



O desenvolvimento de um algoritmo para geração de tarefas individualizadas para o ensino de habilidades básicas de leitura

Pedro Henrique Matias Marques Gomes¹ Marcel de Lima Correia¹
Gilberto Nerino de Souza Junior²

¹ Universidade Federal de Alagoas, Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais, Instituto de Psicologia, Maceió/AL, Brasil.

² Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém/PA, Brasil.

Resumo

O presente artigo busca demonstrar os resultados obtidos no desenvolvimento de um algoritmo de geração de tarefas individualizadas para o ensino de habilidades básicas de leitura. Para tal, explicita-se inicialmente o paradigma teórico-pedagógico da Análise do Comportamento no que tange ao ensino e aprendizagem de habilidades básicas de leitura, sendo este o modelo teórico adotado pelo estudo. Atualmente o algoritmo desenvolvido é capaz de adaptar-se a determinados padrões claros de erros e acertos, mas falha em situações mais aleatórias. Propomos como forma de continuidade e melhoria do desenvolvimento do algoritmo a sua implementação no jogo “As Aventuras de Amaru”, sendo este o ambiente de teste que será utilizado para coleta de dados com crianças em idade escolar e em período de alfabetização.

Palavras-chave: Habilidades Básicas de Leitura, Matching-to-sample, Ensino Informatizado

Contatos:

pedrohmatias35@gmail.com
marcel.correia.9@gmail.com
gilbertonerinojr@gmail.com

1. Introdução

O processo de aquisição de língua escrita, em termos de leitura e produção, envolve um conjunto de habilidades de grande relevância social e consideradas como básicas não somente dentro da escola, como também fora dela. A falta de domínio dessas habilidades pode vir a comprometer a inserção do indivíduo na sociedade. Além disso, a alfabetização representa, muitas vezes, o repertório de entrada do indivíduo em conhecimentos formalmente produzidos e socialmente valorizados [de Rose 2005].

Todavia, é necessário levar em conta que para desenvolver uma leitura minimamente funcional é essencial que os estudantes dominem antes habilidades básicas de leitura. Habilidades como reconhecimento do

equivalente falado de sílabas grafadas, habilidade de reconhecer e fazer anagramas e consciência fonológica na idade esperada [Soares 2016]. Há indícios de uma tendência de agravamento do atraso no desenvolvimento de uma leitura fluente e competente quando essas habilidades mais básicas não são adquiridas na idade esperada [Grabe e Stoller 2013, p. 130].

A interdependência entre a o desenvolvimento das habilidades básicas para a formação de leitores competentes se reflete no consenso do padrão ouro dentre os procedimentos sistematizados para ensino de leitura. Segundo o painel de leitura nacional dos Estados Unidos, replicado pela revisão australiana de Rowe, o ensino eficaz da leitura depende, de forma gradativa, da consciência fonêmica, do domínio da relação fonema-grafema (estratégia fônica), do aumento do vocabulário e, finalmente, da compreensão do texto [Capovilla et al. 2004; Connor et al. 2011; Hattie, 2013; Panel (US), Health, & Development (US) 2000].

Esses resultados favorecem uma discussão mais ampla sobre a necessidade de estratégias de ensino efetivas para as fases iniciais de aquisição da leitura, que superem as discussões dicotômicas entre métodos de ensino durante o processo de alfabetização. Uma vez que a pesquisa internacional sugere que a ausência de instrução explícita de consciência fonológica e fonêmica pode causar problemas de aprendizagem que tendem a deixar os estudantes em uma desvantagem educacional permanente [idem]. Nesse sentido, o ensino da leitura pode se beneficiar de procedimentos baseados em evidência, como a instrução direta. Ou, na forma de processos de ensino amplamente estudados e validados na Análise do Comportamento, na forma de procedimentos como emparelhamento com o modelo, reforçamento diferencial, *fading* e exclusão [Skinner 1972].

1.1 O comportamento textual, leitura e relações de controle de estímulo



A noção elaborada na Análise do Comportamento, no que tange ao processo de aquisição de pré-requisitos para a leitura competente, assim como o da linguagem como um todo, tem como objetivo entender de maneira observável a forma como ocorrem esses processos dentro da relação de tríplice contingência (ambiente, resposta, consequência) [de Rose 2005]. Portanto, muitas das aprendizagens que compõem a linguagem são bem descritas e estudadas como comportamento operante, e podem ser compreendidas com base nos termos da teoria do *comportamento verbal* [Skinner 1957; Catania 1999, p. 251].

Uma vez que Skinner [1957] classifica como comportamentos operantes as diversas habilidades estreitamente relacionadas à leitura e a escrita, é possível detalhar interações específicas do comportamento com o meio que propiciam a sua aprendizagem [de Rose e de Rose 2006]. De modo geral, os elementos que compõem os repertórios básicos de leitura e escrita são relações de controle de estímulo. Importante salientar que parte da aprendizagem necessária ao domínio da língua escrita depende, para a Análise do Comportamento, do relacionamento entre símbolos visuais e estímulos sonoros correspondentes. Assim como o conjunto de regras que regem sua aplicação, arbitrariamente definidos, reforçados e reproduzidos pela cultura [de Rose et al. 1996; Catania 1999, p. 255]. Segundo Catania [1999, p. 256]:

Quando um estímulo verbal escrito estabelece a ocasião para uma resposta vocal correspondente, o comportamento é *textual*. Assim, você poderia dizer em voz alta o conteúdo de um cardápio ou ler uma história para fazer uma criança dormir. No comportamento textual, a correspondência arbitrária entre os estímulos e as respostas verbais é mais óbvia do que no comportamento ecóico ou na transcrição, porque os estímulos e as respostas estão em modalidades diferentes. Uma palavra escrita é um estímulo visual; não tem som. Uma palavra falada é um estímulo auditivo; não tem forma. Mas essas correspondências são tão familiares que raramente notamos a natureza arbitrária das relações entre as formas e os sons verbais.

O ponto central para a aquisição da habilidade leitora e escrita, para Skinner [1957, p. 74], é a relação entre a resposta que está sob controle do estímulo escrito e/ou falado. Dentro desta relação, a leitura é entendida como um comportamento oral (público ou privado) emitido sob controle do estímulo escrito. A escrita, constitui-se como um comportamento textual de produção que pode ou não ocorrer sob controle de outro estímulo, como o oral, por exemplo [de Souza e de Rose 2006].

Outro ponto importante é que para Skinner [1957] a leitura e escrita envolvem o processo de compreensão. Por exemplo, para o autor, como apontam de Rose et al. [1996], é possível emitir um comportamento textual

escrito, sem que ocorra a compreensão propriamente dita. Neste sentido, podemos afirmar que, de modo geral, o comportamento textual produtivo, pode ser definido como o controle apropriadamente exercido de estímulos textuais, sobre respostas verbais.

No caso do processo de escrita, outro ponto relevante é que além da capacidade de reproduzir concretamente as letras a partir de recursos motores (escrita, digitação, soletração oral, etc.), é preciso que o indivíduo seja capaz de ordená-las na sequência correta [de Rose e de Souza 2006]. Essa ordenação pode ocorrer sob controle de uma gama variada de estímulos (palavra impressa, palavra ditada, etc.).

A Análise do Comportamento utiliza o paradigma da Equivalência de Estímulos como modelo explicativo da compreensão leitora e aquisição da escrita efetiva, [Sidman 1971; de Rose et al. 1996]. Os estudos iniciais de Sidman [1971] buscaram ensinar as relações entre a palavra escrita, o nome falado da palavra e a figura representativa da palavra. Sidman utilizou, em suas pesquisas, procedimentos de emparelhamento segundo o modelo (ou *MTS - Matching to Sample*). Basicamente, nesse tipo de procedimento, uma tentativa começa com a apresentação de um estímulo modelo e logo após é solicitada uma resposta de escolha dentre um conjunto de estímulos de comparação (comando de pegar, tocar, vocalizar o nome e etc.) Sidman utilizou diversos arranjos diferentes desse procedimento, passando por diversos aperfeiçoamentos [Sidman 2009].

Em particular, o modelo experimental e de ensino, baseado em controle de estímulos, inicialmente proposto por Sidman [1971], consistia em palavra ditada (A), figuras (B), palavras impressas (C), leitura (D) e escrita (E). A partir disso, ele identificou as tarefas que as crianças participantes do estudo já eram capazes de realizar, especificamente o estabelecimento de equivalência entre estímulos AB e BD, ensinou de forma direta a equivalência entre tarefas de tipo AC e CE, e por fim observou o surgimento de equivalências que emergiram sem ensino direto a partir de tarefas de tipo BC, CB, CD e AE. Para Sidman [2009], o estabelecimento dessas relações de equivalência corresponde ao que chamamos de “compreensão”, ponto essencial para o comportamento textual efetivo.

Vale ressaltar que um leitor competente e efetivo tem seu comportamento mantido pelo valor naturalmente reforçador da leitura, como, por exemplo, o acesso a informações e conhecimentos de diferentes origens, dispensando o planejamento de reforçadores arbitrários externos. No entanto, no início da alfabetização, quando o aluno ainda não possui o repertório necessário para gerar os reforçadores naturais com sua própria ação, não se descarta o uso de



reforçadores extrínsecos e, por vezes, arbitrários [de Rose 2005].

1.2 Proposta de informatização das habilidades básicas de leitura

Dentre as propostas de informatização do ensino de habilidades básicas de leitura, uma das mais abrangentes é o currículo Aprendendo a Ler e Escrever em Pequenos Passos (ALEPP) [de Souza e de Rose 2006; de Souza et al. 2009], desenvolvido com o objetivo de lidar com as dificuldades de alfabetização das crianças brasileiras com histórico de fracasso escolar. O currículo se baseia na concepção analítico comportamental dos processos de aprendizagem da leitura e escrita. No qual, a leitura e a escrita constituem um conjunto complexo de relações comportamentais de controle de estímulos. Habilidades distintas, mas interligadas, são necessárias para que o estudante adquira a habilidade de ler com compreensão e autonomia. Dentre os diferenciais da abordagem adotada no ALEPP, podemos destacar a operacionalização de parte dessas habilidades básicas necessárias à aquisição da leitura. Em particular, a adoção de estratégias fônicas de ensino direto que promovem, em paralelo, o aumento da consciência fonológica [Bernardino et al. 2006; Novaes et al. 2013; Rodrigues e Postalli 2016]. Além da estruturação da sequência de ensino de forma a promover a emergência de reconhecimentos e habilidades conceituais que não foram diretamente ensinadas [de Rose et al. 1996].

O currículo ALEPP utiliza majoritariamente o procedimento de emparelhamento com o modelo (*Matching-To-Sample* - MTS) para promover o aprendizado das habilidades iniciais de leitura básica (fônico) e a formação de vocabulário [Saunders e Spradlin 1989; Sidman e Tailby 1982]. A versão mais atual do ALEPP foi informatizada usando um programa genérico de personalização de ensino [Capobianco et al. 2009]. O que permite analisar as necessidades de aprendizagem de cada aluno. Sua versão informatizada modula o progresso das unidades educacionais, que são divididas em conjuntos de atividades gradualmente mais complexas.

O ALEPP se assemelha aos procedimentos de instrução direta utilizados por sistemas de ensino baseados em aprendizagem associativa [Mourgues et al. 2016]. No ALEPP cada um dos componentes da leitura pode ser descrito como um operante discriminado, isto é, uma classe de respostas sob controle de estímulos. Ou seja, envolve uma relação entre um contexto (i.e. sílabas, letras ou palavras impressas) e uma ação do indivíduo (i.e. reconhecer ou relacionar a sílaba/letra/palavra com uma resposta de seleção). Comumente nos estudos sobre ensino de leitura no Brasil as crianças em idade escolar, geralmente,

dominam as relações entre palavras ditadas e figuras (AB) e a nomeação das figuras (BD). Desta forma, cabe ao programa de ensino estabelecer as relações entre palavra ditada e palavra escrita (AC), assim como a nomeação ou leitura das palavras escritas (CD).

Aqui cabe um adendo, os processos básicos de aprendizagem e de programação de ensino estudados no âmbito da Análise do Comportamento são pouco adotados por *game designers* ou produtores de sistemas de ensino informatizados. Apesar de ser possível uma interpretação analítico comportamental desses procedimentos. Principalmente àqueles que apresentam bons resultados. É nesse sentido que a área de gamificação de procedimentos instrucionais, jogos e a Análise do Comportamento podem beneficiar-se mutuamente dessa interação [Carmo e Batista 2003].

Neste sentido, o estudo realizado por Sucena et al. [2016] aponta que *softwares* que fazem uso de um currículo de ensino bem estruturado e fundamentado, assim como aqueles que intervêm diretamente em habilidades básicas de leitura, apresentam melhores resultados de ensino. Kyle et al. [2013], também apontam para o valor motivador de jogos educacionais, aumentando o engajamento dos estudantes e sendo particularmente efetivos para os indivíduos que apresentam mais dificuldades de aprendizagem.

A literatura internacional sobre motivação para a leitura indica que nas séries escolares iniciais as medidas de percepções de competência e motivação intrínseca geralmente são mais altas. Porém, há um decréscimo dessas medidas à medida que o estudante avança para as séries seguintes. Ao mesmo tempo, observa-se um aumento da motivação extrínseca ao longo da vida escolar, incompatível com a expectativa de manutenção do hábito leitor por consequências naturais almejado pela Análise do Comportamento [Baker e Wigfield 1999; Eccles et al. 1993; Guthrie et al. 2007; Marinak e Gambrell 2010; Mata 2011].

Logo, reconhece-se nesta proposta que o processo de reforçamento é um fator importante para a aquisição de habilidades acadêmicas, mas se pressupõe o planejamento da mudança de reforçamentos extrínsecos arbitrários, por reforços intrínsecos e naturais [Binder e Watkins 2013; Carmine et al. 2009; Fallon et al. 2004]. A falha no planejamento dessa transição leva a críticas infundadas aos procedimentos de instrução direta [Kirschner 2002; Kirschner e van Merriënboer 2013].

Por exemplo, um fator amplamente utilizado em procedimentos de instrução direta é o uso de *feedback*, ou de reforçamento diferencial. Mauad et al. [2004] investigaram o ensino de leitura e escrita em sala de aula por um levantamento que indicou que reforçadores positivos foram incluídos como parte da estratégia



motivacional para a aprendizagem de leitura em 18 de 20 artigos selecionados.

Contudo, os exemplos indicadores por Mauad et al. [2004] abordaram apenas parcialmente os fatores motivacionais relevantes ao contexto de aprendizagem acadêmica. Pois, esse estudo não investigou diretamente o caráter motivacional da personalização da dificuldade da tarefa, para que o avanço ou domínio das etapas de ensino propostas mantenham um valor reforçador adequado à aprendizagem de leitura positivamente motivada.

1.3 Procedimentos informatizados e gamificados de ensino de leitura

Como apontado por Kyle et al. [2013], atualmente existe uma demanda crescente por ferramentas informatizadas de ensino baseadas em evidências, assim como uma maior atribuição de importância a tais ferramentas que possam auxiliar a aprendizagem, principalmente aquelas que proporcionam tarefas individualizadas. Outro ponto levantado no mesmo estudo citado é de que o uso de intervenções informatizadas garante uma maior fidelidade à programas de ensino, favorecendo inclusive a comparação de diferentes métodos e abordagens. Além disso, os autores indicam que atualmente existem diversas evidências da efetividade das intervenções *computer-based* no ensino de habilidades básicas de leitura, principalmente as habilidades fônicas. Todavia, também indicam que tais intervenções são complementares ao ensino regular, caracterizando-se como ferramentas de auxílio. Portanto, não são ferramentas que propõe a substituição do modelo regular de ensino, tampouco do professor.

Como exemplo de um software de apoio à aprendizagem de habilidades básicas de leitura, podemos citar o Graphogame™, um jogo desenvolvido pela Universidade de Jyväskylä, na Finlândia, tendo como objetivo principal o treino das relações grafema-fonema, em um ambiente de jogo de computador, com crianças que foram diagnosticadas como possuindo risco de eventualmente virem a desenvolver dificuldades de aprendizagem da leitura [Sucena et al. 2016]. O estudo citado aponta que o uso do Graphogame™ foi altamente eficaz para o treino de consciência fonêmica e das relações letra-som.

Dentro do contexto nacional, Santos e Guaresí [2016] demonstram a existência de diversos estudos e evidências de que o uso de programas de treinamento que incluem o estabelecimento de equivalências entre estímulos audiovisuais e escritos são particularmente efetivos para o ensino de habilidades iniciais de leitura. No entanto, conforme apontam Sucena et al. [2016] os resultados encontrados, na maior parte dos estudos analisados, foram muitas vezes questionados devido a

fragilidades metodológicas, tais como a ausência de grupo de controle e de estudos de *follow up*.

Contudo, um fator anterior pode ser levantado ao qualificar a produção de jogos educacionais para ensino de domínios acadêmicos, como a leitura. A falta da explicitação de uma base teórico-metodológica que integre a modelagem computacional do modelo de domínio (objetivos de ensino) e um perfil do aprendiz definido a partir de um modelo teórico consolidado. Para que, dessa forma, seja possível desenhar estratégias claras e testáveis de personalização do procedimento de ensino gamificado.

1.4 Ambiente de teste e implementação do algoritmo

No presente artigo, propomos a utilização de um modelo de ensino personalizado com base na junção de parâmetros prévios de dificuldade das diferentes tarefas de ensino utilizadas no ALEPP e no desempenho do inicial do estudante. Uma vez que a dificuldade da tarefa se relaciona a dois importantes elementos motivacionais na aquisição de novas aprendizagens. A primeira é modulação de um número adequado de acertos e erros, evitando uma repetição de erros com potencial função desmotivadora. A segunda é a modulação do valor subjetivo que o aprendiz atribui a atividades com base na sua avaliação das chances de acertar ou errar a atividade.

O algoritmo de geração de tarefas, nomeado de *Individualized Tasks Generator (ITG)*, foi inspirado e adaptado de experiências anteriores na geração de tarefas de ensino a partir da utilização de um GA (*genetic algorithm*) [Huang et al. 2010; Wauters et al. 2012], mas desenvolvido com base nas especificidades do ALEPP [de Souza et al. 2018]. As variáveis críticas para a ordenação das tarefas geradas foram dois fatores de dificuldade diferentes: o nível de similaridade entre as escolhas e os pesos de dificuldade com base nos tipos de tarefa. A similaridade entre os elementos componentes das tarefas de ensino pode ser considerada um fator da dificuldade da tarefa. Neste estudo, a taxa de similaridade entre os estímulos é calculada em comparação com a palavra modelo e as palavras de escolha da tarefa.

Vale apontar que algoritmos genéticos (GA) são bem comentados na literatura computacional, sendo algoritmos de inteligência artificial inspirados na biologia e na teoria da evolução. Segundo Chang e Ke [2013], a personalização de conteúdo é um problema de otimização combinatória que pode ser resolvido com algoritmos genéticos que procuram por uma solução adequada em um espaço de busca.



Desta forma, propomos a utilização do jogo “As Aventuras de Amaru” como ambiente de teste e implementação do algoritmo desenvolvido. Basicamente, o jogo oferece um cenário em plataforma, com uma série de quebra-cabeças e mini games através de uma transição progressiva de tarefas, variantes em dificuldade com base no desempenho do aluno. Além disso, o jogo proposto utiliza a lógica de ensino adaptada de atividades *MTS* padrões, o que permite criar relação entre imagem, texto e fala, ensinando as habilidades básicas propostas pelo ALEPP [de Souza et al. 2018]. Por isso, consideramos o ambiente de teste promovido pelo “Amaru” como bastante promissor, uma vez que tanto o algoritmo, quanto o jogo, já foram concebidos com base no currículo ALEPP. Inclusive, o algoritmo em desenvolvimento permitiria ao Amaru gerar caminhos de tarefas individualizadas, específicas para as dificuldades do indivíduo, sendo esta uma das atuais limitações do jogo.

O presente método proposto para a implementação consiste em quatro partes principais: 1) avaliação; 2) configuração de conteúdo; 3) módulo para geração de tarefas e 4) ensino. Desta forma, o aluno no processo de avaliação é submetido a um pré-teste que, basicamente, consiste em uma lista de tarefas respondidas pelo indivíduo e posteriormente usada para calcular o domínio do mesmo diante das habilidades básicas de leitura testadas, com a finalidade de determinar o grau de dificuldade das tarefas apresentadas.

No processo de configuração de conteúdo, o Sistema Tutor configura o conteúdo de ensino referente aos atributos das tarefas que serão geradas, tendo como base os dados obtidos na etapa anterior.

No módulo para geração de tarefas, o processo começa após o recebimento dos dados das etapas anteriores. Os dados inseridos (palavras do modelo, tipos de tarefas, palavras de escolha e fluxo de dificuldade) são usados para criar aleatoriamente a população inicial. O GA geralmente funciona de maneira semelhante: inicialização de soluções aleatórias; execução de um processo de seleção interativo baseado em uma função de adequação; e seleção de uma solução que melhor represente o resultado ideal [Chang e Ke 2013].

Depois de selecionar a solução ótima, a ordem de execução das tarefas é ordenada pelas dificuldades adaptadas, de forma a corresponder com o fluxo de dificuldade definido. Por fim, um software de aprendizado interativo mostra as tarefas geradas para o aluno no processo de aprendizado, iniciando o processo de ensino.

2. Resultados

O objetivo do projeto, em sua origem, era auxiliar no desenvolvimento de um programa de inteligência artificial que auxiliasse as crianças na obtenção de habilidades básicas de leitura. Para essa finalidade, era necessário que o programa em questão fosse capaz de se adaptar às necessidades individuais de cada aluno, as quais seriam medidas a partir da utilização de um questionário digital, onde as crianças seriam apresentadas à 60 palavras, ensinadas ao longo de 20 passos ou “lições” de ensino, três palavras por passo. Cada passo é constituído de uma série de tentativas com a finalidade de fixar os conhecimentos que foram aprendidos. As tarefas apresentadas ao longo de um passo de ensino envolvem selecionar estímulos impressos apresentados na tela do computador diante de palavras ou sílabas ditadas.

Dessa forma, sabendo quais são os pontos fortes e fracos de cada aluno, o programa iria se adaptar às suas respostas e gerar um novo repertório de tarefas que não teria um foco tão aprofundado nos conhecimentos que a criança já possui, mas que iria tentar ensiná-la habilidades que ela ainda não desenvolveu. E é nesse ponto que se faz importante que o programa de geração de novas atividades seja perfeitamente compatível com as respostas dadas pelos alunos, sendo esse o nosso foco de trabalho desde o início do projeto: Ajudar o programa a ser o mais fiel possível.

Para alcançar esse objetivo, foram desenvolvidos cinco perfis de pré-teste que simulavam respostas artificiais que poderiam ser dadas durante as lições de ensino, tendo assim a intenção de descobrir até onde o programa estava conseguindo ser coerente na geração de novas atividades.

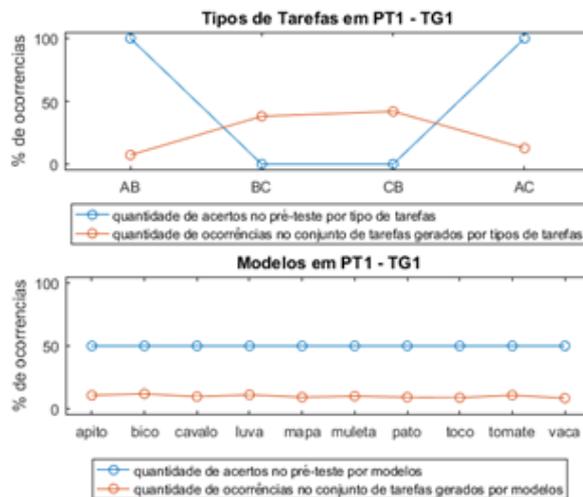
Portanto, como estratégia metodológica, os perfis criados apresentavam um padrão criado artificialmente, que dificilmente seria possível de ser observado em contextos aplicados, mas que permitem testar como o algoritmo reage às características manipuladas. Sendo assim, torna-se mais fácil de observar possíveis erros e imperfeições no momento de gerar as tarefas de treino utilizando os dados de pré-teste.

No primeiro perfil (PT1) foi pensado um “indivíduo” que respondeu corretamente todas as questões envolvendo tipos específicos de tarefas (AB e AC) e errou as atividades dos dois tipos seguintes (BC e CB).

E, conforme esperado, foi possível observar que o Repertório Gerado seguiu essa lógica de distribuição de erros e acertos, gerando mais tarefas para as atividades em que o aluno teve mais erros e menos tarefas para as questões que o aluno teve mais acertos. Observando-se

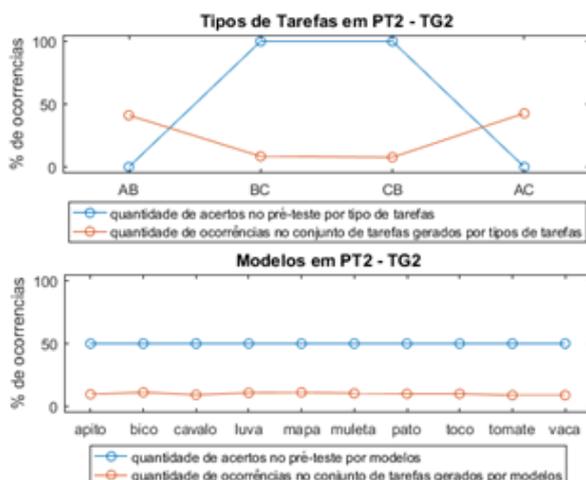


dessa forma uma predominância na geração de atividades dos tipos BC e CB e uma quantidade mínima de atividades geradas dos tipos AB e AC. No total, das 260 atividades geradas, o repertório possuía 19 atividades do tipo AB, 33 do tipo AC, 99 do tipo BC e 109 do tipo CB. A proporção entre essas atividades pode ser observada no gráfico abaixo:



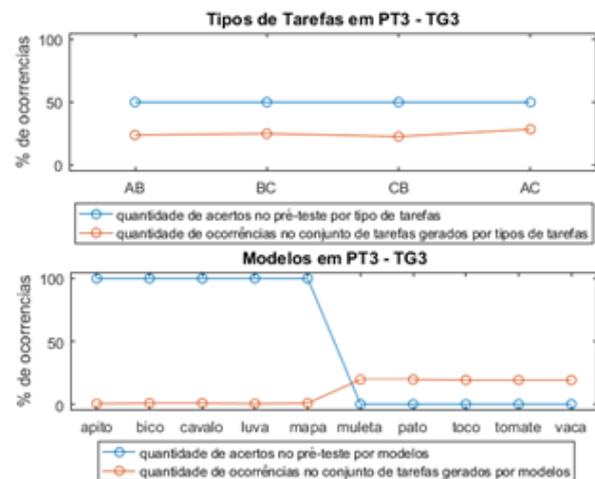
Já no segundo perfil (PT2), a situação foi invertida. E, ao contrário do que foi apresentado pelo PT1, agora o indivíduo **erra** em todas as questões envolvendo tarefas dos tipos AB e AC, e **acerta** todas as tarefas com testes do tipo BC e CB. Desta forma, o PT2 é o oposto do PT1.

No repertório de atividades gerado para esse perfil foi observado uma predominância na geração de atividades dos tipos AB e BC, sendo 107 atividades do tipo AB e 111 do tipo AC. Assim como no repertório anterior, também houveram atividades dos tipos BC e CB geradas, embora em menor número. Dentre elas, 22 foram do tipo BC e 20 do tipo CB. Conforme o gráfico:



No terceiro perfil (PT3), o foco dos testes deixou de ser os tipos das provas e passou a ser as palavras utilizadas nelas. As palavras do teste foram organizadas em ordem alfabética, onde as primeiras (apito, bico, cavalo, luva, mapa) foram respondidas **corretamente** em todas as situações, independentemente do tipo de tarefa (AB, AC, BC, CB). As palavras seguintes presentes no teste (muleta, pato, toco, tomate, vaca) foram respondidas **incorretamente** em todas as situações, independentemente do tipo de tarefa.

No repertório gerado para esse perfil não ficou constatado um foco significativo de um tipo de atividade sobre as outras. No entanto, em relação às *palavras-modelo*, usadas em cada teste, existe uma diferença expressiva que pode ser observada no gráfico e que está em concordância com a distribuição das respostas corretas e incorretas no perfil de pré-teste em questão. Dessa forma, existe uma predominância na representação das cinco últimas palavras (em ordem alfabética) usadas como modelo nos pré-testes (muleta, pato, toco, tomate e vaca). Por outro lado, as cinco primeiras palavras (apito, bico, cavalo, luva e mapa) foram pouco utilizadas como palavras modelo. No total, foram 8 tarefas geradas com as 5 primeiras palavras sendo utilizadas como modelo e 252 tarefas com as 5 últimas palavras como modelo. O gráfico a seguir representa os resultados do repertório gerado para o PT3:

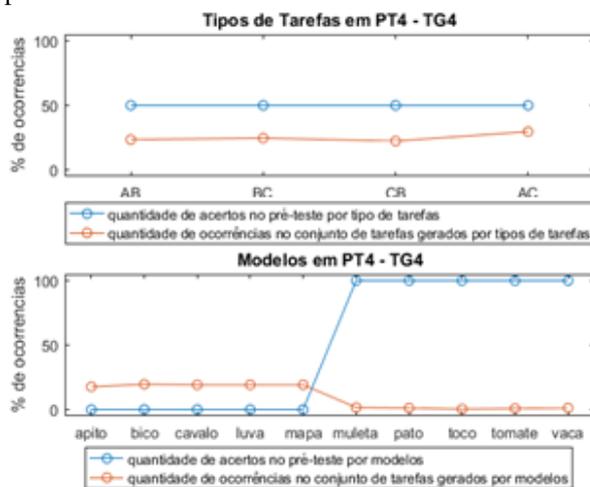


No quarto perfil (PT4), manteve-se a lógica de erros e acertos apresentada no PT3 porém de maneira diretamente inversa, em uma relação similar a PT1 e PT2. Dessa forma, o indivíduo apresentou respostas **incorretas** em todas as alternativas referentes às primeiras cinco palavras do teste (apito, bico, cavalo, luva, mapa) independente do tipo de tarefa. Por outro lado, em relação às cinco últimas palavras (muleta, pato, toco, tomate, vaca), todas as respostas apresentadas



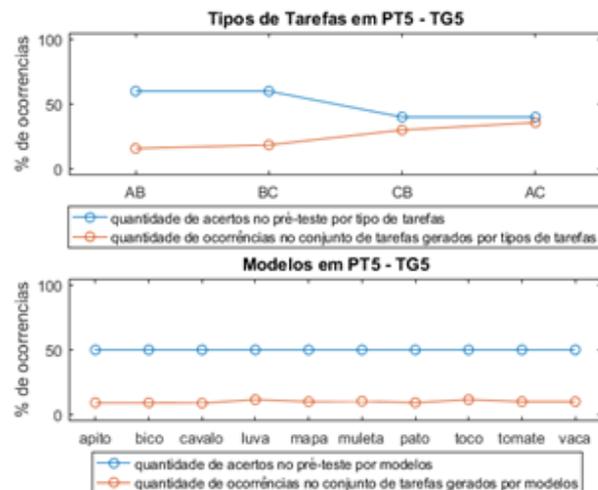
estavam **corretas** em todas as alternativas, independente do tipo de tarefa em questão.

No repertório gerado para o PT4, o foco das atividades geradas está nas primeiras 5 palavras utilizadas como modelo nas atividades dos perfis de pré-teste (apito, bico, cavalo, luva e mapa). No total, dentre as 260 atividades geradas, 247 delas utilizavam as palavras supracitadas como modelo. Enquanto que apenas 13 delas utilizavam as 5 últimas palavras (muleta, pato, toco, tomate e vaca) nessa função. O que pode ser observado abaixo:



Já no quinto perfil (PT5), tentou-se utilizar uma lógica de criação diferente das anteriores, onde o padrão de acertos gerados varia de forma gradual entre os tipos de tarefas. O perfil inicia com um total de 5 acertos no testes do tipo AB para a primeira palavra (apito) e vai descendo gradativamente até alcançar a quinta palavra (mapa), a partir dela o processo se repetirá começando na sexta palavra (muleta) e indo até a última (vaca). Diminuindo gradativamente a porcentagem de acertos para os tipos de tarefas seguintes.

No repertório gerado para esse perfil não houve uma diferença estatística relevante na utilização das palavras modelo. No entanto, no gráfico analítico, foi possível observar que a geração de atividades seguiu uma lógica de criação que valorizava os tipos de atividades com mais e menos acertos, apresentando mais questões dos tipos AC e CB e menos questões dos tipos AB e BC, conforme pode ser visto no gráfico comparativo abaixo:



Assinalando assim, o fato de algoritmo conseguir responder adequadamente à uma boa quantidade de situações, mesmo quando elas seguem lógicas de criação diferentes entre elas. Dessa forma, o nosso foco de atividades desse ponto em diante estará em aumentar a capacidade do programa de lidar com tipos de atividades diferentes do que os quatro supracitados, processo esse que já está em andamento.

3. Considerações finais

O estágio atual de desenvolvimento do algoritmo proposto demonstra que em situações experimentais, com geração de perfis simulados de erros e acertos, o mesmo é capaz de adaptar-se e gerar tarefas condizentes com os padrões propostos nos perfis. Porém, o algoritmo ainda se encontra limitado no que diz respeito a quantidade de tipos de teste que ele pode analisar e reproduzir, limitando-se às tarefas geradas dos tipos AB, AC, BC e CB. Ainda assim, os resultados são promissores, uma vez que o algoritmo já é capaz de lidar adequadamente com um grande número de situações e nos encontramos no processo de suprir essas limitações e tornar o mesmo mais completo.

Os próximos passos propostos por este estudo, para o desenvolvimento do algoritmo, são a sua implementação em um ambiente de jogo educacional, mais especificamente no jogo “As Aventuras de Amaru”, e posteriormente sua utilização para coletar dados em situações reais com crianças com histórico de fracasso escolar, sem capacidade de ler em voz alta as sílabas isoladas após o final do terceiro ano do fundamental, com idades entre quatro a oito anos, sem diagnóstico específico de atraso de desenvolvimento ou dificuldade de leitura.

Como forma de avaliação do próprio jogo proposto apontamos que o mesmo, além de não individualizar o caminho de tarefas, não tem um sistema de feedback



para erros e acertos e o jogador tem apenas uma chance de sucesso em cada tentativa. Sendo assim, uma vez que o algoritmo tenha a capacidade de se adaptar em situações não padronizadas, propomos a inclusão de um sistema *feedback* no “Amaru”.

No tocante às considerações teóricas sobre o uso de jogos educacionais como ferramenta pedagógica, a literatura existente aponta para alguns fatores pertinentes ao debate, como por exemplo uma demanda crescente de ferramentas digitais de ensino, especialmente as que proporcionam um caminho individualizado de tarefas, baseado no desempenho do próprio indivíduo. Além disso, ressalta-se a importância de que tais ferramentas tenham um currículo de ensino bem definido e baseado em evidências. Os estudos citados neste artigo apontam que é insuficiente apenas o uso de processos de ensino gamificados, sem que estes sejam bem estruturados e fundamentados.

Neste sentido, a Análise do Comportamento fornece uma fundamentação teórica sobre ensino e aprendizagem de habilidades básicas de leitura altamente baseada em evidências, com alto potencial para o desenvolvimento de estruturas de ensino claras e bem definidas. Favorecendo, desta forma, o uso de sua lógica em algoritmos e programas informatizados de ensino.

Referências

- BAKER, L., WIGFIELD, A., 1999. Dimensions of children's motivation for reading and their relations to reading activity and reading achievement. *Reading Research Quarterly*, 34, 452-477.
- BERNARDINO, J., FREITAS, F., SOUZA, D., MARANHE, E., BANDINI, H., MOTTA, H.H., 2006. Aquisição de leitura e escrita como resultado do ensino de habilidades de consciência fonológica. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 12, 423-450.
- BINDER, C., WATKINS, C. L., 2013. Precision Teaching and Direct Instruction: Measurably Superior Instructional Technology in Schools. *Performance Improvement Quarterly*, 26 (2), 73-115.
- CAPOBIANCO, D., ORLANDO, A. F., BELA, R. E., TEIXEIRA, C. A. C., de SOUZA, D. G., 2009. Gerenciador de ensino individualizado por computador (GEIC) (Versão 0.4) [Multiplataforma]. São Carlos, SP.
- CAPOVILLA, A. G. S., GÜTSCHOW, C. R. D., & CAPOVILLA, F. C., 2004. Habilidades cognitivas que predizem competência de leitura e escrita. *Revista Psicologia - Teoria e Prática*, 6 (2).
- CARMINE, D. W., SILBERT, J., KAME'ENUI, E. J., TARVER, S. G., 2009. *Direct Instruction Reading* (5th edition). Boston: Pearson.
- CARMO, J. S., BATISTA, M. Q. G., 2003. Comunicação dos conhecimentos produzidos em análise do comportamento: uma competência a ser aprendida? *Estudos de Psicologia (Natal)*, 8(3), 499-503.
- CATANIA, A.C., 1999. *Aprendizagem: comportamento, linguagem e cognição*. (4ª ed). Artmed.
- CHANG T-Y, KE Y-R, 2013. A personalized e-course composition based on a genetic algorithm with forcing legality in an adaptive learning system. *J Netw Comput Appl* 36, 533-542.
- CONNOR, C. M., MORRISON, F. J., FISHMAN, B., GIULIANI, S., LUCK, M., UNDERWOOD, P. S., SCHATSCHNEIDER, C. 2011. Testing the Impact of Child Characteristics x Instruction Interactions on Third Graders' Reading Comprehension by Differentiating Literacy Instruction. *Reading Research Quarterly*, 46 (3), 189-221.
- de ROSE, J.C., 2005. Análise comportamental da aprendizagem de leitura e escrita. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*. v.1 n. 1, p. 29 - 50.
- de ROSE, J. C., de SOUZA, D. G., & HANNA, E. S., 1996. Teaching Reading And Spelling: Exclusion And Stimulus Equivalence. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 29 (4), 451-469.
- de SOUZA, de ROSE, D.G., J. C., FALEIROS, T. C., BORTOLOTTI, R., HANNA, E. S., MCILVANE, W. J., 2009. Teaching Generative Reading Via Recombination of Minimal Textual Units: A Legacy of Verbal Behavior to Children in Brazil. *Revista internacional de psicologia y terapia psicologica = International journal of psychology and psychological therapy*, 9(1), 19-44.
- de SOUZA, D. G., & de ROSE, J. C., 2006. Desenvolvendo programas individualizados para o ensino de leitura. *Acta Comportamental*, 14, 77-98.
- de SOUZA, G.N., de DEUS, D.F., TADAIESKY V., et al., 2018. Optimizing tasks generation for children in the early stages of literacy teaching: a study using bio-inspired metaheuristics. *Soft Comput* 1-14.
- ECCLES, J., WIGFIELD, A., HAROLD, R. D., BLUMENFELD, P., 1993. Age and gender differences in children's self- and task perceptions during elementary school. *Child development*.
- GRABE, W. P., STOLLER, F. L., 2013. *Teaching and Researching: Reading*. Routledge.
- HATTIE, J., 2013. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- HUANG, W., HE, S., CHANG, D., & HAO, Y., 2010. Dynamic difficulty adjustment realization based on adaptive neuro-controlled game opponent. In *Third International Workshop on Advanced Computational Intelligence* (p.66-71).



- KIRSCHNER, P. A., 2002. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1–10.
- KIRSCHNER, P. A., van MERRIËNBOER, J. J. G., 2013. Do Learners Really Know Best? Urban Legends in Education. *Educational Psychologist*, 48(3), 169–183.
- KYLE, F., KUJALA, J., RICHARDSON, U., LYYTINEN, H., GOSWAMI, U., 2013. Assessing the effectiveness of two theoretically motivated computer-assisted Reading interventions in the United Kingdom: GG Rime and GG Phoneme. *Reading Research Quarterly*, 48 (1), pp. 61 – 78, International Reading Association.
- MARINAK, B. A., GAMBRELL, L. B., 2010. Reading motivation: Exploring the elementary gender gap. *Literacy Research and Instruction*, 49(2), 129–141.
- MATA, L., 2011. Motivation for Reading and Writing in Kindergarten Children. *Reading Psychology*, 32(3), 272–299.
- MAUAD, L. C., GUEDES, M. do C., & AZZI, R. G., 2004. Análise do comportamento e a habilidade de leitura: um levantamento crítico de artigos do JABA. *Psico-USF*, 9 (1), 59–69.
- MOURGUES, C., TAN, M., HEIN, S., OJANEN, E., REICH, J., LYYTINEN, H., GRIGORENKO, E. L., 2016. Paired associate learning tasks and their contribution to reading skills. *Learning and Individual Differences*, 46, 54–63.
- NOVAES, C. B. de, MISHIMA, F., SANTOS, P. L. dos., 2013. Treinamento breve de consciência fonológica: impacto sobre a alfabetização. *Revista Psicopedagogia*, 30 (93), 189–200.
- PANEL [US], N. R., HEALTH, N. I. of C., & DEVELOPMENT [US], H., 2000. Report of the national reading panel: Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups. National Institute of Child Health and Human Development, National Institutes of Health.
- RODRIGUES, P. do N., POSTALLI, L. M. M., 2016. Efeitos da exposição combinada a programas informatizados de ensino de leitura, escrita e consciência fonológica a alunos com dificuldade de aprendizagem (Dissertação (Mestrado)). Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Educação Especial, São Carlos, Brasil.
- SANTOS, C. S., GUARESI, R., 2016. Avaliação de softwares educacionais indicados ao aprendizado inicial da leitura e da escrita. *Letrônica*.
- SAUNDERS, K. J., & SPRADLIN, J. E., 1989. Conditional Discrimination in Mentally Retarded Adults: The Effect of Training the Component Simple Discriminations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 52 (1), 1–12.
- SOARES, M., 2016. Alfabetização. A Questão dos Métodos (Edição: 1ª). Contexto.
- SIDMAN, M., 1971. Reading and auditory-visual equivalences. *Journal of speech and Hearing Research*, n. 14, p. 5 - 13.
- SIDMAN, M., 2009. Equivalence Relations and Behavior: an introductory tutorial. *Journal: The Analysis of Verbal Behavior*. Florida, v. 25. p. 5 – 17.
- SIDMAN, M., TAILBY, W., 1982. Conditional discrimination vs. matching to sample: an expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37 (1), 5–22.
- SKINNER, B. F., 1972. *Tecnologia do ensino*. São Paulo: Herder, Edusp.
- SKINNER, B.F., 1957. *Verbal behavior*. (1ª ed) Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- SUCENA, A., SILVA, A. F., VIANA, F. L., 2016. Intervenção precoce nas dificuldades de aprendizagem da leitura com recurso ao software Graphogame. *Letrônica*, 9 (2), 200-212.