Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno baseado no Modelo de Redescrição Representacional

Rita de Cassia Tesseroli¹, Orientador: Andrey Ricardo Pimentel¹

¹Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
CEP 81531-980 – Curitiba – PR – Brasil

{rctesseroli, andrey}@inf.ufpr.br

Abstract. *This research proposes a conceptual framework to help teachers in the student assessment process. The aim is to adapt the theory of representational redescription (RR) to a computing environment assessment. It is proposed the subdivision of the question into four sub-questions, according to the different cognitive levels defined by the representational redescription model, implicit 1, explicit 1, explicit 2, explicit 3. The framework try to identify, from the student response, in which representational level are the concepts of the student and what is the the concept domain score. According to this result it is possible to identify which cognitive processes the student performs and what are the best remediation or pedagogical tactic to be chosen and applied the teaching method. The study this contextualized according to an application in propositional logic teaching.*

Resumo. *Este trabalho propõe um arcabouço conceitual para auxiliar os professores no processo de avaliação de estudantes. O objetivo é adaptar a teoria de redescrição representacional (RR) a um ambiente computacional de avaliação. Propõe-se a subdivisão das questões em quatro subquestões, de acordo com os diferentes níveis cognitivos definidos pelo modelo de redescrição representacional, implícito 1, explícito 1, explícito 2, explícito 3. O arcabouço pretende identificar, a partir da resposta do aluno, em qual nível representacional estão os conceitos do aluno e qual a pontuação de domínio do conceito, referentes a resolução da questão apresentada. Segundo esse resultado é possível identificar quais processos cognitivos o estudante realiza e qual a melhor remediação ou tática pedagógica a ser escolhida e aplicada no método de ensino. O estudo esta contextualizado segundo uma aplicação no ensino de lógica proposicional.*

1. Introdução

A avaliação no processo de aprendizado é composta por instrumentos investigativos, sendo eles: testes (provas orais e escritas), portfólios, observação, relatórios e etc. Avalia-se com o objetivo de identificar se o aluno esta aprendendo ou não e para identificar qual a distância que o estudante esta do objetivo proposto na ementa da disciplina. Esse processo exige que o professor inicialmente classifique a posição favorável ou desfavorável do estudante em uma escala de expectativa curricular. Em seguida, realize o diagnóstico do porquê este aluno está com bom ou mal desempenho na matéria dada. Após definido o diagnóstico do desempenho e das suas causas, o professor cria novas estratégias para

que o estudante continue na posição favorável ou deixe a posição desfavorável e caminhe para outra favorável. [Demo 2002].

A escala da expectativa curricular é utilizada para auxiliar o professor a aferir, posicionar o estudante no processo de aprendizagem obtendo diagnóstico útil para responder o porquê do aluno não aprender. Para a construção dessas escalas é necessária a definição do que pretende-se indicar, embasadas por um quadro teórico interpretativo do significado [Demo 2002]. Criar uma avaliação com suporte a indicadores requer que o instrumento escolhido capte as representações do conhecimento, os processos cognitivos e a forma que o estudante tenta resolver o problema.

Um aspecto problemático relatado na literatura é o enfoque superficial de alguns instrumentos avaliativos. O enfoque superficial refere-se a forma que o conhecimento do aluno é avaliado. Esses instrumentos estruturam as questões de maneira que o estudante apenas reproduz o conteúdo estudado, estimulando o aluno a estudar apenas para a prova. É necessário que as ferramentas avaliativas incentivem a interpretação fundamentada do aluno, desenvolvendo maneiras diferentes de resolver os problemas daquelas apresentadas e decoradas em sala de aula, ou através dos livros [Raphael and Carrara 2002].

Através da teoria cognitiva de redescritção representacional, proposta por Karmiloff-Smith [Karmiloff-Smith 1994], criamos um modelo conceitual de avaliação que valoriza os processos cognitivos do estudante, seus estágios de aprendizado e a estrutura do conhecimento presente na mente do aluno. A interação do estudante com o arcabouço gera informações a respeito dos conceitos que o aluno domina ou não domina e apresenta a posição do estudante na escala de aprendizado. Essas informações fundamentam a mudança de estratégias pedagógicas por parte do professor.

2. Resenha literária

As ferramentas computacionais de avaliação distinguem-se pela sua finalidade pedagógica e pelos métodos computacionais aplicados no seu desenvolvimento. As principais finalidades encontradas são: auxiliar o professor no momento da criação e gerenciamento da avaliação [Cardoso 2001] [Kampff and Alves 2010], avaliar o estudante segundo uma teoria pedagógica [Venancio 2011] e acompanhar o aprendizado do estudante [Torres 2009].

Dentre os métodos computacionais utilizados no desenvolvimento do instrumento avaliativo destacam-se a teoria de autômatos [Morais 2002] [Zanella 2005], a teoria de grafos [Leão and Reis 2006] e a implementação do formalismo de mapas conceituais [Oliveira and Peixoto 2012].

O modelo proposto por [Pimentel 2006] realiza o mapeamento do conhecimento do aluno e identifica as suas lacunas de aprendizagem, através do nível de aquisição de conhecimento (NAC) do estudante. Os conceitos avaliados são estruturados através do formalismo de ontologia. Cada conceito possui um valor NAC, este é atualizado constantemente de acordo com o desempenho do aluno. Essa atualização permanente do NAC demonstra as reais necessidades do aprendiz. Direciona-se o esforço do professor para revisão dos conteúdos com menor nível de conhecimento. O objetivo é apresentar ao estudante um feedback personalizado sobre seu desempenho e apresentar ao professor dados que possibilitem a mudança nas suas estratégias pedagógicas.

Os trabalhos citados atuam como instrumentos de constatação e mensuração dos resultados das avaliações. A avaliação segundo esse panorama limita-se a uma ferramenta que apenas constata e comprava resultados numéricos, nada diz a respeito da trajetória de aprendizagem do aluno. É necessário que as ferramentas avaliativas sejam pensadas como instrumento de questionamento de como ocorreu e como ocorre a aprendizagem do estudante e permitam que o professor formule hipóteses a respeito do significado das respostas corretas e incorretas, dos alunos.

Neste contexto, a pontuação dada as questões é uma etapa muito importante se imaginarmos que é a base para tomada de decisão e atribui valores ao processo cognitivo do estudante. Desenvolver uma forma de pontuar as questões ainda é um tema em aberto, visto que os trabalhos citados repassam essa responsabilidade ao professor.

3. Conceitos da solução proposta

Esta seção apresenta conceitos utilizados para a criação de uma avaliação com suporte a indicadores. Baseados na concepção que as notas e escalas tornam a trajetória do aluno mais visível, elas necessitam refletir o diagnóstico sobre a situação do aluno no processo de aprendizagem, o que já ele sabe e sua capacidade de aprender. Para a construção desses indicadores é necessário que o instrumento capte as representações do conhecimento, os processos cognitivos e a forma que o estudante tenta resolver o problema.

3.1. Modelagem computacional das perguntas e respostas baseadas no modelo de redescrição representacional

A teoria de Redescrição Representacional propõe que o indivíduo possui conhecimentos implícitos, conceitos que ele sabe mas não tem clara consciência disso. Esses conhecimentos implícitos são repensados pelo indivíduo, através do processo de redescrição representacional, e transformados em conceitos mais acessíveis. Dessa maneira, tornam-se suscetíveis a serem utilizados ou mesmo ajustados para resolver uma tarefa. O modelo RR cita fases de aprendizado, estruturas de armazenamento das informações e processos cognitivos realizados em cada fase. As fases do aprendizado são definidas através dos processos cognitivos realizados no momento que o indivíduo se depara com um problema. Em cada fase as informações presentes na mente são acessadas e o indivíduo raciocina de forma diferente, para encontrar uma solução ao problema [Carretero and Castorina 2013].

3.2. Hierarquia de conceitos

A hierarquia de aprendizagem de Gagné prevê que de acordo com a complexidade das operações mentais, as habilidades são ordenadas e relacionadas entre si. Uma habilidade intelectual geral é composta por um conjunto de habilidades mais simples. Sendo as habilidades mais simples pré-requisitos para aprendizagem da habilidade intelectual geral. O mapa de hierarquia de aprendizagem de Gagné estipula o domínio das unidades mais básicas e específicas, para então evoluir para as capacidades subordinadas, intermediárias. Só depois as capacidades mais gerais, de nível superior, serão aprendidas [Driscoll 2005] [Pimentel 2006] [Taveira 2003] [Magalhães and Carpinteiro 2004].

4. Arquitetura do Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno.

A Figura 1 apresenta os três módulos que compõem a arquitetura: Módulo gerador da avaliação, Módulo gerador da interface, Módulo gerador do perfil do estudante. A

implementação desse modelo é através de um estudo de caso no domínio da lógica proposicional. Manualmente as questões foram selecionadas e estruturadas segundo o modelo proposto de questões, subquestões, respostas erradas e certas. As possibilidades de respostas do aluno são geradas através de uma máquina de estados. Na fase de mensuração dos resultados apresenta-se uma escala de conceitos e níveis cognitivos referentes a cada representação.

Figura 1. Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno.

4.1. Módulo gerador da avaliação

Este módulo é o responsável pela integração e gerenciamento dos seguintes componentes: hierarquia de conceitos avaliados, questões da avaliação, dinâmica de sequenciamento de questões. Realiza a geração da avaliação baseado em dados vindos do módulo gerador da interface e compartilha dados referentes ao desempenho do estudante com o módulo de geração do perfil do estudante. Do módulo de interface recebe a resposta do aluno a determinada subquestão e define a próxima questão ou subquestão a ser apresentada ao estudante. Para o módulo do perfil do estudante compartilha dados referentes ao desempenho do aluno. Por exemplo, qual conceito foi avaliado e qual a pontuação de domínio desse conceito.

4.1.1. Hierarquia de conceitos

A estrutura de hierarquia de conceitos baseia-se na teoria da hierarquia de aprendizagem, proposta por Gagné [Driscoll 2005]. Considera-se que cada conceito é um nó, e esses nós são relacionados entre si através de setas direcionadas. As setas direcionadas, também chamadas de arestas direcionadas ou orientadas, relacionam os conceitos mais específicos com os conceitos gerais. A Figura 2 apresenta a hierarquia de conceitos investigados na avaliação de lógica. Os conceitos assinalados são os conceitos necessários para solução de uma questão exemplo de lógica.

Cada conceito possui um grau de complexidade calculado pelo sistema. O cálculo do grau de complexidade utiliza o grau de entrada de cada nó e a altura do conceito na hierarquia. O grau de entrada de cada nó é a quantidade de arestas que chegam do nó, ou arestas convergentes. Considera-se altura do nó, qual a linha que o nó se encontra em relação ao topo da hierarquia.

Figura 2. Hierarquia de conceitos investigados em toda a avaliação e conceitos avaliados na questão exemplo de lógica proposicional

A Tabela 1 apresenta o grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação. Por exemplo, o conceito silogismo disjuntivo possui duas arestas de entrada e está a altura do conceito na hierarquia é dois. A soma destes dois valores, duas arestas de entrada mais dois referente a altura do conceito, determina o grau de complexidade de 4.

Conceito	Grau de complexidade	Altura do conceito	Número arestas entrada
Validade mediante regras de inferência	7	3	4
Silogismo hipotético	3	2	1
Modus ponens	3	2	1
Modus tollens	4	2	2
Silogismo disjuntivo	4	2	2
Implicação lógica	1	1	0
Negação	1	1	0
Disjunção	1	1	0

Tabela 1. Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação de lógica proposicional

A relação entre o valor de complexidade do conceito e processo cognitivo do modelo RR auxiliou a criação da escala dos níveis representacionais. Relaciona-se o grau de complexidade de cada conceito com a carga cognitiva que cada nível representacional delimita. O objetivo é investigar o nível representacional do conhecimento, seus processos cognitivos e identificar uma medida de domínio desse conceito a partir do grau de complexidade.

No caso do estudante responder errado a questão assume-se que ele possui uma deficiência no aprendizado do conceito e não conseguiu realizar o processo cognitivo necessário para solução. Caso a resposta do estudante estar correta assume-se que ele domina uma porcentagem do grau de complexidade do conceito avaliado e também entende-se que o aluno conseguiu realizar os processos cognitivos relativos a solução daquela questão.

A pontuação que o estudante recebe ao responder corretamente uma questão é definida através da escala de pontuação dos níveis representacionais. A escala de níveis representacionais da avaliação de lógica é gerada a partir da divisão igual dos valores de complexidade do conceito nos níveis representacionais. A Tabela 2 refere-se ao grau

de complexidade dos conceitos e a pontuação que o aluno recebe ao responder os níveis representacionais de resposta apresentados.

Conceitos	Grau Complexidade	I1	E1	E2	E3
IL	1	0.25	0.50	0.75	1.00
N	1	0.25	0.50	0.75	1.00
D	1	0.25	0.50	0.75	1.00
SH	3	0.75	1.50	2.25	3.00
MP	3	0.75	1.50	2.25	3.00
MT	4	1.00	2.00	3.00	4.00
SD	4	1.00	2.00	3.00	4.00
RI	7	1.75	3.50	5.25	7.00

Tabela 2. Grau de complexidade dos conceitos e escala de pontuação dos níveis representacionais

4.1.2. Estrutura das Questões e Respostas

Uma questão apresenta como estrutura geral cinco elementos:

- *Questão:* É a pergunta que o professor utiliza para avaliar o conhecimento do aluno. Uma questão possui quatro subquestões vinculadas a ela.
- *Conceitos avaliados:* São os conceitos que o professor define como essenciais para solução da questão.
- *Subquestões:* As subquestões avaliam os conceitos, necessários para solução da questão, nos níveis: Implícito 1, Explícito 1, Explícito 2 e Explícito 3.
- *Respostas corretas e incorretas:* As respostas certas contém a pontuação de domínio dos conceitos. As respostas erradas contém os conceitos que o aluno errou ao selecionar aquela alternativa.
- *Prioridade:* A prioridade da questão classifica a questão como questão principal ou questão de mediação. As questões denominadas principais são aquelas que obrigatoriamente serão apresentadas ao aluno. As questões de mediação são as questões utilizadas para investigar o conceito que o aluno não domina, apresentadas de acordo com o erro do estudante.

Para resolver uma questão por completo, o aluno deverá passar gradativamente pelos quatro níveis de subquestões. A estruturação das quatro respostas as subquestões são baseadas nos níveis implícito 1, explícito 1, explícito 2, explícito 3 do modelo RR. Os conceitos utilizados na solução da questão são selecionados através da hierarquia de conceitos.

4.1.3. Dinamica de sequenciamento das Questões

O sequenciamento de questões, da avaliação de lógica proposicional, é criado baseado nas questões principais e questões de mediação. As questões principais compreendem a linha principal de solução da avaliação. O desempenho negativo do aluno, nas questões principais, desencadeiam a investigação dos conceitos errôneos, através das questões de

mediação. A Tabela 3 apresenta as questões, o tipo da questão e os conceitos a serem investigados por cada questão. As questões principais são a questão 1, questão 2, questão 3 e questão 4. As questões de mediação são a questão 5, questão 6, questão 7 e questão 8.

Questão	Tipo da Questão	SH	SD	MT	MP
Questão 1	Principal		X	X	X
Questão 2	Principal	X	X	X	X
Questão 3	Principal	X	X	X	
Questão 4	Principal		X	X	X
Questão 5	mediação				X
Questão 6	mediação	X			
Questão 7	mediação			X	
Questão 8	mediação		X		

Tabela 3. Questões, tipos de questões e conceitos avaliados nas questões da avaliação de lógica

As questões principais formam o caminho principal a ser percorrido pelo estudante, durante a avaliação. Serão apresentadas ao aluno independente da resposta correta ou incorreta do estudante. As questões de mediação são apresentadas ao estudante baseadas nas respostas incorretas as subquestões. A descrição do algoritmo utilizado para o sequenciamento é apresentado no trabalho [Tesseroli 2015].

4.2. Módulo gerador da interface

Esse módulo é responsável pela apresentação da avaliação ao estudante, dados como a próxima questão e qual subquestão são utilizados para gerar a interface. A Figura 3 apresenta a pergunta selecionada para apresentar um exemplo de interface. O enunciado da pergunta é: “Verifique que é válido o argumento: $(p \rightarrow q, q \rightarrow t, p \vee r, r \rightarrow s, \sim s, t)$ ”. A subquestão 1, nível de resposta implícito 1 é “Assinale a alternativa correta que demonstra a validade do argumento:”. As respostas são estruturadas segundo nível representacional implícito 1, seleção de alternativas [Tesseroli and Pimentel 2014]. A primeira alternativa $(p \rightarrow t, \sim r, p, t)$ e a segunda alternativa $(\sim r, p, p \rightarrow t, t)$ são as respostas corretas.

Figura 3. Estrutura de subquestão Nível Implícito 1

A próxima subquestão é a subquestão 2, nível de resposta explícito 1, apresentada na Figura 4. O enunciado da subquestão 2 é: “Relacione os conceitos abaixo com as operações lógicas a seguir: (1) MP, (2) SD, (3) MT, (4) SD”. As respostas são estruturadas segundo nível representacional explícito 1, combinação entre conceito e utilização [Tesseroli and Pimentel 2014]. A resposta correta compreende a combinação correta dos conceitos MP, SD, MT e SD com sua utilização.

O estudante responderá a subquestão 2 relacionando o conceito com sua respectiva operação. A interação ocorre através da seleção, no campo numérico, do número correspondente ao conceito escolhido. Para cada bloco o aluno selecionará o valor e clicará em OK. Se o aluno acerta um bloco específico então, formaliza o conceito investigado e o próximo bloco é desbloqueado. Senão, se o aluno erra um bloco específico então, uma questão de mediação é apresentada.

Figura 4. Estrutura de subquestão Nível Explícito 1

A próxima subquestão é a subquestão 3. A Figura 5 apresenta os dados referentes a subquestão 3. O enunciado da subquestão 3 é: “Preencha as lacunas com os passos necessários para solução da questão”. As respostas são estruturas baseadas no nível representacional explícito 2, preenchimento de lacunas [Tesseroli and Pimentel 2014]. A resposta correta é o preenchimento de todas as lacunas com as operações corretas.

O objetivo é preencher as lacunas em branco com a dedução necessária para provar o argumento. Através da estrutura arrastar e largar o estudante seleciona a alternativa que julga correta e a leva até a lacuna em branco, solta a alternativa respondendo o bloco. A cada resposta certa do aluno o próximo bloco é liberado para solução.

Figura 5. Estrutura de subquestão Nível Explícito 2

A última subquestão é a subquestão 4. A Figura 6 apresenta a subquestão 4 e suas respectivas respostas. O enunciado da subquestão 4 é: “Deduz a conclusão utilizando as proposições contextualizadas”. A estrutura de resposta da subquestão 4 é baseada no nível representacional explícito 3, seleção de múltiplas escolhas.

Ao responder satisfatoriamente a subquestão 4 entende-se que o estudante possui perícia total necessária para solução da questão. Caso o aluno não selecione todas as alternativas corretas ou selecione alternativas incorretas, a pontuação das alternativas corretas é atribuída e a próxima questão de remediação é selecionada a partir das repostas incorretas.

4.3. Módulo gerador do perfil do estudante

O módulo do estudante é responsável por criar o perfil de aprendizado do aluno. A partir das repostas corretas e incorretas é gerado em forma de hierarquia de conceitos o desem-

Verifique a validade do argumento:
 $p \rightarrow q, q \rightarrow t, p \vee r, r \rightarrow s, \sim s \vdash t$

As proposições do problema foram contextualizadas segundo a tabela abaixo:

p = A casa é vermelha	r = Bebe café	t = Cria pássaros
q = É britânico	s = Fuma prince	

Deduza as conclusões utilizando as proposições contextualizadas:

☒ Se a casa é vermelha, então é britânico. Se é britânico, então cria pássaros. Se a casa é vermelha, então cria pássaros.	☐ Se a casa é vermelha, então é britânico. Se é britânico, então cria pássaros. Se a casa é vermelha, então não cria pássaros.
☒ Se bebe café, então fuma prince. Não fuma prince. Não bebe café.	☐ Se bebe café, então fuma prince. Não fuma prince. Bebe café.
☒ Ou a casa é vermelha ou bebe café. Não bebe café. A casa é vermelha.	☐ Ou a casa é vermelha ou bebe café. Não bebe café. A casa não é vermelha.
☒ Se a casa é vermelha, então cria pássaros. A casa é vermelha. Cria pássaros.	☐ Se a casa é vermelha, então cria pássaros. A casa é vermelha. Não cria pássaros.

ok

Figura 6. Estrutura de subquestão Nível Explícito 3

penho do aluno, contextualizado com a teoria RR.

5. Análise de dados

A análise de dados é realizada através da implementação de um algoritmo, gerador das possibilidades de respostas do aluno. O objetivo é simular as possíveis respostas, corretas e incorretas, que o estudante selecionaria ao responder a avaliação de lógica. O método escolhido para gerar as possibilidades de respostas é o algoritmo de busca em profundidade. Sendo inviável a apresentação de todas as possibilidades, um exemplo foi selecionado para a análise de dados.

Figura 7. Exemplo 1 de resposta do aluno.

A Figura 7 apresenta o exemplo 1 de simulação de resposta, de um aluno fictício. As colunas em cinza são as questões principais e as em branco são as questões de remediação. As setas apresentam a sequência de questões respondidas pelo estudante. As questões que o aluno fictício acerta por completo são as questões 03,05,06,07 e as questões que o aluno acerta parcialmente são as questões 01,02,04.

A pontuação recebida pelo aluno é apresentada na Tabela 4, esta detalha os conceitos avaliados nas questões, até qual subquestão acertou e errou e a pontuação recebida por cada nível representacional. A nota que o estudante recebe esta relacionada a pontuação do conceito. O estudante não terá uma nota geral da avaliação, mas terá a pontuação detalhada do conceito investigado em cada questão da avaliação.

Após a análise dos dados, o arcabouço apresenta os resultados no formato da Figura 8. Os nós são os conceitos investigados na avaliação, os níveis apresentam qual nível

Conceitos	Questão Respondida	Subquestão Errada	Última subquestão correta	Último nível de resposta correto	Pontos	Pontuação Total
Conceito SD	Questão 01	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	1	2
	Questão 02	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	1	
	Questão 03	Subquestão 4	Subquestão 4	Nível E3	4	
	Questão 04	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	2	
Conceito MT	Questão 01	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	1	2,4
	Questão 02	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	1	
	Questão 03	Subquestão 4	Subquestão 3	Nível E2	4	
	Questão 04	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	2	
	Questão 07	Subquestão 4	Subquestão 4	Nível E3	4	
Conceito MP	Questão 01	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	0,75	1,5
	Questão 05	Subquestão 4	Subquestão 4	Nível E3	3	
	Questão 02	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	0,75	
	Questão 04	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	1,50	
Conceito SH	Questão 02	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	0,75	2,25
	Questão 06	Subquestão 4	Subquestão 4	Nível E3	3	
	Questão 03	Subquestão 4	Subquestão 4	Nível E3	3	

Tabela 4. Pontuação para o exemplo 1 de resposta do estudante

representacional o conceito encontra-se e as questão são as perguntas que o estudante respondeu.

Figura 8. Hierarquia de conceitos com a pontuação e os níveis representacionais dos conceitos avaliados do exemplo 1

A partir da hierarquia de conceitos o professor identifica quais os conceitos que a avaliação investigou ou não investigou e as questões respondidas. Identifica também, quais os níveis representacionais dos conceitos e a pontuação obtida para cada conceito. A abordagem de classificação dos conceitos nos níveis representacionais do modelo RR permite ao especialista inferir sobre o atual estado cognitivo do estudo e através das características de cada nível remodelar a sua prática pedagógica.

6. Conclusão

Contextualizamos o modelo de redescrição representacional, suas diferentes fases e níveis representacionais. Baseado nessas características propomos um modelo de avaliação onde cada nível representacional: Implícito 1, Explícito 1, Explícito 2, Explícito 3, possui uma estrutura específica. A intenção é identificar o nível representacional do conceito armazenado na mente do indivíduo, através das estruturas das subquestões e suas respectivas respostas.

A principal contribuição do trabalho é a criação de uma escala baseada em princípios cognitivos. Utilizando a teoria de Gagné estipulamos o grau de complexidade dos conceitos. Aplicando a teoria de redescrição representacional definimos as estruturas de questões e respostas. Através da junção desses dois modelos criamos a escala de níveis representacionais, onde a partir do grau de complexidade quantificamos a pontuação do aluno caso acerte uma questão e nível de subquestão.

Como trabalho futuro citamos a possibilidade da divisão do grau de complexidade, na escala de níveis representacionais, levando em consideração a curva de aprendizado U. Visto que na fase 2 ocorre uma possível queda do desempenho do indivíduo [Karmiloff-Smith 1995]. Outra possibilidade é realizar o sequenciamento de questões através da vizinhança do nó da hierarquia e não apenas utilizando questões principais e de remediação.

Referências

- [Cardoso 2001] Cardoso, R. F. (2001). Avalweb sistema interativo para gerencia de questões e aplicação de avaliação na web.
- [Carretero and Castorina 2013] Carretero, M. and Castorina, J. A. (2013). *Desenvolvimento cognitivo e educação: processos do conhecimento e conteúdos específicos.*, volume 2. Porto Alegre: Penso.
- [Demo 2002] Demo, P. (2002). *Mitologias da avaliação: de como ignorar, em vez de enfrentar problemas.* São Paulo: Editora Autores Associados, 2 edition.
- [Driscoll 2005] Driscoll, M. P. (2005). *Psychology of Learning for Instruction.* Florida State University: Pearson, 3 edition.
- [Kampff and Alves 2010] Kampff, A. J. and Alves, G. C. (2010). Netaula - geração automática de avaliações. *RENOTE, Universidade do Rio Grande do Sul*, v. 8(n. 3).
- [Karmiloff-Smith 1994] Karmiloff-Smith, A. (1994). Précis of beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 17(n. 4):693–707.
- [Karmiloff-Smith 1995] Karmiloff-Smith, A. (1995). *Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive.* Cambridge: MIT Press, 2 edition.
- [Leão and Reis 2006] Leão, P. L. and Reis, C. L. (2006). Uma linguagem visual para avaliação adaptativa de aprendizagem baseada em gramática de grafos. *RENOTE, Universidade do Rio Grande do Sul*, v. 4(n. 2).
- [Magalhães and Carpinteiro 2004] Magalhães, D. R. and Carpinteiro, O. A. S. (March 14 - 17, 2004). Um modelo computacional de avaliação de alunos. In *World Congress on Engineering and Technology Education*, pages 658–661, São Paulo.

- [Morais 2002] Moraes, C. T. Q. (2002). Avaliação interativa de alunos em curso na web baseado em automatos finitos.
- [Oliveira and Peixoto 2012] Oliveira, W. P. and Peixoto, C. S. (2012). Ferramentas avaliativas e mapas conceituais na regulação de conteúdos didáticos em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem (avas). *RENOTE, Universidade do Rio Grande do Sul*, v. 10(n. 3).
- [Pimentel 2006] Pimentel, E. (2006). Um modelo para avaliação e acompanhamento contínuo do nível de aquisição de conhecimentos do aprendiz.
- [Raphael and Carrara 2002] Raphael, H. S. and Carrara, K. (2002). *Avaliação sob exame*. Campinas: Editora Autores Associados.
- [Taveira 2003] Taveira, R. D. (2003). Implementando um mecanismo de processamento de conhecimento em uma ferramenta de ead.
- [Tesseroli and Pimentel 2014] Tesseroli, R. and Pimentel, A. (2014). Modelagem de respostas baseadas no modelo de redescrição representacional. In *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, pages 605–608, Fortaleza.
- [Tesseroli 2015] Tesseroli, R. d. C. (2015). Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno baseado no modelo de redescrição representacional.
- [Torres 2009] Torres, D. d. O. (2009). Sistema de gerência de questões e respostas: avalweb 2.0.
- [Venancio 2011] Venancio, V. (2011). Seeall: sistema interativo de apoio ao planejamento e acompanhamento de aprendizagem baseado em competências.
- [Zanella 2005] Zanella, R. (2005). Easy - sistema de avaliação via web baseado no hyper-automaton. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7822/000557717.pdf?sequence=1>.