

Comportamento coordenado em ratos:

Efeitos da forma de distribuição do reforço entre indivíduos trabalhando em dupla

Rafael Fernando da Silva

Universidade Federal de São Carlos

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

COMPORTAMENTO COORDENADO EM RATOS:
EFEITOS DA FORMA DE DISTRIBUIÇÃO DO REFORÇO ENTRE INDIVÍDUOS
TRABALHANDO EM DUPLAS

Rafael Fernando da Silva

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Comportamento e Cognição.

Orientação: Deisy das Graças de Souza

São Carlos – SP

2022

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

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Mestrado do candidato Rafael Fernando da Silva, realizada em 11/05/2022:

Prof. Dra. Deisy das Graças de Souza

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Edson Massayuki Huziwara

Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dra. Azair Liane Matos do Canto de Souza

Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTOS

Ao Toni e à Dindinha que foram meus primeiros professores. Não tiveram estudos formais, mas ensinaram-me que eu posso ser amado independente daquilo que me dispuser a ser, seja operário ou cientista. Ano que vem em Jerusalém!

Aos meus avós, Elaide e João, que me permitiram tantos anos de estudo, e mesmo sem entender aquilo que eu fazia me deram espaço e condições para fazer.

À Profa. Deisy de Souza que foi muito mais que uma orientadora. Eu aprendi com cada puxão de orelha para ser mais humilde. Obrigado por me dar condições de continuar na universidade durante a graduação e o primeiro ano de mestrado, nunca esquecerei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001, que deu suporte financeiro para este pesquisador, e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia sobre Comportamento e Cognição, que deu as condições para que o laboratório continuasse em funcionamento.

Minha gratidão e afeto ao RivoTrio, Denise Passarelli, Letícia dos Santos e Mayara Ferreira. Meninas, vocês são gigantes! Eu só suportei uma parte dessa trajetória porque estava sentado sobre os ombros de vocês.

Ao Laboratório de Psicologia da Aprendizagem da Universidade Federal de São Carlos por disponibilizar sua área experimental e seus equipamentos. Aos colegas de trabalho pelas ricas discussões.

Ao meu amigo e coorientador Lucas Couto, pela amizade e toda a ajuda com essa pesquisa.

À Patricia por ter me apoiado na escolha pelo mestrado, e por todo amor e companheirismo enquanto estivemos juntos.

Resumo

O responder coordenado de duplas de ratos em estreita proximidade temporal pode ser considerado uma unidade de cooperação que desenvolve padrões modulados por esquemas de reforçamento, de maneira similar ao comportamento individual. A pergunta central deste estudo foi se o responder coordenado se mantém quando a consequência depende do comportamento da dupla, mas é apresentada para apenas um dos indivíduos em cada episódio de cooperação. Para isto foram empregados esquemas *tandem* com dois componentes de intervalo fixo (*tandem* FI FI) ou de intervalo variável (*tandem* VI VI), com as consequências distribuídas de forma alternada entre os ratos da dupla. Condições de reforçamento individual e simultâneo para os dois membros da dupla foram utilizadas como controle experimental. As respostas coordenadas foram definidas como uma unidade composta de duas respostas, uma de cada sujeito da dupla, que ocorressem dentro de um intervalo máximo de 0,2 s entre elas. Cada resposta coordenada era seguida pelo acender de uma luz de LED por um intervalo de 0,2 s em todas as condições experimentais. As taxas de respostas individuais aumentaram sistematicamente ao longo das sessões experimentais, independente da condição definida pela forma de distribuição das consequências. Embora a programação de reforçadores fosse a mesma nas três condições, a condição de reforçamento individual (que não dependia de outro rato) resultou em maior taxa de reforços obtidos. A condição de reforçamento alternado manteve o responder coordenado, mas as taxas e as proporções de respostas coordenadas foram menores do que as observadas nas condições em que o reforço foi entregue aos membros da dupla ao mesmo tempo. Este estudo mostrou que a simultaneidade na entrega dos reforçadores aos membros do episódio cooperativo pode ser uma variável crítica na seleção operante da coordenação de respostas.

Palavras-chave: comportamento coordenado, cooperação, esquemas *tandem* de reforçamento, reforçamento individual, reforçamento simultâneo, reforçamento alternado.

Abstract

The coordinated responding of pairs of rats that occur in close temporal proximity can be conceived as a unit of cooperation which has been shown to be modulated by reinforcement schedules, similar to individual responding. The central question of this study was whether coordinated responding can be maintained when the reinforcers that are dependent on coordination are alternately presented to one of two cooperating rats across cooperative episodes. For this, tandem schedules with two components of Fixed Interval (*tandem* FI FI) or Variable Interval (*tandem* VI VI) schedules were used, as the consequences of coordination were alternately provided across the two rats. Individual and mutual reinforcement contingencies were used as experimental controls. Coordinated responses were defined as a unit involving two responses, one of each cooperating member, occurring within an interval of 0.2 s of one another. Each coordinated response was followed by a LED light for an interval of 0.2 s in all experimental conditions. Individual response rates increased systematically throughout experimental sessions and conditions. Although the same schedules were used in all three conditions, the individual reinforcement contingency (in which one's reinforcer did not depend on its patterning rat) resulted in a higher reinforcement rate. The alternating reinforcement condition maintained coordinated responding, but the rates and proportions of coordinated responses were lower than those observed under conditions in which reinforcement was delivered to the pair members at the same time. This study showed that simultaneity in the delivery of reinforcers to members of the cooperative episode can be a critical variable in the operant selection of coordinated responding in pair of rats.

Keywords: coordinated behavior, cooperation, *tandem* reinforcement schedules, individual reinforcement, simultaneous reinforcement, alternated reinforcement.

Sumário

Introdução	9
Método	18
Sujeitos.....	18
Equipamentos.....	19
Procedimento geral	20
Esquemas tandem FI.....	22
Esquemas tandem VI.....	22
Condições experimentais	22
Condição A. Responder sob um esquema tandem de reforçamento individual.	Feil!
Bokmerke er ikke definert.	
Condição B. Responder sob um esquema tandem de reforçamento alternado.....	Feil!
Bokmerke er ikke definert.	
Condição C. Responder sob um esquema tandem de reforçamento simultâneo.....	Feil!
Bokmerke er ikke definert.	
Sequência dos procedimentos experimentais.....	25
Modelagem de responder individual sob esquema simples de FI 20 s.....	25
Fase 1. Responder sob um esquema tandem FI 10 s FI 10 s de reforçamento individual.	255
Fase 2. Responder coordenado sob um esquema tandem FI 10 s FI 10 s de reforçamento simultâneo ou alternado.....	26
Fase 3. Responder coordenado sob um esquema tandem FI 10 s FI 10 s com reversão no tipo de reforçamento.....	26
Fase 4. Responder coordenado sob um esquema tandem de VI 10 s VI 10 s com reforços simultâneosmútuos ou alternados.....	26
Fase 5. Responder coordenado sob um esquema tandem VI 10 s VI 10 s com reversão no tipo de reforçamento.....	27
Fase 6. Retorno ao responder sob um esquema tandem FI 10 s F1 10 s de reforçamento individual.....	27
Resultados	29
Discussão	41

Por muitos anos cientistas e leigos têm se dedicado a explicar o comportamento de diferentes organismos em relação aos seus similares e aos membros de outras espécies. Cada uma das abordagens para explicar o comportamento o atribuí a um tipo de causa: fisiologistas e neurologistas recorrem à estrutura do organismo; astrólogos o relacionam com a posição dos astros celestes na hora do nascimento; e alguns psicólogos submetem o comportamento a supostos agentes internos (Millenson, 1967; Skinner, 1953).

Uma discussão sobre cada uma das abordagens que se dispõe a explicar o comportamento que acontece na relação entre diferentes organismos excederia em muito o objetivo deste estudo. Contudo, é necessário mostrar como o comportamento é selecionado na perspectiva que fundamenta esta pesquisa, o Behaviorismo Radical.

No Behaviorismo Radical – a filosofia que fundamenta a Análise do Comportamento – o comportamento é selecionado pelas suas consequências, em um modelo causal equivalente ao de *Seleção Natural*, descrito por Charles Darwin. Em resumo, no paradigma da *Seleção por Consequências*, são os eventos que seguem o comportamento que definem se ele fará parte do repertório do indivíduo (Catania, 2013; Skinner, 1981).

Para Skinner (1981), os comportamentos são mantidos e modelados por três tipos de seleção por consequências. Na filogenética, estão aquelas relações entre o ambiente e os organismos de uma dada espécie que favorecem a manutenção vida. Na seleção ontogenética está o repertório de um organismo individual que foi modelado pelas consequências no decorrer da vida, variando entre os membros da espécie. Por fim, a seleção cultural versa sobre aquelas relações nas quais o comportamento é selecionado e transmitido entre os organismos vivendo em grupo (Catania, 2013).

Foi com o estudo de comportamentos selecionados filogeneticamente que a ciência psicológica começou a se desprender das explicações metafísicas para o comportamento, mais

especificamente com investigações sobre a ação reflexa. Os estudos seminais sobre o comportamento reflexo foram descritos pelo psicólogo escocês Robert Whytt, seguido pelo fisiologista Charles Sherrington e, posteriormente, refinados nas pesquisas de condicionamento respondente de Ivan Pavlov. Estes pesquisadores demonstraram que a apresentação de um dado estímulo produz uma resposta específica, e que esta resposta pode vir a ser eliciada por outro estímulo quando previamente pareado com o estímulo original (Catania, 2013; Millenson, 1967; Keller & Schoenfeld, 1950; Skinner, 1953).

No entanto, uma parte do comportamento que varia dentro de uma espécie não pode ser explicada pelas relações reflexas entre organismo e ambiente (Goulart et al., 2012), especialmente aqueles envolvidos na relação com outros organismos. Os comportamentos direcionados a outros organismos e aprendidos no decorrer da vida de um indivíduo podem ser resultado de seleção ontogenética, também chamada seleção por condicionamento operante.

O conceito de operante de Skinner tem origem nos experimentos com animais não-humanos, nos quais um sujeito operava um aparato produzindo consequências (Goulart et al., 2012), e foi refinado pelo próprio autor ao longo de sua produção acadêmica (ver Todorov, 2002). Em síntese, o comportamento operante é aquele no qual um organismo atua sobre o ambiente e o modifica (produz consequências), e a consequência altera a probabilidade dessa classe de comportamento ser emitida no futuro (Catania, 2013; Millenson, 1967; Keller & Schoenfeld, 1950; Skinner, 1953, Todorov, 2002).

É nessa perspectiva de comportamento que é selecionado por suas consequências que este estudo se propõe a investigar as ações de dois ou mais indivíduos em relação a outro ou ao ambiente comum, denominadas de comportamento social (Skinner, 1953). Estas ações podem ser observadas em organismos de diferentes níveis biológicos; plantas, insetos, pássaros e mamíferos e podem apresentar variados e complexos tipos de interação social (Keller & Schoenfeld, 1950).

Um aspecto do comportamento social é a cooperação, por exemplo quando leões se juntam para caçar uma presa grande (e.g., Stander, 1992) ou quando peixes se unem em cardumes para confundir predadores ou buscar alimentos (e.g. Voland, 1993). Em um exemplo mais sofisticado, grupos de países tem se unido e criado complexas relações de colaboração econômica (e.g., Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [OCDE], 2021).

Uma forma evidente de cooperação é quando os indivíduos executam atividades coordenadas para alcançar um resultado comum e imediato (Schuster, 2002). Keller e Schoenfield (1950) definiram cooperação como a relação na qual o “comportamento combinado de dois ou mais organismos é necessário para obter reforço positivo, ou remover o negativo, para um ou outro”. Esse tipo de comportamento exige duas condições básicas: (a) que a ação de um organismo seja discriminativa para o comportamento do outro; e (b) que o comportamento de cada indivíduo seja reforçado pela parte que desempenha no episódio cooperativo (Keller & Schoenfield, 1950).

Na tradição da Análise do Comportamento, um dos primeiros estudos de cooperação em animais não-humanos foi apresentado por Skinner (1962). Pombos bicavam discos em duas caixas adjacentes separadas por uma barreira transparente e tinham acesso simultâneo à comida quando estas bicadas eram emitidas em discos adjacentes em um intervalo menor ou igual a 0,5 s. Esse arranjo de contingências resultou na demonstração de que os animais são capazes de coordenar temporalmente suas respostas (leia-se cooperar) para obter recompensas.

A tarefa de coordenação de respostas desenvolvida por Skinner (1962) foi posteriormente replicada em diversos estudos com humanos (Azrin & Lindsley, 1956; Cohen, 1962; de Toledo & Benvenuti, 2015; de Toledo et al., 2022; Lindsley, 1966). Azrin e Lindsley (1956), por exemplo, realizaram um experimento no qual duplas de crianças com idade entre 7 e 12 anos participaram de um jogo que exigia respostas coordenadas de inserção de um

pequeno bastão em buracos adjacentes, em um intervalo menor ou igual a 0,5 s; nenhuma instrução sobre a coordenação era oferecida. Cada criança sentava-se de um lado da mesa, separada ao meio por uma placa vertical transparente. Do lado de cada criança havia três furos circulares (por conveniência, 1, 2 e 3). A resposta coordenada consistia em que ambas as crianças colocassem o bastão no furo correspondente (1 e 1, ou 2 e 2 ou 3 e 3); inserir o bastão em furos diferentes não produzia as consequências programadas para a coordenação. A cada resposta coordenada os participantes da dupla recebiam uma jujuba que era depositada em uma tigela comum aos dois. Os resultados mostraram que as crianças aprenderam a contingência cooperativa, mesmo sem instrução específica. Um dado interessante é que, quando um sujeito da dupla se apropriou de todos os doces (reforçadores) obtidos, o outro membro se recusou a cooperar.

Contudo, o responder coordenado obtido no modelo experimental desenvolvido por Skinner (1962), e replicado em humanos por Azrin e Lindsley (1956) e diversos outros autores, foi bastante questionado, pois a coordenação temporal poderia ser função de responder individual mantido em altas taxas (e.g., Vogler, 1968). Portanto, era necessário redesenhar esta tarefa de forma a mostrar a relação de dependência entre a resposta coordenada e o reforço para todos os organismos que contribuíssem na tarefa (e.g., Schmitt & Marwell, 1968).

Recentemente, Tan e Hackenberg (2016) retomaram os estudos de cooperação, empregando ratos como sujeitos experimentais. Esse modelo animal foi utilizado para verificar, com controles experimentais adicionais, se a coordenação era produzida por uma relação de dependência resposta-reforço, e não um subproduto de respostas individuais. Utilizando-se da mesma definição de respostas temporalmente coordenadas do estudo de Skinner (1962), pares de ratos responderam em caixas padrão de condicionamento operante colocadas lado a lado e separadas por uma barreira de acrílico transparente sob três condições no Experimento 1: (1) todas as respostas coordenadas eram reforçadas com pelotas de comida (Condição A); (2) os

intervalos médios entre reforços, obtidos na condição anterior, foram acoplados para fornecer reforçadores independentes de resposta (tempo-variável [VT]), e ainda, (3) a média dos intervalos entre reforços da primeira condição foi acoplada a um esquema de intervalo-variável (VI), que reforçava o comportamento dos dois ratos da dupla a depender da primeira resposta, de qualquer um dos membros, que ocorresse após os intervalos programados. As Condições B e C permitiam que os sujeitos recebessem pelotas de ração sob a mesma taxa da Condição A, mas sem a exigência de responder coordenado. Os resultados mostraram que o responder coordenado ocorreu em taxas mais altas quando havia uma contingência que selecionava esse responder, quando comparados com as condições de reforço independente de resposta (VT) ou sob controle de respostas individuais (VI). Por identificar uma variável crítica (i.e., contingência que assegura reforçamento para o responder coordenado), este trabalho mostrou que a coordenação temporal pode ser uma unidade de análise para a cooperação.

O modelo de responder coordenado temporalmente, elaborado por Tan e Hackenberg (2016), sob esquema de reforçamento contínuo, serviu de ponto de partida para uma sequência de experimentos que tem investigado os efeitos de esquemas de reforçamento intermitente sobre o comportamento coordenado em duplas de ratos (de Carvalho et al., 2018, 2019, 2020; Todorov et al., 2020). No Experimento 1 de Carvalho et al. (2018), o responder coordenado (definido por um espaçamento temporal menor que 0,5 s entre as respostas dos dois organismos: ver, e.g., Skinner, 1962) de duplas de ratos foi mantido sob esquemas de reforçamento contínuo (razão-fixa [FR 1]) e intermitente (razão-fixa [FR 10] e razão-variável [VR 10]). Verificou-se que as taxas de respostas coordenadas foram maiores sob os esquemas intermitentes em comparação com os de reforçamento contínuo e que mostraram o padrão típico de FR e de VR (com e sem pausa pós-reforço, respectivamente). O Experimento 2 verificou o efeito de três tamanhos de FR e VR (valores 1, 5 e 10) sobre o responder coordenado e encontrou que a taxa de coordenação aumentava com aumentos da razão. No Experimento 3,

os pesquisadores compararam o desempenho das duplas em um esquema intermitente com contingência de coordenação ao desempenho sob um esquema acoplado sem exigência de coordenação (a mesma condição controle desenvolvida por Tan e Hackenberg [2016]): as taxas de coordenação temporal foram maiores quando havia uma contingência programada para este responder.

Esse conjunto de experimentos conduzidos por de Carvalho et al. (2018) mostrou que o responder coordenado pode ser mantido sob esquemas intermitentes de reforçamento e que os padrões de respostas são similares àqueles gerados, pelos mesmos tipos de esquemas, no responder individual (Ferster & Skinner, 1957).

Porém, uma questão importante, oriunda deste primeiro conjunto de trabalhos, continuava a ser a mesma feita aos estudos originais: se o comportamento coordenado dos sujeitos era, de fato, responder coordenado temporalmente entre os sujeitos ou se seria apenas um subproduto das variações nas taxas de respostas individuais produzidas pelos esquemas de reforçamento. Essa questão foi descrita por de Carvalho et al. (2019) da seguinte maneira:

“In both experiments, the overall response rates of one of the rats in most of the dyads decreased considerably under the yoked VI. Although both rats could respond when that schedule was in effect, the rat that responded more rapidly was more likely to produce the reinforcer once the VI IRI interval lapsed (e.g., Rat A). This in turn could have systematically arranged a VT for the other rat (e.g., Rat B). Thus, response-independent food or water deliveries could be the reason for the decrease in Rat B’s response rate. Therefore, it is unclear whether coordinated responding decreased because of the VT-induced decreases in Rat B’s rate or because of the absence of the coordination dependency (cf. Vogler, 1968).” (pp. 385-386).

Tendo em vista que não era possível descartar a possibilidade de artefato com base nas contingências manipuladas nos experimentos, de Carvalho et al. (2019) conduziram outro estudo para investigar o papel das relações resposta-reforço na manutenção da coordenação. Este novo experimento manipulou quatro condições em um delineamento ABCB, nas quais os autores (1) replicaram a contingência para o responder coordenado sob FR 6, usada em de Carvalho et al. (2018); (2) expuseram os sujeitos a um esquema de VI acoplado (Tan & Hackenberg, 2016), no qual uma resposta de cada sujeito da dupla, que ocorresse após os intervalos de VI – sem exigência de proximidade temporal –, produziu reforçadores; (3) replicaram o VI acoplado com exigência de responder coordenado e, por fim, (4) retornaram à segunda condição. Os resultados desse estudo mostraram que a contingência de reforço para a coordenação afetou positivamente as taxas de responder coordenado, mesmo que as taxas globais de pressão à barra não tenham sofrido grandes alterações, uma vez que o mesmo valor de VI foi usado nas condições que exigiam ou não coordenação. O tipo de esquema também controlou a distribuição temporal das respostas coordenadas, o que foi observado nos padrões típicos de respostas em FR e VI, replicando os padrões de respostas individuais sob estes esquemas (Ferster & Skinner, 1957).

Em conjunto, os experimentos de Carvalho et al. (2018, 2019) suscitaram dois questionamentos. O primeiro se refere à função entre coordenação e tamanho da razão-fixa. Enquanto de Carvalho et al. (2018: Experimento 1) encontraram aumentos crescentes na taxa de coordenação em função do tamanho da razão, estudos paramétricos com sujeitos individuais mostram que, quando um número suficiente de FR é manipulado, a taxa de respostas se torna uma função bitônica do tamanho da razão (e.g., Ferster & Skinner, 1957). O segundo se refere ao tipo de esquema utilizado nas condições controle. Todos os experimentos conduzidos até então tinham utilizado esquemas VI nas condições controle. Para generalizar o efeito da relação

resposta-reforço, seria necessário conduzir uma condição controle sob outro esquema, como o FR, por exemplo.

Os aspectos da relação resposta-reforço em esquemas de FR e a relação entre a taxa de coordenação e tamanho do FR foram investigados por de Carvalho et al. (2020), em que duplas de ratos responderam sob um conjunto de valores do FR (1, 6, 12, 18, 24, 30, 50 e 9). Cada tamanho de razão permaneceu em vigor por no mínimo dez sessões, e foi alterado apenas quando a variação na proporção de coordenação foi menor ou igual a 10% nas últimas três sessões sob um mesmo requisito. O critério de coordenação foi semelhante ao usado nos estudos anteriores (intervalo $< 0,5$ s entre uma resposta de cada rato) e uma luz sinalizou cada uma das respostas coordenadas. Os resultados mostraram que taxas e a proporção de respostas coordenadas assumiram uma função de U-invertido do valor de FR; as pausas pós-reforço aumentaram em função do tamanho da razão. Por fim, uma condição controle em FR 9 foi testada, em que o critério de coordenação temporal foi relaxado de $< 0,5$ s para > 5 s: as taxas de coordenação foram menores na condição controle que no FR 9 com critério temporal mais rigoroso (i.e., $< 0,5$ s).

Um experimento subsequente de Todorov et al. (2020) teve como objetivo (Fase 1) verificar o desempenho da coordenação em pares de ratos respondendo em esquemas de intervalo fixo e variável, sob contingências individuais e de responder coordenado. A resposta coordenada foi definida como duas pressões à barra, uma de cada rato, ocorrendo dentro de um intervalo $< 0,5$ s uma da outra. Ressalta-se que os sujeitos respondiam em caixas adjacentes, separadas por um acrílico transparente, em todas as condições. Nos esquemas que exigiam coordenação, os reforçadores eram sempre fornecidos simultaneamente para ambos os ratos (reforçamento simultâneo); nos esquemas individuais, cada rato produzia reforço independente do parceiro e, portanto, a água poderia ser disponibilizada em momentos diferentes para cada sujeito. Os resultados de Todorov et al. (2020) mostraram maior taxa de respostas coordenadas

nos esquemas com contingência para a coordenação (i.e., com reforçamento simultâneo) em comparação aos esquemas individuais, replicando os experimentos anteriores que utilizaram o procedimento de VI acoplado (*yoked*) como condição controle (de Carvalho et al., 2018, 2019; Tan & Hackenberg, 2016).

Sintetizando, as pesquisas citadas demonstraram que a contingência de reforçamento é fundamental para selecionar e manter o responder coordenado temporalmente, sugerindo que a coordenação não ocorre ao acaso ou como subproduto de altas taxas de responder individual (Tan & Hackenberg, 2016). Adicionalmente, elucidaram que esquemas de reforçamento alteram os padrões de responder coordenado, replicando os padrões já observados para comportamentos individuais (Ferster & Skinner, 1957). Em conjunto, estes resultados apontam que a coordenação temporal pode ser considerada uma unidade da cooperação (de Carvalho et al. 2018, 2019; Todorov et al., 2020), sujeita aos princípios comportamentais já amplamente documentados e descritos na literatura (e.g., Skinner, 1938).

Contudo, as pesquisas anteriores investigaram o responder coordenado de duas formas: (1) quando os sujeitos trabalham sem contingência de coordenação, e a entrega do reforço pode ou não ter relação com a resposta do parceiro e (2) quando a consequência é produzida pelo comportamento coordenado de ambos os sujeitos da dupla e a entrega é feita simultaneamente aos dois membros. Reconhecidos os avanços de controle experimental e demonstração de princípios comportamentais, ainda havia uma lacuna a ser preenchida, pois não raras vezes, em contextos naturais de humanos e não-humanos, apenas um dos participantes do episódio cooperativo é beneficiado pelo comportamento de todos os envolvidos, pelo menos sob certas condições (ver, e.g., Glenn et al., 2016). Assim, era importante investigar se o responder coordenado pode ser estabelecido e mantido quando consequências são entregues de forma alternada entre os sujeitos. Este estudo teve como objetivo verificar os efeitos da distribuição dos reforçadores sobre o responder coordenado de duplas de ratos, e mais especificamente, se

o responder coordenado temporalmente (respostas dos dois ratos) pode ser mantido quando as consequências são distribuídas de forma alternada entre os parceiros. Para fins de controle experimental, a condição com distribuição de reforço alternado foi contrastada com uma condição em que o reforçamento era simultâneo para ambos os sujeitos das duplas, quando realizavam a coordenação de respostas, e com uma condição em que os sujeitos trabalhavam e produziam o reforçamento de suas respostas individuais.

Método

Sujeitos

Foram utilizados 10 ratos *Wistar* (*Rattus Norvegicus*), machos, sem histórico experimental prévio e com aproximadamente 90 dias de vida no início do experimento. Os animais foram obtidos no Biotério Central da Universidade Federal de São Carlos, e mantidos no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem do Departamento de Psicologia (DPsi) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Inicialmente, os sujeitos foram pesados durante cinco dias com acesso livre a água e comida. A média de peso de cada animal durante este período foi usada como critério para a formação das duplas experimentais, de acordo com a similaridade de peso entre os animais; cada rato foi alojado e mantido com seu parceiro experimental por todo o período em que os animais permaneceram alojados no biotério local.

As duplas eram mantidas em caixas de polipropileno com cama de maravalha; as caixas eram higienizadas a cada três dias. Pelotas de alimento ficavam continuamente disponíveis nas caixas viveiros. A sala onde os animais foram mantidos durante a pesquisa tinha temperatura controlada entre 18 e 25°C, umidade relativa mantida em 50%, sob um ciclo de 12h/12h claro/escuro.

Os ratos permaneceram no biotério local por aproximadamente 120 dias, de março a julho de 2021. Quando todas as fases da pesquisa foram encerradas, os sujeitos foram

enviados vivos para o Parque Ecológico de São Carlos-SP. Todas as condições de manejo dos ratos estavam de acordo com as normativas para o uso de animais de laboratório estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimental Animal (CONCEA). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFSCar (Protocolo #6745040518).

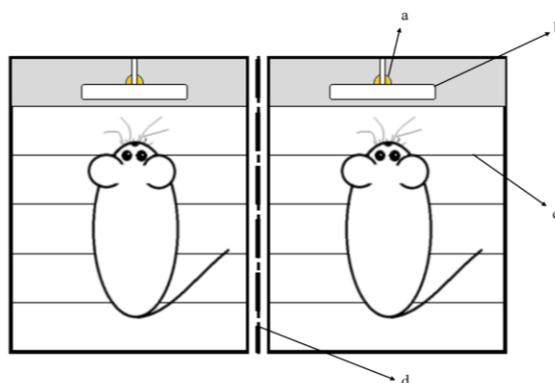
Equipamentos

As sessões experimentais foram conduzidas no LPA da UFSCar. Foram utilizadas quatro caixas de condicionamento operante padrão (modelo Eltrones ELT-02), medindo 26 cm × 24 cm × 20,5 cm. Cada equipamento contém uma barra de resposta cilíndrica (5 cm × 0,5 cm × 0,3 cm), localizada na parte central da parede do fundo e um bebedouro em formato de concha (0,06 ml de água), disposto no piso do equipamento abaixo da barra (conferir Figura 1). O chão da caixa é formado por uma grelha com 13 barras de metal inoxidável. Um LED (*Light Emitting Diode*) de cor branca foi instalado acima da barra. Durante as sessões eram usados dois pares de caixas; em cada par as caixas eram colocadas lado a lado, para dois ratos trabalhando simultaneamente, separadas por uma grade metálica de barras verticais de 33 cm × 25 cm, como ilustra a Figura 1. As caixas experimentais permaneciam dentro de um compartimento de isolamento acústico e visual de 59 cm × 40 cm × 38 cm, produzido pela Grason-Stadler. Essa câmara era equipada com um exaustor para resfriamento e oxigenação interna.

A duração da sessão e os eventos experimentais foram controlados por *softwares* desenvolvidos em Visual Basic 2010 Express (de Carvalho, 2021), instalados em um computador da LG Electronics® e em um notebook Dell®, com sistema operacional Microsoft Windows 10 (Microsoft Consumer Products®).

Figura 1

Disposição dos sujeitos durante as sessões experimentais



Nota. Representação da disposição de uma dupla de sujeitos e aparatos experimentais durante a sessão. Os aparatos de condicionamento operante continham: a) um bebedouro em formato de concha; b) uma barra cilíndrica; c) um piso de hastes inoxidáveis paralelas à barra; e d) uma divisória em formato de grade que permitia contato visual, auditivo e olfativo, mas impedia que os sujeitos tivessem contato com o operando do parceiro. Um LED de luz branca ficava posicionado acima da barra. Figura produzida pelo autor deste trabalho.

Procedimento geral

Cada dupla de ratos foi exposta a sessões experimentais diárias. Durante as condições experimentais, as duplas eram transportadas alternadamente do biotério para a sala de experimentos. As sessões eram iniciadas com intervalo de dez minutos entre as duplas; os sujeitos eram pesados e colocados na caixa de condicionamento operante individual; as duas caixas eram inseridas lado a lado dentro da caixa de isolamento acústico. Ao final das sessões, os ratos eram transportados para o biotério local. Os sujeitos de cada dupla utilizaram as mesmas caixas de condicionamento operante durante as sessões ao longo de todo o experimento. Os ratos tinham privação de água por aproximadamente 23h antes de cada sessão experimental. Dez minutos após o encerramento de cada sessão os sujeitos tinham acesso a trinta (30) minutos de água livre. O peso dos animais era registrado diariamente para acompanhamento da condição física dos ratos.

A variável de interesse nas sessões foi as respostas coordenadas, definidas como uma

unidade composta de duas respostas, uma de cada sujeito da dupla, que ocorriam dentro de um intervalo máximo de 0,2 s. Cada resposta coordenada era seguida pelo acender da luz de LED por um intervalo de 0,2 s em todas as condições experimentais; esse intervalo era reiniciado caso os sujeitos emitissem outra resposta individual ou coordenada enquanto a luz estivesse acesa. Se a resposta de um sujeito não fosse seguida pela resposta de seu parceiro em menos de 0,2 s, esse intervalo era reiniciado a cada nova resposta individual.

O responder dos sujeitos no experimento foi mantido sob esquemas *tandem* com dois elos sucessivos de Intervalo Fixo ou de Intervalo Variável. Nestes esquemas, respostas individuais ou coordenadas, a depender da condição, que cumpriam os requisitos do primeiro elo iniciavam o esquema do segundo elo. Respostas que cumpriam as exigências do esquema do segundo elo produziam acesso ao reforçador (2 s de acesso à água no bebedouro). Não havia qualquer estímulo visual ou auditivo que sinalizasse a transição entre o primeiro e o segundo elo do esquema, como é característico de esquemas *tandem* (mais detalhes a seguir). Como as respostas coordenadas eram sinalizadas, a luz era apresentada tanto na mudança de elos quanto antes da apresentação do reforço nas condições com contingência de coordenação; nas contingências individuais os sujeitos também poderiam produzir luz nesses períodos caso coordenassem suas respostas temporalmente. A principal variável dependente deste estudo foi o responder coordenado da dupla de ratos e a principal variável independente foi a condição para a distribuição de reforços entre os membros da dupla nos esquemas *tandem*, que consistiam na liberação do reforço individual, simultâneo para os dois membros da dupla, ou ainda, alternado, ora para um rato, ora para o outro.

Os esquemas *tandem* são contingências em que os reforçadores são produzidos após o sujeito completar duas ou mais exigências de contingências de reforço em sequência; eles foram usados de modo a balancear a exigência mínima de respostas coordenadas em todas as condições do estudo.

Esquemas tandem FI. Dois esquemas de FI 10 s foram arranjados em sucessão, de acordo com um *tandem* FI 10 s FI 10 s: a primeira resposta (individual ou coordenada, conforme requerido pela condição) de pressão à barra após a passagem de 10 s do primeiro FI 10 s (primeiro elo) iniciava a contagem do intervalo do segundo FI 10 s (segundo elo). A primeira resposta após a passagem de 10 s, desde o início do segundo elo, produzia reforçadores (individual, simultâneo ou alternado; ver especificidade da condição de reforçamento alternado a seguir). O primeiro elo era reiniciado após cada reforçamento.

Esquemas tandem VI. Dois esquemas de VI 10 s foram arranjados em sucessão, de acordo com um *tandem* VI 10 s VI 10 s: uma resposta coordenada após a passagem de um dos intervalos do VI no primeiro elo iniciava a contagem do intervalo programado para o segundo elo. O esquema de VI 10 s, embora tivesse a mesma duração média que o FI, era constituído por uma sequência de 11 intervalos diferentes (Fleshler & Hoffman, 1962), cuja média era 10 s. Os valores eram sorteados, gerando uma sequência aleatória.

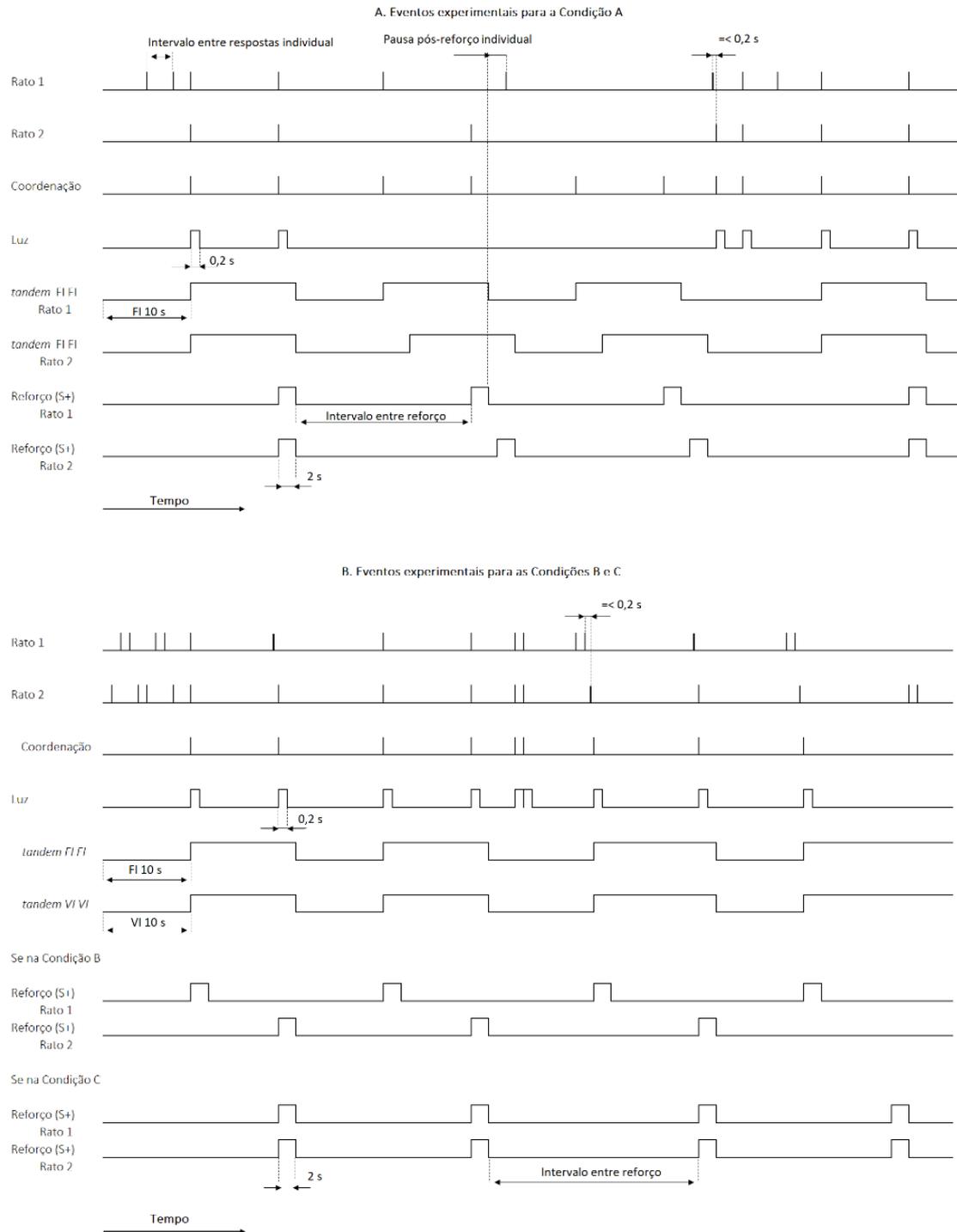
Condições experimentais

Os reforços nos esquemas *tandem* foram distribuídos de acordo com três diferentes procedimentos, que definiram as três condições experimentais, ilustradas nos diagramas da Figura 2. Na Condição Individual (A) todas as duplas responderam sob um *tandem* FI 10 s FI 10 s com reforçamento para cada membro da dupla, independente do comportamento do outro, isto é, somente respostas individuais eram requeridas tanto para a transição entre os elos do esquema quanto para a produção do reforçador. As respostas dos membros da dupla que ocorriam dentro do intervalo que definia respostas coordenadas eram registradas pelo programa (para fins de análise comparativa dos dados nas diferentes condições) e produziam luz, mas não produziam reforçadores. As consequências eram disponibilizadas individualmente para cada sujeito, quando cada um cumpria os requisitos dos esquemas (ver

Figura 2, parte A).

Figura 2

Representação esquemática de uma distribuição hipotética de eventos experimentais nas condições experimentais A, B e C.



Nota. Representação esquemática de uma distribuição hipotética dos eventos experimentais sob as condições investigadas neste estudo (baseada em Catania et al., 2015).

Na Condição Alternada (B) as duplas respondiam sob um esquema *tandem* composto de dois esquemas de FI 10 s ou de dois esquemas de VI 10 s. A transição entre os elos do esquema e a produção de reforçadores era dependente de respostas coordenadas entre os sujeitos da dupla. Assim, uma resposta coordenada após a passagem de tempo programada pelo esquema no primeiro elo iniciava o segundo elo no qual, ao final do intervalo programado, a primeira resposta coordenada produzia acesso à água para apenas um dos membros da dupla. Ao término da apresentação do reforço era novamente iniciada a contagem de tempo do primeiro elo, que também requeria resposta coordenada para passar ao segundo elo, no qual após o término do primeiro intervalo, a primeira resposta coordenada produzia reforçador para o outro rato. Vale ressaltar que o primeiro reforço da sessão era oferecido em um intervalo fixo (FI) ou médio (VI) de 10 s, para garantir que todos os demais reforçadores da sessão tivessem um intervalo mínimo de 20 s para cada rato. A ordem dos sujeitos que recebiam o primeiro reforço (em intervalo menor) era alternada a cada sessão (ver Figura 2, parte B).

Na Condição Simultânea (C), assim como na condição B, os dois componentes dos esquemas *tandem* eram dois esquemas de FI 10 s ou de VI 10 s, e a transição entre os elos, bem como a produção de reforçadores era dependente de responder coordenado. Desta forma, quando uma resposta coordenada era emitida após o intervalo do primeiro elo, dava-se início ao segundo elo do esquema e a primeira resposta coordenada após transcorrido o intervalo do segundo elo, produzia o reforço, que era disponibilizado para os dois sujeitos simultaneamente (ver Figura 2, parte B). Estas condições permitiram investigar o possível efeito dos três tipos de contingência de distribuição de reforço (responder e reforçamento individual, responder coordenado e reforço individual e o responder coordenado e reforço simultâneo) sobre o responder dos ratos.

Sequência dos procedimentos experimentais

Modelagem de responder individual sob esquema simples de FI 20 s. Para iniciar o experimento, todos os sujeitos receberam o treino ao bebedouro, seguido da modelagem da resposta de pressão à barra (conduzida com cada sujeito individualmente), e manutenção das respostas sob um esquema de reforçamento contínuo (CRF) por três sessões. Posteriormente, os sujeitos passaram pela modelagem do responder sob esquema de reforçamento de Intervalo Fixo (FI), como pré-treino para o esquema *tandem* usado nas fases experimentais. Os valores utilizados na modelagem do FI foram 5 s, 10 s e 15 s; cada um desses valores foi mantido por duas sessões. A modelagem do responder foi realizada em sessões diárias (uma sessão por dia) com duração aproximada de 30 minutos. Após a fase de preparação, todas as duplas foram expostas às três condições (i.e., reforço individual, alternado e simultâneo), tanto com esquemas *tandem* FI FI, quanto com esquemas *tandem* VI VI, mas a sequência experimental foi diferente para as duplas. Além da etapa inicial, de preparação do repertório de cada sujeito para as condições experimentais, o presente experimento foi dividido em seis fases, sendo a primeira e a última de reforçamento individual, e as demais com reforçamento simultâneo ou alternado, sob esquemas *tandem* de FI ou VI. Exceto pela primeira e a última, a ordem das condições foi contrabalanceada entre as duplas nas fases, de modo a identificar possíveis efeitos de ordem sobre o desempenho dos animais.

Baseando-se nos critérios de estabilidade utilizados nos experimentos conduzidos no mesmo laboratório, em que as fases experimentais dificilmente passaram de 15 sessões, todas as fases experimentais foram mantidas em vigor por 15 sessões, sem o uso de critério de estabilidade para mudança de uma condição para a seguinte. Cada sessão teve duração máxima de 30 minutos ou até os sujeitos completarem 45 reforços, sendo encerrada pelo que acontecesse primeiro. As sessões foram realizadas diariamente, uma única sessão por dia.

Fase 1. Responder sob um esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s de reforçamento

individual. Todos os sujeitos responderam sob um esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s, com distribuição de reforçadores individuais (Condição A). A primeira resposta individual após a passagem de um intervalo de 10 s iniciava a contagem de um segundo intervalo de mesma duração, após o qual a primeira resposta era reforçada (e reiniciava o esquema *tandem*). Esta fase teve como objetivo estabelecer uma linha de base para o responder coordenado quando não havia uma contingência para selecionar essa unidade comportamental.

Fase 2. Responder coordenado sob um esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s de reforçamento simultâneo ou alternado. A transição entre os elos do esquema passou a exigir uma resposta coordenada entre os sujeitos. Para as duplas R20-R21, R30-R31 e R10-R11 os sujeitos tiveram acesso à água de forma alternada com relação ao seu parceiro; para as duplas R50-R51 e R40-R41, os reforçadores foram distribuídos de forma simultânea entre os membros da dupla.

Fase 3. Responder coordenado sob um esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s com reversão no tipo de reforçamento. Esta fase foi semelhante à anterior, mas houve uma reversão na forma de distribuição de reforços entre as duplas; as duplas R50-R51 e R40-R4, receberam reforçadores de maneira alternada, enquanto R20-R21, R30-R31 e R10-R11 tiveram acessos aos reforçadores simultaneamente.

Fase 4. Responder coordenado sob um esquema *tandem* de VI 10 s VI 10 s com reforços simultâneos ou alternados. Todas as duplas responderam sob um esquema *tandem* de dois elos com intervalos variáveis de média 10 s (VI 10 s); esses intervalos se equivaliam, na média, à duração do FI nos esquemas anteriores. A forma de distribuição de reforçadores entre as duplas permaneceu como na condição anterior. As duplas R50-R51 e R40, receberam reforçadores de maneira alternada, enquanto R20-R21, R30-R31 e R10-R11 tiveram acessos aos reforçadores simultaneamente. Essa fase teve como objetivo estabelecer um responder mais constante, sem as pausas pós-reforços que são características de

esquemas de intervalo fixo. Esse dado também permitiu investigar o possível efeito das pausas do FI nas proporções de coordenação.

Fase 5. Responder coordenado sob um esquema *tandem* VI 10 s VI 10 s com reversão no tipo de reforçamento. Os requisitos da condição anterior foram mantidos, com a reversão na forma de distribuição dos reforços entre as duplas de sujeitos; as duplas R50-R51 e R40-R4, receberam reforçadores de maneira simultânea, enquanto R20-R21, R30-R31 e R10-R11 tiveram acessos aos reforçadores alternadamente.

Fase 6. Retorno ao responder sob um esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s de reforçamento individual. Replicou a Fase 1 para verificar os efeitos dos procedimentos de responder coordenado com reforços simultâneos ou alternados sobre o responder observado na fase inicial.

A Tabela 1 resume a ordem de exposição às condições experimentais para cada dupla de ratos.

Tabela 1*Sequência de condições experimentais para cada dupla de ratos*

Sequência	Duplas	Condição					
1	R20 - R21	A	B	C	C	B	A
	R30 - R31	Individual FI FI	Alternado FI FI	Simultâneo FI FI	Simultâneo VI VI	Alternado VI VI	Individual FI FI
	R10 - R11						
2	R50 - R51	A	C	B	B	C	A
	R40 - R41	Individual FI FI	Simultâneo FI FI	Alternado FI FI	Alternado VI VI	Simultâneo VI VI	Individual FI FI

Nota. Sequência de exposição às condições experimentais usada para contrabalancear possíveis efeitos de ordem.

Resultados

Nesta seção são apresentados os desempenhos individuais e das duplas de sujeitos sob cada uma das condições experimentais que tiveram como objetivo verificar os efeitos da forma de distribuição de reforços (i.e. individual, alternado ou simultâneo) sobre o responder coordenado em esquemas *tandem* FI FI ou VI VI. Entre as medidas analisadas estão as taxas de respostas individuais no decorrer do experimento; as médias das taxas de respostas e das taxas de reforços das duplas; as taxas de respostas coordenadas; a proporção de respostas coordenadas de cada dupla e a média de todos os sujeitos de acordo com a condição e os intervalos entre respostas (IRTs). Os cálculos que envolveram médias para comparações entre condições consideraram as medidas das últimas cinco sessões de cada condição.

Com o objetivo de diminuir a quantidade de informações escritas na descrição das condições nas figuras e tabelas, as nomenclaturas das condições experimentais foram alteradas da seguinte forma: o esquema *tandem* FI 10 s FI 10 s foi chamado de *tandem* FI FI, e o esquema *tandem* VI 10 s VI 10 s foi denominado *tandem* VI VI. As formas de distribuição de reforços permaneceram com o nome atribuído anteriormente.

Uma parte dos resultados descritos abaixo apresenta os desempenhos individuais (taxas de respostas) e médios (taxas de respostas e reforços) dos sujeitos durante o experimento. Estas medidas funcionaram como um mecanismo de controle experimental, uma vez que variações nessas taxas poderiam explicar o desempenho de coordenação. Considere um caso hipotético em que as taxas de reforços obtidos são sistematicamente maiores em uma determinada condição, e que nessa condição as taxas de responder coordenado são mais altas, logo é possível inferir que são as taxas de reforços que controlam o responder dos sujeitos, não outra variável em vigor.

A Figura 3 mostra as taxas de respostas individuais (R/min) de cada sujeito da dupla no decorrer das fases experimentais. As taxas de respostas foram obtidas como a razão entre

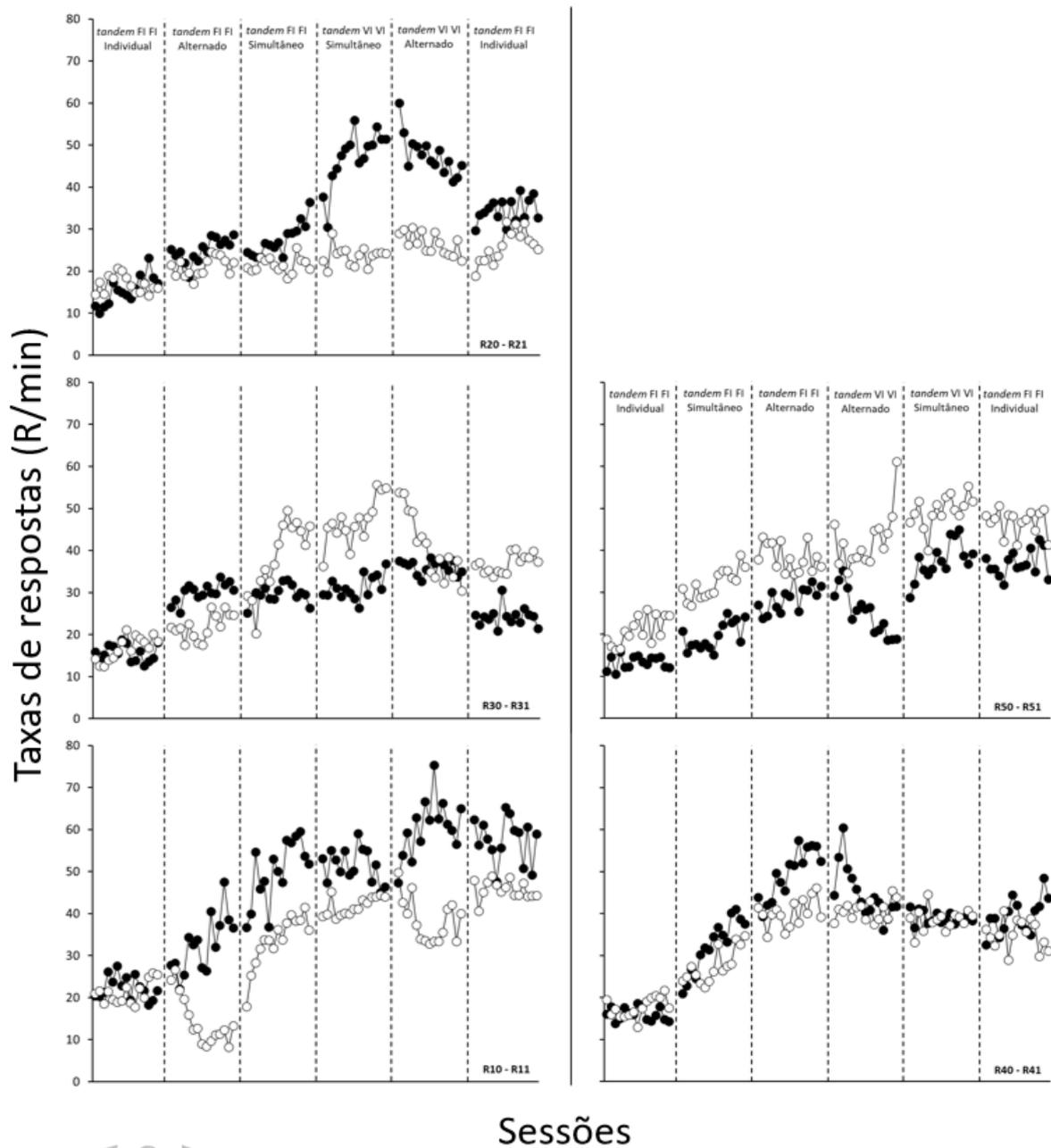
o número absoluto de respostas de cada sujeito pela duração total da sessão (em minutos). As duplas estão separadas na figura de acordo com a ordem de exposição às condições. A primeira condição (*tandem* FI FI Individual) gerou taxas de respostas similares entre os sujeitos de cada dupla, exceto R50 – R51, bem como taxas parecidas entre os pares de ratos. O desempenho das duplas de sujeitos no decorrer do experimento mostrou um aumento geral nas taxas de respostas conforme aumentou o número de sessões realizadas no estudo; as taxas variaram de aproximadamente 10 R/min nos menores valores a aproximadamente 60 R/min nos valores mais elevados. Para todos os sujeitos as taxas de respostas obtidas na última condição foram maiores que na primeira. Dois ratos tiveram quedas nas taxas de respostas em momentos específicos do experimento: o sujeito R10 em *tandem* FI FI e o sujeito R51 em *tandem* VI VI, ambos com a distribuição de reforços alternados. Os sujeitos nas duplas apresentaram taxas de respostas diferentes entre si, mas não parece haver diferença de tendência no responder entre as duplas durante as condições experimentais. Nas duplas R20–R21 e R30–R31, um dos sujeitos apresentou desempenho mais estável durante as fases do experimento enquanto o parceiro teve maior variabilidade nas taxas de respostas.

A Figura 4 mostra a média das taxas de respostas (barras) e reforços (círculos) para cada dupla de sujeitos conforme a ordem de exposição às condições experimentais. A média das taxas de respostas entre todos os sujeitos está no canto inferior direito da figura. Os sujeitos obtiveram maiores taxas de reforços na condição *tandem* FI FI Individual quando comparado com as demais condições, apesar das menores taxas de respostas nessa condição na primeira exposição. As diferenças observadas entre as médias das taxas de respostas em cada condição não se replicam entre as duplas e ordens de exposição. A ANOVA de medidas repetidas mostrou efeito significativo das condições sobre as taxas de respostas observadas ($F_{5,45} = 12,868$, $p < 0,001$, $\eta^2 = .588$). A comparação de pares ajustada por Bonferroni revelou que houve diferença significativa entre as taxas de respostas obtidas no *tandem* FI FI

Individual (Fase 1) e as demais condições ($p = 0,003$, $p = 0,002$, $p < 0,001$ e $p < 0,001$, respectivamente), exceto o tandem FI FI Alternado ($p = 0,144$). Não houve diferença significativa entre as taxas de respostas nas condições com contingência de reforçamento para coordenação. Uma análise do coeficiente de determinação não indicou uma correlação robusta entre as médias das taxas de respostas e as médias das taxas de reforços ($r^2 = 0.005$).

Figura 3

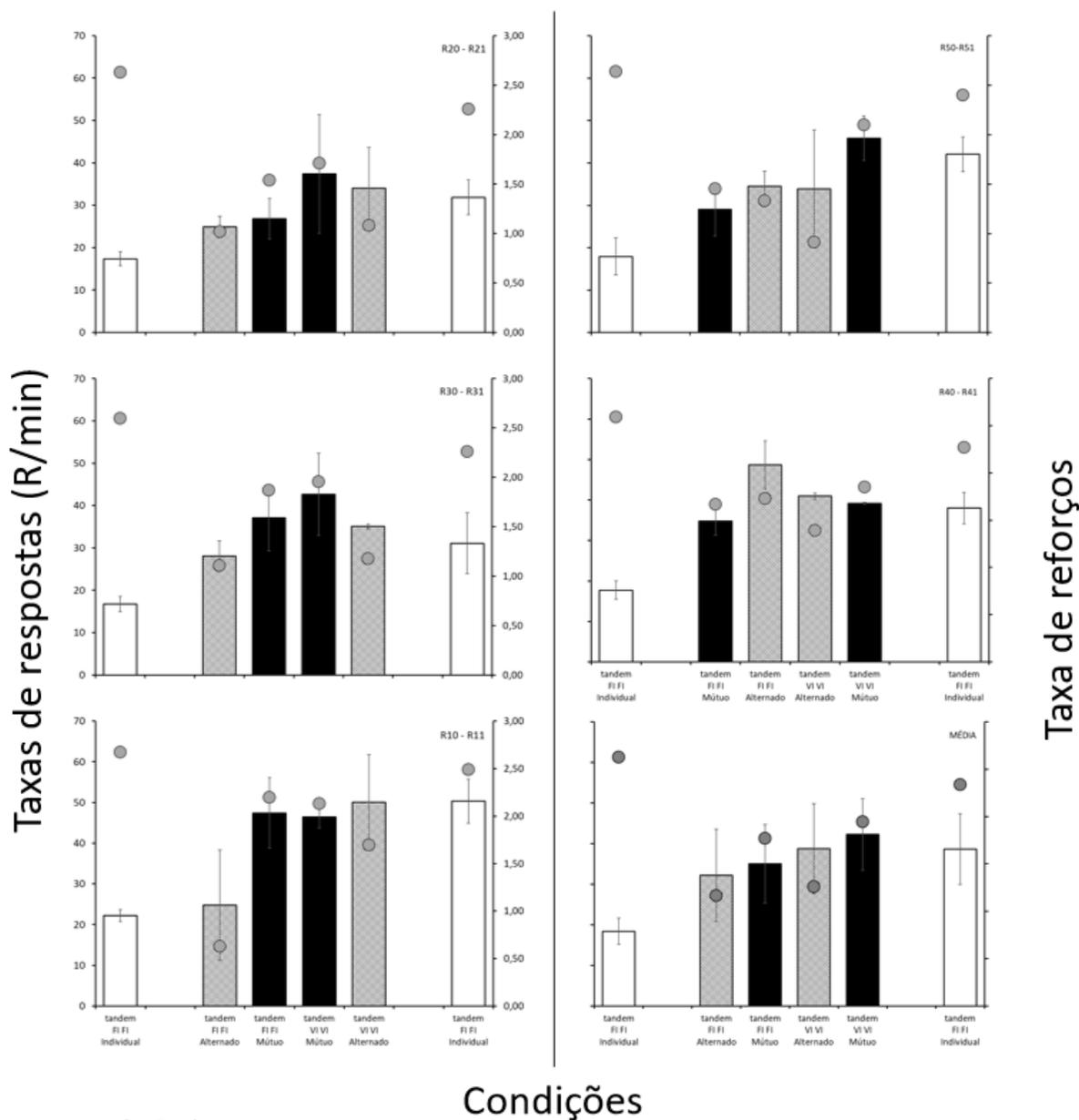
Taxas de respostas individuais por condição experimental



Nota. Taxa de respostas (R/min) individuais de cada dupla de sujeitos no decorrer das condições experimentais. Cada círculo cheio e vazio representa o desempenho de um dos sujeitos da dupla em uma sessão. Todas as condições tiveram 15 sessões.

Figura 4

Médias das taxas de respostas e reforços por condição experimental



Nota. Taxas de respostas (R/min) e taxas de reforços (S+/min) médias das duplas conforme ordem de exposição às condições experimentais. As barras representam as médias das taxas de respostas nas diferentes condições; os círculos cinzas representam as taxas de reforços. As barras de erro indicam o desvio padrão da média. O gráfico inferior direito apresenta a média das taxas para todas as duplas.

A Tabela 2 mostra médias das taxas de reforços (Ref/min) de cada dupla nas últimas cinco sessões de cada condição experimental. As taxas de reforços foram calculadas pela divisão do número absoluto de reforços obtidos pela duração da sessão. Para todas as duplas, as maiores taxas de reforços foram observadas nas condições em que os reforçadores foram distribuídos de forma independente (*tandem* FI FI Individual). As condições em que o reforçamento foi apresentado de forma alternada entre os sujeitos produziram as menores taxas de reforços, tanto para os esquemas de FI quanto para os de VI. Apenas para a dupla R40-R41, no esquema *tandem* FI FI, a taxa de reforços obtidos foi ligeiramente maior com a distribuição de reforços alternados quando comparado com a distribuição mútua. A ANOVA unidirecional revelou uma diferença significativa nas taxas de reforços entre as condições ($F = 286,50$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 16,82$). O teste Post Hoc com correção de Bonferroni mostrou que não houve diferença significativa apenas entre as condições *tandem* FI FI e *tandem* VI VI com distribuição de reforços alternados ($p = 0,938$), todas as demais condições foram diferentes entre si.

Tabela 2*Taxas de reforços obtidos por condição experimental*

Duplas	<i>tandem</i> FI FI	<i>tandem</i> FI FI		<i>tandem</i> VI VI		<i>tandem</i> FI FI
	Individual	Alternado	Simultâneo	Alternado	Simultâneo	Individual
R20 - R21	2,63	1,02	1,54	1,08	1,70	2,26
R50 - R51	2,64	1,33	1,57	0,92	2,10	2,40
R30 - R31	2,60	1,11	1,87	1,20	1,95	2,26
R40 - R41	2,59	1,73	1,67	1,39	1,85	2,27
R10 - R11	2,67	0,63	2,20	1,70	2,13	2,49
Média	2,63	1,16	1,77	1,26	1,95	2,34
Programados	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

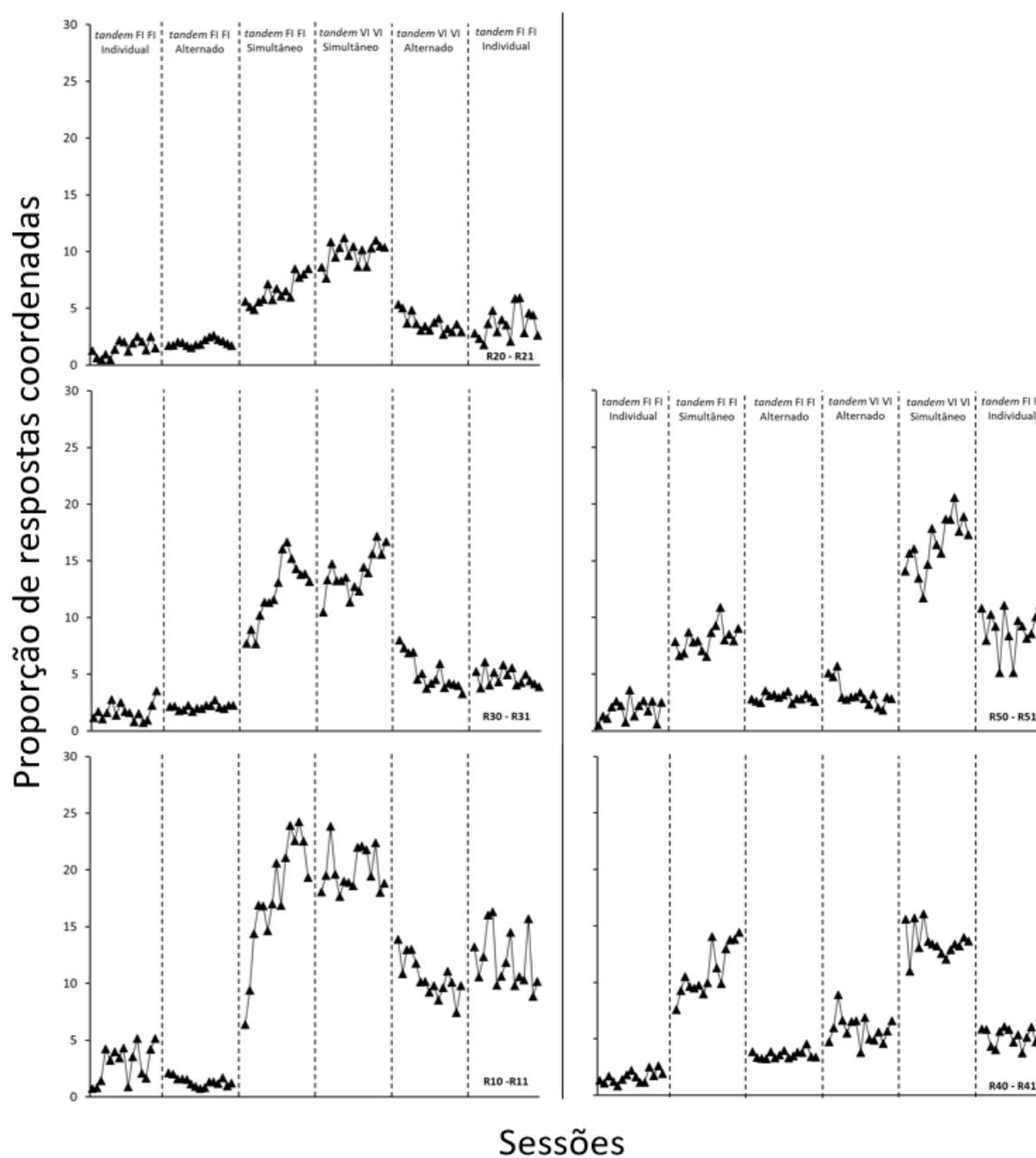
Nota. Médias de taxas de reforços obtidos de cada dupla de sujeitos nas diferentes condições experimentais e a média das taxas de reforços obtidos de todos os sujeitos; a última linha representa o número máximo de reforços programados em cada uma das condições.

A Figura 5 mostra a taxa de respostas coordenadas (R/min) de cada dupla de sujeitos no decorrer do experimento. As taxas foram obtidas como a razão entre o número absoluto de respostas coordenadas pela duração da sessão. Esta medida permite avaliar o desempenho na tarefa de coordenar as respostas de pressão à barra de modo independente do responder individual, e fornece um panorama geral da coordenação nos diferentes momentos do estudo. As duplas apresentaram taxas de responder coordenado sistematicamente maiores nas condições de reforçamento simultâneo. As taxas de respostas coordenadas foram similares nas condições de reforçamento alternado e nas fases nas quais não havia contingência para coordenação. A dupla R50–R51 apresentou taxas de respostas coordenadas semelhantes no *tandem* FI FI Simultâneo (Fase 2) e no retorno ao *tandem* FI FI Individual (Fase 6).

A Figura 6 apresenta as proporções de respostas coordenadas de cada dupla de sujeitos nas fases do experimento. A proporção de coordenação é a divisão do número absoluto de respostas coordenadas pela média das respostas totais (tanto as que atenderam quanto as que não atenderam o critério temporal de coordenação) de cada membro da dupla na sessão. Esta medida mostra quantas das respostas emitidas pela dupla alcançaram o critério de coordenação temporal, ou seja, quão eficientes os sujeitos foram na tarefa de coordenar o responder. A introdução da contingência de reforçamento para as respostas coordenadas diminuiu a variabilidade observada na primeira condição de reforço individual. Nas condições em que o reforço era distribuído de forma simultânea entre os sujeitos da dupla a proporção de respostas coordenadas foi maior do que nas condições de reforçamento alternado e esse efeito foi observado independente da ordem em que a condição de reforço simultâneo foi introduzida (uma ordem para as duplas R10-R11, R20-R21, e R30-R31, e outra ordem para as duplas R40-R41 e R50-R51). As proporções de respostas coordenadas foram similares entre as condições de reforçamento individual e de reforçamento alternado entre os membros da dupla experimental.

Figura 5

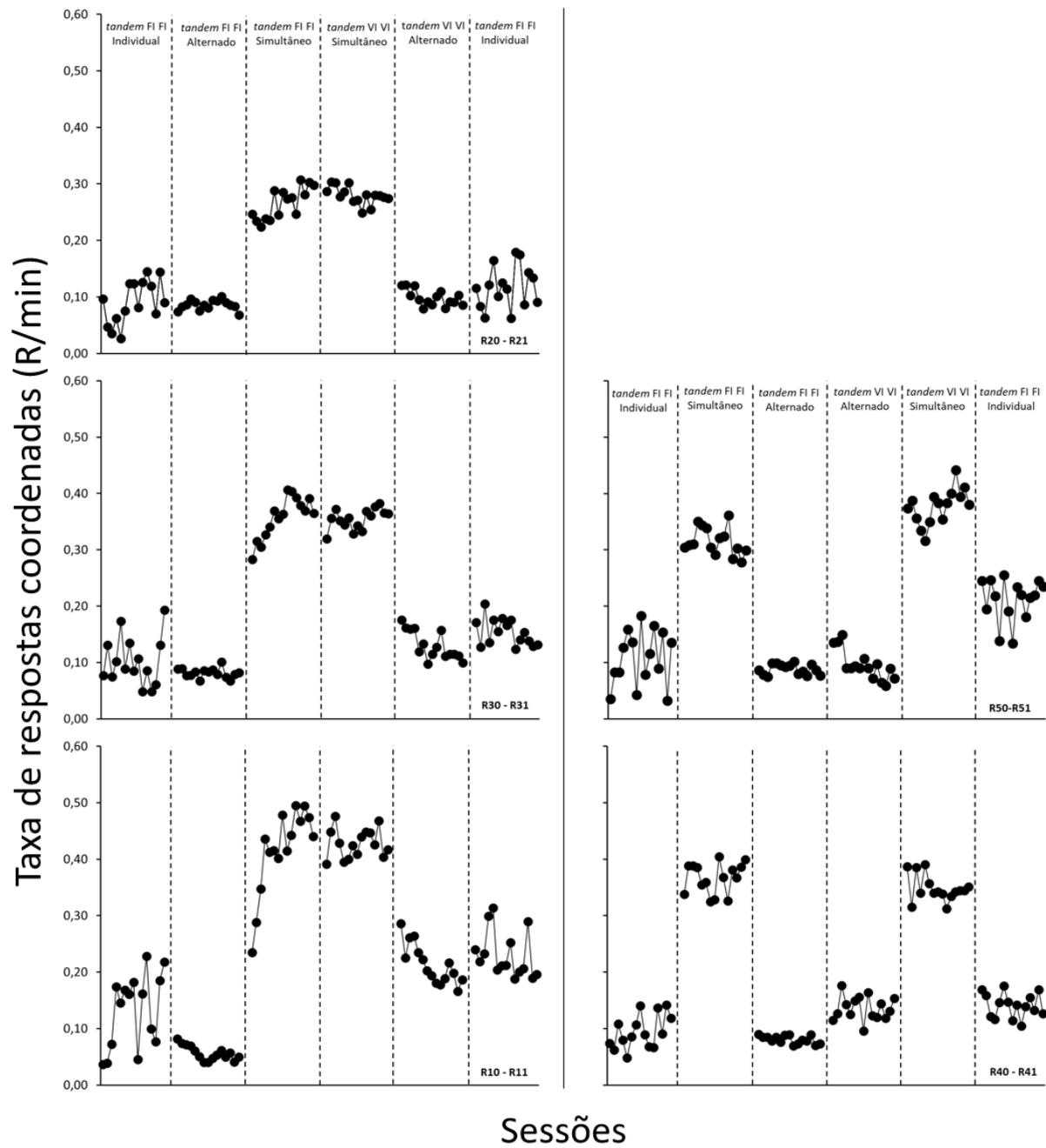
Taxa de respostas coordenadas por condição experimental



Nota. Taxas de respostas coordenadas (R/min) para todas as duplas conforme a ordem de exposição às fases do experimento. Cada linha representa o desempenho de uma dupla e cada ponto mostra a taxa em uma determinada sessão. Todas as condições permaneceram em vigor por 15 sessões.

Figura 6

Proporção de respostas coordenadas por condição experimental

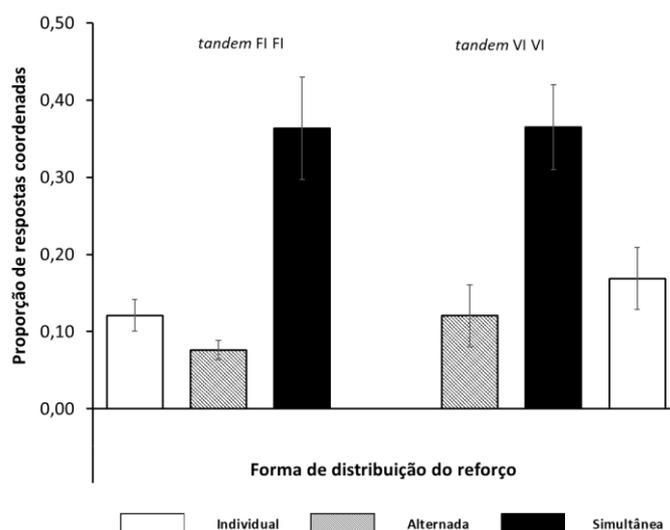


Nota. Proporção de respostas coordenadas de cada dupla de sujeitos por sessão em cada condição experimental. Cada linha representa o desempenho de uma dupla e cada ponto mostra a proporção de respostas coordenadas em uma sessão. Todas as condições tiveram 15 sessões.

A Figura 7 apresenta as médias das proporções de respostas coordenadas para as condições experimentais com distribuição de reforços simultâneos e alternados. Este cálculo considera todas as duplas de sujeitos, independente da ordem de exposição às condições. As proporções de coordenação foram maiores quando os reforçadores eram distribuídos de forma simultânea entre os sujeitos da dupla (barras pretas); quando comparado nas condições sob esquemas de intervalo-fixo a diferença entre as proporções, entre a condição alternada e a simultânea, foi aproximadamente cinco vezes maior com distribuição de reforço simultâneo; para o VI a proporção foi aproximadamente três vezes maior. A ANOVA unidirecional mostrou que as condições tiveram efeito sobre as proporções de coordenação ($F = 157,78$, $p < 0,001$). Os Testes Post Hoc com correção de Bonferroni revelaram uma diferença significativa entre as proporções de responder coordenado nos esquemas *tandem* FI FI ($p < 0,001$) e entre as proporções nos esquemas *tandem* VI VI ($p < 0,001$).

Figura 7

Média global da proporção de respostas coordenadas

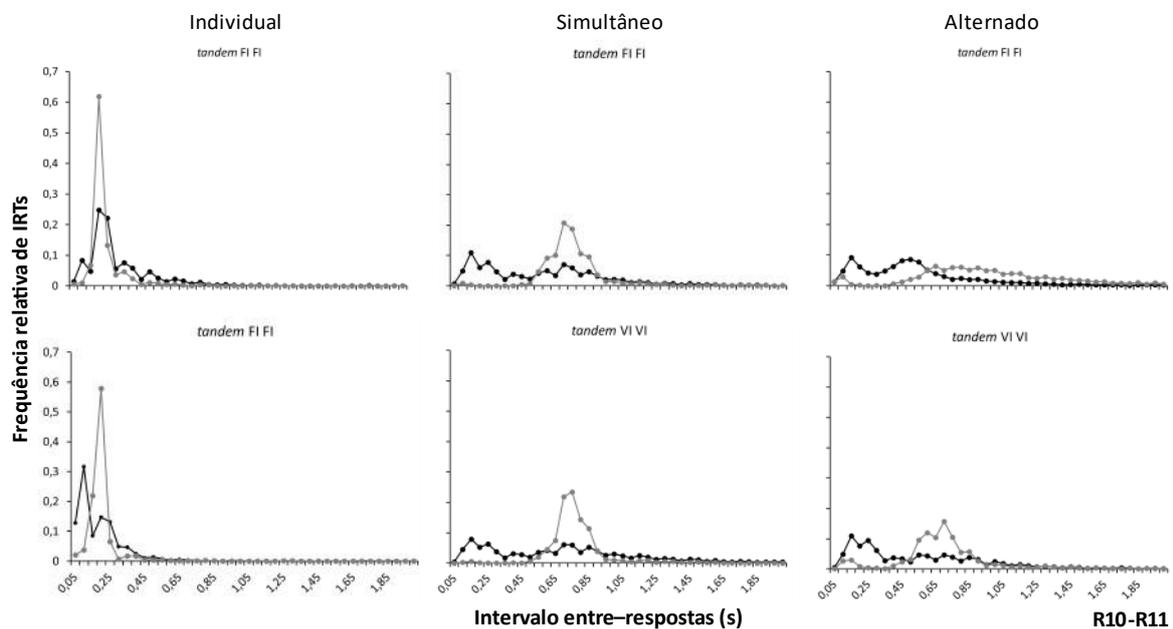


Nota. Média das proporções de coordenação de acordo com os esquemas *tandem* (FI FI ou VI VI) e a forma de distribuição de reforço. As barras brancas representam as condições de reforçamento individual; barras hachuradas, as condições de reforço alternado e as barras pretas indicam as condições de reforço simultâneo. As barras de erro indicam o desvio padrão da média.

A seguir são apresentados os dados de frequência relativa da duração de intervalos entre respostas (IRTs) de pressão à barra para cada rato de uma dupla (R10 – R11) em todas as condições experimentais; os dados das demais duplas foram bastante similares e sua exposição aqui seria redundante. Os dados de IRTs mostram um padrão de respostas rápidas nas condições de distribuição de reforço individual. Para as demais condições – aquelas que exigem coordenação do responder, não há um padrão consistente na distribuição das IRTs, contudo, elas são mais longas que na condição de reforço individual. Um dos sujeitos dessa dupla mostrou um responder mais acelerado (i.e., IRTs curtos) nas condições que exigiam coordenação temporal, indicando um efeito de liderança na coordenação.

Figura 8

Frequência relativa de intervalos entre respostas (IRTs)



Nota. Cada linha representa um rato da dupla, e cada ponto uma frequência relativa de IRT. Para esta figura foram selecionados os IRTs entre 0.05 e 2 segundos; os IRTs maiores eram possíveis, mas a pouca frequência impediria uma representação adequada na figura.

Discussão

Investigações anteriores analisaram o responder coordenado sob condições nas quais os reforçadores eram entregues simultaneamente entre os sujeitos da dupla ou de forma independente entre eles, mas não quando o reforçamento era alternado entre os parceiros. Em uma tentativa de preencher essa lacuna, o presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos da forma de distribuição dos reforçadores sobre o responder coordenado de duplas ratos sob esquemas *tandem* de reforçamento em FI e em VI. Mais especificamente, o procedimento foi elaborado para examinar se o responder coordenado poderia ser mantido sob condições em que o reforço requer o responder dos dois membros da dupla, mas é entregue de forma alternada entre os dois.

Os procedimentos empregados neste trabalho conseguiram estabelecer e manter o responder coordenado temporalmente observado nos estudos anteriores sob esquemas de intervalo-fixo e de intervalo-variável. O requisito de coordenação temporal mostrou-se um elemento-chave para que os sujeitos emitam maiores taxas de respostas coordenadas (Tan e Hackenberg, 2016; Carvalho et. al., 2019; Todorov et al., 2020).

O exame das taxas de respostas (individuais e médias) mostrou uma tendência de aumento como função do tempo de exposição ao procedimento; as taxas foram mais altas na última fase em comparação com a primeira para todos os sujeitos. Entretanto, o desempenho foi menos eficiente, pois apesar de aumentos nas taxas de respostas individuais, os sujeitos não produziram mais reforçadores do que as quantidades observadas na Fase 1.

As taxas de reforços obtidos pelos sujeitos foram suficientes para manter o responder individual e coordenado no decorrer do experimento. Porém, as variações observadas no número de reforços não explicam as taxas individuais, uma vez que taxas de reforços mais altas não produziram aumentos sistemáticos na taxa do responder reforçado individualmente. Adicionalmente, as maiores taxas de reforços nos dois esquemas *tandem* FI FI Individual não

produziram maior responder coordenado. As médias das taxas de reforços mostram que os sujeitos obtiveram mais reforços quando a consequência não dependia do parceiro, pois a exigência de coordenação pode produzir um atraso para completar o requerimento do esquema.

Diferente do responder individual, as taxas de respostas coordenadas mostraram um efeito consistente da introdução da contingência de reforçamento simultâneo: cada vez que a Condição B entrou em vigor o responder coordenado aumentou e permaneceu mais alto que aquele observado em condições de reforçamento individual ou de reforçamento alternado entre os sujeitos. Ressalta-se que independente de qual esquema de reforçamento estava em vigor, as variações nas taxas de coordenação foram controladas pela forma de distribuição de reforços, pois elas se replicam tanto no FI quanto no VI. Assim, a simultaneidade na entrega da consequência para os membros da dupla parece ser uma variável crítica no responder coordenado.

O primeiro efeito da introdução de uma contingência de reforçamento para a coordenação temporal foi uma diminuição na variabilidade da proporção de respostas coordenadas observada na Condição A. Contudo, essa menor variabilidade não foi seguida por um aumento na proporção de responder coordenado quando os reforços passaram a ser entregues de forma alternada entre os sujeitos, ou seja, a proporção de respostas coordenadas se manteve no nível do acaso, quando não havia uma contingência que selecionava o responder coordenado temporalmente. Ademais, as proporções de coordenação também aumentaram de forma sistemática quando o reforço era simultâneo, independente da ordem de exposição às fases experimentais e o esquema em vigor.

Entretanto, algumas considerações precisam ser feitas sobre como o procedimento escolhido afetou a possibilidade de coordenação. Nos esquemas *tandem* de FI com reforços alternados a estabilidade na proporção de coordenação não pode ser devidamente explicada, pois a disponibilidade de reforço para um dos sujeitos implicava (considerando o tempo

gasto no consumo e pausa pós-reforço) na impossibilidade de coordenação durante este período, e, provavelmente, em taxas mais baixas e regulares. As pausas pós-reforço mantidas sob esquemas de intervalo-fixo têm duração aproximada de 50% do intervalo total do FI (Schneider, 1969). Deste modo, nas condições de reforçamento alternado, o tamanho do intervalo de cada elo do *tandem* (i.e., FI 10 s) era próximo das durações das pausas mantidas pelo intervalo entre reforços. Isto é, se as respostas de cada rato eram reforçadas em um intervalo mínimo de 20 s, a duração prevista de pausas pós-reforço seria de 10 s. Assim, não seria possível concluir se as taxas de coordenação foram menores no esquema de reforçamento alternado devido à própria alternância de reforçadores ou se foi um artefato do controle temporal exercido por esquemas de intervalo-fixo. Portanto, os esquemas de FI não foram adequados para observar a coordenação com distribuição de reforços alternados. Além disso, enquanto nos esquemas individuais e simultâneos cada sujeito recebe consequência por todas as respostas que encerram o *tandem*, nos esquemas alternados apenas uma parte dessas respostas é reforçada – apenas um rato recebe água por vez – e outra parte das respostas coordenadas do sujeito fica em extinção. Adicionalmente, no que se refere aos procedimentos utilizados neste estudo, os esquemas *tandem* de reforçamento foram eficazes para a que os sujeitos emitissem um número mínimo de respostas entre os reforçadores: no esquema individual, uma resposta de um único sujeito para troca de elo e outra para produzir reforço; nos esquemas alternados, uma resposta coordenada para produzir reforço para si e outra que produziu reforço para o parceiro; e por fim, nos esquemas simultâneos, uma resposta coordenada para mudança de elo e outra que produziu reforço para ambos os sujeitos da dupla.

A análise dos IRTs mostrou responder mais acelerado (IRTs menores) nas condições individuais quando comparado com aquelas que exigiam coordenação de respostas, mas esse responder acelerado não resultou em maior taxa ou proporção de coordenação, um dado que

indica que as respostas coordenadas não são um subproduto de respostas individuais mantidas sob altas taxas. As análises de desempenho dos sujeitos em diferentes momentos dentro de cada intervalo de VI e FI poderão mostrar se há o efeito de liderança (i.e., se algum rato tende a iniciar o episódio cooperativo) nas diferentes condições, conforme relatado por Tan e Hackenberg (2016).

O procedimento empregado neste estudo foi eficiente para controlar os possíveis efeitos de ordem de exposição às fases experimentais e do esquema de reforçamento sobre o responder coordenado. No entanto, os sujeitos permaneceram restritos na câmara experimental durante a sessão, e assim, tinham contexto para permanecer respondendo e eram contexto para seu parceiro responder, independente da condição em vigor. Os esquemas individuais também parecem não servir como condição controle ideal, pois modificam duas variáveis ao mesmo tempo: (1) a relação de dependência entre respostas e reforços e (2) a simultaneidade dos reforçadores produzidos (i.e., os ratos podem manter simultaneidade neste esquema, mas não há garantia de que isso sempre ocorrerá). Estudos posteriores podem replicar as condições de reforçamento usadas neste trabalho (i.e., individual, simultâneo e alternado) para avaliar o desempenho em tarefas de responder coordenado quando os sujeitos podem abandonar a caixa operante. Quanto aos esquemas de reforçamento, a condição controle utilizada por de Carvalho et al. (2019) – que exigia uma resposta de cada sujeito, independente da proximidade temporal para produzir reforçadores – parece ser a linha de base mais apropriada para futuros experimentos, uma vez que ela elimina a relação entre resposta coordenada e reforço, mas mantém a simultaneidade de reforçadores para a dupla.

Em síntese, o presente estudo corrobora com os achados da literatura de comportamento coordenado em sujeitos não-humanos ao mostrar que a frequência deste tipo de responder pode ser alterada pela introdução de uma contingência específica para

coordenação temporal. Além disso, os achados aqui descritos são especialmente relevantes quando considerados os indícios de que a simultaneidade na entrega do reforço entre os membros do episódio cooperativo tem um efeito robusto sobre o desempenho dos sujeitos.

Referências

- Azrin, N. H., & Lidsley, O. R. (1956). The reinforcement of cooperation between children. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 52(1), 100–102. <https://doi.org/10.1037/h0042490>
- Baum, W. M. (1993). Performances on ratio and interval schedules of reinforcement: Data and theory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59(2), 245-264. <https://doi.org/10.1901/jeab.1993.59-245>
- Catania, A. C. (2013). *Learning*, 5th ed. Sloan Publishing.
- Cohen, D. J. (1962). Justin and his peers: an experimental analysis of a child's social world. *Child Development*, 33(3), 697-717. <https://doi.org/10.2307/1126668>
- de Carvalho, L. C., dos Santos, L., Regaço, A., Barbosa, T. B., Silva, R. F., de Souza, D. G., & Sandaker, I. (2018). Cooperative responding in rats maintained by fixed- and variable-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 110(1), 105-126. doi: 10.1002/jeab.457
- de Carvalho, L. C., dos Santos, L., Regaço, A., & de Souza, D. G. (2019). Effects of response-reinforcer relations on the maintenance of coordinated responding under schedules of simultaneous reinforcement. *Mexican Journal of Behavior Analysis*, 45, 382-397. <https://doi.org/10.5514/rmac.v45.i2.75573>
- de Carvalho, L. C., dos Santos, L., Regaço, A., Couto, K. C., de Souza, D. G., & Todorov, J. C. (2020). Cooperative responding in rats: II. Performance on fixed-ratio schedules of mutual reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 114: 291-307. <https://doi.org/10.1002/jeab.628>
- de Carvalho, L. C. (2021). SofReinf (Versão 10) [software de computador]. Google Drive.
- de Toledo, T. F. N., & Benvenuti, M. F. L. (2015). Efeitos da exigência de desempenhos entrelaçados sobre linha de base em esquema simples de reforço. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 2, 184 – 194. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.18542/rebac.v11i2.1971>
- de Toledo, T. F. N., Benvenuti, M. F. L., Marques, N. S. & Glenn, S. (2022). Schedule performance as a baseline for the experimental analysis of coordinated behavior: same or different units of analysis. *The Psychological Record*, 72: 185 – 195. <https://doi.org/10.1007/s40732-022-00510-4>
- Ferster, C. B., & Skinner, B. F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Fleshler, M., & Hoffman, H. S. (1962). A progression for generating variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5, 529–530. doi: 10.1901/jeab.1962.5-529
- Glenn, S. S., Malott, M. E., Andery, M. A. P. A., Benvenuti, M. F. L., Housmanfar, R. A.,

- Sandaker, I., Todorov, J. C., Tourinho, E. Z., & Vasconcelos, L. A. (2016). Toward consistent terminology in a behaviorist approach to cultural analysis. *Behavioral and Social Issues*, 25, 11 – 27. <https://doi.org/10.5210/bsi.v25i0.6634>
- Goulart, P. R. K., Delage, P. E. G., Rico, V. V. & Brino, A. L. F. (2012). Aprendizagem. In Hubner, M. M. C. & Moreira, M. B. *Temas clássicos da psicologia sob a ótica da análise do comportamento*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan.
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of Psychology*. New York: Appleton Century Crofts.
- Lindsley, O. R. (1966). Experimental analysis of cooperation and competition. In: T. Verhave (Ed.), *The experimental analysis of behavior: selected readings* (pp. 470-501). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Millenson, J. R. (1967). *Principles of Behavior Analysis*. New York: The MacMillan Company.
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2021). *OECD Secretary-General's Report to Ministers 2021*. Paris: OECD Publishing
- Schmitt, D. R., & Marwell, G. (1968). Stimulus control in the experimental study of cooperation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 11(5), 571-574. <https://doi.org/10.1901/jeab.1968.11-571>
- Schneider, B. A. (1969). A two-state analysis of fixed-interval responding in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 677-687. doi: 10.1901/jeab.1969.12-677
- Schuster, R. (2002). Cooperative coordination as a social behavior: experiments with an animal model. *Human Nature*, 13, 47 – 83. <https://doi.org/10.1007/s12110-002-1014-5>
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis*. Appleton-Century.
- Skinner, B. F. (1953). *Ciência e comportamento humano*. New York, NY: Macmillan.
- Skinner, B. F. (1962). Two “synthetic social relations”. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5, 531 – 533. <https://doi.org/10.1901/jeab.1962.5-531>
- Skinner, B. F. (1981). Selection by consequences. *Science*, 213, 501 – 504.
- Stander, P. E. (1992). Cooperative hunting in lions: the role of the individual. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29, 445 – 454. <https://doi.org/10.1007/BF00170175>
- Tan, L., & Hackenberg, T. D. (2016). Functional analysis of mutual behavior in laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 130, 1, 13 – 23. doi: 10.1037/com0000015
- Todorov, J. C. (2002). A evolução do conceito de operante. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 18, 123 – 127. <https://doi.org/10.1590/S0102-37722002000200002>

- Todorov, J. C., de Carvalho, L. C., & de Souza, D. G. (2020). Comparing coordinated responding in pairs of rats when both operants and aggregate products are selected by intermittent temporal consequences. *Mexican Journal of Behavior Analysis*, 46, 226 – 243. <https://doi.org/10.5514/rmac.v46.i2.77881>
- Vogler, R. E. (1968). Possibility of artifact in studies of cooperation. *Psychological Reports*, 23(1), 9-10. <https://doi.org/10.2466/pr0.1968.23.1.9>
- Voland, E. (1993). *Elementos de sociobiologia*. Lisboa: Instituto Piaget.