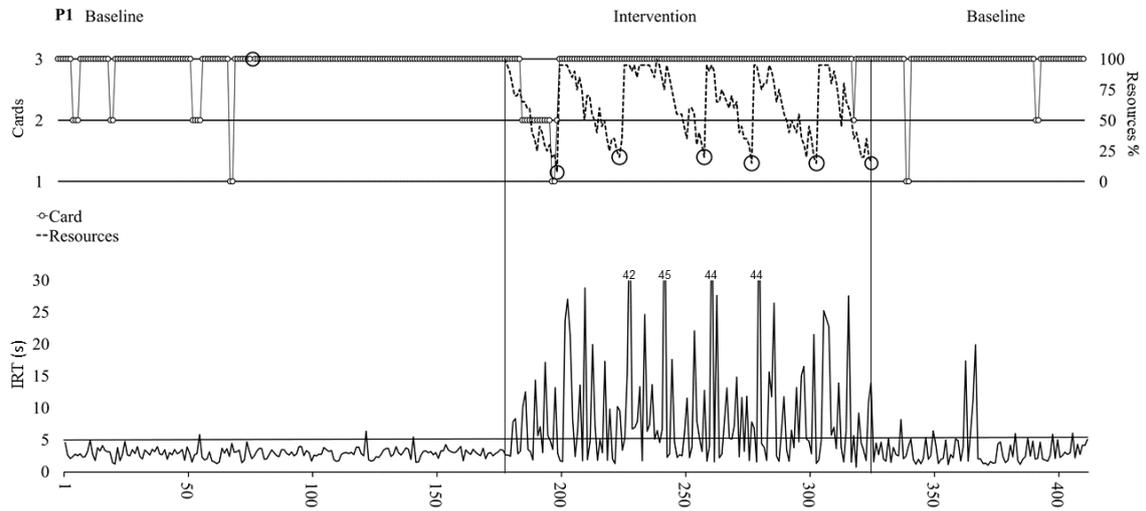
**Figure 5***Individual data from Participant 4*

Data for P5, presented in Figure 6, show a different strategy: this participant was the only one who effectively used Cards 1 and 2 in the baseline, distributing his choices between the three cards. The only significant change in his performance at the beginning of the Intervention Phase was a decrease in the percentage of use of Card 3, without a noticeable increase in IRTs. This resulted in three losses by exhaustion of resources. In the following rounds, the participant used predominantly Cards 1 and 2 and maintained short IRTs, except for one long IRT of about 30 s. With this pattern, the participant achieved the first victory. After this victory, P5 maintained the combination of short IRTs with the predominant use of Card 1, which led to three losses by the escape of fish and a subsequent loss by depletion of resources. The predominant use of less powerful cards eventually led to a second victory, even without an increase in long IRTs. After the return to the baseline, P5 continued to alternate between different cards but eventually started to use exclusively Card 3.

**Figure 6***Individual data from Participant 5*

All five participants who won the game decreased the use of Card 3 in the Intervention Phase, and at least three combined this decrease in the use of Card 3 with an increase in long IRTs. The individual data of P3 and P6 are available in Appendix B.

P1 (see Figure 7) continued to use Card 3 for nearly all responses in the Intervention Phase. This was the first participant in the experiment, and his baseline was longer due to a bug in the software that stopped the program at the end of the eighth round in the baseline. The baseline was restarted and proceeded until 10 consecutive rounds were won. (This bug was fixed for the next participants).

**Figure 7***Individual data from Participant 1*

P1's conspicuous change in performance in the Intervention Phase was a marked increase in long IRTs. The player's strategy was apparently to wait for the renewal of resources with long pauses and then use Card 3 to catch fish. This was not sufficient to achieve a victory and the participant suffered six losses by letting fish escape. Since his response pattern did not change, the experimenter suggested that he experimented with the other cards, but P1 answered that the other cards had no value. Since the child did not show changes in responding toward a more sustainable pattern, the experimenter ended the Intervention Phase, to avoid a frustrating series of defeats for the child. The baseline was reinstated and P1 won 10 consecutive rounds, in which he decreased IRTs and continued to use predominantly Card 3.

## Discussion

The present study investigated the management of CPR (fish) by children in a digital game in which they extracted fish from a virtual ocean by choosing between three types of cards, which varied in how fast they caught the fish. In a baseline condition, in which resources were unlimited and not shared, children used almost exclusively the most powerful card (Card 3), with shorter IRTs between successive fishing responses. In the intervention condition, in which resources were limited and shared with virtual players, the baseline pattern of extraction led to the depletion of resources and frequent losses in the game. Five of six children succeeded in the game, managing their extraction pattern to attend to two opposing contingencies: on the one hand, catch enough fish to stay alive in the game; on the other hand, moderate the rhythm of extraction to avoid losing the game by depletion of resources.

Participants used two basic strategies to promote sustainable use of CPR: 1) decrease in the proportion of use of Card 3, increasing the use of less powerful cards, thus moderating the rhythm of extraction; 2) increase in long IRTs, which allowed “regeneration” of CPR and decreased the probability of their depletion. P1 used only the second strategy, which was not sufficient to win the game. The other participants changed their strategies after several losses at the beginning of the intervention and eventually won the game through different combinations of both strategies.

The game simulated a social trap (Platt, 1973; see also Brechner, 1977), in which the capture of fish produced immediate positive reinforcers for individual participants but could also result in long-term aversive consequences for the group (which in the present experiment was simulated by virtual players). Similar social traps have been simulated in earlier studies (Brechner, 1977; Camargo, 2019; Camargo & Haydu, 2016; Nogueira & Vasconcelos, 2015). As Brechner pointed out, a social trap involves different

consequences, with opposing valences, for the same response. In all the studies mentioned earlier, a target response produced immediate positive reinforcement and, in the long term, could produce punishment by exhaustion of resources.

In the present study, the trap involved a complex *superimposition of reinforcement schedules*. Fishing produced an immediate positive reinforcer (points). Players could use three different cards to capture fish, with a different Fixed Ratio (FR) schedule for each card. Capturing a fish was also negatively reinforced since it prevented the fish from escaping through the right whirlpool (escape of three fishes would result in loss of the game). Capturing fish would also produce a long-term aversive consequence, depletion of resources. The level of resources was signaled by the green bar at the right, and impending exhaustion of resources was signaled by a change in the screen to a reddish tone. These aversive contingencies should establish the decrease in the green bar as a conditioned aversive stimulus. Therefore, a pattern that kept the level of the bar stable would be negatively reinforced. Raises in the bar would also function as negative reinforcers, which occurred in a VT 3s schedule (see Method).

In the baseline, performance was controlled mainly by the FR schedules for the different cards, generating a high frequency of responses, generally low IRTs, and an almost exclusive preference for Card 3, which caught fish in a CRF schedule. In the intervention phase, this baseline pattern of extraction led to defeat in the game by depletion of resources. Participants diminished the extraction rate, either by increasing the preference for longer FR schedules (using the less powerful cards) or by showing an increased proportion of longer IRTs, or both. The resulting decrease in the rhythm of capture, however, produced several defeats due to fish escape. Exposure to these contingencies conceivably shaped successful strategies. These always involved an

increase in the proportion of responses using the less powerful card. P1, who continued to use Card 3, could not win the game, even with increases in the frequency of long IRTs.

All five participants who decreased the proportion of use of Card 3 eventually won the game. Most victories in the game also required an increase in long IRTs, as shown in Table 2. The only exception was the second victory for P5, who did not show an increase in IRTs longer than 5 s. This participant, however, used Card 1 for most of the captures in the 10 games of that victory. This shows that an increase of long IRTs was unnecessary to win the game: predominant use of Card 1 could be sufficient. Nevertheless, increases in long IRTs occurred in the other nine victories achieved by participants who won the game in the intervention phase. Figures 4 through 6 indicate that the most successful pattern seemed to be a predominant use of Cards 1 and 2, alternating between many short IRTs with the occasional occurrence of long IRTs. This involved an alternation of a relatively constant rate of responding with some pauses, in which participants avoided dangerous decreases in the level of the bar and might be eventually reinforced by a rise in its level.

The game developed for this study was, therefore, successful in exposing children to a simulated social trap leading to the Tragedy of the Commons. Koomen and Herrmann (2018) had shown that children could avoid depletion of CPR when they performed in pairs, extracting water to obtain rewards. In this study, 40% of the pairs were successful in managing the CPR and overcoming the dilemma. All the successful pairs communicated to develop strategies that avoided CPR exhaustion. In the present study, the participants could not communicate with the virtual players with whom they shared resources. Nevertheless, five of six children (83%) managed to win the game twice in the phase in which resources were shared and limited. Although children could not communicate with the virtual players, they were exposed to several iterations of the game,

in which they experienced several defeats. This repeated exposure may have established discriminative control by both the level of the green bar and the reddish tone that immediately preceded CPR exhaustion. This study replicates, with children, data obtained with adults by Camargo & Haydu (2016) and Camargo (2019), showing how participants come under control by antecedents (discriminative stimuli such as the level of the bar and the reddish tone) and consequences (reinforcing such as raises in the bar and its accompanying sound, or punishing, such as depletion of resources or escape of fish). Although several studies show that communication is an effective strategy for managing CPR, this is not always necessary. Adults and children can manage CPR without communication if extended exposure to the game permits them to come under the control of antecedents and consequences.

Unfortunately, in most real-life CPR dilemmas, CPR users will not have the opportunity to learn with repeated contact with resource exhaustion because the real world is not like a game in which exhaustion of resources in a round is magically undone at the beginning of the next round. However, games such as Fishing Cards may serve as an educational tool in which children could experience consequences of the irresponsible use of CPR, in a playful context. These consequences could help to shape alternative behaviors to achieve sustainable use of CPR as well as to establish signals of impending depletion of natural resources as discriminative stimuli to diminish extraction the extraction rate. The use of the game could be coupled with lessons about sustainability and pro-environmental behaviors, providing concrete illustrations of the concepts. A feature that may contribute to making the game more attractive to children is that there are different strategies that can be successful. Future versions of the game may substitute actual children for the virtual players, permitting children to communicate and discuss

strategies for sustainable management, increasing the potential of the game both for research and educational purposes.

Limitations of this study included the difficulty of the task due to the relatively high velocity of the fish, who could sometimes accumulate on the screen. Also, some parameters of the game induced children to buy the most powerful card at the beginning of the game, since the less powerful cards had a less favorable return of points relatively to the expense of the cards (points needed to purchase them). Further research may be conducted to investigate parametric changes in the game (velocity of fish, price and power of cards, rhythm of extraction by virtual players, schedule of regeneration of resources, etc.) to adjust the game in accordance with its research and/or educational purposes and population addressed. Future versions of the game may also substitute real players for the virtual ones, investigating collective management of CPR, as the way to explore the limited and shared resources in cooperative behaviors.

### References

- Brechner, K. (1977). An experimental analysis of social traps. *Journal of Experimental Social Psychology*, 13, 552-564.
- Borba, A., da Silva, B. R., Cabral, P. A. d. A., de Souza, L. B., Leite, F. L., & Tourinho, E. Z. (2014). Effects of exposure to macrocontingencies in isolation and social situations in the production of ethical self-control. *Behavior and Social Issues*, 23, 5-19. doi: 10.5210/bsi.v23i0.4237
- Camargo, J., & Haydu, V. B. (2016). Fostering the sustainable use of common-pool resources: an experimental approach. *Behavior and Social Issues*, 25, 61-76. doi: 10.5210/bsi.v25i0.6328
- Camargo, J. C. (2019). *Investigando o uso sustentável de recursos comuns por meio de um*

- jogo eletrônico [Investigating the sustainable use of common resources by means of a video game]* (PhD Dissertation). Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Federal University of São Carlos, São Carlos, SP, Brazil. 80 pp.
- Begossi, A., Salivonchyk, S., Hallwass, G., Hanazaki, N., Lopes, P. F., & Silvano, R. A. (2017). Threatened fish and fishers along the Brazilian Atlantic Forest Coast. *Ambio*, 46(8), 907-914. doi:10.1007/s13280-017-0931-9.
- Dietz, T., Ostrom, E., & Stern, P. C. (2003). The struggle to govern the commons. *Science*, 302(5652), 1907-1912. doi: 10.1126/science.1091015
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162, 1243-1248. doi:10.1126/science.162.3859.1243
- Nogueira, E. E., & Vasconcelos, L. A. (2015). De macrocontingências a metacontingências no jogo dilema dos comuns [From macrocontingencies to metacontingencies in the dilemma of commons]. *Revista brasileira de análise do comportamento*, 11(2), 104-116. doi: 10.18542/rebac.v11i2.1941
- Platt, J. (1973). Social traps. *American Psychologist*, 28(8), 641–651. doi: 10.1037/h0035723
- Kazdin, A. E. (2011). *Single-case research designs: Methods for clinical and applied settings* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Koomen, R., & Herrmann, E. (2018). An investigation of children's strategies for overcoming the tragedy of the commons. *Nature human behaviour*, 2(5), 348–355. doi: 10.1038/s41562-018-0327-2
- Morford, Z. H., Witts, B. N., Killingsworth, K. J., & Alavosius, M. P. (2014). Gamification: The Intersection between Behavior Analysis and Game Design Technologies. *The Behavior analyst*, 37(1), 25–40. doi: 10.1007/s40614-014-0006-

Virgo Game Studios (2014). Jogo da Pescaria [Fishing Game]. CC BY-NC-SA 3.0. 2014.

Original Design: Paolo Pedercini. Brazil.

Wilson, D. S., Ostrom, E., & Cox, M. E. (2013). Generalizing the core design principles for the efficacy of groups. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 90(Suppl), S21–S32. doi: 10.1016/j.jebo.2012.12.010

Young, M. E., Webb, T. L., & Jacobs, E. A. (2011). Deciding when to “cash in” when outcomes are continuously improving: An escalating interest task. *Behavioural Processes*, 88(2), 101–110. doi: 10.1016/j.beproc.2011.08.003

Young, M. E., Webb, T. L., Rung, J. M., & Jacobs, E. A. (2013). Sensitivity to changing contingencies in an impulsivity task. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 99(3), 335–345. doi: 10.1002/jeab.24

## Appendix A

### Experimenter verbal instructions during tutorial

First, the experimenter said:

*“We are going to start the tutorial which is for you to learn how to play. I'll stay here with you to teach you, but afterwards you'll play by yourself, okay?”*

After giving the first instruction, the first author (experimenter) presented elements and context of the game to the child: *“This is a fishing game. You're at the bottom of the sea and there's always fish coming from here [the experimenter indicated the whirlpool on the upper-left corner; see Figure 1] and they'll try to get here [the experimenter indicated the bottom-right whirlpool; see Figure 1], but I'll explain to you the way to avoid their escape.”* The experimenter added:

*“During the 30 seconds or a round, you must prevent your fish from escaping. Look at this clock here [points to the visual element that symbolizes a clock], you have a bar that indicates the time passing, but when end is approaching, a clock will appear in the middle of the screen to notify you when there are 5 seconds left to end the game. Your fish cannot escape through the whirlpool three times, if that happens, you lose the game! To catch fish, you must use cards that come out when you touch these buttons with your fingertip. Each button has a value, see? This one is worth one, this is three and this is five [the experimenter points to each of the card buttons]. These are the prices to buy the cards that appear when you tap the button.”*

After the experimenter gave other instructions:

*“Now I am going to give you some important tips. Look at these three hearts and always keep at least one of them to stay alive in the game. For every fish that runs away,*

*you lose a heart. How do fish escape in the game? They enter the whirlpool, do you remember? So, if three of them escape, you will lose all three hearts and lose the game. Let's play for you to get the hang of it, okay? I will stay here if you have any questions. But do not worry, because now it is time for you to learn how to play, if you lose now, no problem, so let's go!"*

Afterward, the player was asked to tap the button to start the game and was told to tap any button on the panel to produce a card on the screen. In the first two cycles, only slower targets were presented, later the fish presentation schedule was identical to that described in the procedure section. The child had to move the item just presented with the touch of the finger and received hints from the experimenter to have a more adequate response topography. She/he was asked to carry the letter towards the target until she captured it. Once the fish was caught and the number of points presented, the experimenter paused the game and made the following comment:

*"Cool! You have noticed that the fish has a health bar, haven't you? **[the experimenter waited for the child to respond]**. So, you need to collect in game money **[points]** that you get when you catch the fish because you always need money to buy the cards. It will always show you what you have earned when the fish's health bar runs out and you catch it! For now, you must use other cards to see how much money will come back. Take a good look at how much you earn and what happens to the fish's life."*

The player was presented with the fish bucket function that displayed the total number of points accumulated. Likewise, the child was instructed to pay attention to the bucket, to avoid having less than 20 total points, as he could run out of money (points) to buy his cards.

### **Experimenter verbal instructions during baseline**

*“Now, you are going to play by yourself. When you achieve more than 10 rounds, you will be the winner, the game will tell you the victory and everything in the game will pause, then you can call me, I will be in the next room. If you have any problem in the game or with you, can you call me also, please? Good luck!”*

### **Experimenter verbal instructions during intervention**

*“You will have another challenge, so look at these submarines! What do you think they are going to do in the rounds? [the experimenter waited for the child to respond].”*

If the child replied the function of submarines correctly:

*“Yep! They do that! You are right. These submarines will try to collect the same fish as you, but now all the time. Something important to you knows, they shared the same source of fish.”*

If the child replied the function of submarines incorrectly:

*“No! They will try to collect the same fish as you, but now all the time, because the fish of you and them are the same, you share the same source of fish, which is important.”*

After the experimenter gave other instructions:

*“Why do you share the same fish source? And why is it important? Look at this bar [points to the visual element that symbolizes the green bar]. This bar represents the life of all fish. It is from here where newborns spawns, if the bar goes out... You will lose the game and need to start again from the first round. It is your work to figure out how not lose the game. I can give you two tips: Stay tuned with the bar level because they will raise time by time. And a reddish tone will appear when the situation is critical, in other words, when you have almost nothing in the green bar and is near to losing all the fish sources. I wish you good luck. I am leaving the room, and when I close the door, please, start the game by touching the button: start*

*match. Call me in the next room when you lose or win the game. Before I go, do you have any questions?"*

### **Experimenter verbal instructions during baseline return**

*"Good news, player! After your efforts in the game, you have to play the easier phase again, do you remember? There will not be submarines and the green bar with all fish life sources won't appear. The condition to win is the same finish the 10 rounds."*

## Appendix B

Figure X supplementar

Participant P3

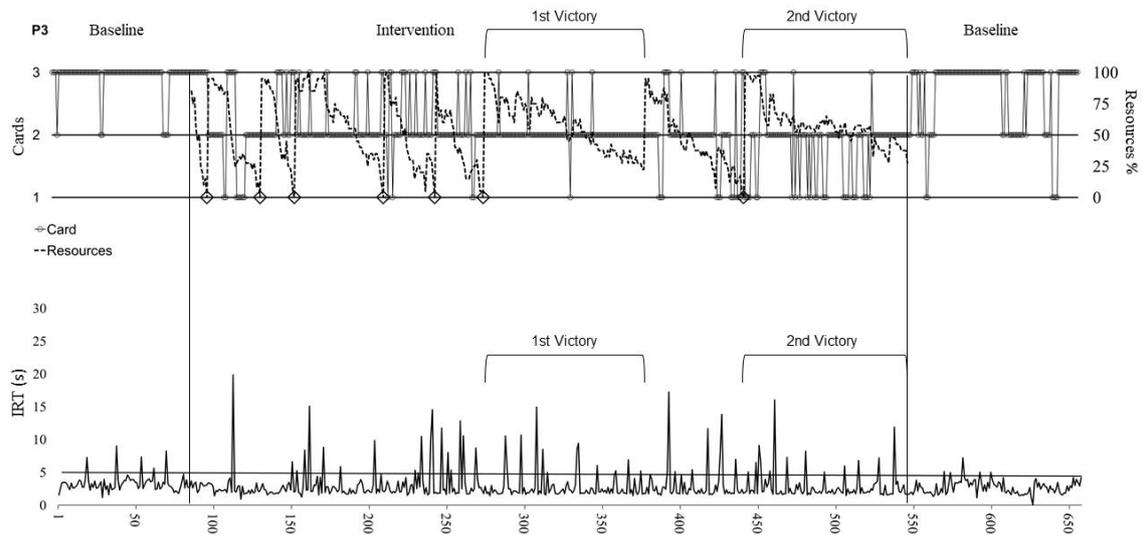
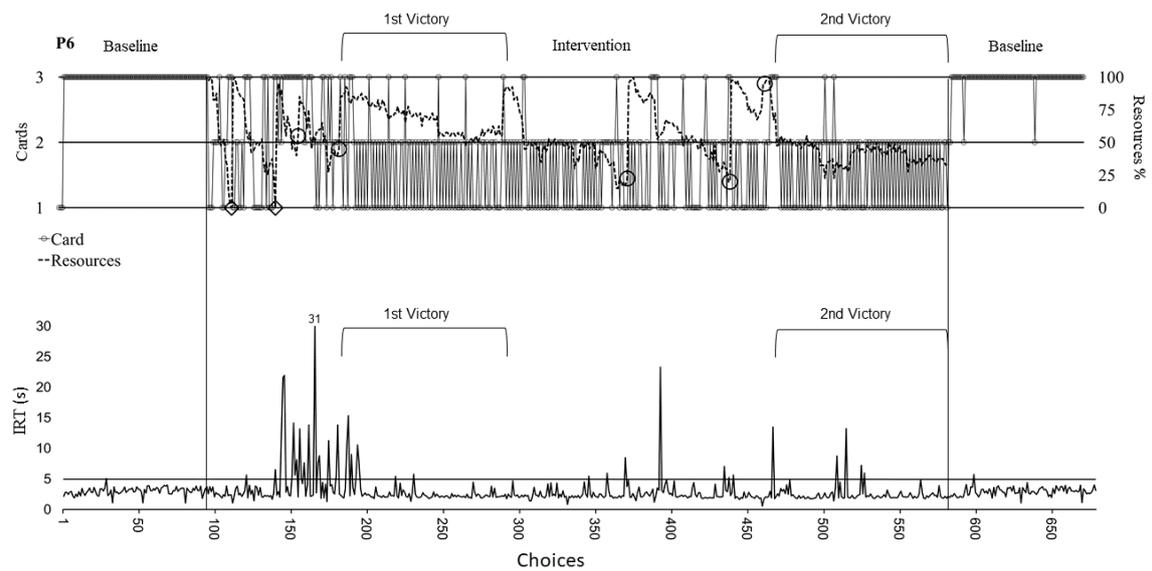


Figure X 2 supplementar

Participant P6



## **CAPÍTULO 3 – ARTIGO DO EXPERIMENTO 2**

### **Investigando o uso do recurso comum em um jogo digital: manejos de adultos e adolescentes**

#### **Resumo**

Recursos de acesso comum são utilizados por um ou mais indivíduos e podem ser compartilhados entre as pessoas, no caso dos recursos naturais renováveis uma questão crucial é garantir sua manutenção ao longo do tempo. O presente estudo investigou por meio de um jogo digital online como adultos e adolescentes maneжaram um recurso de acesso comum (peixes) em relação a capacidade e ritmo de extração de maneira isolada durante partidas de 40 s. Para isso eles tinham a disposição dois tipos de cartas que representam tecnologias de pesca, sendo uma menos poderosa e outra mais poderosa, com maior capacidade de extração do recurso. Durante a primeira condição experimental, a tarefa do jogador era evitar a fuga dos peixes em um cenário de recursos ilimitados e se manter “vivo” ao longo das partidas, posteriormente, os recursos eram renováveis, mas tornaram-se limitados e compartilhados com jogadores virtuais, acrescentando um novo desafio: evitar que os recursos colapsem ao manejar a velocidade de pesca e uso de certas cartas. Os resultados encontrados foram a ausência de diferenças relevantes entre o manejo do recurso pelos grupos de adultos e adolescentes, diminuição no ritmo da velocidade de pesca como estratégia eficaz para promover renovação dos peixes. Ademais, a distribuição das cartas indica que a preferência por um tipo de carta durante a condição de recursos ilimitados prediz a escolha deste mesmo item para manutenção de uso sustentável, na condição posterior.

Palavras-chave: extração de recursos; recurso de acesso comum; sustentabilidade; jogo digital, aprendizagem.

Os recursos naturais renováveis, como, por exemplo, as áreas florestais, biodiversidade marinha, rios e lagos, devem ser utilizados de forma equilibrada para se renovarem ao longo do tempo. Esses chamam-se de Recursos de Acesso Comum (CPR - *Common Pool Resources*) e podem ser acessados por um ou vários indivíduos (Ostrom, 2009). Entretanto, por serem extraídos de um local comum, a capacidade de renovação destes bens poderá exaurir se ocorrer superextração por múltiplos indivíduos e/ou violação nas suas taxas de recuperação ao longo do tempo. Pode-se citar como exemplo da perda permanente do recurso comum um estilo de pesca sem ações de sustentabilidade, que pode levar à extinção de espécies de peixes (e.g., Cardeñosa, 2022). Outro fator que pode levar a diminuição dos recursos incluem a disputa deles entre populações ou pequenos grupos (Guerin, 2004).

Pode-se reverter extrações abusiva de um CPR por meio da auto-organização das comunidades locais para estabelecer um senso de identidade delimitando direitos e obrigações de seus membros sobre a gestão de recursos (e. g., Ostrom, 2002). Assim, quando indivíduos se auto-organizam, eles podem produzir decisões coletivas ou monitorar seus membros para evitar transgressões sobre o uso de recursos (Ostrom, 2009; ver também Wilson et al., 2014 p. 20-21 para mais detalhes sobre princípios de auto-organização). Por exemplo, as prescrições coletivas fornecem condições para gerenciar CPRs por meio de acordos verbais ou regras cooperativas para alcançar práticas sustentáveis, como o monitoramento do uso dos recursos e sanções para os desviantes dos acordos estabelecidos previamente (Dietz et al., 2003, Wilson et al., 2013). Em situações nas quais uma grande quantidade de CPRs naturais são compartilhados, pode-se apresentar uma inviabilidade de comunicação ou monitoramento entre a membros da comunidade (Ostrom, 2009; Camargo e Haydu, 2016). Nesta perspectiva, estes recursos se tornam difíceis de serem administrados por serem usufruídos, em geral, por meio de

comportamentos individualistas; as consequências danosas (e. g., esgotamento) serão percebidas coletivamente somente a longo prazo.

A situação de colapso dos recursos comuns naturais a longo prazo foi descrita por Hardin (1968) como *Tragédia dos comuns*. Este autor descreve o uso dos recursos naturais renováveis entre membros de um grupo por meio da analogia onde diversos pastores cultivam seu gado em um pasto. Este pasto possui tamanho limitado e é compartilhado por diversos indivíduos, portanto, espera-se que conforme o tempo passe, cada pastor procure maximizar sua produção, extraindo a maior quantidade possível de recursos desse ambiente. Fatidicamente, em determinado momento a capacidade de renovação do pasto será comprometida e isso levará ao esgotamento do recurso. Hardin (1968) também critica a ideia de que é possível estabelecer uso moderado dos recursos de acesso comum apelando somente à consciência dos indivíduos. Ele recomenda alguma restrição ou coibição sobre a extração exacerbada do bem comum para evitar que os recursos se extingam.

Inspirados pela definição de CPRs e Tragédia dos comuns, estudos experimentais foram planejados para investigar quais condições influenciam na preservação dos recursos ao longo do tempo (e g., Brencher, 1976; Camargo, 2019; Camargo & Haydu, 2016; Nogueira & Vasconcelos; 2015; de Oliveira et al. (Capítulo 2 da presente tese); Koomen & Herrmann; 2018). Os principais achados desses estudos foram verificar manutenção ao longo do tempo do uso moderado dos recursos comuns quando há interação verbal entre pares/membros do grupo para preservar um CPR, tanto em adultos (Nogueira & Vasconcelos; 2015) como em crianças (Koomen & Herrmann; 2018); o efeito da sinalização sobre o estado do CPR por meio de *feedbacks* sobre o nível do recurso durante extração para verificar mudanças no uso de um CPR (Brencher, 1976; Camargo e Haydu, 2016); e, ainda, verificar em um jogo eletrônico, o papel de

consequências diferenciais para controlar a velocidade de extração do jogador real e competidores virtuais do recurso comum (Camargo, 2019). Embora esses experimentos identifiquem importantes manipulações para promover a conservação de um CPR, observa-se pouco conhecimento sobre uso sustentável de um recurso natural renovável em situação experimental quando a possibilidade de comunicação entre os indivíduos está ausente, em populações diferentes da enfatizada na literatura, como a infantil.

De Oliveira et al. (Capítulo 2 da presente tese) investigaram como seis crianças manejaram extrações de um bem comum (peixes) em um jogo digital. Individualmente, elas deveriam escolher constantemente ao longo do jogo dentre três tipos de cartas para capturar peixes apresentados na tela e somente uma das cartas tinha alta capacidade de extração do recurso. As crianças foram expostas inicialmente a uma condição em que os recursos naturais renováveis (peixes) eram ilimitados (linha de base) e, posteriormente, apresentou-se um novo cenário no qual o CPR era limitado e compartilhado com jogadores virtuais (intervenção) e após concluírem esta fase vitoriosamente, retornava-se para a situação de recurso comum ilimitado. Os resultados indicaram que cinco das seis crianças apresentam padrões de extração moderados e isso refletiu no uso sustentável dos recursos naturais de acesso comum no jogo digital. Além disso, observou-se que os recursos ilimitados favoreciam as escolhas das cartas mais poderosas com curtos intervalos entre as respostas de pesca. Todavia, na fase com recursos compartilhados e limitados, identificou-se alterações de padrões de uso do CPR durante a vitória no jogo: os jogadores aumentaram o tempo entre respostas para permitir os recursos se renovarem e, ainda, ocorreram mudanças para escolhas de cartas com menores capacidades de extração dos recursos para propiciar manutenção do CPR. Ambas foram estratégias utilizadas para ser vitorioso e preservar os recursos. Ao retornar à

condição dos recursos ilimitados, os padrões de uso do recurso comum retornaram aos da fase inicial.

Apesar dos resultados promissores com a população infantil no experimento relatado no parágrafo anterior, uma lacuna de investigação envolve avaliar as estratégias para o uso sustentável em outras faixas de desenvolvimento, como adolescentes e adultos. Ademais, estudos com maiores números de participantes podem levar à melhor compreensão da relação dos comportamentos individuais e seus impactos no uso sustentável dos CPRs para o “grupo como um todo” (e. g., Camargo, 2019).

No presente experimento, adultos e adolescentes foram expostos a uma versão adaptada para contexto online do jogo *Fishing Cards* que possibilitou coleta de dados remota. Em um ambiente análogo à tragédia dos comuns para avançar nas jogadas os participantes escolhiam cartas que representam tecnologias de pesca para capturar peixes. No jogo, inicialmente os recursos eram ilimitados e, posteriormente, ocorreu uma mudança para recursos limitados e compartilhados com jogadores virtuais. Desta forma, investigou-se padrões de manejo sustentável de um CPR (peixes) restritos e compartilhados por meio da mudança da capacidade e ritmo de extração dos jogadores.

## **Método**

### **Participantes**

Participaram do experimento 18 adultos e 12 adolescentes (13 mulheres e 17 homens). A pesquisa foi realizada após concordância com o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Os adolescentes foram recrutados após contato inicial com os pais e/ou responsáveis e autorização destes por meio do TCLE, além da anuência dos adolescentes pelo termo de assentimento do menor.

O recrutamento dos participantes ocorreu por meio de divulgação online. Antes de iniciar o presente experimento e, após assinatura do termo de consentimento e/ou assentimento, os participantes preencheram um formulário eletrônico na plataforma *google forms*. Eles informavam idade, data de nascimento, gênero, experiência prévia com jogo eletrônicos, a região do país que residiam no momento da pesquisa e escolaridade.

### **Tarefa experimental: O jogo Fishing Cards**

O experimento foi realizado remotamente a partir de uma versão adaptada do jogo digital *Fishing Cards* (de Oliveira et al., Capítulo 2 da presente tese). Essa versão foi reprogramada pelo primeiro autor para ser executada em navegadores Web de computadores pessoais (e. g., Google Chrome, Microsoft Edge, etc.) e acessada por meio de link externo. A tarefa dos participantes/jogadores era isoladamente capturar peixes com cartas que representavam diferentes tecnologias de pesca por até dez partidas com 40s cada. Primeiramente, para ganhar o jogo era necessário pescar de forma a evitar a fuga dos peixes, que procuravam escapar por redemoinhos, até concluir dez partidas. A “vida” no jogo era sinalizada por três corações apresentada no canto superior direito da tela e, a cada fuga de um peixe, um coração era subtraído. Se os três corações desaparecessem, o participante perderia o jogo e teria que recomeçá-lo. O jogador concluía cada etapa do experimento ao completar dez partidas consecutivas sem ser derrotado.

Posteriormente, além de continuar evitando a fuga dos alvos, um novo desafio era inserido: os recursos passavam a ser limitados e compartilhados com jogadores virtuais. Esse CPR era representado por uma barra verde no lado esquerdo da tela. Jogadores virtuais eram representados por dois submarinos que capturavam os mesmos peixes

disponíveis ao jogador, compartilhando o recurso comum. Para saber mais sobre dinâmicas da tarefa, elementos textuais e detalhes sobre parâmetros do jogo (ver de Oliveira et al., em preparação).

**Alterações paramétricas.** No presente experimento, as seguintes alterações paramétricas foram realizadas em *Fishing Cards*: 40s de tempo de jogada durante as partidas, redução em cerca de 30% da velocidade de movimento dos alvos na tela do jogo e dois tipos de cartas para captura dos peixes foram mantidas: Carta Vara de Pesca, menos poderosa/Carta Radar, mais poderosa. Tais alterações ocorreram para diminuir a dificuldade do jogo para sua versão online, para evitar o acúmulo consecutivo de derrotas e que a duração do experimento ultrapassasse uma hora e meia, visando minimizar algum possível desconforto no participante.

**Resposta de pesca.** Ao longo de dez partidas, o jogador capturava peixes por meio da escolha de cartas (Carta Vara de Pesca/Carta Radar) ao clicar com o mouse em um dos dois painéis localizados no centro inferior da tela para gerar um destes itens. Essa ação faria os painéis serem recolhidos e uma carta correspondente ao painel clicado era apresentada na tela; neste momento, a tarefa do jogador era mover o mouse até que a carta acertasse um dos peixes que transitavam pela tela e, em seguida, repetir esta ação. Sempre que a carta de vara de pesca era gerada o participante perdia um ponto, mas ao golpear o alvo recebia +1 ponto; já a carta de radar ao ser gerada custava cinco pontos e retornava +9 pontos ao golpear o alvo. Todos os valores recebidos ao golpear os alvos eram acumulados entre as partidas.

Se o jogador clicasse por mais de três vezes consecutivas em um dos painéis, um tempo de carência era disparado pelo programa (tempo de recarga) e o jogador deveria esperar 8 s para ter acesso novamente aquele tipo de carta. O objetivo deste tempo de

recarga era impedir uma extrema concentração de taxas de respostas de pesca (e. g., cerca de 20 respostas na mesma carta durante 40 s).

### **Procedimento**

Por meio de um aplicativo de mensagens instantâneas para *smartphones*, o experimentador informava ao participante que o jogo seria totalmente automatizado, ou seja, todas as etapas seriam realizadas sem auxílio do experimentador, assim como, as instruções em como jogar seriam apresentadas nos próprios tutoriais do jogo. Ademais, o experimentador fornecia instruções de como logar no sistema e quais seriam as etapas de jogo (e. g., informava-se que o jogador passaria por dois tutoriais, os cenários A e B teriam diferentes dificuldades), porém ser informar nenhum aspecto do jogo, apenas era fornecido uma dica: “*preste muita atenção nos tutoriais e leia com calma as instruções do jogo*”. O jogador era informado que a atividade duraria cerca de uma hora.

Sobre a conclusão do jogo, o jogador era instruído para atentar a uma frase na tela indicando: “*Parabéns você concluiu todas os cenários e venceu o jogo*”. Neste evento, um botão era apresentado no canto superior direito e, ao clicar nele, uma tela preta renderizada e quando isso ocorresse deveria reportar ao experimentador seu sucesso ao finalizar o procedimento. Ao final do experimento, o jogador era solicitado a responder uma escala de avaliação sobre a experiência ao jogar *Fishing Cards* (ver Apêndice A).

### **Condições experimentais**

Todos os participantes realizaram o procedimento com as seguintes condições experimentais: linha de base e intervenção. Para concluir cada condição experimental, o jogador deveria concluir com sucesso dez partidas (ciclos) consecutivas; se perdesse uma partida, por escape de peixes ou esgotamento de recursos, a contagem voltava a zero.

Entre as condições experimentais, apresentou-se tutoriais com o propósito de ensinar os elementos e desempenhos necessários para se jogar *Fishing Cards*.

**Tutorial 1.** Após inserir um nome/apelido e um código aleatório gerado pelo programa, o participante iniciava sua sessão de jogo. Uma tela com quatro botões era apresentada ao jogador, enquanto os outros botões das condições posteriores estavam transparentes e bloqueados; somente um botão com a palavra “*Tutorial*” escrita ao seu centro estava disponível. Ao clicar neste botão, sequências de instruções escritas para ensinar o desempenho requerido durante as jogadas eram apresentadas progressivamente (consultar Apêndice B para ler a lista de instruções). Conjuntamente, o jogador foi exposto a situações que requeriam um desempenho esperado (e. g., arrastar a carta de vara de pesca até um alvo para aprender como levar a carta até peixe). Isto ensinou passo-a-passo as respostas de pesca nas partidas. Por fim, quando todos os eventos de aprendizagem eram concluídos corretamente, o Tutorial 1 era finalizado. Uma vez completado, a tela inicial era reapresentada liberando um novo botão com a inscrição “*Cenário A*”.

**Linha de base: recursos ilimitados (Cenário A).** Nesta fase experimental, o jogador deveria superar dez partidas com os recursos ilimitados. Para concluí-la era necessário capturar peixes por meio da escolha de duas cartas que representavam tecnologias de pesca (vara de pesca ou radar). Ao terminar a linha de base, o jogador retornava a tela inicial e clicar no botão com a palavra “*Tutorial 2*” permitia prosseguir na fase de ensino dos novos desafios.

**Tutorial 2.** Por meio de demonstração visual e instrução textual, essa fase ensinou ao jogador a funcionalidade de uma barra vertical verde apresentada no lado esquerdo da tela. Esta barra representava a quantidade de peixes no oceano e a captura de peixes

decrecia proporcionalmente a altura da barra, mas ela era recuperada de tempos em tempos. Posteriormente, uma nova tela apresentou a função de novos elementos: dois submarinos indicados como jogadores virtuais que eventualmente capturavam peixes e extraíam os recursos compartilhados com o jogador (consulte o Apêndice C para instruções detalhadas deste tutorial). Ao terminar o tutorial, o jogador retornava a tela inicial com último botão do canto inferior direito acessível, nele estava escrito a palavra “*Cenário B*”.

**Intervenção: Recursos limitados e compartilhados (Cenário B).** Ao clicar no botão “Cenário B”, iniciava-se esta condição. Assim que o jogador entrava na tela de intervenção, ele era apresentado à figura de dois submarinos (jogadores virtuais) que estavam se movimentando na tela. Os jogadores virtuais apresentados nessa fase capturavam os peixes que estavam ao redor de sua área e extraíam 10% do CPR em uma estratégia de *tit-for-tat*, replicando o padrão de intervalos entre respostas do jogador real, ou seja, quanto mais rápido o jogador extraía CPR, mais rápido os submarinos também fariam isso. A Tabela 1 indica qual entrada de IRT do jogador real preenchia o critério para produzir a faixa de segundos na qual um dos submarinos tentaria capturar os peixes, quando faixa de tempo do submarino era concluída, o programa esperava 4s até iniciar uma nova busca atualizada da IRT do participante e recomeçar a estratégia de *tit-for-tat*.

**Tabela 1**

*Faixa de IRT do participante e tempo de busca de um peixe para captura dos submarinos*

IRT Participante	Submarinos (t)
$\leq 3s$	$\geq 2s$ a $4s \leq$
$\geq 4s$ a $6s <$	$\geq 4s$ a $6s \leq$
$\geq 6s$	$\geq 6s$ a $10s \leq$

Adicionalmente, na mesma tela, o participante era apresentado à barra verde. Ela sinalizava a quantidade de CPR (peixe) disponível. O tamanho da barra verde diminuía conforme os peixes eram capturados pelo participante e pelos jogadores virtuais. Entretanto, essa barra aumentava para simular uma renovação do recurso natural de acesso comum e um som era liberado quando isso ocorria. O nível total da barra verde iniciava em 100% de CPR e, desta forma, valores do nível da barra poderiam transitar entre 0 (totalmente vazia) até 100 (totalmente cheia). Os golpes das cartas nos peixes eram responsáveis pela queda dos recursos, uma vez que representavam extrações no CPR, portanto, todo golpe com um tipo de carta retirava alguns níveis da barra verde, especificamente, se fosse utilizada a carta Vara de Pesca abaixava 5% deste nível, ao passo que quando a carta Radar era utilizada diminuía-se 15%. Para estabelecer este ambiente de renovação dos recursos naturais de acesso comum a cada partida de 40s, a barra elevava-se em 5% a cada 2s. Durante o intervalo entre as partidas, o nível da barra era pausado e somente poderia se alterar quando a próxima partida era iniciada.

Se a barra verde estivesse com valor igual ou menor que 30%, bordas vermelhas semitranslúcidas eram apresentadas na tela para sinalizar o risco de esgotamento do CPR.

Nesta situação, se o valor do recurso decaísse até 0 era disparada uma perda do jogo por esgotamento dos recursos. Independente do jogador perder por deixar os peixes escaparem da tela ou por exaurir todo o CPR ele repetia o Tutorial 2 e retornava a esta condição. Quando ocorresse a superação de dez partidas consecutivas, o experimento era encerrado e uma tela preta era apresentada. A Figura 1 mostra a barra verde e os jogadores virtuais (submarinos) em uma partida.

### Figura 1

#### *Barra verde e submarinos Fishing Cards*



### Desenho experimental

A quantidade de recursos disponíveis foi registrada ao longo de duas condições experimentais (i. e., linha de base e intervenção). Nas partidas, as escolhas de cada carta utilizada para capturar os alvos e o tempo de intervalo entre respostas (IRT) foram registradas ao longo do experimento. A medida de IRT foi definida como o intervalo decorrido entre dois golpes consecutivos da carta no peixe (ver de Oliveira et al., em

preparação). Ao final da partida o tempo era pausado e iniciado novamente na próxima partida. Deste modo, um intervalo entre o último acerto em uma partida e o primeiro acerto na rodada seguinte também contava como um intervalo entre respostas. Tal delineamento permitiu mensurar variáveis de acordo com os seguintes objetivos de pesquisa:

**Objetivo 1:** Comparar grupos de adolescentes e adultos ao longo de dez partidas de cada condição experimentais (linha de base e intervenção) do jogo *Fishing Cards*, avaliando quando os recursos renováveis que poderiam se findar e eram compartilhados com jogadores virtuais ocorreria queda nas escolhas da carta mais poderosa (Radar) e/ou apresentação de ritmo de pesca mais lento,

**Objetivo 2:** investigou-se os participantes do presente estudo, independente da faixa etária e de desenvolvimento, em como eles alocaram suas estratégias de pesca por meio das médias de escolhas da carta Radar e médias das porcentagens dos períodos de espera entre as respostas (IRT), ao longo das mesmas condições do objetivo 1, no jogo *Fishing Cards*.

### **Análise de dados**

Os participantes ( $n = 30$ ) foram classificados de acordo com suas faixas etárias em adolescentes e adultos. Dados dos adultos e dos adolescentes em relação às porcentagens de escolhas de carta e a médias de IRTs foram analisados a cada partida, totalizando dez partidas da fase de linha de base e dez nas partidas-vitórias, durante intervenção (Objetivo 1). A organização, análises dos dados e construção das Figuras 2 e 3 foram realizadas em linguagem R utilizando-se o programa R Studio (RStudio Team, versão 2022.02.3) e os pacotes tidyverse e reshape2. Após, um novo tratamento, organização e análise dos dados ocorreu para prepará-los ao teste de hipótese.

Inicialmente, os pontos com extremos e desviantes da média foram eliminados. Para isso, calculou-se uma média de IRT da linha de base de cada participante e um desvio padrão geral foi calculado a partir dessas médias. Após, realizou-se um teste de *z-score* para identificar *outliers* de IRTs com escores *z* maiores que 3 ou menores que -3 para cada ponto. Todos os *outliers* (113 pontos) foram excluídos. Entretanto, devido à variação de intervalos entre respostas dos participantes na linha de base, optou-se por calcular novamente uma média dos valores de IRT individuais e somente os pontos acima dela seriam contados para o cálculo de porcentagem do tempo de espera ao longo de 400s. Assim, os pontos nas dez partidas linha de base e vitória que estavam dentro de  $IRT >$  critério foram convertidos em porcentagens e considerados na análise seguinte.

Uma vez obtido dados de porcentagem dos adolescentes e adultos de IRT e escolhas de Carta Radar, esses números foram agrupados. Assim, um *cluster* de K-médias foi performado em algoritmo codificado na linguagem R e executado no R Studio (ver em apêndice D). Nesta análise, os dados das porcentagens das IRTs e usos das cartas mais poderosas dos participantes foram reunidos de acordo com pontos mais próximos ou distantes de um centro ( $\leq$  ou  $>$  a partir de 50% de uso da Carta Radar) e resultaram em grupos de participantes com: tendência de negativamente dispersa ( $n = 17$ ) como *cluster* 1 e tendência de positivamente dispersa ( $n = 13$ ) como *cluster* 2. Isso permitiu estabelecer um critério de corte dos participantes pelos seus usos de Cartas Radar, durante as vitórias na condição de intervenção:  $\leq 50\%$  de uso observados em 17 participantes (Grupo Abaixo) e  $> 50\%$  de uso observados em 13 participantes (Grupo Acima). Após, os dados de porcentagem das linhas de base e vitória dos participantes foram alocados de acordo com o grupo que se encontravam. Por fim, as médias das porcentagens de uso da carta mais poderosa e IRT dos dois grupos foram analisados em testes T de *student* para avaliar se diferenças significativas maiores ou menores do uso de cartas e tempo gasto em IRT para

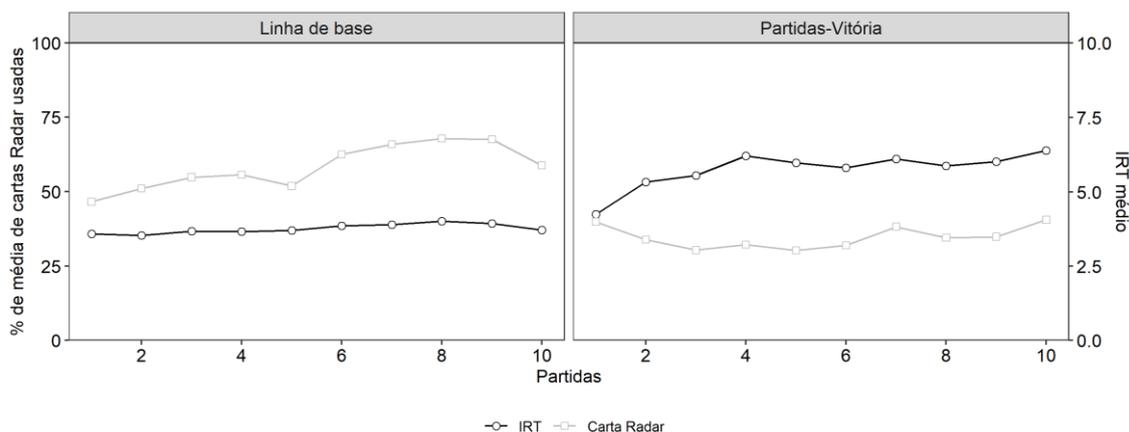
intra e intergrupos seriam reveladas (Objetivo 2). A exclusão de pontos *outliers*, conversão dos dados brutos em porcentagens, preparação e a rodagem do teste T utilizaram o software Microsoft Excel ®.

### **Resultados**

As Figuras 2 e 3 mostram as médias de IRT e as porcentagens de uso de Cartas Radar em cada partida e para os grupos dos adultos e adolescentes. Para análise destes resultados foram selecionadas todas as dez partidas da linha de base e da intervenção (partida-vitória); ambas as quantidades de partidas eram critérios para completar as condições experimentais. Na linha de base, ambos os grupos apresentaram níveis de médios de IRTs em cerca de 4.5s durante todas as partidas. Já na intervenção, durante a vitória, nas partidas desta condição iniciais as médias de IRTs elevaram-se para acima de 5 s para ambos os grupos, com os adultos tendo um aumento progressivo de 5 s para níveis de IRTs em torno de 7 s nas últimas partidas partida e os adolescentes com níveis próximos a 7,5 s já partir da segunda partida. Em relação ao uso de carta de radar na linha de base, os adultos apresentaram aumento nas médias nas porcentagens das escolhas em torno de 60% nas partidas finais e os adolescentes níveis médios de um pouco acima de 50%. Nas vitórias, os adultos e adolescentes se encontravam com níveis médios próximo a 30% ao longo das partidas com estabilidade ao longo das partidas, com as partidas finais por volta de 40% de uso de cartas Radar. De maneira geral, ambos os grupos mostraram padrões semelhantes em relação as respostas de escolhas e intervalos de tempo, sendo que os participantes adultos mostraram uma tendência de utilizar mais a Carta Radar a partir da sexta partida na linha base, ao passo que na vitória um aumento progressivo das IRT até estabilidade a partir da quarta partida.

**Figura 2**

*Médias de IRT e porcentagem de uso da carta radar dos adultos nas partidas da Linha de Base e Partidas-Vitória*

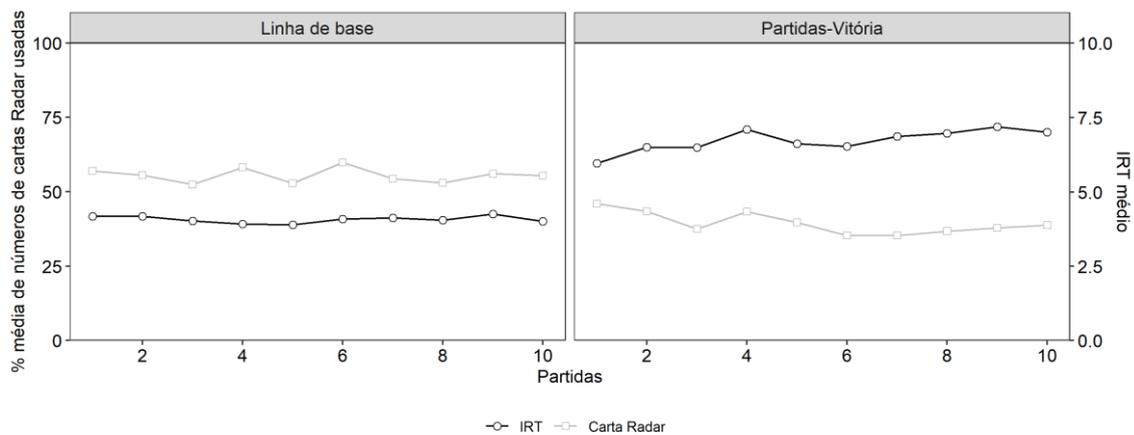


Posteriormente, uma nova análise foi implementada devido as semelhanças entre os padrões de escolha de cartas e IRTs adultos e adolescentes. Os dados deles foram alocados em um mesmo conjunto e, após critério de  $\leq$  ou  $>$  que 50% de uso das cartas Radar durante a vitória, na intervenção, dividiu-se os participantes em dois grupos: Grupo Acima e Grupo Abaixo. Investigou-se a alocação das escolhas de cartas e o tempo gasto nas duas condições experimentais para os dois grupos de acordo com o recorte feito na análise acima: linha de base e partida-vitória. As Figuras 4 e 5 mostram as médias dos grupos para uso das Cartas Radar e tempo gasto acima da média de IRT individual, respectivamente. Uma análise teste T *post hoc* pareada intragrupos para verificar o efeito da mudança de escolha das cartas nas diferentes condições experimentais ao se comparar as médias, na linha de base e partida-vitória. No Grupo Abaixo as porcentagem média de uso da carta Radar tiveram diferença significativa menor na vitória do que na condição anterior  $T(16) = 1.7$ ,  $p < 0.0001$ , ao passo que no Grupo Acima o uso teve diferença significativamente maior na vitória do que na condição anterior  $T(12) = 1.8$ ,  $p = 0.03$ .

Outra análise teste T *post hoc* pareada intragrupos permitiu comparar médias dos grupos em seus tempos de espera ao longo dos 400s antes e durante partida-vitória. A análise revelou que a porcentagem média de tempo sem responder foi significativamente maior na vitória do que na condição anterior para ambos os grupos, sendo Grupo Abaixo, com  $T(16) = 2.1$ ,  $p < 0.0001$  e Grupo Acima, com  $T(12) = 2.2$ ,  $p < 0.0001$ .

### Figura 3

*Médias de IRT e porcentagem de uso da carta radar dos adolescentes nas partidas de Linha de Base e Partidas-Vitória*

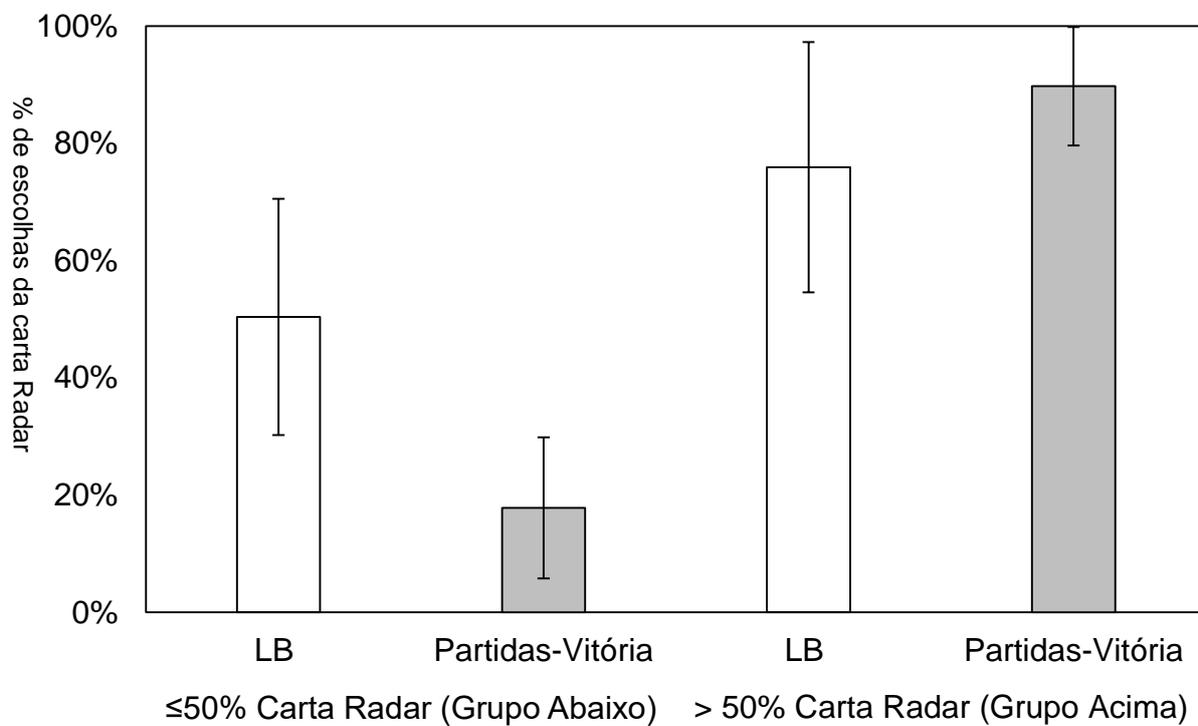


Um teste T *post hoc* para amostras independentes entregrupos indicou que o aumento de tempo gasto em IRT acima da média durante as partidas-vitória dos Grupos Acima e Abaixo (Figura 5), sendo  $T(26) = 1.7$ ,  $p < 0.0001$  entre os dois grupos. A análise revelou uma diferença significativa maior para o Grupo Acima apresentando maior tempo de espera entre respostas se comparado ao Grupo Abaixo.

**Figura 4**

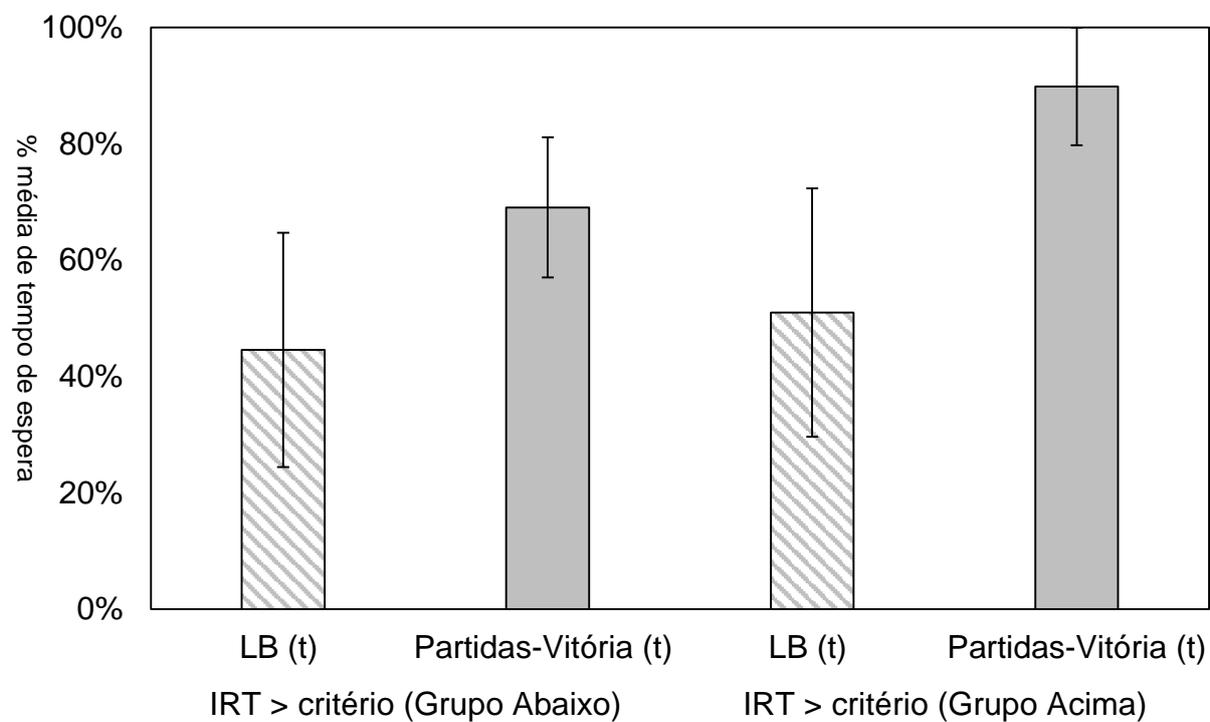
*Porcentagens médias dos Grupos para escolhas da carta Radar que estavam  $\leq 50\%$*

*Abaixo ou  $>50\%$  Acima do critério de corte*



**Figura 5**

*Porcentagens médias dos Grupos Abaixo e Acima para porcentagem de tempo de espera com  $IRT > \text{critério}$*



## Discussão

O presente estudo investigou o uso de cartas e velocidade de pesca, de forma a averiguar como participantes adultos e adolescentes manejaram suas extrações em um jogo digital *Fishing Cards*. Durante este jogo foram implementadas duas fases, uma com de recursos ilimitados e outra com CPR (peixes) renovável e compartilhado. Adicionalmente, baseado na preferência dos participantes pela carta mais poderosa (carta radar), analisou-se as médias de porcentagem de uso da carta radar e o quão rápido o peixe era capturado.

O procedimento envolvia duas condições experimentais. Na primeira, estabeleceu-se uma linha de base, em que se verificou uma tendência de concentrar o uso das cartas mais poderosas nas partidas intermediárias pelos participantes adultos e em relação aos adolescentes observou-se níveis estáveis de uso das cartas Radar ao longo desta condição. Na condição posterior, tanto adultos quanto adolescentes apresentaram estabilidade nas escolhas de cartas, porém diminuíram a porcentagem de uso da Carta Radar para valores próximos à 45%. Em relação ao tempo de espera ao longo das condições analisadas, durante as partidas-vitória, os ritmos de pesca de adultos e adolescentes diminuíram em relação à linha de base, o que indica que as médias de intervalo de tempo entre respostas necessitaram ser longas durante a intervenção, mesmo com a queda de uso da carta mais poderosa.

No presente experimento, assim como em Camargo (2019), a velocidade com que o participante pescava determinava qual padrão de pesca seria replicado pelos dois jogadores virtuais e isso tinha impacto no nível de CPR compartilhado, pois quanto mais rápido o jogador respondesse, menor seria o intervalo de pesca dos competidores virtuais. Diante deste fato, possivelmente, a influência da velocidade de pesca do participante foi

uma importante fonte de controle experimental para produzir níveis estáveis nas médias de IRT conforme pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

A semelhança entre os padrões de extrações dos participantes diante de um dilema dos comuns informa que no jogo *Fishing Cards*, as variáveis envolvendo faixas maturacionais parecem estarem ausentes na influência do ritmo de pescas e escolhas das cartas. Tal achado responde afirmativamente ao Objetivo 1. Cabe ainda ressaltar que a literatura investigou cenários análogos a tragédia dos comuns (Brechner, 1976; Camargo & Haydu, 2016; Camargo, 2019) na população universitária e em crianças (Koomen & Herrmann, 2018; de Oliveira et al, Capítulo 2 da presente tese), ao passo que o presente estudo se valeu de uma população diversificada (faixas de 12 a 30 anos de idade) para investigar esse dilema e, deste modo, avançou ao superar uma das lacunas da área da pesquisa analítico-comportamental sobre a conflito entre consequências imediatas e em longo prazo para promover o uso sustentável de CPR. Em outras palavras, demonstrou-se que a tragédia dos comuns, ao menos na tarefa empregada no presente estudo, é solucionada de maneira semelhante entre as diferentes faixas de idades.

Entretanto, devido a similaridades de extração no CPR entre participantes, analisou-se a alocação dos recursos com base em novos grupos (abaixo e acima) classificados pela preferência individual revelada pela porcentagem de uso da Carta Radar durante vitória, na intervenção. Os dados mostram que o Grupo Abaixo apresentou menor média de porcentagem de cartas Radar na linha de base e ocorreu queda nesta média quando obtém a vitória na fase de intervenção. Todavia, o Grupo Acima aumentou seu uso de carta Radar na condição posterior à linha de base. Isso pode indicar componentes da estratégia de uso sustentável dos recursos comuns mantendo estilos de jogadas presentes na linha de base, mas que diante da limitação e compartilhamento do recurso comuns se ajustou como parte da estratégia para vencer o jogo, uma vez que o

participante era exposto a novos desafios e ao dilema dos comuns. Ademais, as porcentagens médias de tempo gastos demonstram diferença significativamente maior entre e intragrupos na vitória do que na condição anterior para ambos os grupos, indicando que IRTs mais longos se ajustavam diante dos desafios da intervenção, resultado este também encontrado por de Oliveira et al. (em preparação) com jogadores crianças. De maneira geral, os padrões de manejo dos recursos se mostraram relacionados pelas estratégias de alocação de uso de cartas mais poderosas e velocidade de pesca e, com isso, o Objetivo 2 foi respondido positivamente.

Um conflito entre consequências imediatas para os indivíduos e de longo prazo para o grupo (incluindo jogadores virtuais) replicou a Tragédia dos comuns como uma armadilha social, na qual cabe ao participante “escapar” da armadilha mudando seu comportamento que está sob influência de esquemas de reforçamento sobrepostos (e. g., Brechner, 1977). Estes esquemas sobrepostos podem ser para eventos do experimento, tais como: a produção de reforçadores imediatos para o jogador (pontos), as diferenças da taxa de distribuição do reforço das cartas, sinalizações da barra verde para indicar a proximidade de uma consequência aversiva (perda do jogo e repetição dele). Esses resultados confirmam dados encontrados na literatura, a qual demonstrou que as apresentações de sinalizações e consequências sobre o uso do CPR promovem mudanças nos padrões das respostas de pesca em contexto experimental (Camargo & Haydu, 2016; Camargo, 2019).

Estudo futuros podem avaliar como as estratégias de uso do CPR serão selecionadas a partir do estilo de pesca identificado na linha de base e, posteriormente, inserir uma intervenção de acordo com repertório de entrada da fase anterior. Outra sugestão é manipular a quantidade de jogadores virtuais ao longo das partidas para verificar como o aumento da competição pelo recurso impactaria na velocidade de pesca.

Ademais, em uma perspectiva para avaliar comportamentos cooperativos, próximos estudos podem inserir jogadores reais e permitir a comunicação entre eles, de forma a aumentar a validade ecológica das estratégias sustentáveis, uma vez que a literatura sugere que o diálogo permite aos grupos se autogerenciar (Dietz et al., 2003, Ostrom, 2009; Wilson et al., 2013; Nogueira & Vasconcelos; 2015).

De Oliveira et al. (Capítulo 2 da presente tese) comentam que no jogo *Fishing Cards* crianças podem vivenciar em um contexto lúdico as consequências do uso irresponsável de um CPR pela imersão em um jogo em uma condição o com recursos ilimitados, mas diante da limitação do CPR em uma situação análoga à tragédia dos comuns, cinco de seis participantes apresentaram estratégias que envolveram uma mudança comportamental na extração do recursos, ao diminuírem queda no ritmo de extração, distribuindo o uso de cartas ou partilharam as duas condições de manejo. Convergentemente, a mesma situação de tragédia dos comuns e as estratégias para evitá-la foi replicada com êxito em adolescentes e adultos no presente estudo.

Em relação às limitações, o jogo *Fishing Cards* ainda carece de um programa de pesquisa adequado para investigar parâmetros experimentais, uma vez que muitas mudanças foram realizadas se comparado a versão anterior. Próximos estudos podem alterar apenas um dos vários parâmetros (e. g., apresentação dos peixes, velocidade de aumento ou queda da barra de recursos, pontuação) para verificar o efeito destas mudanças no uso do CPR ou na velocidade de conclusão do jogo.

## Referências

- Brechner, K. (1976). An experimental analysis of social traps. *Journal of Experimental Social Psychology*, 13, 552-564.
- Camargo, J., & Haydu, V. B. (2016). Fostering the sustainable use of common-pool resources: an experimental approach. *Behavior and Social Issues*, 25, 61-76. doi: 10.5210/bsi.v25i0.6328
- Camargo, J. C. (2019). *Investigando o uso sustentável de recursos comuns por meio de um jogo eletrônico* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 80 pp.
- Cardeñosa, D., Shea, S. K., Zhang, H., Fischer, G. A., Simpfendorfer, C. A., & Chapman, D. D. (2022). Two thirds of species in a global shark fin trade hub are threatened with extinction: Conservation potential of international trade regulations for coastal sharks. *Conservation Letters*, e12910, 1-11, doi: 10.1111/conl.12910
- de Oliveira, M. A., Couto, K. C., & de Rose, J. C. C. (2022). Response Ratio and Inter-Response Time "as Strategies" to Manage Common-Pool Resources in a Digital Game. Manuscrito em preparação.
- Dietz, T., Ostrom, E., & Stern, P. C. (2003). The struggle to govern the commons. *Science*, 302(5652), 1907-1912. doi: 10.1126/science.1091015
- Guerin, B. (2004). *Handbook for analysing the social strategies of everyday life*. Reno, NV: Context Press.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162, 1243-1248. doi:10.1126/science.162.3859.1243
- Nogueira, E. E., & Vasconcelos, L. A. (2015). De macrocontingências a metacontingências no jogo dilema dos comuns. *Revista brasileira de análise do comportamento*, 11(2), 104-116. doi: 10.18542/rebac.v11i2.1941

- Koomen, R., & Herrmann, E. (2018). An investigation of children's strategies for overcoming the tragedy of the commons. *Nature human behaviour*, 2(5), 348–355. doi: 10.1038/s41562-018-0327-2
- Ostrom, E. (2002). Reformulating the commons. *Ambiente & Sociedade*, 5(10), 1-22. doi: 10.1002/j.1662-6370.2000.tb00285.x
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. doi: 10.1126/science.1172133
- Wilson, D. S., Ostrom, E., & Cox, M. E. (2013). Generalizing the core design principles for the efficacy of groups. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 90(Suppl), S21–S32. doi: 10.1016/j.jebo.2012.12.010
- Wilson, D. S., Hayes, S. C., Biglan, A., & Embry, D. D. (2014). Evolving the future: toward a science of intentional change. *The Behavioral and brain sciences*, 37(4), 395–416. doi: 10.1017/S0140525X13001593

### Considerações finais

O presente trabalho revelou o potencial do jogo *Fishing Cards* para avançar na compreensão de como as consequências individuais e imediatas atuantes em um cenário de Tragédia dos Comuns, se alteradas podem promover a manutenção do CPR e em longo prazo estabelecem consequências de reforçamento positivo para o bem coletivo (i. e., conservação dos recursos naturais renováveis de acesso comum). O primeiro capítulo teórico apresenta ao leitor a literatura da área, com os estudos da análise do comportamento na sustentabilidade ambiental e as condições promissoras do emprego de jogos digitais como tarefa para aumentar a imersão do participante. Posteriormente, os capítulos 2 e 3, apresentam experimentos, cujo objetivo geral é: defender que a limitação de um CPR modela um repertório de uso sustentável, quando programada uma apresentação de estímulos antecedentes e consequentes pelo uso imprudente do bem comum em um jogo com uma dinâmica própria.

Os resultados dos dois experimentos responderam positivamente à finalidade desta tese, pois indicaram diferentes padrões de respostas de pesca quando os jogadores, de diferentes faixas etárias, precisavam lidar com um bem coletivo limitado, de maneira isolada. Programou-se para os participantes jogarem diante de demandas opostas, manter-se “vivo no jogo” e acumular pontos e, ao mesmo tempo, gerir os recursos para evitar perda dos recursos comuns. Assim, um cenário análogo à Tragédia dos Comuns (Hardin, 1968) foi implementado pelo conflito entre consequências imediatas e atrasadas na extração dos recursos. Porém, para solucionar esta tragédia o indivíduo deveria mudar seu comportamento, quando os recursos (peixes) estavam limitados e compartilhados para que as consequências beneficiassem outros jogadores, pois eles acessavam o mesmo total de peixes.

Para manejar esse recurso comum (peixes), o jogador apresenta durante a condição de intervenção algumas “estratégias” de jogo: diminuir o ritmo de pesca, priorizar a escolha de cartas menos poderosas ou adotar ambas táticas. Essas estratégias refletem tipos de repertórios que replicaram achados do estudo de Brechner (1977), no qual, para manejar a renovação do recurso comum, alguns grupos do experimento apresentaram menores taxas de respostas e outros exibiram um padrão de taxas altas de respostas, seguido de pausas para o recurso comum se regenerar. Portanto, tanto a presente pesquisa, quanto o estudo de Brechner, demonstram que ao se planejar esquemas de reforçamento sobrepostos são produzidas variações comportamentais no uso sustentável dos recursos comuns, pois o participante ajusta suas respostas para obter consequências que em longo prazo beneficiam o grupo e ao mesmo tempo reforçam o jogador para concluir a tarefa. Ademais, o sucesso do jogo *Fishing Cards* como instrumento de pesquisa confirma empiricamente as asserções do primeiro capítulo, sobre vantagens do uso de jogos em pesquisas para melhorar o controle experimental na área de investigação dos usos sustentáveis dos recursos comuns (e. g., melhor relação da tarefa com um uso de recursos naturais renováveis, estilo de comportamentos mais próximos aos da vida real, etc.).

A condução da presente pesquisa ocorreu de maneira presencial por meio de um *tablet* e, posteriormente, por meio remoto com o computador pessoal do participante, porém mesmo com ambientes tão diversos, as diferenças nos resultados dos dois experimentos foram pouco evidentes, mesmo com ajustes do primeiro para o segundo experimento e mudanças na faixa de idade dos jogadores. Embora, deva-se atentar que no segundo experimento tenha ocorrido uma diminuição do controle experimental pelas características da coleta remota (e. g., interferência de terceiros, ambiente com muitos estímulos concorrentes ou presença de sons distratores), é possível afirmar ao observar a

replicabilidade dos resultados que a validade interna foi pouco comprometida pelo tipo de coleta online, o que mostra um acerto nas mudanças visando refinar o controle experimental por ocorrer uma migração de coleta presencial para online. Porém, conforme recomenda Camargo (2019), as coletas online necessitam de um sistema de salvamento de dados, o qual o autor incluiu no seu sistema e, portanto, recomenda-se que pesquisa futuras envolvendo *Fishing Cards* implementem um sistema de proteção de dados que previna perdas de informações e dados devido a eventual instabilidade da internet.

Por fim, encerra-se esta tese com algumas recomendações gerais para estudos futuros. Tem-se a necessidade de tornar mais relevante o uso do bem comum, uma vez que apenas uma barra verde representando os peixes pode ter controlado o comportamento de evitar a perda do jogo, sem relacionar aos usos de CPR. Uma solução é estabelecer uma clara situação de conflito entre o recurso individual e o coletivo, compartilhado pelo jogador real e os virtuais. Recomenda-se programar uma contingência para o sistema de vida similar ao do estudo de Camargo (2019). Deste modo, o jogador estaria respondendo a uma contingência que envolve extrair o recurso para se manter “vivo no jogo por meio da atividade de pescar”, focando-se menos na fuga dos peixes pelo redemoinho direito.

Outra sugestão envolve aumentar a inteligência artificial dos jogadores virtuais, pois além de torná-los uma parte mais representativa do acesso comum do recurso renovável, pode-se por exemplo, melhorar os elementos visuais de extração, tornando-os mais salientes para destacar quando eles realizam a captura do peixe. Assim, pode-se especular que isso irá priorizar atenção do participante para este ato. Também é sugerido para aumentar o impacto das respostas dos jogadores virtuais, colocar um aumento

diferencial para a quantidade de extração a depender do uso da carta do jogador (e. g., o jogador utilizar preferencialmente a carta mais forte, levará os submarinos repetirem o mesmo tipo de resposta).

Em síntese, os estudos desta tese trazem suporte teórico e empírico para descrever processos comportamentais de crianças, adolescentes e adultos no uso de recursos naturais renováveis de acesso comum por meio de um instrumento de pesquisa original, o jogo *Fishing Cards*. Espera-se que com o acúmulo de conhecimento sobre o estabelecimento de contingências reforçadoras e punitivas para indivíduos isolados do grupo, desenvolva-se uma nova maneira de lidar com o bem comum, preservando-o às próximas gerações.

## Apêndices



4. D) O jogo estimulou minha imaginação. \*

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

---

5. E) Eu me senti empolgado(a) enquanto jogava. \*

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

---

6. F) O visual e os gráficos do jogo estavam agradáveis. \*

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente				

---

## Apêndice B – Instruções apresentadas durante a condição tutorial

- 1) "Bem-vindo ao jogo '*Fishing Cards*'. Você está no fundo do mar e terá a divertida missão de pescar peixes usando cartas!"  
"Este tutorial irá te ensinar como se joga."  
"Por isso não se esqueça de ler todas as instruções que o jogo vai mostrar"  
"Clique no botão para iniciarmos. "
- 2) "Olhe para estes dois redemoinhos."  
"Peixes vão sair do lado esquerdo e tentarão chegar ao direito."  
"Não deixe eles entrarem no redemoinho direito, pois irão escapar!"
- 3) "Olhe! Peixes estão saindo do redemoinho! Vamos aprender a pegá-los, tá bom?"
- 4) "Clique no painel com o mouse para gerar uma carta"  
"Aperte e segure com botão do mouse em cima da carta, arraste ela e leve até um peixe."
- 5) "Você usou a carta de Vara de Pesca. Ela tira só uma parte da vida do peixe!"  
"Você precisa usar mais delas para pegar um peixe."  
"Continue tentando pegar um peixe."  
"Ótimo! Agora no painel temos a carta de Radar, vamos usá-la!"  
"Você usou a carta de Radar."  
"Ela é muito forte e pega um peixe na hora!"  
"Legal! Você já usou os dois tipos de cartas."  
"Agora você pode escolher qual usar para pegar o restante dos peixes."  
"Boa! Você pegou todos os peixes! Isso aí!"
- 6) "Fique de olho no painel que tem TRÊS CORAÇÕES."  
"Eles indicam seus Pontos de Vida e a cada peixe que fugir pelo redemoinho você perde um coração."

"Se perder três corações, você perde o jogo!"

- 7) "Fique de olho neste relógio. Ele indica o tempo para você pescar durante as partidas. "

"Quando o tempo acabar, você irá para a próxima partida"

"Também fique de olho nos seus pontos que vão aparecerem no cesto quando você pescar um peixe."

- 8) "Agora você vai jogar, não se preocupe se perder, é um treino!"

## Apêndice C - Instruções apresentadas ao jogador durante a condição Tutorial 2

1) "Agora você terá dois novos desafios."

"Por isso não se esqueça de ler todas as instruções que o jogo vai mostrar."

"Clique no botão para iniciarmos."

2) "Fique de olho nesta barra verde. Ela indica os peixes que você tem para pescar."

"Ela desce conforme você pega os peixes, mas de tempos em tempos a barra aumenta conforme novos peixes nascem."

"Se a barra acabar, você também perde o jogo!"

3) "Novidade! Os peixes do oceano serão divididos com outros jogadores."

"Eles controlam submarinos e irão pegar de tempos em tempos os mesmos peixes que você."

"Como os peixes são de todos, se eles pescarem, a barra verde também diminuirá!"

"Agora você já está sabendo do novo desafio."

"Fique ligado na barra verde e atenção para não deixar os peixes escaparem! "

"Clique no botão para voltar a tela de seleção e boa sorte no cenário B."



## **Anexos**



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** O uso sustentável de recursos comuns e correspondência verbal/não-verbal em um jogo digital

**Pesquisador:** Marlon Alexandre de Oliveira

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 03865218.3.0000.5504

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.398.815

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma solicitação de emenda do projeto de pesquisa aprovado em 01/04/2019, sob parecer nº 3.235.905. A solicitação da emenda está presente no arquivo PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_1660470\_E1.pdf, onde se lê:

Será incluído a participação de crianças, adolescentes e adultos na versão on line que está sendo desenvolvido do jogo, entretanto, as características do jogo serão as mesmas para todos os participantes. Tanto a parte gráfica como as características do jogo serão projetadas para serem interessantes a todas as faixas etárias. Caso o participante declare ser criança ou adolescente na tela inicial de login do jogo, o termo de consentimento livre e esclarecido aos pais será apresentado e somente com a autorização dos pais, o termo de assentimento do menor será liberado para a criança aceitá-lo ou não.

#### Resumo:

Os recursos naturais renováveis, tais como florestas, reservas de água potável e áreas de pesca podem se esgotar e trazer consequências danosas para a vida humana. É possível que a correspondência entre o comportamento verbal e o não-verbal possa estar relacionada com extrações de recursos em uma relação de conflito entre consequências imediatas e benefícios a longo prazo. Dessa forma, o desenvolvimento e aplicação de um jogo digital pode produzir

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**UF:** SP

**Telefone:** (16)3351-9685

**Município:** SAO CARLOS

**CEP:** 13.565-905

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de uma pesquisa com relevância científica e social e respeita os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS 466/2012 e suas complementares.

São apresentados os seguintes documentos novos:

PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_1660470\_E1.pdf

TALE\_Online.pdf

TCLE\_Online.pdf

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

**Recomendações:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Conforme consta no documento PB\_PARECER\_CONSUBSTANCIADO\_CEP\_3235905.pdf. de 01/04/2019, o projeto não tem nenhuma pendência.