

O PENSAMENTO DE SKINNER E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA

Juliana Rosa Alves Borges¹

Guilherme Saramago²

Tatiane Daby de Fátima Faria Borges³

Raquel Faria Dias⁴

Resumo:

Este artigo descreve as principais ideias da Teoria Behaviorista desenvolvida pelo americano Burrhus Frederic Skinner e analisa alguns de seus impactos na organização e implementação da prática pedagógica destinada ao ensino dos conteúdos matemáticos.

Abstract:

This paper describes the main ideas of the Behaviorist Theory developed by the American Burrhus Frederic Skinner and analyzes some of its impacts on the organization and implementation of pedagogical practice aimed at teaching mathematical content.

1. Ideias iniciais: breve biografia de Burrhus Frederic Skinner

O estadunidense Burrhus Frederic Skinner nasceu em 20 de março de 1904, em Susquehanna na Pensilvânia. Inicialmente se formou em língua inglesa na Universidade de Nova York. Pretendia se tornar escritor e os dois anos que sucederam a sua formatura se destinaram a essa finalidade. No entanto, Skinner não obteve êxito em seus planos. Após realizar algumas leituras sobre John B. Watson e Ivan Pavlov, desenvolveu interesse científico relacionado aos estudos destes pesquisadores.

Em 1928, matriculou-se na pós-graduação de Psicologia em Harvard, não obstante jamais tivesse estudado esta disciplina. Concluiu o mestrado dois anos mais tarde e o doutorado em 1931. Seu tema de dissertação vislumbra a posição a que ele iria aderir por toda a sua carreira, sendo que sua principal suposição era que um reflexo é a conexão entre um estímulo e uma resposta.

Com a continuidade de suas pesquisas, completou vários pós-doutorados e exerceu a docência na Universidade de Minnesota (1936–45) e na Universidade de Indiana (1945-47). Casou-se com Yvonne Blue, com quem teve dois filhos. Em 1948, aceitou o convite para ser

¹ Mestre em Educação. Universidade Federal de Uberlândia.

² Doutor. Professor da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Uberlândia.

³ Mestranda em Educação. Universidade Federal de Uberlândia.

⁴ Graduanda em Pedagogia. Universidade Federal de Uberlândia.

professor em Harvard, onde ficou até o fim da sua vida, aos 86 anos, o que possibilitou a produção de uma obra bastante extensa.

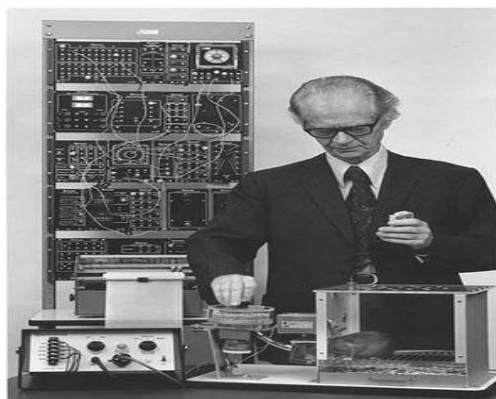
Figura 1: Burrhus Frederic Skinner.



Fonte: <http://www.minutopsicologia.com.br/postagens/2014/07/17/biografia-burrhus-frederic-skinner/>.

Em seus últimos anos de vida, ele construiu, no porão de sua casa a “Caixa de Skinner” – um ambiente controlado que propiciava reforço positivo. Em 1990, já doente terminal com leucemia, apresentou-se na convenção da APA (*American Psychological Association*) em Boston e atacou a Psicologia cognitiva. Skinner faleceu em 18 de agosto de 1990 em Cambridge, Massachusetts.

Figura 2: Caixa de Skinner.



Fonte: https://desciclopedia.org/wiki/Burrhus_Frederic_Skinner.

O cientista se consagrou como o maior expoente da Análise do Comportamento. Foi considerado o pai do behaviorismo radical que progrediu como uma proposta de filosofia sobre o comportamento humano. Seus pontos de vista refletem em vários prismas suas experiências. Ele encarava a vida como o resultado de reforços anteriores e assegurava que sua própria vida havia sido preestabelecida, disposta e estável como seu sistema definia que todas as vidas humanas fossem. Skinner conduziu trabalhos inéditos em Psicologia

experimental, sendo que seus estudos são de grande relevância nesta área e foram amplamente aplicados em escolas e consultórios.

2. O behaviorismo de Skinner

O termo behaviorismo tem origem na língua inglesa (behavior = comportamento) e surgiu no século XIX. O behaviorismo está articulado a uma linha positivista e sugere o comportamento publicamente observável como objeto de estudo da Psicologia. O positivismo não se ocupa de suposições, todas as informações devem aparecer de forma explícita. Ou seja, para os positivistas, onde há dúvida não pode haver ciência. Tal fato justifica a restrição dos estudos de Skinner aos eventos que são mensuráveis e visíveis.

Na obra de Skinner o behaviorismo é composto pelas discussões conceituais, percepções epistemológicas e demais argumentações filosóficas por ele propostas. O cientista assumiu posicionamentos que o qualificaram como anti-mentalista por considerar a informalidade das noções internalistas que se incluem em algumas teorias psicológicas existentes. Em seu ponto de vista, os processos mentais não são negados, mas são interpretados como comportamentos de natureza física.

Nunca tratei de um problema construindo uma hipótese. Nunca deduzi teoremas, nem os submeti à prova experimental. Pelo que sei, eu não tinha um modelo preconcebido de comportamento – certamente não um modelo fisiológico e mentalista, e, creio eu, tampouco um conceitual (SKINNER, 2000, p. 227).

Conforme Skinner (2000) os comportamentos podem ser categorizados em três níveis de seleção. O primeiro nível é o filogenético e diz respeito às questões biológicas respondendo pelos reflexos e padrões típicos de uma espécie; o segundo é o ontogenético, que se relaciona à história de vida do indivíduo; e o terceiro trata-se do cultural, que corresponde às influências de práticas sociais na conduta humana. Estes últimos respondem por operantes e respondentes modificados. Um nível não possui superioridade em relação aos demais e mediante suas conexões os comportamentos são selecionados.

Nesse contexto é percebida nas condutas e palavras do estudioso a compreensão do ser humano dinâmico, atuante e capaz de promover modificações no ambiente. Essas mudanças ocasionam consequências sobre si mesmo, transformando seus padrões comportamentais, pois de acordo com Skinner (1978, p. 15) “Os homens agem sobre o mundo, modificam-no, e, por sua vez, são modificados pelas consequências de sua ação” (SKINNER, 1978, p. 15).

Além disso, Oliveira (1973) convergindo com Skinner (2000) assinala que a ação e a teorização se restringem ao que é cientificamente visível. O foco é o controle do comportamento observável através das respostas do indivíduo. Os construtos intermediários são regidos por leis gerando e mantendo relações funcionais entre as variáveis que o compõem. Desta forma, excluem-se conceitos relevantes em outras teorias, como a memória, a inteligência, a vontade e a consciência.

A proposta de Skinner se vincula a uma análise funcional centrada nas variáveis de input (estímulos) e output (respostas). Nas entrelinhas de suas análises o destaque acerca das variáveis de input (estímulo, reforço, e contingências de reforço) constituem o fator principal. Oliveira (1973) caracteriza as variáveis supra indicadas:

- 1) Estímulo: evento que afeta os sentidos do aprendiz
- 2) Reforço: evento que resulta no aumento da probabilidade de incidência do ato que o precedeu.
- 3) Contingência de reforço: arranjo de uma situação para o aprendiz, na qual a ocorrência de reforço é tomada contingente à ocorrência imediatamente anterior de uma resposta a ser aprendida (OLIVEIRA, 1973, p. 88).

Na concepção Skinneriana há dois tipos de respostas ou comportamentos: operante e respondente. Enquanto os comportamentos respondentes (reflexos ou involuntários) são provocados automaticamente por estímulos, o mesmo não ocorre com os operantes. Estes podem ou não ser exibidos por indivíduos na presença de alguns estímulos. A maior parte dos comportamentos são operantes e abrangem ações humanas que atuam e interferem no mundo externo.

Matos (2001) elucida as ideias de Skinner afirmando que o comportamento operante viabiliza a modelação do repertório básico que mantém nosso equilíbrio nos permitindo andar, falar etc. Modificações ambientais provocam rápidos ajustes comportamentais e geram, se necessário, novas respostas. A esses comportamentos são associados condicionamentos respondentes ou operantes. Segundo Skinner, os condicionamentos respondentes são quase irrelevantes na determinação do comportamento humano. É através do comportamento operante que se compõe grande parte da conduta humana.

As pesquisas de Skinner concebem uma afirmação de caráter ambientalista, associacionista, behaviorista e determinista na Psicologia, tendendo ao prognóstico e domínio do comportamento humano. O cientista esperava a aplicação dos métodos científicos nas diversas áreas da sociedade, e acreditava que ciência e desenvolvimento

humano estão articulados, visto que as previsões científicas de ordem prática podem incorrer em progressos sociais.

Se formos usar os métodos da ciência no campo dos assuntos humanos, devemos supor que o comportamento é ordenado e determinado..., que aquilo que o homem faz é o resultado de condições especificáveis e que, uma vez que essas condições sejam descobertas, poderemos prever, e até certo ponto determinar, suas ações (SKINNER, 2000, p. 6).

3. A teoria do reforço e as implicações no Ensino da Matemática

Os problemas contemporâneos da sociedade causavam enormes inquietações em Skinner. Sua pretensão era através dos estudos na Psicologia contribuir para a edificação de um mundo melhor. A possibilidade de estudar cientificamente o comportamento humano apesar de sua complexidade era uma forte convicção pessoal. A teoria do reforço representa um empreendimento nessa direção.

O mundo começava a enfrentar problemas de uma magnitude inteiramente nova — o esgotamento dos recursos, a poluição ambiental, a superpopulação e a possibilidade de holocausto nuclear apenas para mencionar quatro deles. A tecnologia física e biológica poderia, naturalmente, ajudar. [...] Porém isso só ocorreria se o comportamento humano mudasse; e a forma como poderia ser mudado ainda era uma questão sem resposta. Como se iria induzir as pessoas a usar novas formas de energia, a consumir grãos em vez de carne e a limitar o tamanho de suas famílias? (SKINNER, 1978, p. 9).

A teoria do reforço diz que os comportamentos são controlados por suas consequências. Skinner (1972) designou reforço os eventos que ampliam a ocorrência de uma reação, uma vez que os indivíduos propendem a certos comportamentos a fim de obter recompensas e impedir punições. “De acordo com o estudo em questão as recompensas e punições desempenham um papel importante na vida diária” (MOREIRA, 1999, p. 51).

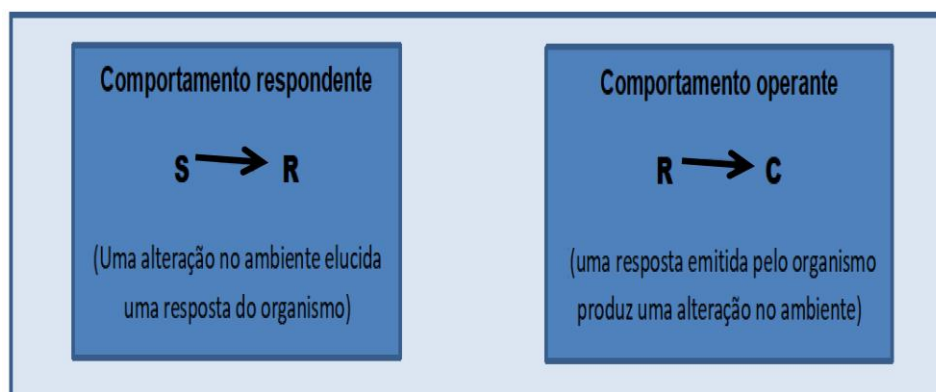
Para Skinner (1978) o comportamento humano pode ser controlado por longos períodos sem afetar a sensação de liberdade da pessoa manipulada. O estudioso sugere uma técnica de alteração do comportamento organizacional baseada em dois pilares, a saber: as pessoas atuam em busca de satisfação; o comportamento pode ser gerenciado e determinado pelas recompensas disponibilizadas em certo momento. Essa técnica consiste no emprego da Teoria do Reforço.

Nesse viés, os reforçadores positivos são eventos ou objetos que posteriormente a um comportamento aumentam sua incidência. Em contrapartida, um reforçador negativo é aquele que remove ou enfraquece a resposta que o produz. As respostas condicionadas são

obtidas mediante a introdução destes reforçadores logo após uma resposta resultando na alteração de sua frequência.

Moreira e Medeiros (2007) mediante os pensamentos de Skinner assinalam dois tipos de condicionamento, o operante e o respondente. Como aspecto diferenciador entre eles, os autores destacam o fato do estímulo reforçador no segundo caso ser aquele que certamente irá suscitar uma resposta, mas não aumentará necessariamente a frequência da mesma, enquanto no condicionamento operante sempre acontece esse aumento. A Figura 3 mostra com maior ênfase a distinção entre comportamento respondente e operante.

Figura 3: Distinção entre comportamento respondente e comportamento operante.



Fonte: Moreira; Medeiros (2007, p. 48).

Consoante ao comportamento terminal, Moreira (2004) comenta que este consiste em conceito fundamental na teoria do reforço por representar a ação almejada pelo psicólogo ou experimentador em relação ao sujeito em análise. Todas as modificações são correlacionadas ao alcance do comportamento desejado e se assemelham ao reforçamento positivo. Através de um comportamento intermediário acontecem aproximações sucessivas, ou seja, gradualmente o próprio comportamento terminal é condicionado.

Os debates sobre situações específicas de alteração dos comportamentos através de ajustes nas variáveis envolvidas são alvo da teoria do reforço. Quando uma resposta é impedida de acontecer por um período de tempo é porque ocorreu o **esquecimento**. Todavia, quando a resposta sucede sem o reforço, advém a **extinção**. No esquecimento nota-se a falta de oportunidade de responder e na extinção a falta de reforço.

Por outro lado, a **diferenciação** de respostas é obtida através do reforçamento consistente de uma resposta de uma classe de respostas, com exclusão de todos os outros membros dessa classe. Fundamentado nos estudos de Skinner (2000), Moreira (1983) pondera a **modelagem** como uma técnica mais ampla que a diferenciação de respostas, pois

esta constitui em geral um objetivo intermediário dentro daquela. Para que ocorra diferenciação de respostas, o comportamento a ser diferenciado deve estar ocorrendo pelo menos com uma frequência mínima. A simples diferenciação de respostas não pode produzir novas respostas, para isso deve-se usar a modelagem.

Usualmente, Skinner lidou com conceitos bastante peculiares que integraram seus pensamentos acerca do comportamento humano. Para ele, a **discriminação** funda-se no condicionamento de uma resposta na presença de um estímulo e em sua extinção na presença de outro. Os componentes básicos para se estabelecer uma discriminação são um estímulo discriminativo (ao qual está associado o condicionamento), um estímulo delta (que não está associado ao condicionamento) e uma resposta.

Por sua vez, a **generalização** de estímulos configura ideia antagônica à discriminação. Na generalização acontecem respostas similares para estímulos diferentes. Desta forma, os objetivos a serem alcançados devem estar alinhados às características dos estímulos escolhidos em uma situação para que se tenha êxito. Mesmo porque uma resposta pode produzir estímulo para a seguinte. Ou seja, uma sequência de estímulos discriminativos e respostas na qual cada resposta produz uma mudança no meio em que atua como estímulo discriminativo para a resposta seguinte. Normalmente, o comportamento humano ocorre em cadeias desse tipo. É o que se denomina **encadeamento** (MOREIRA; MEDEIROS, 2007).

Não menos crucial é a técnica do **esmaecimento** (*fading*) em que dois estímulos diferentes são apresentados diferindo ao longo de duas dimensões. Uma dimensão é gradativamente alterada até que não haja mais diferença entre os dois estímulos, no que se refere a essa dimensão. Ressalta-se como aspecto principal na técnica do esmaecimento a mudança gradual nos objetos, eventos ou estímulos a serem discriminados, mantendo-se a mesma resposta.

Em concordância com Skinner (2000), a ciência psicológica e o senso comum eram ineficazes para avaliar as relações de condicionamento operante que envolve todas as circunstâncias que produzem e conservam a maioria dos comportamentos dos seres humanos. Isso se devia ao fato supracitado, que elas constituem cadeias muito complexas, que desafiam as tentativas de análise quando não forem baseadas em métodos rigorosos de isolamento de variáveis. Por isso, era recorrente o uso das explicações alicerçadas nos estados subjetivos antes do advento do behaviorismo.

Em relação ao ensino, Skinner (2000) conjectura que o reforço (positivo) e as contingências de reforço são primordiais no processo de aprendizagem, pois não é a presença do estímulo ou da resposta que leva ao aprendizado, mas a contingência de reforço.

Zanotto (1997), por meio de pesquisas acerca de Skinner, faz uma distinção entre condicionamento e aprendizagem, visto que esta se relaciona a transformação de comportamento causada pela experiência enquanto aquele diz respeito ao aumento na frequência de uma resposta que foi associada a um reforçador positivo sob condições específicas. Assim, a significação de condicionamento é assaz peculiar quando comparada com a de aprendizagem.

Nesse contexto, o ensino se efetiva apenas quando o que precisa ser ensinado pode ser colocado sob controle em certas contingências de reforço. A função do professor no processo instrucional é impetrar as contingências de reforço, proporcionando a elevação da probabilidade de que o aprendiz apresente o comportamento terminal, isto é, que produza a resposta desejada a ser aprendida.

Zanotto (1997) comenta que os favoráveis ao behaviorismo concebem o processo de aprendizado como um agente de mudança do comportamento. Para a professora/pesquisadora, Skinner mostra-se confiante no planejamento da educação, com base em uma ciência do comportamento humano, como probabilidade de desenvolvimento da cultura.

Ao pensar o processo de ensino-aprendizagem sob o prisma da teoria do reforço, Skinner (1972) afirma que:

[...] o professor desempenha o papel ativo de transmissor. Compartilha suas experiências. Dá e o aluno recebe. O aluno aplicado capta a estrutura de fatos ou ideias. Se o aluno não for ágil, o professor o impressiona com os fatos, incute nele as ideias, ou inculca o bom gosto e o gosto de aprender (SKINNER, 1972, p. 2).

No sistema educacional brasileiro ainda prevalece o ensino por transmissão, que se associa às perspectivas *behavioristas* ou comportamentais da aprendizagem. O modelo diretivo prioriza a predominância de aulas expositivas. O professor assume a função de transmissor dos conceitos (estímulos) e responsabiliza-se pela organização do material pedagógico utilizado. Em contrapartida, os alunos utilizam habilidades intelectuais para assimilar, registrar e reproduzir informações (SANTOS; PRAIA, 1992).

Conforme exposto a concepção Skinneriana de ensino conecta-se ao método tradicional. Freire (2003) ressalta o valor deste no contexto de aprendizagem como propulsor de uma disciplina intelectual que se destina ao estudo sério:

Temos de nos resguardar [...] de uma posição chamada antitradicionalista que reduz o trabalho escolar a meras experiências disso ou daquilo e a que falta o exercício duro, pesado, do estudo sério, honesto, de que resulta uma disciplina intelectual (FREIRE, 2003, p. 114).

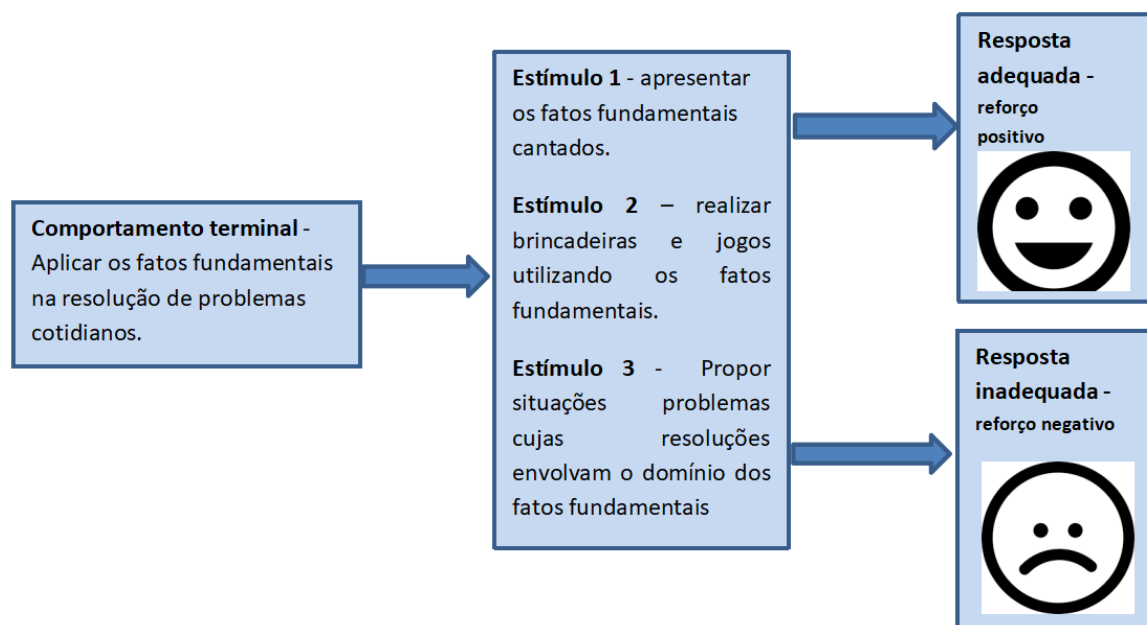
Nessa lógica instrucional, o professor, a partir de um comportamento terminal (desejável por parte do estudante), estabelece um objetivo geral de ensino para um tópico e mediante estímulos (ações de execução dos objetivos específicos) diferentes respostas são produzidas. Quando a resposta é adequada há o reforçamento positivo (contentamento estudantil, avaliação professoral favorável, orgulho por parte dos pais etc.), caso a resposta seja inadequada ocorre o reforçamento negativo (sensação de incapacidade estudantil, avaliação professoral inferior ao esperado, repreensão por parte dos pais etc.).

A fim de se chegar ao comportamento terminal vários estímulos são “enviados” e, mesmo que o discente não consiga alcançar o objetivo na primeira tentativa, certamente terá outras oportunidades. A função docente nesse cenário inclui a eleição de uma boa contingência de reforço, pois “[...] não aprendemos apenas fazendo, mas sim a partir do momento em que aquilo que aprendemos produz consequências reforçadoras” (MOREIRA; MEDEIROS, 2007, p. 90). O próprio material a ser aprendido pode ter apreciável reforço automático. A relação do professor com os alunos também atua como elemento reforçador e é tradicionalmente empregada para manter o controle. A aprendizagem da Matemática, segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

[...] está intrinsecamente relacionada à compreensão, ou seja, à apreensão de significados dos objetos matemáticos, sem deixar de lado suas aplicações. Os significados desses objetos resultam das conexões que os alunos estabelecem entre eles e os demais componentes, entre eles e seu cotidiano e entre os diferentes temas matemáticos. Desse modo, recursos didáticos [...] tem papel essencial para a compreensão e utilização das noções matemáticas. Entretanto, esses materiais precisam estar integrados a situações que levem à reflexão e à sistematização, para que se inicie um processo de formalização (BRASIL, 2017, p. 276).

A Figura 4 traz um diagrama visual do que foi acima citado, o arcabouço de um padrão para modelar comportamentos terminais no ensino de Matemática. No modelo apresentado o aluno tem uma função passiva, atuando como receptor de informações que serão aplicadas em seu dia a dia. Além de estímulos apropriados, o professor deve planejar reforços compensadores e imediatos buscando transformações comportamentais favoráveis à aprendizagem.

Figura 4: Diagrama visual da Teoria do Reforço aplicada ao ensino de Matemática.



Fonte: Autoria própria.

Algumas das vantagens dessa prática pedagógica estão no protagonismo do professor, na autonomia em relação à organização do material, na possibilidade de ofertar diferentes chances (estímulos) ao estudante respeitando suas particularidades e no pensar antecipadamente acerca dos objetivos de ensino. Seguramente a criatividade e a perspicácia nas opções didáticas são determinantes nos resultados de aprendizagem.

Silveira (2016) defende que, no ensino da Matemática:

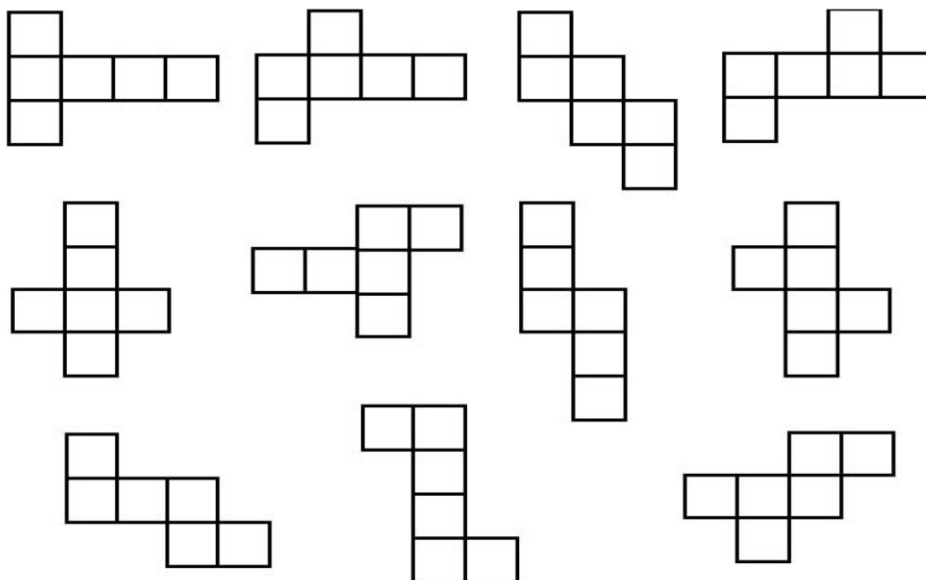
[...] a exploração e a proposição de problemas trazem um olhar para além da resolução do problema, visto que permitem um olhar investigador e reflexivo dos conceitos que estão sendo trabalhados, tanto matematicamente, como também para interpretação e compreensão de mundo (SILVEIRA, 2016, p. 61-62).

A resolução de problemas configura-se como um estímulo valioso ao alcance de comportamentos terminais que associam conceitos matemáticos ao cotidiano do aluno. Como exemplo de problemas instigantes para diferentes faixas etárias e desenvolvimento cognitivo estão aqueles que permitem múltiplas respostas e exigem do estudante uma organização mais elaborada das ideias.

Figura 5: Exemplo de problema matemático com múltiplas soluções.

Dados seis quadrados iguais, construir uma planificação para o cubo.

Existem 11 possíveis soluções para esse problema e, em classe, os alunos podem ser incentivados a encontrar algumas delas.



Fonte: http://mdmat.mat.ufrgs.br/PEAD/espaco_forma/tipos_problemas/tipos_problemas.htm.

De acordo com o nível de desenvolvimento da turma, podem ser consideradas diversas estratégias de resolução do problema apresentado na Figura 5. A disposição da turma em equipes favorece a troca de ideias monitorada pelo professor que, como reforço positivo, pode sugerir uma premiação. Em seguida, pode-se perceber uma das diferentes respostas indicadas por discentes.

O ensino da Matemática através da resolução de problemas cotidianos pode ser mais prazeroso para os alunos. Deixar que eles por si só descubram caminhos e desenvolvam estratégias sendo posteriormente premiados por seus desempenhos (contingência de reforço) gera uma sensação de competência e pertencimento por se perceberem parte essencial no processo de ensino.

São as situações-problema que possibilitam ao aluno raciocinar, refletir, pensar, entender os conceitos matemáticos, levantar hipóteses, fazer estimativas, criar soluções sem modelos para seguir, permitindo, com sua dinamicidade, uma ampla relação entre os conteúdos e possibilitando chegar ao resultado de diferentes maneiras, evitando a padronização da forma de resolução (DANTE, 2005, p. 38).

Tendo como referência a Teoria do reforço e o ensino da Matemática é possível perceber que as atividades devem ser idealizadas e escolhidas visando estímulos respondíveis, que sejam atrativos, comparativos, simples e diretos para atrair a curiosidade do aluno. O estudante deve se sentir capaz, portanto o conteúdo deve estar em seu nível

cognitivo. O professor, imbuído de senso crítico e discernimento da evolução que a Matemática vem sofrendo, poderá valer-se dos princípios Skinnerianos com sucesso.

4. O processo instrucional e a Instrução Programada: relações com a prática pedagógica em Matemática

Indubitavelmente, a educação foi uma das preocupações fundamentais de Skinner, uma vez que desenvolveu estudos acerca da aprendizagem e linguagem. O cientista era totalmente contra os métodos educacionais que exigiam presença obrigatória por parte dos estudantes sob pena de punição.

Na concepção Skinneriana os discentes deveriam ter motivos de caráter prático para estudar. Apesar de não se considerar um teórico da aprendizagem, compreendia que os alunos deviam ser estimulados no estudo independente, na criatividade, questionamento e exploração.

No livro *Technology of Teaching*, publicado em 1972, Skinner expressa toda sua atenção dedicada à educação. O autor discute sobre o que é ensinar e discorre sobre as formas de ensino focadas nos princípios do seu behaviorismo.

[...] Ensinar é edificar no sentido de construir. [...] Ensinar é o ato de facilitar a aprendizagem. [...] O ensino é, naturalmente, muito importante, porque, do contrário, o comportamento não apareceria. [...] Tudo o que hoje se ensina deve ter sido aprendido, pelo menos uma vez, por alguém que não foi ensinado, mas graças a educação já não é preciso esperar por estes eventos raros (SKINNER, 1972, p. 3-4).

Como exemplos de aplicação da abordagem Skinneriana pode-se citar a Instrução Programada (IP), o método Keller e os objetivos operacionais (comportamentais). A notoriedade nessa seção será direcionada a IP que apresenta características bem marcantes como: pequenas etapas, resposta ativa, verificação imediata, ritmo próprio e teste do programa. Esta metodologia teve seu ápice em 1960 e não obstante tenha permanecido por pouco tempo, serviu de base para muitos procedimentos de ensino atuais.

O processo incentiva o aluno a estudar sozinho sem interferências pontuais do professor. Os tópicos são apresentados gradualmente, logo em seguida vem uma atividade que pode ser corrigida imediatamente e o aluno vai avançando no seu tempo. O auxílio do professor acontece, embora o método seja individual.

Pinto (1967) aponta o papel do professor como secundário no processo de aprendizagem por IP. A ação professoral se restringe à apresentação do plano de instrução e preparação do estudante para a realização do roteiro proposto de forma produtiva. Durante o percurso discente surgem situações-problema objetivas e mensuráveis. A avaliação

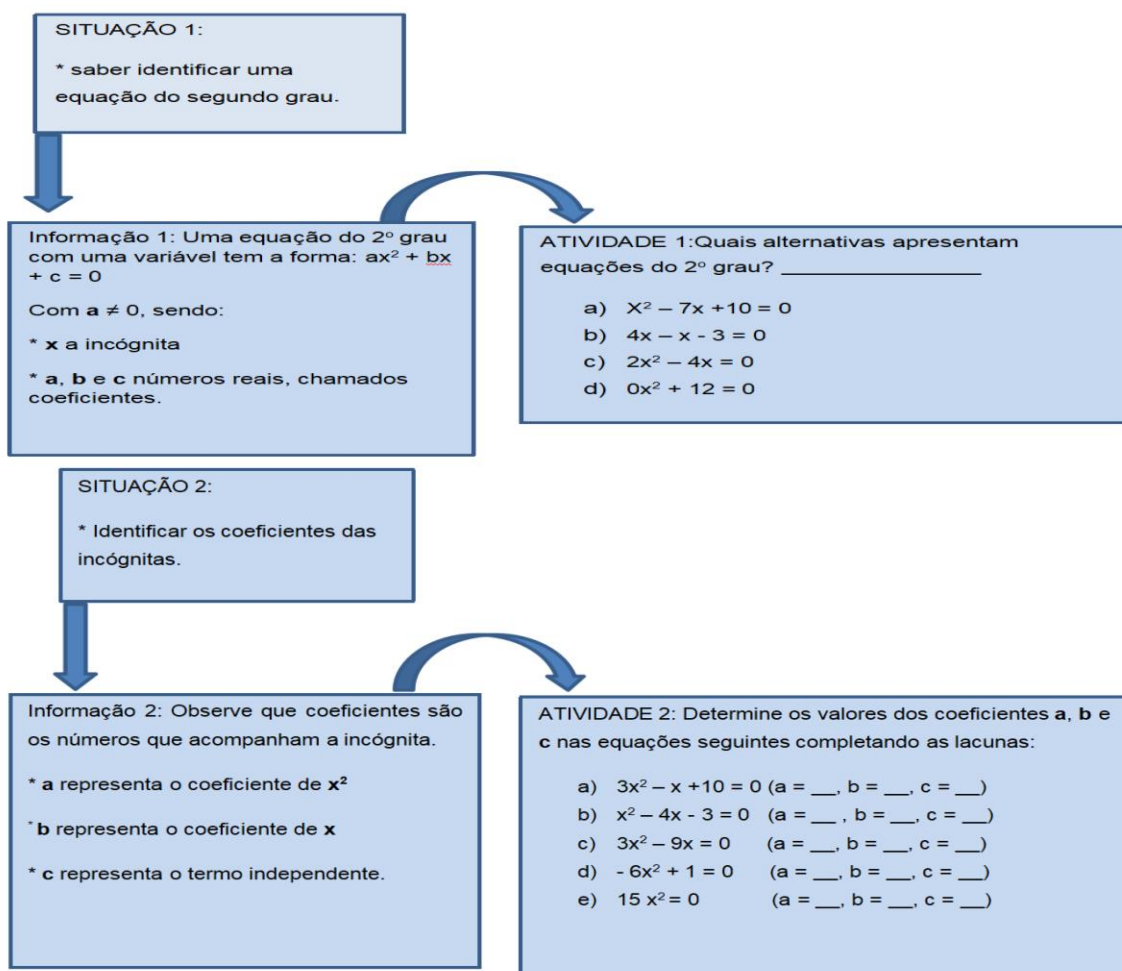
automática atua como um reforço para manter o interesse ao longo do processo de aprendizagem.

Um benefício que merece destaque, segundo Pinto, quando comparado aos procedimentos convencionais de ensino é: “Na Instrução Programada o reforço vem imediatamente após cada manifestação do comportamento e a possibilidade de retorno e recuperação nos casos de erros evita os efeitos negativos da reprovação final” (PINTO, 1967, p. 27).

Hodiernamente nas salas de aula a IP pode ser percebida tanto na introdução de conteúdos quanto na recuperação paralela. O professor, ao adentrar em um tópico, normalmente realiza apresentações graduais seguidas de atividades muito simples que visam a confirmação imediata por parte dos estudantes. Assim, em pequenas etapas, o conteúdo vai tomando forma e aumentando a complexidade. Marincek (2001) realça a função do professor, que é de instituir as situações de modo que os alunos possam progredir no tocante aos saberes matemáticos, e que ao internalizá-los, recorram aos mesmos em situações vivenciais.

A figura 6 exemplifica o fato supracitado através do estudo de equações do segundo grau. Apesar de se tratar de um assunto que atinge grande profundidade perante os objetivos que o abarcam, o tema pode ser apresentado a partir de informações básicas organizadas em etapas. Cada etapa precisa estar atrelada a um objetivo específico, e a verificação do alcance da meta fica a cargo da atividade proposta que deve se ater à informação proferida. Sugestões metodológicas desse timbre geram ambiente propício à autonomia do aluno no processo educacional e respeitam seu ritmo próprio.

Figura 6: Exemplo de Instrução Programada aplicada ao ensino de Matemática.



Fonte: Autoria própria.

O estudo das equações do segundo grau envolve finalidades amplas que necessitam de pré-requisitos para serem alcançadas, como o entendimento das relações de proporcionalidade direta e inversa, os processos de fatoração algébricas e a resolução de problemas (BRASIL, 2017). O método da IP geralmente é aplicado de forma intuitiva quando o professor organiza em pequenas etapas as informações. O modelo que se segue ilustra a continuidade do raciocínio apresentado na figura 6:

- Caracterização de uma equação do segundo grau
- Identificação de coeficientes
- Classificação em completa ou incompleta
- Resolução de equações incompletas
- Cálculo do Δ
- Observação do número de raízes conforme o valor encontrado no Δ
- Apresentação da regra da soma e produto
- Aplicação da fórmula de Bhaskara
- Construção de gráficos

- Resolução de problemas

Morán (2015, p. 4) afirma que “[...] desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas”. Atualmente, torna-se imprescindível a diversificação das práticas pedagógicas, em especial no ensino da Matemática. A IP de Skinner destaca-se como um processo inclusivo que oportuniza aprendizagem aos alunos com maior dificuldade no conteúdo devido à objetividade e imediatismo na constatação dos resultados. O planejamento prévio e cuidadoso do docente vincula cada situação a um propósito. O conhecimento do perfil da turma direciona ações para um fim e cada etapa vencida contribui para atingir um alvo maior.

5. Tecnologias do ensino-aprendizagem na perspectiva de Skinner: máquinas de ensinar

Nos anos 1950 a sociedade enfrentava problemas relativos ao escasso número de professores habilitados e a grande quantidade de alunos. Havia um clamor por melhores condições de ensino, e foi nesse contexto que Skinner introduziu a “máquina de ensinar”. A popularização da máquina se efetivou após uma visita feita por ele à classe de sua filha, constatando que algo tinha de ser feito para aperfeiçoar o processo de ensino. O intuito foi trazer alternativas viáveis para vencer as dificuldades por intermédio de uma proposta pedagógica mediada pela tecnologia.

A Figura 7 ilustra a máquina de ensinar e proporciona algumas comparações em relação aos instrumentos tecnológicos atuais.

Figura 7: Máquina de Ensinar.



Fonte: <https://www.psicoedu.com.br/2016/11/maquina-de-ensinar-skinner.html>.

Segundo Skinner (1972), a educação deve cooperar para o fortalecimento da cultura e talvez seja o ramo mais importante para a aplicação de uma tecnologia científica. De acordo com suas concepções, as práticas educativas da pedagogia tecnicista visavam fortalecer ainda mais um projeto de educação eficiente, nos quais os currículos, técnicas didáticas e materiais deveriam ser aprimorados e revisados na perspectiva de garantir uma aprendizagem eficiente.

As máquinas de ensinar eram manipuladas com os mesmos princípios da IP através da ação de completar lacunas. O discente visualizava dois espaços que apareciam na máquina: o primeiro apresentava a questão a ser resolvida e o segundo espaço era destinado ao preenchimento da resposta correta. Ao responder a questão ativava-se um mecanismo que imediatamente indicava se a resposta fornecida pelo aluno estava ou não adequada. Skinner (1972, p. 29) acreditava que as máquinas de ensinar eram vantajosas à aprendizagem, pois: “[...] quando um exame só é corrigido e devolvido depois de uma demora de horas ou dias, o comportamento do aluno não se modifica apreciavelmente. O resultado imediato, fornecido pelo aparelho de auto avaliação, entretanto pode ter um efeito educativo”.

Em seu livro *Tecnologia do Ensino* ele expôs a ideia das “máquinas de ensinar”, que eram na verdade materiais didáticos organizados de modo a favorecer o estudo autônomo por parte do aluno, que recebia estímulos à medida que progredia no aprendizado. Os estímulos consistiam no contentamento de acertar as respostas das atividades sugeridas.

Não obstante a grande influência destes estudos no sistema educacional norte-americano, seu projeto nunca foi aplicado sistematicamente. Segundo Skinner, o ensino precisa ser idealizado de forma a alcançar a emissão de comportamentos cada vez mais associados ao objetivo final, evitando os erros no percurso. Sua intenção era de que a máquina de ensinar tratasse dos assuntos concretos e liberasse o docente para ensinar o aluno a pensar.

O período de uso das máquinas de ensinar foi pequeno e elas foram substituídas pelos computadores com programas educativos. Nos dias de hoje, na geração digital, o uso dos recursos tecnológicos não pode ser desprezado no currículo de Matemática. Existe uma infinidade de programas que despertam o interesse estudantil e são ferramentas importantes no ensino para todas as faixas etárias. Obviamente que os modelos contemporâneos sofreram modificações em relação às ideias iniciais colocadas por Skinner. Entretanto, os princípios básicos geralmente são os mesmos.

A utilização da tecnologia nas aulas de Matemática é recomendada nas orientações curriculares para o ensino médio e em outros documentos oficiais que direcionam a prática docente: Já se pensando na Tecnologia para a Matemática, há programas de computador (softwares) nos quais os alunos podem explorar e construir diferentes conceitos matemáticos, referidos a seguir como programas de expressão. Os programas de expressão apresentam recursos que provocam, de forma muito natural, o processo que caracteriza o “pensar matematicamente”, ou seja, os alunos fazem experimentos, testam hipóteses, esboçam conjecturas, criam estratégias para resolver problemas (BRASIL, 2006, p. 88).

Os programas devem estar adaptados ao nível cognitivo do estudante. A maioria deles é desenvolvida em pequenas etapas que permitem acesso progressivo mediante o acerto do estudante e ainda existem aqueles que comportam laboratórios virtuais com uma série de opções pedagógicas. D’Ambrosio (2005) menciona que a utilização de recursos distintos, nas aulas de Matemática, faz com que a aprendizagem da mesma torne-se significativa para o aluno.

Para além da aprendizagem Matemática, as orientações curriculares nacionais alertam sobre a responsabilidade docente no sentido de preparar o estudante para o mundo do trabalho e os desafios futuros. A Matemática torna-se, assim, uma ferramenta que promove o entendimento da tecnologia e sua utilização para fins educacionais e pacíficos.

6. Considerações finais

Skinner foi um revolucionário com ideais que estavam bem à frente de seu tempo. Suas pretensões eram de caráter humanista, sendo que sempre buscava em seus estudos encontrar soluções para os problemas sociais e proporcionar melhor qualidade de vida para as pessoas. A constatação desta afirmação fica a cargo da ampla aplicação de seus pontos de vista em empresas, escolas, consultórios, instituições etc.

Na área da Educação a reivindicação por avanços de ordem prática era uma de suas bandeiras e motivos de protestos. Para ele, em qualquer outro setor, uma demanda maior provocaria a busca por melhores ferramentas que trouxessem excelência ao processo de produção em termos econômicos e racionais. Infelizmente, a educação fica aquém dessa expectativa por não absorver o real sentido do seu valor.

No ensino da Matemática torna-se imprescindível que o professor tenha o domínio do conteúdo e discernimento teórico-metodológico para que a aprendizagem aconteça. A escolha de estratégias e material didático pertinentes são aspectos relevantes. A herança dos pensamentos Skinnerianos na disciplina pode ser facilmente observada nos livros e planejamentos didáticos, na escolha e elaboração de materiais e mesmo no uso da tecnologia.

Embora as ideias do cientista estejam amparadas em metodologias tradicionais e, na maioria das vezes, a uma aprendizagem mecânica, é essencial entender essa aprendizagem como parte do desenvolvimento cognitivo do aluno e valorizar cada etapa conquistada. Pelo exposto nesse texto, os métodos tradicionais de ensino não devem ser desprezados em detrimento de outros, uma vez que sua eficácia é comprovada cientificamente e estes são o alicerce da vasta gama de opções disponíveis atualmente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. Belo Horizonte, MG. Autêntica, 2005.

DANTE, L. R. **Didática da resolução de problemas de matemática**. São Paulo, SP: Ática, 2005.

FREIRE, P. **Cartas a Cristina: reflexões sobre minha vida e minha práxis**. São Paulo, SP: UNESP, 2003.

MARINCEK, V. **Aprender Matemática resolvendo problemas**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2001.

MATOS, M. A. O behaviorismo metodológico e suas relações com o mentalismo e o behaviorismo radical. In: BANACO R. A. (Org.). **Sobre comportamento e cognição: aspectos teóricos, metodológicos e de formação em análise do comportamento e terapia cognitivista**. Vol. 1. Santo André, SP: ARBytes, 2001. p. 54-67.

MORÁN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção Mídias Contemporâneas, [s.l.]. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/pcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf&gws_rd=cr&ei=xqgJV6_QDomswwgT56Yu4Ag. Acesso em: 09 abr. 2016.

MOREIRA M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, SP: Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. A abordagem de Skinner. In: MOREIRA, M. A. **Ensino e Aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo, SP: Moraes, 1983. p. 09-20.

MOREIRA, M. A. A teoria behaviorista de Skinner. In: MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, SP: EPU, 2004. p. 49-63.

MOREIRA, M. A, MEDEIROS, C. A de. **Princípios básicos da análise do comportamento**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2007.

BORGES, T. D. F. F.; OLIVEIRA, G. S.; BORGES, J. R. A.; DIAS, R. F.

OLIVEIRA, J. B. A. **Tecnologia educacional**: teorias da instrução. Petrópolis, RJ: Vozes, 1973, 158p.

PINTO, Lília Sampaio de Sousa. Lugar do professor na instrução programada. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Rio de Janeiro, RJ, v. 48, n. 108. p. 271 –279, out./dez., 1967.

SANTOS, M. E.; PRAIA, J. F. Percurso de mudança na Didática das Ciências: Sua fundamentação epistemológica. In: CACHAPUZ, F. (Org.). **Ensino das Ciências e Formação de Professores**: Projeto MUTARE 1. Aveiro: Universidade de Aveiro, 1992. p. 07-34.

SILVEIRA, A. A. **Análise Combinatória em sala de aula**: uma proposta de ensino-aprendizagem via resolução, exploração e proposição de problemas. 2016. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática e Ciências, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, PB: UEPB, 2016.

SKINNER, B. F. **Tecnologia do ensino**. Trad. Rodolpho Azzi. São Paulo, SP: Herder, Ed. da Universidade de São Paulo, 1972.

SKINNER, B. F. **O comportamento verbal**. São Paulo, SP: Cultrix, 1978.

SKINNER, B. F. **Ciência e comportamento humano**. Trad. João Carlos Todorov e Rodolfo Azzi. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2000.

ZANOTTO, M. L. B. **Formação de professores**: a contribuição da análise comportamental a partir da visão skinneriana de ensino. 1997. 162 f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.