

RITA DE CASSIA TESSEROLI

**ARCABOUÇO PARA MAPEAMENTO DO  
CONHECIMENTO DO ALUNO BASEADO NO MODELO DE  
REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Ricardo Pimentel

CURITIBA

2015

Tesseroli, Rita de Cassia

Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno baseado no modelo de redescrição representacional / Rita de Cassia Tesseroli.

– Curitiba, 2015

76 f. : il.; tabs.

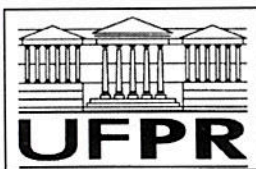
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Informática.

Orientador: Andrey Ricardo Pimentel

Bibliografia: p.74-76

1. Estudantes - Avaliação. 2. Avaliação. 3. Informática na educação. I. Pimentel, Andrey Ricardo. II. Título

CDD 371.27



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Paraná  
Programa de Pós-Graduação em Informática

## PARECER

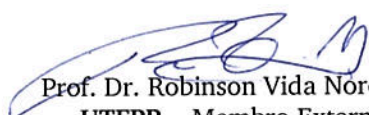
Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática, da aluna Rita de Cássia Tesseroli, avaliamos o trabalho intitulado, “Arcabouço para mapeamento do conhecimento do aluno baseado no Modelo de Redescrição Representacional”, cuja defesa foi realizada no dia 28 de agosto de 2015, às 09:30 horas, no Departamento de Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela:

**aprovação** da candidata. ( ) **reprovação** da candidata.


Curitiba, 28 de agosto de 2015.



Prof. Dr. Andrey Ricardo Pimentel  
PPGInf - Orientador



Prof. Dr. Robinson Vida Noronha  
UTFPR – Membro Externo



Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne  
PPGInf – Membro Interno



*Aos meus pais, que sempre lutaram e lutam para dar a sua pequena garotinha uma educação de qualidade.*

## AGRADECIMENTOS

*“...The hearts I had touched will be the proof that I leave  
That I made one little difference in this world  
I was here...”*

Agradeço a Deus.

Obrigada a minha Família e as diversas Famílias, pela ajuda na caminhada.

Agradeço aos meus Amigos, vizinhos de laboratório, que influenciaram o andamento da pesquisa e acompanharam minha evolução como pessoa.

Agradeço a todos os funcionários do Departamento de Informática pela simpatia.

Um muito obrigada a todos os Professores que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização dessa pesquisa.

There are times when all the world's asleep  
The questions run too deep  
For such a simple man  
Won't you please  
Please tell me what we've learned  
Cause I'm feeling so logical, digital.  
*The Logical Song - Supertramp.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto da Pesquisa . . . . .	1
1.2 Justificativa . . . . .	3
1.3 Problema de Pesquisa . . . . .	4
1.4 Objetivos Gerais . . . . .	5
1.5 Objetivos Específicos . . . . .	5
1.6 Metodologia . . . . .	6
1.7 Estrutura do Documento . . . . .	7
<b>2 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM</b>	<b>8</b>
2.1 Ferramentas computacionais de avaliação . . . . .	10
<b>3 MODELO DE REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL</b>	<b>13</b>
3.1 Fases do modelo de Redescrição Representacional . . . . .	13
3.2 Níveis do modelo de Redescrição Representacional . . . . .	15
3.3 Estudos baseadas no Modelo de Redescrição Representacional . . . . .	16
3.4 Modelagem de respostas baseadas no modelo de Redescrição Representacional	17
3.4.1 Modelagem das respostas Nível Implícito 1 (I1) . . . . .	17
3.4.2 Modelagem das respostas Nível Explícito 1 (E1) . . . . .	17
3.4.3 Modelagem das respostas Nível Explícito 2 (E2) . . . . .	18
3.4.4 Modelagem das respostas Nível Explícito 3 (E3) . . . . .	19
<b>4 ARCABOUÇO PARA MAPEAMENTO DO CONHECIMENTO DO ALUNO.</b>	<b>20</b>
4.1 Estrutura da hierarquia de conceitos . . . . .	27
4.2 Estrutura da questão e subquestões . . . . .	29
4.3 Sequenciamento das questões . . . . .	35
4.4 Análise de dados . . . . .	37

<b>5</b>	<b>DOMÍNIO DA LÓGICA PROPOSICIONAL</b>	<b>41</b>
5.1	Rascunho da avaliação de Lógica Proposicional. . . . .	41
5.2	Estrutura da Hierarquia de conceitos. . . . .	42
5.3	Estrutura das questões e subquestões. . . . .	44
5.4	Sequenciamento de Questões . . . . .	53
5.5	Análise dos dados . . . . .	56
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>62</b>
6.1	Conclusão . . . . .	62
6.2	Limitações . . . . .	62
6.3	Trabalhos futuros . . . . .	63
<b>A</b>	<b>APÊNDICE</b>	<b>64</b>
<b>B</b>	<b>APÊNDICE</b>	<b>68</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>74</b>



## LISTA DE FIGURAS

3.1	Pré-requisitos da passagem de fases do modelo . . . . .	14
3.2	Fases da criação da representação de uma forma linguística . . . . .	15
3.3	Estrutura de resposta Nível Implícito 1 (I1) . . . . .	18
3.4	Estrutura de respostas Nível Explícito 1 (E1) . . . . .	18
3.5	Estrutura de respostas Nível Explícito 2 (E2) . . . . .	19
3.6	Estrutura de respostas Nível Explícito 3 (E3) . . . . .	19
4.1	Exemplo de folha cola com dados da avaliação. . . . .	21
4.2	Exemplo de cadastro de conceitos para uma questão genérica. . . . .	22
4.3	Modelo de estrutura de uma questão. . . . .	24
4.4	Questão, subquestões e repostas corretas, incorretas. . . . .	25
4.5	Sequência de subquestões respondidas pelo aluno. . . . .	25
4.6	Sequencia de subquestões respondidas pelo aluno com acertos e erros. . . . .	26
4.7	Hierarquia de aprendizagem proposta por Gagné. . . . .	27
4.8	Hierarquia de conceitos proposta pelo trabalho. . . . .	28
4.9	Hierarquia de conceitos e marcação dos conceitos investigados na avaliação	30
4.10	Questão geral 1 . . . . .	30
4.11	Questão geral 1 e subquestão 1 . . . . .	31
4.12	Questão geral 1, subquestão 1, nível de resposta Implícito 1. . . . .	31
4.13	Questão geral 1, subquestões e respostas cadastradas no arcabouço . . . . .	32
4.14	Questão geral 1, subquestão 1, nível de resposta implícito 1. . . . .	34
4.15	Questão geral 1, subquestão 2, nível de resposta explícito 1 . . . . .	34
4.16	Questão geral 1, subquestão 3, nível de resposta explícito 2. . . . .	35
4.17	Questão geral 1, subquestão 4, nível de resposta explícito 3. . . . .	35
4.18	Exemplo de sequenciamento de questões. . . . .	36
4.19	Escala dos níveis representacionais do conceito 1 e a localização do desem- penho do aluno . . . . .	38
4.20	Escala dos níveis representacionais do conceito 2 e a localização do desem- penho do aluno . . . . .	39
4.21	Escala dos níveis representacionais do conceito 5 e a localização do desem- penho do aluno . . . . .	39
4.22	Escala dos níveis representacionais do conceito 6 e a localização do desem- penho do aluno . . . . .	39
4.23	Escala dos níveis representacionais do conceito 9 e a localização do desem- penho do aluno . . . . .	39

4.24	Escala dos níveis representacionais do conceito 10 e a localização do desempenho do aluno . . . . .	40
4.25	Hierarquia de conceitos com a pontuação e os níveis representacionais dos conceitos avaliados do estudante fictício . . . . .	40
5.1	Rascunho da avaliação de Lógica Proposicional . . . . .	42
5.2	Hierarquia de conceitos da avaliação de lógica proposicional . . . . .	43
5.3	Enunciado da questão 2. . . . .	44
5.4	Fluxograma das repostas da questão 2. . . . .	45
5.5	Conceitos avaliados na questão 2. . . . .	46
5.6	Escala de níveis representacionais e grau de complexidade dos conceitos avaliados na questão 2. . . . .	46
5.7	Subquestão 1 e pontuação das respostas nível implícito 1 . . . . .	47
5.8	Estrutura de tela da subquestão 1 . . . . .	47
5.9	Subquestão 2 e pontuação das respostas nível explícito 1 . . . . .	48
5.10	Estrutura de tela da subquestão 2 . . . . .	49
5.11	Subquestão 3 e pontuação das respostas nível explícito 2 . . . . .	50
5.12	Estrutura de tela da subquestão 3 . . . . .	51
5.13	Subquestão 4 e pontuação das respostas Nível E3 . . . . .	52
5.14	Estrutura de tela da subquestão 4, apresentada ao aluno . . . . .	53
5.15	Exemplo 1 de resposta do aluno. . . . .	57
5.16	Escala representacional do conceito SH e localização do desempenho do estudante . . . . .	59
5.17	Escala dos níveis representacionais do conceito MT e a localização do desempenho do aluno . . . . .	59
5.18	Escala dos níveis representacionais do conceito MP e a localização do desempenho do aluno . . . . .	59
5.19	Escala dos níveis representacionais do conceito SD e a localização do desempenho do aluno . . . . .	60
5.20	Hierarquia de conceitos com a pontuação e os níveis representacionais dos conceitos avaliados do exemplo 1 . . . . .	60
5.21	Dicas relacionadas aos processos cognitivos realizados pelo estudante ao responder a avaliação . . . . .	61
A.1	Hierarquia de conceitos Questão geral 2. . . . .	64
A.2	Hierarquia de conceitos Questão geral 3. . . . .	64
A.3	Hierarquia de conceitos Questão geral 4. . . . .	64
A.4	Hierarquia de conceitos Questão geral 5. . . . .	64
A.5	Hierarquia de conceitos Questão geral 6. . . . .	65

A.6 Hierarquia de conceitos Questão geral 7. . . . .	65
A.7 Hierarquia de conceitos Questão geral 8. . . . .	65
A.8 Hierarquia de conceitos Questão geral 9. . . . .	65
A.9 Hierarquia de conceitos Questão geral 10. . . . .	65
A.10 Hierarquia de conceitos Questão geral 11. . . . .	65
A.11 Hierarquia de conceitos Questão geral 12. . . . .	66
A.12 Hierarquia de conceitos Questão geral 13. . . . .	66
A.13 Hierarquia de conceitos Questão geral 14. . . . .	66
A.14 Hierarquia de conceitos Questão geral 15. . . . .	66
A.15 Possibilidades de respostas da questão geral 1 . . . . .	67

## LISTA DE TABELAS

4.1 Tabela com o grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral . . . . .	28
4.2 Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral . . . . .	29
4.3 Grau de complexidade e escala dos níveis representacionais dos conceitos avaliados na Questão Geral 1. . . . .	33
4.4 Tabela com os valores das respostas do aluno fictício a uma avaliação geral	38
5.1 Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação de lógica proposicional . . . . .	43
5.2 Grau de complexidade dos conceitos e escala de pontuação dos níveis representacionais . . . . .	44
5.3 Questões, tipos de questões e conceitos avaliados nas questões da avaliação de lógica . . . . .	53
5.4 Sequenciamento da Questão 1 de lógica proposicional . . . . .	55
5.5 Pontuação para o exemplo 1 de resposta do estudante . . . . .	58
A.1 Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral . . . . .	66
B.1 Grau de complexidade dos conceitos . . . . .	68
B.2 Questões da avaliação geral e os conceitos investigados . . . . .	68
B.3 Tabela referente a Questão 02 . . . . .	69
B.4 Tabela referente a Questão 03 . . . . .	70
B.5 Tabela referente a Questão 04 . . . . .	71
B.6 Tabela referente a Questão 05 . . . . .	71
B.7 Tabela referente a Questão 06 . . . . .	72
B.8 Tabela referente a Questão 07 . . . . .	72
B.9 Tabela referente a Questão 08 . . . . .	72
B.10 Pontuação para o exemplo 1 de resposta do estudante . . . . .	73
B.11 Pontuação recebida pelo aluno do Exemplo 1 . . . . .	73

## RESUMO

Este trabalho propõe um arcabouço conceitual para auxiliar o professor 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 baseados nos processos cognitivos, implícito 1, explícito 1, explícito 2, explícito 3 do modelo de redescrição representacional. Através dessas estruturas é realizada a análise dos processos cognitivos do estudante, no momento da resolução das questões e subquestões. Os dados gerados da interação do estudante com o arcabouço são apresentados de maneira intuitiva ao professor, fundamentando possível mudança na estratégia pedagógica. 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. Foi proposto um modelo para a implementação da referida teoria e foram realizadas simulações no modelo para verificar a sua compatibilidade. Além disso, é apresentado um estudo de caso sobre a aplicação da RR no ensino de lógica proposicional.

Palavras-chave: Redescrição Representacional, Avaliação, Remediação de Erros, Informática na Educação.

## ABSTRACT

This paper proposes a conceptual framework to help the teacher 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 levels based on cognitive processes, implicit 1, explicit 1, explicit 2 and explicit 3 of the representational redescription model. Through these structures the analysis of the student's cognitive processes is carried out at the decision moment of deciding between questions and sub-questions. The data generated from the student's interaction with the framework are presented intuitively to the teacher, basing a possible change in the pedagogical strategy. The framework aims to identify, from the student's answer, in which representational level are the concepts of the student and what is the concept of domain score, regarding the resolution of the question referred. According to this result it is possible to identify which cognitive processes the student performs and what remediation or teaching tactics are the best to be chosen and applied to the teaching method. A model was proposed for the implementation of that theory and simulations were performed on the model to verify its compatibility. In addition, it presents a case study on the implementation of RR in propositional logic teaching.

Keywords: Representational Redescription, Assessment, Error Remediation, Computers in Education.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O principal objetivo dessa pesquisa é integrar e moldar uma determinada teoria cognitiva a um instrumento computacional de avaliação. O primeiro capítulo é composto por três sessões, onde inicialmente contextualiza-se a pesquisa, em seguida, define-se o problema a ser investigado e por fim, apresenta-se a metodologia utilizada durante a pesquisa. No final do capítulo é apresentada a estrutura do documento.

### 1.1 Contexto da Pesquisa

Uma avaliação é como um termômetro. O termômetro diz se você tem febre ou não, ele não diz porque é que você tem febre. Nesse sentido, várias vezes, a avaliação só serve pra indicar algo que você já sabia.

Cuidado! Tem muita avaliação que é feita da forma que vou caracterizar: Eu e você estamos perdidos no deserto nos arrastando na areia. Não sabemos onde estamos e muito menos para onde vamos. Mas, sabemos de uma coisa: Estamos perdidos no deserto! No deserto não existe referência, existe apenas areia, areia para tudo quanto é lado!

De repente, a gente vê, lá longe, uma placa! Iremos nos achar! Iremos nos salvar! Então, com nossas ultimas forças nos arrastamos pela areia até chegarmos perto da placa. Paramos em frente a placa e para nossa surpresa havia nela o desenho de uma seta?! Uma seta apontando para baixo com o seguinte letreiro:  *você está aqui!*

Essa informação é absolutamente precisa e inútil! Pois bem, algumas avaliações servem justamente para dizer no meio do deserto que você está aqui!

[7]

Essa pequena caricatura da avaliação educacional levanta algumas questões para reflexão sobre o processo avaliativo. Primeira: As finalidades dos instrumentos de avaliação são diagnosticar, investigar o processo de aprendizagem ou servem como meros instrumentos de constatação de resultados? Segunda: As interpretações dos dados de baixo rendimento, dos estudantes, auxiliam o professor na retomada ao caminho de aprendizagem? Terceira: Os instrumentos utilizados na prática avaliativa são instrumentos adequados para coletar dados sobre o desempenho do estudante? [21] [11]

A avaliação para a aprendizagem é composta por instrumentos investigativos. Entende-se por instrumentos investigativos testes (provas orais e escritas), portfólios, observação,

relatórios, leituras, etc. A avaliação busca através desses instrumentos refletir a realidade do aluno, seu contexto social e seus processos cognitivos, indo além de valores numéricos. Busca também, oportunizar o diálogo entre o professor e o aluno. Permite ao professor refletir sobre sua prática pedagógica. Questionar-se sobre seus métodos. Buscar novas maneiras de ensinar e principalmente investigar a trajetória de construção do conhecimento do estudante [13].

Um dos equívocos realizados durante o processo de avaliação é a utilização dos instrumentos investigativos com a finalidade errada. Por exemplo, a prática de realizar a avaliação apenas no final do processo de aprendizagem. Os instrumentos investigativos são utilizados para atribuir notas aos resultados dos testes, não existe interpretação e questionamento do porquê desses resultados. Reduz-se a finalidade da avaliação a registro do desempenho do aluno e constatação do desempenho final do estudante. A avaliação exige do professor o trabalho de interpretação dos resultados, de investigação da causa do bom ou mau desempenho do aluno durante todo o processo de aprendizado. [12].

Avalia-se para saber se o aluno está aprendendo ou não e para identificar qual a distância que o estudante está do objetivo proposto na ementa da disciplina. Esse processo exige que o professor inicialmente classifique a posição favorável ou desfavorável do estudante. Em seguida, realize o diagnóstico do porquê este aluno está com bom ou mal desempenho na matéria dada. 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. [8].

Identificar dificuldades na aprendizagem significa que dentro da escala da expectativa curricular o desempenho do estudante não é satisfatório. Essa escala de contraste é utilizada para auxiliar o professor a aferir, posicionar o estudante no processo de aprendizagem obtendo diagnóstico útil para responder o porquê o aluno não aprende. Para a construção desses indicadores é necessária a definição, através de um quadro teórico interpretativo de fundo, do que pretende-se indicar. Esse indicador deve apresentar a interpretação da realidade sendo possível extrair seu real significado [8].

Criar uma avaliação com suporte a indicadores requer que o instrumento capte as representações do conhecimento, os processos cognitivos e a forma que o estudante tenta resolver o problema. Um dos problemas dos instrumentos de avaliação é que alguns instrumentos são criados com a visão que o conhecimento é estoque de informação. Sendo possível este conhecimento ser avaliado se os instrumentos de avaliação forem válidos e precisos. Identifica-se a necessidade de instrumentos que consideram como ocorre o processo de criação do conhecimento do aluno, como ocorrem os processos cognitivos e quais as estratégias de aprendizagem do aluno [29].

O presente trabalho busca através da teoria cognitiva de redescritção representacional, proposta por Karmiloff-Smith [15], criar um modelo conceitual de avaliação que valoriza os processos cognitivos do estudante, seus estágios de aprendizado e a estrutura do co-



nhecimento presente na mente do aluno. O modelo conceitual proposto define estruturas de questões, subquestões e respostas baseadas no processo de aquisição de conhecimento definidos pelo modelo de redescrição representacional. 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.

## 1.2 Justificativa

Avaliar um aluno implica em tomada de decisão. O professor, durante o processo avaliativo, tem a tarefa de qualificar o desempenho do aluno positivamente ou negativamente. Mas, apenas qualificar não basta. É necessário saber o que fazer quando o estudante tem desempenho insatisfatório e é necessário até mesmo saber o que fazer quando o estudante tem bom desempenho, para dar continuidade ao processo de aprendizagem. Avaliar é decidir, a partir das características de cada aluno, qual a melhor estratégia de ensinar [21].

São duas as perspectivas de avaliação abordados nesse trabalho. A primeira visão é a avaliação como instrumento de constatação e mensuração dos resultados dos testes. A intenção dessa avaliação é constatação de resultados. Aplica-se testes para verificar se o aluno sabe ou não sabe o conteúdo, com intuito de medir o conhecimento do estudante. A avaliação segundo esse panorama é instrumento que comprova resultados numéricos, atribuídos pelo professor [13].

A segunda visão é a avaliação como um método investigativo da efetividade dos métodos pedagógicos, utilizados pelo professor. Neste segundo quadro investiga-se o processo de aprendizado do estudante. Essa avaliação é realizada através das anotações, registros escritos, pelo professor, sobre os alunos. Nesse processo o professor questiona-se sobre o aprendizado do aluno, se o estudante realmente aprendeu. Questiona-se sobre como ocorreu e como ocorre a aprendizagem do estudante, se o aprendizado foi consciente ou inconsciente. Essa visão permite que o professor formule hipóteses a respeito do significado das respostas corretas e incorretas, dos alunos. Permite ao professor a partir do conhecimento já produzido, pelo aluno, ir além, ampliar o saber do aluno [13].

Hoffmann apresenta linhas norteadores para que a prática avaliativa siga em direção do segundo panorama. Uma dessas orientações é a valorização da resposta do aluno. A discussão de conteúdo entra em cena. As respostas tornam-se perguntas e argumentos úteis para discussão de conteúdo, entre professor e aluno. Outra dica é a relação entre professor e aluno no momento da avaliação. É necessário que professor e aluno tenham consentimento que o ato avaliativo é momento de descoberta. Descoberta das lacunas na aprendizagem e possível remediação por parte do professor, sendo prática útil para planejamento futuro. A autora cita como recurso útil para concretização desse objetivo a

conversão dos métodos de correção tradicionais (verificação de erros e acertos) em métodos investigativos, de interpretação das alternativas das soluções dadas pelos alunos [13] .

Esse trabalho enquadra-se na segunda perspectiva apresentada, onde a avaliação é um método investigativo da efetividade dos métodos pedagógicos. Investiga-se o aprendizado, conhecimento do aluno e as práticas pedagógicas do professor. Os principais atores do processo avaliativo são o professor e o aluno, para ambos terem sucesso nessa jornada é necessária a valorização da resposta do aluno, por parte do professor, e oportunizar o dialogo entre ambos. Visando integrar esses preceitos buscou-se fundamentação teórica na área da ciência cognitiva para criação de um método de avaliação.

Dentre as correntes construtivista e inatista, destaca-se para o desenvolvimento desse trabalho, o casamento de ambas pelo Modelo RR, proposto por Karmiloff-Smith. O Modelo RR ou teoria da redescrição representacional, define que o aprendizado ocorre em fases, onde cada fase possui representações do conhecimento com características específicas. A partir do processo de redescrição representacional as representações armazenadas na mente do individuo são redescritas e suas características alteradas [17].

As características das fases e representações tornam-se parâmetros para o desenvolvimento do arcabouço. As questões, subquestões e respostas são adaptadas para avaliar os processos cognitivos dos níveis representacionais. No final da interação do aluno com o arcabouço é gerado uma escala com os conceitos avaliados pelas questões e qual nível representacional os conceitos do aluno encontram-se. Gerando dados uteis para interpretação do professor e futura remediação no processo de aprendizagem.

### 1.3 Problema de Pesquisa

Como adaptar e modelar a teoria de redescrição representacional a um ambiente computacional para fins de avaliação para aprendizagem?

O foco desse trabalho é criar um modelo de avaliação computacional, tendo como embasamento a teoria de redescrição representacional, proposta por Karmiloff-Smith [15]. O desafio está em identificar as principais características da teoria e adaptá-las a estruturas de questões e respostas.

Como criar um instrumento de avaliação que disponibilize ao professor uma estrutura de questões e respostas que avalie os processos cognitivos realizados pelo estudante, no momento da resolução da questão? Como essa estrutura poderia disponibilizar uma maneira de investigar o conhecimento do aluno e quantificar os acertos e erros do aluno? Valorizando tanto as respostas certas quanto as respostas erradas.

De que maneira pode-se atribuir notas ou pontos as questões expressando o real grau de complexidade da sua resolução? Definido esse quesito, qual a melhor forma identificar quanto o aluno domina ou não domina esse grau de complexidade, ao responder a questão?

A sequência de questões apresentadas ao estudante tem o compromisso de investigar quais os conceitos que o aluno domina ou não domina. Mas, como definir uma sequência dinâmica para avaliar o conceito que o aluno errou ao responder incorretamente a questão? Por exemplo, o aluno ao errar uma questão possui dificuldade ao formalizar um conceito avaliado. Esse conceito pode ser avaliado em uma questão mais fácil na próxima etapa.

No final da interação do estudante com o arcabouço o instrumento de avaliação apresentará os dados referentes ao desempenho do aluno. Qual a melhor forma de estruturar esses dados para instigar o diálogo entre professor e aluno? Incentivar a criação de argumentos, a discussão das lacunas de aprendizagem.

As questões principais, abordadas neste trabalho, são estruturadas da seguinte maneira:

- Q1** Como avaliar os processos cognitivos realizados pelo estudante no momento da resolução de questões?
- Q2** Como atribuir critérios, notas e escalas a esse instrumento de avaliação?
- Q3** Como criar uma sequência de questões que favoreça a investigação do conhecimento do aluno?
- Q4** Como apresentar os resultados obtidos com a avaliação de modo a auxiliar o professor no processo de tomada de decisão sobre suas ações pedagógicas?

## 1.4 Objetivos Gerais

Os objetivos gerais são um arcabouço que avalia o conhecimento do aluno através de questionamentos adaptados ao Modelo RR e criar um mecanismo que a partir da resposta do aluno enquadre os conceitos avaliados nos níveis representacionais do modelo.

## 1.5 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos delimitam a abrangência das funções do arcabouço, listados abaixo:

- Estruturar perguntas e respostas modelando-as computacionalmente baseadas nas características dos níveis representacionais do Modelo RR.
- Definir o mecanismo que quantifica e enquadra os conceitos, avaliados nas questões, nos níveis representacionais.
- Definir a sequência dinâmica de apresentação das questões para o aluno.
- Mapear e inferir o domínio dos conceitos avaliados na questão por parte do aluno.

- Apresentar o resultado do desempenho do aluno de maneira explicativa e intuitiva para o professor.

## 1.6 Metodologia

Um dos aspectos problemáticos encontrados 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 [29].

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 [5].

A partir da teoria de RR propomos uma estrutura onde uma questão possuirá os seguintes campos: questão, subquestão, conceitos utilizados para resolução, grau de complexidade dos conceitos. Uma questão possui quatro subquestões com respostas adaptadas ao nível representacional do modelo RR. Isto é, para completar a resolução de uma questão o aluno deverá passar gradativamente por quatro níveis de subquestões. A estruturação das respostas dessas quatro subquestões são baseadas nos níveis Implícito 1, Explícito 1, Explícito 2, Explícito 3 do modelo RR. Cada estrutura de resposta caracteriza o processo cognitivo realizado pelo indivíduo em cada nível representacional, seja na forma de responder rapidamente a questão, realizar analogias entre conceito e utilização, análise das alternativas ou verbalização da resposta.

A implementação desse modelo é através de um estudo de caso no domínio da lógica proposicional. Manualmente as questões são 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.

## 1.7 Estrutura do Documento

Esse documento está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 2** - Define o que é avaliação e estabelece diretrizes para sua criação.
- **Capítulo 3** - Apresenta as principais ferramentas computacionais de avaliação relacionadas ao trabalho.
- **Capítulo 4** - Modelo de redescrição representacional é descrito e trabalhos relacionados são apresentados.
- **Capítulo 5** - Neste capítulo é apresentado a proposta de solução do problema de pesquisa. São descritas as etapas de criação da avaliação e mensuração de resultados do arcabouço.
- **Capítulo 6** - O estudo de caso no domínio da lógica proposicional é especificado. No final do capítulo são apresentadas os resultados da avaliação gerada através de uma maquina de estado.
- **Capítulo 7** - Esse capítulo apresenta a conclusão e os trabalhos futuros.
- **Apêndice** - Registra dados referentes as questões, subquestões dos capítulos 5 e 6.

## CAPÍTULO 2

### AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Cada professor possui uma visão pessoal sobre o termo avaliação, esta definição muitas vezes é condicionada por sua formação e vivência escolar. Prova dessa afirmação é a pesquisa realizada pela professora e escritora Jussara Hoffmann. Em seus encontros com grupos de professores ela convida cada participante a relacionar a palavra “avaliação” a alguma representação ou personagem. Desse jogo surgem respostas interessantes que apresentam o “fenômeno avaliação” como um fenômeno mal definido. A seguir alguns exemplos de definições do termo avaliação, coletados nos encontros de Hoffman com professores, são selecionados e contextualizados com incongruências, citadas por Demo, no ato de atribuição de notas a alunos, por meio de provas [13] [8].

As duas primeiras definições selecionadas do termo avaliação são: Bola de praia e chicote. O professor que definiu avaliação como bola de praia argumenta que o processo avaliativo assemelha-se a uma bola de praia pela semelhança a um zero bem grande. Já o professor que caracteriza avaliação como chicote faz analogia ao condicionamento de comportamento, na presença do erro castiga e condiciona.

Essas definições vão de encontro com críticas, realizadas por Demo, sobre a utilização da nota em sala de aula por parte do professor. Um dos propósitos da utilização da nota em alguns casos, segundo o autor, é restringir e limitar o aprendizado a medidas quantitativas, insistindo em médias abstratas. Em casos onde não existe condizente proposta de aprendizagem a nota indica apenas pontos dispersos na evolução do estudante. Não valoriza-se o erro, que em alguns casos pode ser maior indicador de aprendizado que o próprio acerto [8].

As próximas duas representações, de avaliação escolhidas, são o cão policial e a onça. O professor que descreveu avaliação como cão policial a caracteriza como farejadora, controladora. Já a figura da onça aparece nos depoimentos caracterizando a avaliação como símbolo de ataque, causadora de marcas profundas irrecuperáveis. A atribuição de notas como mero instrumento pode servir apenas como arma, para obrigar a presença do aluno e reprimir o seu comportamento. Confunde-se autoridade com autoritarismo e a nota apenas comprova e escancara as desigualdades sociais [8].

As últimas duas representações da avaliação são a figura do Hitler e o ato da pedrada. O professor que definiu a avaliação como a figura de Hitler a define como dominadora. Já o professor que caracterizou a avaliação como pedrada a apresenta como sentença final recebida pelo que o aluno, não podendo reclamar. A nota fora do ambiente reconstitutivo facilmente humilha, prejudicando a auto-estima do aluno. A nota pode reduzir

sua finalidade a expor a incapacidade do aluno, sem oportunizar a retroceder, voltar, continuar e aprender no processo de aprendizagem. Torna-se mais um instrumento de exclusão e ao mesmo tempo dificilmente esta ligada ao direito de refazer ou recomeçar, valendo como veredito inamovível. Incorpora-se intervenção autoritária não a ideia de orientação para a aprendizagem, a nota quase sempre é dada de modo isolado, sem os necessários comentários de suas razões, impossibilitando a retomada da aprendizagem, contra-argumentando [8].

A avaliação pode ter duas faces, a face investigatória e a face deturpante. A face deturpante retrata a utilização errônea dos instrumentos avaliativos. Utilizada para esconder segundas intenções, corromper objetivos declarados, compensar frustrações do professor e normalizar seu autoritarismo. A face investigatória descreve a utilização dos instrumentos de aprendizagem como ferramentas de auxílio a reflexão do professor e do aluno. Permitem que o professor analise sua realidade, acompanhe o aluno na sua trajetória de construção do conhecimento. Para o aluno, os instrumentos de avaliação devem propiciar questões problemáticas que o provoquem a agir e despertem curiosidade. Caracterizando a avaliação como um processo interativo através do qual professores e alunos aprendem sobre si mesmo e sobre a realidade escolar. A utopia<sup>2</sup> da avaliação investigatória dedica-se a regulação da aprendizagem, orientando o aluno para identificar suas dificuldades, analisá-las e descobrir meios que lhe permitam progredir [11] [8] [13].

Os efeitos da avaliação, dos instrumentos de avaliação e das notas precisam ser cuidadosamente pensados para que o processo avaliativo tenha sentido e não se restrinjam a mero incômodo ou repressão e possam atingir razões pedagógicas. O objetivo não é apenas somar notas e produzir metas, mas acompanhar a evolução do aluno. O desempenho do aluno não é linear, tende a altos e baixos, a nota deve ser sensível a essas alterações para predominar o sentido de evolução. A nota necessita refletir o diagnóstico sobre a situação do aluno no processo de aprendizagem, o que já sabe e sua capacidade de aprender. De outro lado, a nota deve ser analisada com zelo pelo professor, expressando compromisso de realizar intervenções assegurando ao aluno o direito de aprender [8].

Os instrumentos avaliativos se tornam ferramentas úteis se pensados da forma citada acima. As notas e escalas de aprendizado podem tornar a trajetória de evolução do aluno mais visível. Permite a descoberta do aluno e do professor de onde eles se encontram e para onde precisam seguir no processo de aprendizagem. O aluno deve ter a noção que as notas e escalas de aprendizado são garantias do seu direito de aprender. O professor comprometido com a aprendizagem, do aluno, utiliza-se desses elementos acompanhados de comentários especificando sua razão. O aluno tem conhecimento dos motivos que o

---

<sup>2</sup>Thomas Morus quando criou a palavra utopia, no século XVI, era um conhecedor do grego clássico. Muita gente traduz utopia como sendo “lugar nenhum” ou como “impossível”. Mas o prefixo *topos* remete lugar. Se Thomas Morus quisesse dizer lugar nenhum, ou impossível, ele teria escrito atopia. Porque ‘a’, em grego, é o prefixo de negação para lugar. U, em grego, é negação para tempo. Por isso, utopia significa ainda não. [6]

fizeram errar ou acertar a questão [8].

Para auxiliar nesse processo propõe-se que os computadores, que hoje fazem parte integrante do cotidiano escolar, vistos como uma matéria ao lado de matemática, português sejam analisados como uma ferramenta que age ou opera em todas as áreas do currículo. Assim, as ferramentas computacionais tornam-se ferramentas instrucionais e de avaliação usadas pelos professores para ajudar os alunos a alcançar seus objetivos curriculares em matemática, português e outras matérias [31]

Na seção seguinte são apresentadas ferramentas computacionais que tem por objetivo avaliar o aluno. Os instrumentos de avaliação apresentados são desenvolvidos para coletar informações sobre o estado atual do conhecimento e da compreensão dos alunos, acerca de uma área específica de conteúdo. Fornecendo dados aos professor que servem de sustentação para modificar suas práticas pedagógicas.

## 2.1 Ferramentas computacionais de avaliação

Identificou-se que 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 da avaliação, avaliar o estudante segundo uma teoria pedagógica e acompanhar o aprendizado do estudante. Dentre os métodos computacionais utilizados no desenvolvimento do instrumento avaliativo destacam-se a teoria de autômatos, a teoria de grafos e a implementação do formalismo de ontologias.

As ferramentas avaliativas desenvolvidas por [14] [35] [4] tem como finalidade auxiliar o professor no momento da criação da avaliação. A proposta de [4] é a geração automática de avaliações baseada no nível de dificuldade das questões. O sistema de [14] visa a geração automática de questões. Cria-se provas, exercícios e testes através de questões previamente cadastradas em um banco de questões. O objetivo é reduzir o tempo gasto pelo professor no momento da criação de avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem. O sistema de gerência de questões e respostas proposto por [35] dispõe do cadastro, armazenamento, administração e aplicação de provas e a geração de estatísticas do desempenho do aluno. O objetivo é reduzir o tempo gasto na correção das provas.

A avaliação segundo habilidades e competências é proposta por [37]. O objetivo é a criação de um sistema de gestão para apoiar o planejamento pedagógico e acompanhar a aprendizagem do aluno, segundo suas as habilidades e competências cognitivas.

Utilizando teoria de autômatos na geração automática de avaliações destacam-se os trabalhos de [24] [38]. O modelo de visualização e criação de avaliação proposto por [18] fundamentam-se na teoria de grafos.

O sistema de [26] utiliza mapas conceituais para estruturar o conhecimento do aluno e propor uma avaliação baseado nos conceitos cadastrados nessa estrutura. O foco do



trabalho é a mediação de conteúdos didáticos. Através das respostas as avaliações a ferramenta apresenta um conteúdo didático baseado nos conceitos que o aluno não domina, ao responder errada a questão.

O modelo cognitivo ACT-R *Adaptive Control of Thought—Rational*, proposto por Anderson [3], é desenvolvido baseado no Framework de aquisição do conhecimento. Este Framework delimita duas fases principais para o desenvolvimento de uma habilidade cognitiva: fase declarativa e a fase processual [2]. Na fase declarativa os fatos a respeito do domínio de uma habilidade são interpretados e a fase processual onde o conhecimento do domínio é diretamente incorporado em procedimentos para desempenhar uma habilidade. Dentre as técnicas implementadas para acompanhar o desempenho do estudante no ACT-R duas destacam-se no contexto desse trabalho: *model tracing* e *knowledge tracing*. O *model tracing* acompanha passo-a-passo o caminho de solução do problema realizado pelo estudante. O objetivo é fornecer orientação ao aluno para que este possa chegar a uma conclusão necessária para resolver o problema. O *knowledge tracing* monitora a mudança de estado do conhecimento do estudante durante a prática.

O projeto de pesquisa desenvolvido nessa dissertação não realiza a tutoria do estudante na solução de problemas mas, acompanha o desenvolvimento do estudante através da geração de um sequenciamento de questões diferenciado para cada aluno, baseado no seu desempenho no momento da resolução da avaliação. A sequência de questões é criada levando em consideração questões que investigam conceitos semelhantes e os níveis cognitivos atuais do aluno.

A teoria de múltiplas representações externas (MREs) consiste em representações que contém: a informação a ser apresentada (mundo representado) e seus aspectos representados; a maneira que a informação é codificada (mundo representante) e seus aspectos modelados; a correspondência entre esses mundos. A adequação do tipo de representação para as exigências de aprendizagem pode melhorar significativamente o desempenho do aluno e a compreensão do conteúdo. Os benefícios da utilização de MREs são confrontados com a necessidade do estudante entender como a informação esta codificada e sua relação com o domínio representado [1]. As MREs trabalham as representações do ponto de vista da apresentação gráfico midiática, enquanto que a Teoria da Redescrição representacional enfoca no aspecto organizacional e cognitivo da representação.

O modelo proposto por [27] realiza o mapeamento do conhecimento do aluno e identifica as suas lacunas de aprendizagem, através do nível de aquisição de conhecimento do estudante. O trabalho define uma medida para identificar o grau de conhecimentos do aluno. A métrica criada é NAC, nível de aquisição do conhecimento. Essa medida indica o grau de conhecimentos do aprendiz em um conteúdo naquele instante.

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 para apresentar o professor dados que possibilitem a mudança nas suas estratégias pedagógicas.

O presente trabalho tem como objetivo propor uma modelagem que avalie o estudante considerando seus processos cognitivos. Busca-se a criação de uma ferramenta que ampare as decisões pedagógicas do professor no processo de ensino e aprendizado. Acredita-se que esses objetivos não serão cumpridos se a avaliação for pensada como um fardo a ser realizado pelo professor. Uma tarefa que deva ser automatizada para ganhar tempo, gerar estatísticas, médias para constatação de resultados. Pois, a geração de números sem teoria embasando os resultados nada diz.

A utilização de teorias cognitivas, proposta nesse trabalho, visa a identificação dos processos cognitivos realizados ou não realizados pelo estudante. A pontuação dada as questões ainda é um grande desafio se imaginarmos como valorar um processo cognitivo. Criar uma forma de pontuar as questões ainda é um assunto em aberto, visto que os trabalhos citados repassam essa responsabilidade ao professor.

## CAPÍTULO 3

### MODELO DE REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL

Baseada em conceitos específicos das teorias piagetianas e fodorianas a pesquisadora Anette Smith Karmiloff descreve o desenvolvimento do indivíduo como resultado de dois processos distintos e paralelos ocorrendo simultaneamente: o processo de modularização progressiva e o da explicitação progressiva das representações do conhecimento [30] [23].

A modularização proposta por [15] assume que a mente possui uma quantidade limitada de predisposições inatas que restringem o processamento a entradas específicas. Sendo assim, os níveis de ativação são inicialmente distribuídos por todo o cérebro e somente com o tempo os circuitos específicos serão ativados em respostas a estímulos externos.

Segundo [25], a explicitação progressiva das representações é um processo cíclico onde a informação já presente no organismo torna-se mais flexível e manipulável pelo processo de redescrição representacional, possibilitando o acesso consciente e verbalização do conhecimento.

Logo, a modularização potencializa o desenvolvimento aceitando como entrada apenas os dados que o indivíduo é capaz de calcular de forma específica e a redescrição representacional permite que o indivíduo domine e teorize o conceito. O processo de redescrição representacional ocorre em três fases, onde a passagem de uma fase para outra leva consideração características específicas de explicitação da representação.

#### 3.1 Fases do modelo de Redescrição Representacional

Na Fase 01 a resposta do indivíduo ao ambiente é condicionada somente pelos estímulos externos. Ocorre o processo de assimilação e relação entre o comportamento do indivíduo e o comportamento correto para determinado estímulo, também chamando de comportamento alvo.

Se não houver relação entre o comportamento do indivíduo e o comportamento alvo, o indivíduo recebe um retorno negativo. Se houver correlação entre o comportamento do indivíduo e o comportamento alvo, uma nova representação é adicionada na memória e compilada, caracterizando o sucesso procedural [16].

As representações na Fase 01 estão estruturadas como forma/função, onde forma é a informação armazenada e função é o procedimento que será realizado ao acionar a representação. Nesta Fase não há relação entre conceitos semelhantes e mesmo no caso de uma nova representação a ser armazenada seja idêntica a uma existente, essa será adicionada de forma independente.

A mudança da Fase 01 para a Fase 02 ocorre quando a nova representação estabiliza-se no sistema. Na Fase 02 o objetivo é a organização das representações internas, o indivíduo agora ignora o estímulo externo e concentra-se em reorganizar ou reescrever as representações implícitas em representações explícitas. Nesta fase as representações são reescritas de forma a analisar possíveis analogias e diferenças entre forma/função das representações, isto é, as relações que antes estavam implícitas agora tornam-se explícitas.

A passagem da Fase 02 para a Fase 03 é caracterizada pela estabilidade das relações entre representações internas. Na Fase 03 os estímulos externos ignorados na segunda fase são incorporados às representações, ocorre o equilíbrio entre os estímulos externos e as conexões entre as representações internas estabelecidas durante a Fase 02. O critério de mudança entre as fases é o reconhecimento da estabilidade indicando que o indivíduo está no controle e pronto para avançar de fase [16].

A Figura 3.1 apresenta os pré-requisitos para as passagens de fases do modelo. A passagem da fase 1 para a fase 2 depende do sucesso procedural, quando o comportamento do indivíduo é bem-sucedido, de suas representações. Para a passagem da fase 2 para a fase 3 é necessário o sucesso metaprocedural, ou seja, a consolidação e estabilidade das conexões das representações internas.

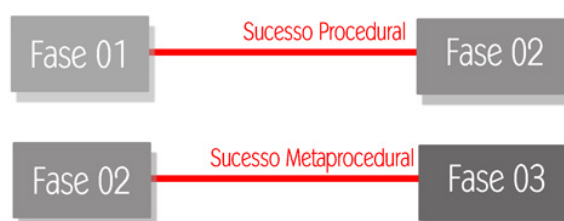


Figura 3.1: Pré-requisitos da passagem de fases do modelo

O processo de desenvolvimento da linguagem, mais especificamente do artigo indefinido “um” é exemplificado no livro de [36] é representado na Figura 3.2. Na fase 01 a criação da forma linguística “um” surge em resposta a estímulos externos, o indivíduo estabelece ligações entre as formas linguísticas e seu contexto de utilização. As representações nessa fase estão no nível representacional Implícito (I) e são armazenadas de forma independente uma das outras, sendo possível representações do mesmo conteúdo serem armazenadas várias vezes.

O armazenamento é por pares unifuncionais [forma/função] onde “forma” é o conteúdo da representação e a “função” é como a representação será utilizada. Para o exemplo “forma” é a forma linguística “um” e “função” é a definição de onde o artigo um será utilizado. No caso de artigos indefinidos o artigo “um” tem várias funções, dentre elas a função de referência [um/o] e uma função de numeração [um/dois]. Ao longo da fase 01 pares unifuncionais [um/referência] e [um/numeração] são armazenados independentemente um dos outros. É o sucesso procedimental que conduz o armazenamento em

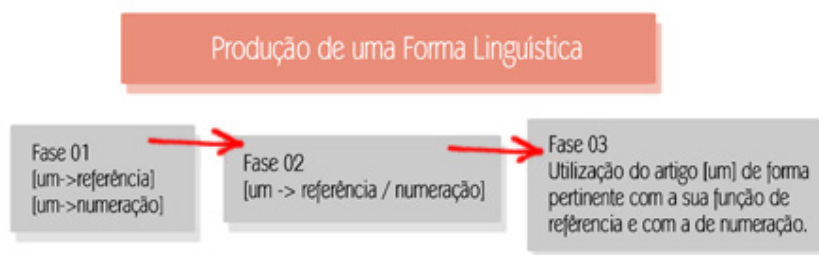


Figura 3.2: Fases da criação da representação de uma forma linguística

memória.

O objetivo da Fase 02 é o controle sobre a organização interna dos conhecimentos do nível Implícito. Ocorre então a primeira redescrição representacional das representações, transformando as representações dos nível Implícito (I) para o nível Explícito 1 (E1). A nova organização permite a substituição das formas unifuncionais em multifuncionais. No caso do artigo indefinido “um” as formas unifuncionais [um/referências] e [um/numeração] são integrados numa forma que possui duas funções [um/referência e numeração].

Na terceira fase os elos estabelecidos durante a fase anterior são considerados em função de fatores externos. A passagem para essa fase advém da necessidade de controle intencional sobre os conhecimentos estáveis presentes no final da segunda fase também chamado de sucesso metaprocedural das representações do nível Explícito 1(E1). Assim, o acesso a consciência torna-se possível com o aparecimento dos conhecimentos explícitos dos níveis Explícito 2 e Explícito 3. Ao longo dessa fase o artigo definido “um” tanto na função de referência quanto na função de numeração [36].

Verifica-se que durante o desenvolvimento nessas três fases ocorrem ao todo três processos de redescrição representacional. O primeiro transforma a representação Implícita 1(I1) na Explícita 1(E1). O segundo processo redescrive a representação Explícita 1(E1) em Explícita 2(E2). O terceiro e último processo redescrive a representação Explícita 2(E2) em Explícita 3(E3).

### 3.2 Níveis do modelo de Redescrição Representacional

As três fases do modelo são sustentadas por quatro níveis de conhecimento, Implícito (Nível I), Explícito 1 (Nível E1), Explícito 2 (Nível E2), Explícito 3 (Nível E3). Onde as informações são representadas e reescritas através do processo de redescrição representacional, em cada nível a informação possui peculiaridades a respeito de como é armazenada e manipulada na mente.

O processo de redescrição representacional, que caracteriza a mudança de níveis do conhecimento, é uma hipótese relativa à capacidade humana de auto-enriquecer o conhecimento já armazenado na mente. A plasticidade do cérebro permite a transformação das

informações implícitas armazenadas na mente tornarem-se explícitas para a mente. [15]

O Nível I é o primeiro nível representacional, onde as informações ou representações, estão na forma de procedimetnos ou padrões de ações, permitindo a resposta rápida aos estímulos do meio externo. As representações neste nível não possuem vínculos entre possíveis representações semelhantes, caso duas representações possuam amesma definição serão armazenadas de forma independente na mente. Os possíveis vínculos entre as representações continuam implícitos.

A passagem para o Nível E1 é através da primeira redescrição, as representações são redescritas de forma a relacionar-se entre si mas, não estão disponíveis para acesso consciente e relato verbal. A passagem do Nível E1 para o Nível E2 ocorre por meio da segunda redescrição, transformando as representações disponíveis de forma consciente mas, não ainda passíveis de relato verbal.

A terceira redescrição representacional marca a passagem do Nível E2 para o Nível E3, onde as representações são redescritas de forma a possuir ligações entre conceitos correspondentes, acesso consciente a informação e a demonstração de domínio do conteúdo por relato verbal.

### **3.3 Estudos baseadas no Modelo de Redescrição Representacional**

Três estudos foram selecionados para contextualizar a utilização do modelo RR na prática escolar. A pesquisa realizada por [28] investiga a melhora do entendimento das crianças, a respeito de determinado conteúdo, baseada na observação e explicação das ações de um modelo adulto comparado com crianças que apenas observam. O desempenho das crianças são analisados baseados na teoria de redescrição representacional.

A segunda pesquisa selecionada foi realizada por [32]. O objetivo da pesquisa é operacionalizar alguns aspectos do modelo RR no processo de aprendizagem. Os professores envolvidos na pesquisa estão familiarizados com o termo de rededescrição representacional e nível representacional. Permitindo intervenções pedagógicas baseadas nos processos cognitivos realizados pelos estudantes.

A terceira pesquisa selecionada foi realizada por [20]. O modelo de redescrição representacional e os níveis representacionais são analisados e interpretados segundo estudo realizado sobre conhecimento morfológico do Português Brasileiro.

### 3.4 Modelagem de respostas baseadas no modelo de Redescrição Representacional

As três fases do Modelo RR relatam como o processo de aquisição do conhecimento ocorre, descrevem como o indivíduo reage a estímulos externos e delimitam o critério de mudança entre as fases. A base da teoria prevê que nas três fases a representação já armazenada na mente do indivíduo é redecrita em quatro níveis representacionais, através do processo de redescrição representacional, tornando as representações progressivamente mais manipuláveis e flexíveis até o surgimento do acesso consciente ao conhecimento [19].

Os quatro níveis representacionais descritos no Modelo RR são parâmetros de seleção das estruturas de respostas. Para cada um dos quatro níveis representacionais: Implícito 1, Explícito 1, Explícito 2, Explícito 3, escolheu-se um método de resolução de acordo com as características específicas dos processos cognitivos de cada nível.

Como exemplo para modelagem das respostas, selecionamos o processo de desenvolvimento da linguagem, mais especificamente a criação da representação do artigo indefinido “um”, descrito pelo autor Troadec [36]. Nas próximas sessões serão apresentadas as estruturas de respostas escolhidas, contextualizadas com o exemplo do artigo indefinido “um”.

#### 3.4.1 Modelagem das respostas Nível Implícito 1 (I1)

Na fase 01 a criação da forma linguística “um” surge em resposta a estímulos externos, o indivíduo identifica formas linguísticas e seu contexto de utilização. As representações nessa fase estão no nível representacional Implícito (I1), caracterizadas pelo armazenamento na forma de procedimentos e não é possível relacionar conceitos semelhantes e acessar conscientemente a informação. No caso dos artigos indefinidos a forma “um” tem várias funções, dentre elas a função de referência e a função de numeração. Ao longo da fase 01 pares uni-funcionais, no formato: [um/referência] e [um/numeração], são armazenados independentemente um do outro, o sucesso procedimental é o fator que conduz o armazenamento em memória [36].

Uma das características que marcam esse nível representacional é a resposta rápida aos estímulos externos. O mapeamento da resposta na forma de alternativas, como mostra a Figura 3.3, justifica-se pelo processo cognitivo que o indivíduo realiza nesse nível. Procura-se simular o raciocínio rápido e automático sobre a representação ao selecionar a alternativa correta

#### 3.4.2 Modelagem das respostas Nível Explícito 1 (E1)

Na Fase 02 as representações passam pelo primeiro processo de redescrição representacional transformadas em representações no nível Explícito 1 (E1). Esse processo reor-

Assinale a alternativa em que um (uma) é usado como artigo indefinido e não como numeral:

Um pássaro na mão vale mais que dois voando.

O homem ali é um maluco.

Ele ficou no cinema, segurando o chapéu com uma das mãos.

Camila preparou uma salada maravilhosa.

Figura 3.3: Estrutura de resposta Nível Implícito 1 (I1)

ganiza as representações identificando possíveis analogias e diferenças, são estabelecidas as relações potenciais entre as representações. As representações do nível E1 relacionam-se entre si, mas não estão disponíveis para relato verbal. Essa nova organização permite a substituição das formas uni-funcionais em multifuncionais. No caso do artigo indefinido “um” as formas uni-funcionais [um/referências] e [um/numeração] são integrados numa única representação que possui as duas funções [um/referência e numeração].

A estrutura de resposta escolhida para este nível é a ligação entre conceitos e a sua descrição, ou utilização. Na Figura 3.4, a coluna da esquerda apresenta os conceitos de “numeral” e “artigo indefinido”, já a coluna da direita apresenta a definição desses dois conceitos. O campo de seleção permite preencher o número do conceito para determinada definição, busca-se associar o processo cognitivo de relação entre conceitos com a estrutura proposta

Relacione os conceitos da coluna da esquerda com as definições da coluna da direita:

1) Numeral.	<input type="button" value="1"/>	Tem como objetivo determinar de um jeito vago um objeto ou um ser em questão.
2) Artigo indefinido.	<input type="button" value="2"/>	Ideia de quantidade se torna evidente.

Figura 3.4: Estrutura de respostas Nível Explícito 1 (E1)

### 3.4.3 Modelagem das respostas Nível Explícito 2 (E2)

Na fase 03 os elos estabelecidos durante a fase 02 são considerados em funções de fatores externos. A passagem para essa fase advém da necessidade de controle intencional sobre os conhecimentos estáveis presentes no final da fase 02. A primeira redescrição que ocorre nessa fase transforma a representação no nível Explícito 2 (E2). A nova representação é acessível conscientemente mas, está em código representacional semelhante



aos das representações E1. No exemplo, o artigo “um” é acessado conscientemente pelo indivíduo mas, não está disponível para relato verbal.

A Figura 3.5 apresenta a estrutura de resposta para esse nível, as lacunas em branco são preenchidas arrastando as alternativas apresentadas até o campo desejado. O objetivo é responder a estrutura proposta simulando os processos cognitivos de relação e acesso consciente a representação.

Preencha as lacunas com as alternativas corretas:

Você só tem  vida. Cuide bem dela.

Ele não fala  palavra de chinês!

Figura 3.5: Estrutura de respostas Nível Explícito 2 (E2)

#### 3.4.4 Modelagem das respostas Nível Explícito 3 (E3)

Ainda na fase 03 ocorre a última redescrição representacional transformando as informações no nível representacional Explícito 3 (E3). As representações agora são relacionadas entre si, passíveis de acesso consciente e relato verbal. O artigo indefinido “um” agora pode ser acessado conscientemente e utilizado em relato verbal em resposta ao ambiente externo.

A estrutura escolhida para esse nível é a resposta por múltipla escolha com a possibilidade de explicação do porquê a alternativa escolhida está correta ou incorreta. Os processos cognitivos a serem simulados pelo indivíduo são o acesso consciente a representação e a possível verbalização através do campo de descrição, descrevendo o porquê da escolha.

Assinale a alternativa correta ou incorreta e justifique sua resposta:

Viajamos e trouxemos só um (Numeral) presente pra você

Gostaria de encontrar só um (Artigo Indefinido) amigo com quem eu pudesse desabafar.

Figura 3.6: Estrutura de respostas Nível Explícito 3 (E3)

## CAPÍTULO 4

### ARCABOUÇO PARA MAPEAMENTO DO CONHECIMENTO DO ALUNO.

A utilização de questionários, para avaliação, é o método escolhido para identificar a perícia dos alunos em determinado conteúdo. A questão torna-se instrumento para a identificação do domínio do conhecimento do aluno. O arcabouço proposto estrutura questões, subquestões e respostas baseadas nas características das informações nos níveis representacionais, do modelo RR. Essa modelagem busca identificar em qual nível representacional o conhecimento, utilizado pelo aluno para responder a questão, se encontra.

A primeira etapa do modelo é o planejamento. É indicado ao professor planejar a avaliação em uma folha de rascunho. Esse rascunho, denominado de folha cola, irá conter as questões, os conceitos avaliados e as respostas certas e erradas. O momento de criação da folha cola é momento de reflexão do conteúdo que pretende-se avaliar e como este conteúdo será avaliado. É o momento de pensar em formas possíveis de solução das questões e como o conteúdo será utilizado para resolvê-las.

A definição dos campos da folha cola auxiliam o professor na definição dos seus objetivos, e no cadastro da avaliação no arcabouço. Com o rascunho em mãos o professor se preocupará apenas com o cadastro dos campos e não se preocupará em definir os objetivos pedagógicos. Porém, a criação da folha cola é opcional, pois o especialista poderá interagir com o arcabouço e identificar suas necessidades no momento do cadastro.

A folha cola da avaliação contém os conceitos investigados em toda a avaliação, os conceitos necessários para resolução da questão, o enunciado das questões, as respostas certas e erradas. Os conceitos investigados pela avaliação são organizados na forma de hierarquia. Na base da hierarquia estão os conceitos gerais, na metade da hierarquia estão os conceitos intermediários e no topo da hierarquia estão os conceitos específicos. A Figura 4.1 apresenta um exemplo de rascunho de uma avaliação geral.

### Hierarquia de Conceitos investigados na avaliação geral:

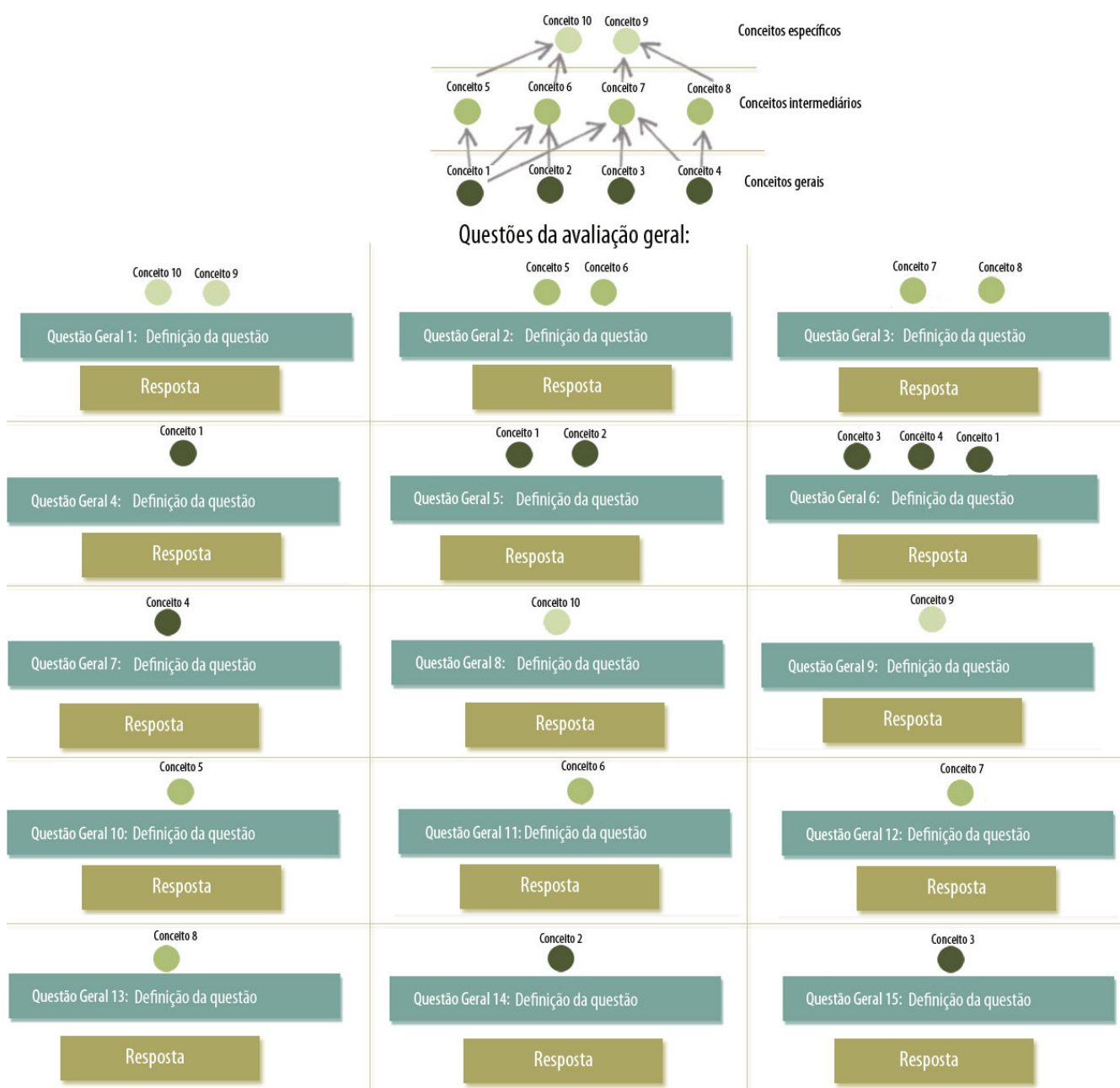


Figura 4.1: Exemplo de folha cola com dados da avaliação.

A segunda etapa do modelo é o cadastro dos dados da avaliação no arcabouço. O cadastro inicia-se pela inserção dos conceitos que serão investigados no processo avaliativo. Esses conceitos são os conhecimentos utilizados na solução das questões e são os conceitos que o aluno deve conhecer para resolvê-la. Opta-se pelo cadastro dos conceitos, investigados na avaliação, no início da interação do professor com o arcabouço. O professor define uma hierarquia de conceitos investigados em toda a avaliação ao invés de cadastrar para cada questão a hierarquia dos conceitos que ela avalia. Cria-se a hierarquia de conceitos no início da avaliação para que no momento do cadastro da questão o especialista apenas

selecione, a partir da visualização dessa hierarquia, qual o conceito que a questão avalia.

A Figura 4.2 apresenta um exemplo de hierarquia de conceitos de uma avaliação geral. Os conceitos de 1 até 10 são os conhecimentos que o estudante utilizará para resolver as questões da avaliação. A dificuldade de aprendizado do conceito é definida pela relação de dependência entre um conceito e outro. Isto é, para que um conceito geral seja aprendido, ele depende da combinação de conceitos específicos. Quanto mais arestas de entrada o conceito possui, mais conceitos relacionados o estudante deve conhecer para compreendê-lo, sendo maior o nível de dificuldade do aprendizado.

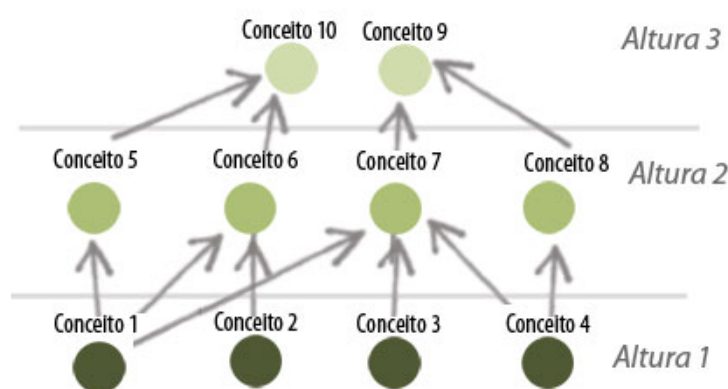


Figura 4.2: Exemplo de cadastro de conceitos para uma questão genérica.

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. Por exemplo, o cálculo da altura do conceito 4. Os conceitos que estão no topo da hierarquia geral são o conceito 9 e o conceito 10.

Para chegar até o topo da hierarquia, contando de baixo para cima, obtém-se duas linhas de nós. Logo, o conceito 9 e o conceito 10 estão na terceira linha da hierarquia e o valor da altura desses conceitos é 3. Definida as linhas da hierarquia, a partir do topo, a próxima etapa é identificar em qual linha o conceito 4 se encontra. O conceito 4 está na linha 1 da hierarquia, possui o valor 1 de altura do nó.

O modelo RR define que o processo de aprendizado, de um conhecimento novo, pode ocorrer em três fases. Nestas três fases a informação ou representação é redescrita pelo processo de redescrição representacional em quatro níveis representacionais. O estudante ao responder uma questão realiza processos cognitivos acerca de conhecimentos presentes na sua mente. Esses processos e a estrutura da informação são descritas pelo modelo RR.

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 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.

Para avaliar os níveis representacionais do modelo RR é necessária a definição de estruturas especiais de cadastro das questões, baseado na teoria cognitiva da redescrição representacional. Segundo o modelo, uma questão apresenta como estrutura geral quatro elementos essenciais. A estrutura geral é constituída por:

- *Questão:* É a pergunta que o professor utiliza para avaliação do conhecimento do aluno. Uma questão possui quatro subquestões vinculadas a ela.
- *Conceitos utilizados para solução da questão:* 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.

Uma questão é estruturada com quatro subquestões, sendo as respostas dessas subquestões adaptadas aos níveis representacionais do modelo RR. Isto é, para resolver uma questão por inteiro, o aluno deverá passar gradativamente por 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. As estruturas das respostas caracterizam o processo cognitivo realizado pelo indivíduo em cada nível representacional, seja na forma de responder rapidamente a questão, realizar analogias entre conceito e utilização, análise das alternativas ou verbalização da resposta. Os conceitos utilizados na solução da questão são selecionados a partir da hierarquia de conceitos pré-cadastrada pelo especialista.

A Figura 4.3 representa o exemplo de uma questão genérica. São apresentados os dados: conceitos avaliados, enunciado da questão, as subquestões, as estruturas das respostas. Os conceitos avaliados pela questão são os conceitos assinalados com “X” na hierarquia de conceitos. A questão geral 1 possui quatro subquestões, subquestão 1, 2, 3

e 4.

A primeira subquestão a ser resolvida pelo aluno é a subquestão 1, a estrutura de resposta dessa subquestão é a seleção de alternativas. A escolha da estrutura de alternativas é baseada no processo cognitivo de resposta rápida ao estímulo externo, realizado no nível implícito 1 do modelo RR. A segunda subquestão a ser respondida é a subquestão 2, caso o aluno acerte a resposta da subquestão 1. A estrutura escolhida, para a subquestão 2, é a combinação entre os conceitos e a descrição de sua utilização. A escolha baseia-se no nível explícito 1, o objetivo é diferenciar ou relacionar conceitos com descrições semelhantes.

Em seguida, no caso de acerto da subquestão 2, é apresentada a subquestão 3. A estrutura de resposta é o preenchimento de lacunas. O estudante para responder essa subquestão deve estruturar a sequência ou os passos necessários para solução do problema. Essa estrutura é baseada no nível explícito 2, as representações nesse nível possuem relações entre elas e é possível o acesso consciente a cada uma. Mas, ainda não é possível a verbalização dos conhecimentos.

A última subquestão a ser respondida é a subquestão 4, caso o aluno acerte a subquestão 3, a escolha da estrutura é baseada no nível explícito 3. Neste nível é possível o acesso consciente ao conhecimento e a verbalização do conhecimento. A estrutura escolhida é a seleção de múltiplas escolhas. O estudante deverá analisar entre respostas semelhantes quais as alternativas corretas e incorretas.

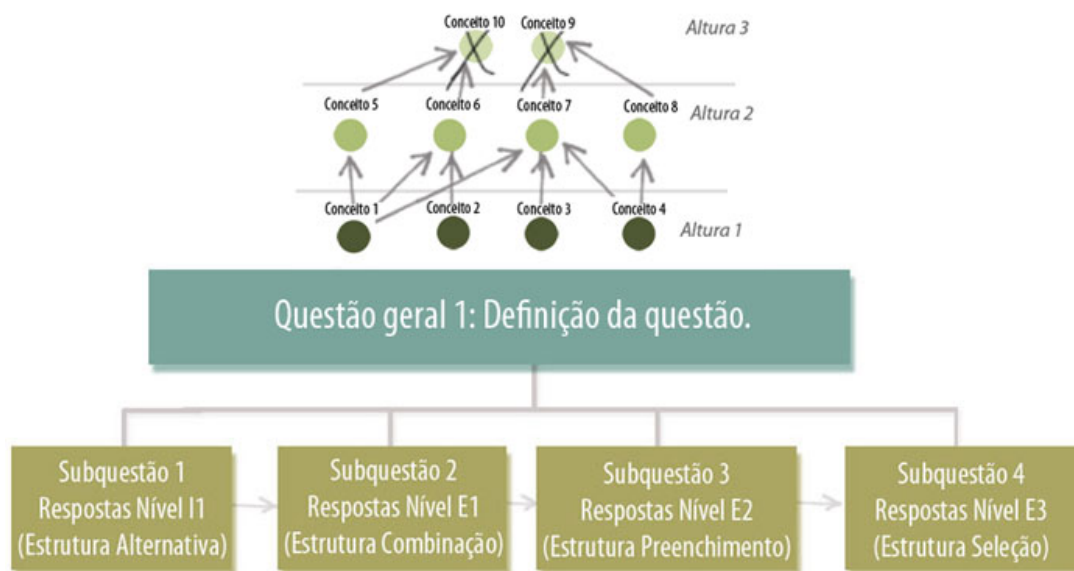


Figura 4.3: Modelo de estrutura de uma questão.

A estrutura de cadastro das respostas, da subquestão, é pré-determinada pelo sistema. O professor cadastra as respostas corretas e incorretas nas estruturas de alternativas, combinação de conceitos e definições, preenchimento de lacunas e seleção de múltiplas alternativas. Para cada resposta incorreta o professor cadastrará o conceito que o aluno

erra ao selecionar aquela alternativa. As repostas corretas contém os conceitos utilizados para resolver a questão, marcados com um “X” na hierarquia de conceitos, e são os conceitos que aluno formaliza ao selecionar essa resposta. A nota ou pontuação que o aluno recebe ao acertar a questão é calculada utilizando a escala dos níveis representacionais.

A Figura 4.4 refere-se a um exemplo de questão genérica, apresentado sua definição, subquestão e respostas. A solução da questão inicia-se pela subquestão 1, com respostas no nível implícito 1, do modelo RR. A resposta correta contém os conceitos formalizados ao seleciona-lá, conceitos cadastrados como necessários para solução da questão. As respostas incorretas contém os conceitos errados, cadastrados pelo professor no momento da inserção da resposta incorreta.

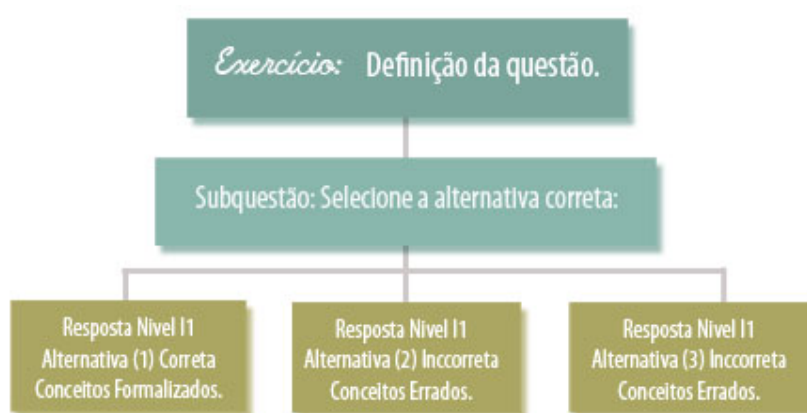


Figura 4.4: Questão, subquestões e repostas corretas, incorretas.

Existem duas características importantes da modelagem proposta. A primeira é a relação entre a questão e as subquestões. As subquestões avaliam os conceitos necessários para a solução da questão em níveis cognitivos diferentes, através de estruturas de respostas diferentes. A segunda característica importante é a ordem de solução das subquestões. Por exemplo, a sequência apresentada na Figura 4.5 exemplifica o caso do aluno responder corretamente todas as subquestões. A interação com o sistema inicia-se com a subquestão 1, progredindo para a subquestão 2, subquestão 3 e subquestão 4. Na subquestão 4, caso o aluno acerte a resposta é apresentado a ele outra questão definida pelo professor.

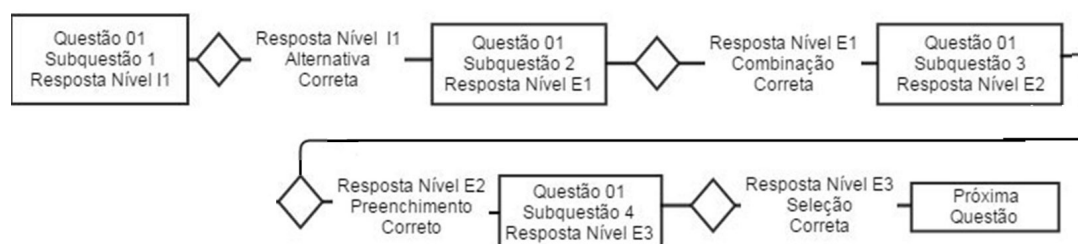


Figura 4.5: Sequência de subquestões respondidas pelo aluno.

O segundo exemplo de sequenciamento de questões e subquestões é apresentado na Figura 4.6. O caminho 1 refere-se ao exemplo do aluno responder corretamente todas as subquestões. O caminho 2 apresenta o exemplo da seleção alternativa incorreta, na subquestão 1 com resposta no nível I1. O estudante, nesse exemplo, não formalizou nenhum conceito pois, não acertou nenhuma subquestão. A próxima questão apresentada leva em consideração os conceitos que o aluno erra ao selecionar aquela alternativa. Neste caso geral ao selecionar a alternativa incorreta na subquestão 1, o aluno é direcionado a resolver questão 2, na subquestão 1 com resposta no nível I1.

O caminho 3 apresenta o caso do estudante acertar a subquestão 1 e errar a subquestão 2, com resposta no nível E1. Os conceitos formalizados na subquestão 1 são armazenados no histórico de desempenho do estudante. A próxima questão a ser respondida leva em consideração os conceitos que o estudante errou ao combinar errado os conceitos e definições. Para este exemplo selecionamos a questão 3 subquestão 2, nível de resposta nível E1.

O preceito do sequenciamento de questões, caso o aluno erre a subquestão, é utilizar o conceito que o aluno erra ao responder incorretamente a subquestão. A próxima questão será uma questão de mediação, para investigação do conceito errôneo. Sendo assim, a seleção de questão no banco de questões é baseada no conceito que o aluno errou ao selecionar aquela resposta. A próxima questão, a ser respondida pelo estudante, inicia-se no nível de subquestão que o estudante respondeu errado na questão anterior.

Os próximos caminhos, caminho 4 e caminho 5 seguem a mesma disposição de seleção da próxima questão. Caso o aluno erre em um nível de subquestão a próxima questão avaliará o conceito errado iniciando a questão no nível que errou.

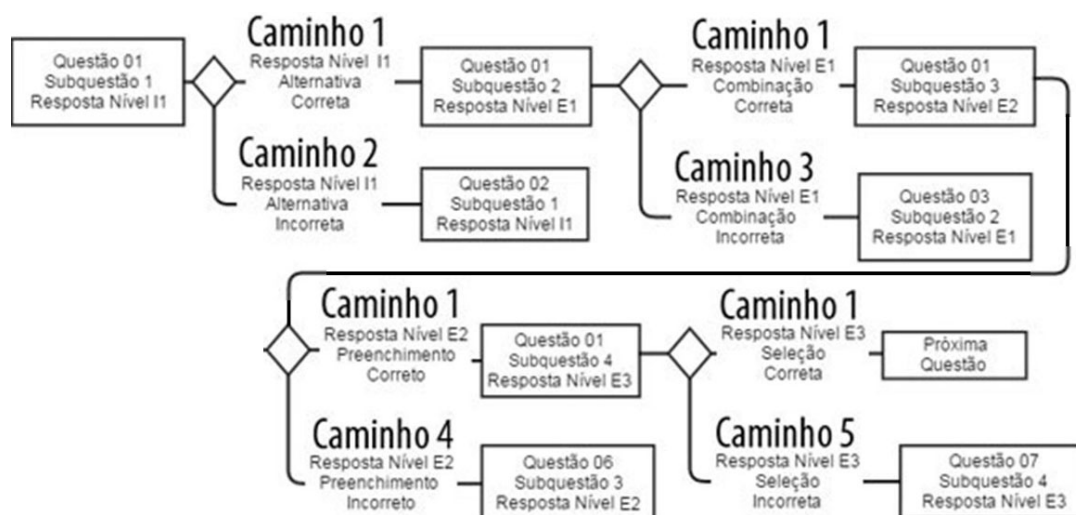


Figura 4.6: Sequencia de subquestões respondidas pelo aluno com acertos e erros.

Apresentada a visão geral do trabalho, as próximas seções descrevem detalhadamente o processo de cadastro e análise das informações da avaliação. A seção 5.1 explica a



estrutura e o cadastro da hierarquia de conceitos da avaliação. A seção 5.2 apresenta com detalhes os campos necessários para cadastrar as questões, subquestões e respostas. A seção 5.3 define o algoritmo de sequenciamento das questões na avaliação. A seção 5.4 especifica como é o cálculo e a análise das respostas, dos estudantes na avaliação.

## 4.1 Estrutura da hierarquia de conceitos

O cadastro de dados, no arcabouço, inicia-se pela estruturação da hierarquia de conceitos. A estrutura de hierarquia de conceitos baseia-se na teoria da hierarquia de aprendizagem, proposta por Gagné [9]. 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, exemplo apresentado na Figura 4.7 [9] [27] [33] [22].

A estrutura de conhecimentos proposta considera 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 4.8 apresenta a hierarquia de conceitos investigados no exemplo de avaliação geral.

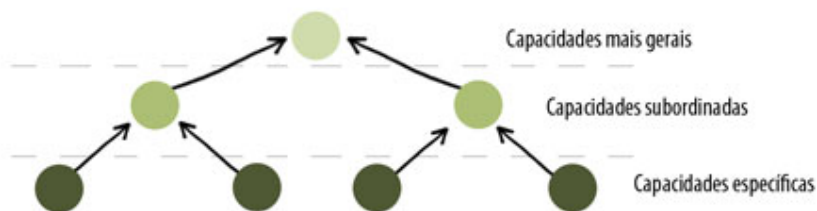


Figura 4.7: Hierarquia de aprendizagem proposta por Gagné.

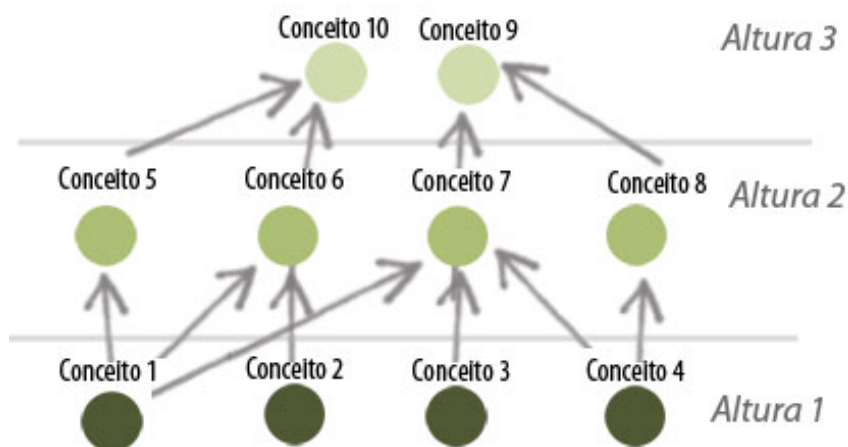


Figura 4.8: Hierarquia de conceitos proposta pelo trabalho.

Cada conceito possui um grau de complexidade estimado pelo sistema. Calculado através do número de arestas direcionadas de um nó, ou grau de entrada, e pela a altura do nó, na hierarquia de conceitos. O grau de complexidade do nó é a soma do grau de entrada com a altura do nó, exemplificado na Equação 4.1.

$$\text{Grau de complexidade} = \text{grau de entrada do nó} + \text{altura do nó} \quad (4.1)$$

A Tabela 4.1 apresenta os valores de complexidade de cada nó, investigados na avaliação geral.

Conceitos	Grau de entrada	Altura	Grau Complexidade
Conceito 1	0	1	1
Conceito 2	0	1	1
Conceito 3	0	1	1
Conceito 4	0	1	1
Conceito 5	1	2	3
Conceito 6	2	2	4
Conceito 7	3	2	5
Conceito 8	1	2	3
Conceito 9	2	3	5
Conceito 10	2	3	5

Tabela 4.1: Tabela com o grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral

O grau de complexidade de um conceito também é utilizado na criação da escala de pontuação dos níveis representacionais. A escala de pontuação dos níveis representacionais é a nota que o aluno receberá ao responder corretamente uma subquestão, com determinada estrutura de resposta.

Cada conceito será avaliado de acordo com os processos cognitivos realizados na solução da subquestão. A dificuldade das subquestões aumentam gradativamente e os processos cognitivos tornam-se mais complexos de subquestão para subquestão. O grau de complexidade de cada conceito é utilizado para gerar a pontuação que o aluno recebe ao responder corretamente as subquestões.

A escala de pontuação dos níveis representacionais dos conceitos é gerada através da divisão do grau de complexidade, dos conceitos, entre os níveis representacionais. A Tabela 4.2 apresenta o grau de complexidade de 5 para o conceito 10. A pontuação que o aluno recebe caso acerte a subquestão 1, nível de resposta Implícito 1, é de 1,25 pontos. Na subquestão 2, nível de resposta Explícito 1, a pontuação recebida pelo aluno é de 2,50. Na subquestão 3, nível de resposta Explícito 2, a pontuação recebida pelo aluno é de 3,75. Na subquestão 4, nível de resposta Explícito 3, a pontuação recebida pelo aluno é de 5.

	<b>Grau de Complexidade</b>	<b>I1</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
<b>Conceito 1</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 2</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 3</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 4</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 5</b>	3	0,75	1,50	2,25	3
<b>Conceito 6</b>	4	1	2	3	4
<b>Conceito 7</b>	5	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 8</b>	3	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 9</b>	5	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 10</b>	5	1,25	2,50	3,75	5

Tabela 4.2: Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral

## 4.2 Estrutura da questão e subquestões

Após a definição da hierarquia de conceitos avaliados a próxima etapa é o cadastro dos dados das questões. A estrutura de questões é composta pelos conceitos necessários para sua solução, enunciado da questão, respostas corretas e incorretas. Os passos para o cadastro da questão são:

1. Seleção dos conceitos avaliados pela questão na hierarquia de conceitos.
2. Cadastro do enunciado da questão e definição se é questão principal ou de mediação.
3. Cadastro do enunciado da subquestão.
4. Cadastro das respostas corretas e incorretas para cada uma das quatro subquestões.
5. Repetir o passo 3 e 4 caso exista subquestão a ser cadastrada.

O primeiro passo para o cadastro da questão é a marcação dos conhecimentos, necessários para resolver o exercício, na hierarquia de conceitos. O arcabouço apresenta ao professor a hierarquia de conceitos, investigados em toda a avaliação. O especialista assinala apenas os conceitos que a questão avalia. A Figura A.13 apresenta a Questão Geral 1 e os conceitos marcados com um “X” são os conceitos que esta questão avalia. Esses conceitos também são interpretados como os conceitos que o aluno deve dominar para resolver a questão.

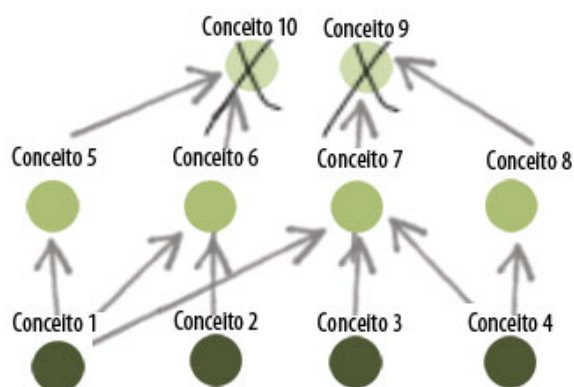


Figura 4.9: Hierarquia de conceitos e marcação dos conceitos investigados na avaliação

O segundo passo para o cadastro da questão é a inserção, no arcabouço, do enunciado da questão e a definição da questão como principal ou mediação. As questões determinadas como principal são as questões que o aluno é obrigado a responder. As questões de mediação são as questões apresentadas para o aluno caso ele erre uma questão principal. A Figura 4.10 corresponde ao exemplo da questão geral 1.

Questão Geral 1: Descrição da questão.

Figura 4.10: Questão geral 1

O terceiro passo é o cadastro do enunciado da subquestão. O enunciado da subquestão é estruturado de modo a avaliar em qual nível representacional o conhecimento do aluno se encontra. A Figura 4.11 apresenta a questão geral 1 e o enunciado padrão para a subquestão 1.

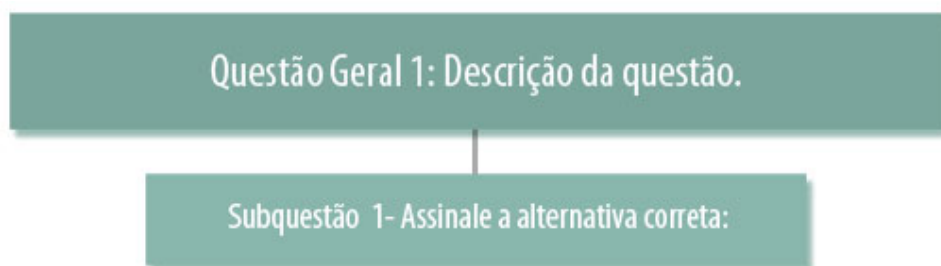


Figura 4.11: Questão geral 1 e subquestão 1

O quarto passo é a definição das respostas corretas e incorretas da subquestão. O professor cadastra as respostas corretas e o arcabouço define os conceitos formalizados pelo estudante, ao selecionar essa alternativa. Os conceitos formalizados são os conceitos que o professor define como necessários para solução da questão. No cadastro das questões erradas é necessário que o professor defina os conceitos que o estudante erra ao selecionar aquela alternativa. A Figura 4.12 apresenta resumidamente uma questão após a realização dos quatro passos.

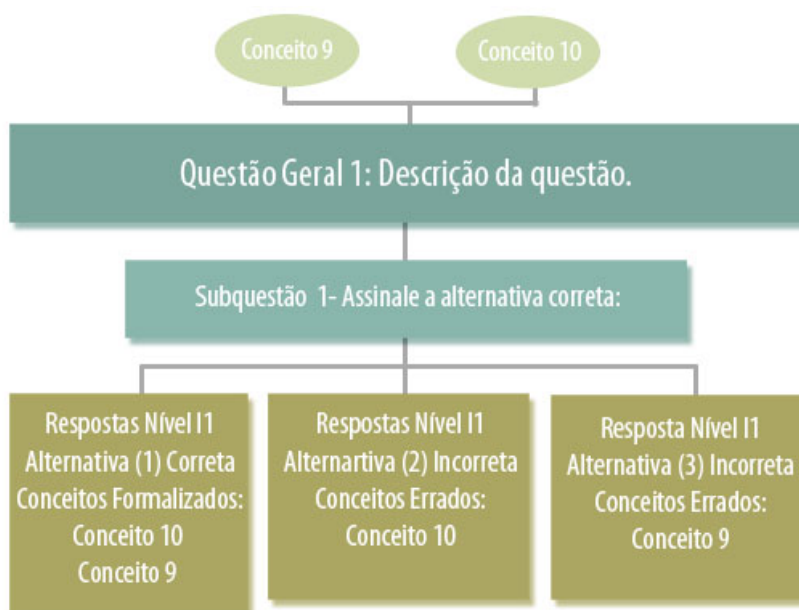


Figura 4.12: Questão geral 1, subquestão 1, nível de resposta Implícito 1.

O modelo define que para uma questão é necessária a definição de quatro subquestões e para cada subquestão define-se as respostas corretas e incorretas. Esta necessidade deve-se ao fato das estruturas das respostas serem diferentes uma das outras nas quatro subquestões. As respostas da subquestão 1 são estruturadas para avaliar os processos cognitivos do nível implícito 1. As respostas da subquestão 2 são estruturadas para avaliar os processos cognitivos do nível implícito 1. As estruturas de respostas da subquestão 3 são estruturadas para avaliar os processos cognitivos do nível explícito 2. As estruturas de

respostas da subquestão 4 são estruturadas para avaliar os processos cognitivos do nível explícito 3. Essas estruturas são detalhadas anteriormente na 3.4. A Figura 4.13 corresponde as etapas de cadastro das subquestões e suas respostas. Inicialmente o professor cadastra a subquestão 1 e as respostas corretas e incorretas do nível implícito 1. Em seguida, cadastra a subquestão 2 e suas respostas corretas e incorretas do nível explícito 1, subquestão 3 respostas incorretas e corretas do nível explícito 2 e a subquestão 4 e as suas respectivas respostas incorretas e corretas no nível explícito 3.

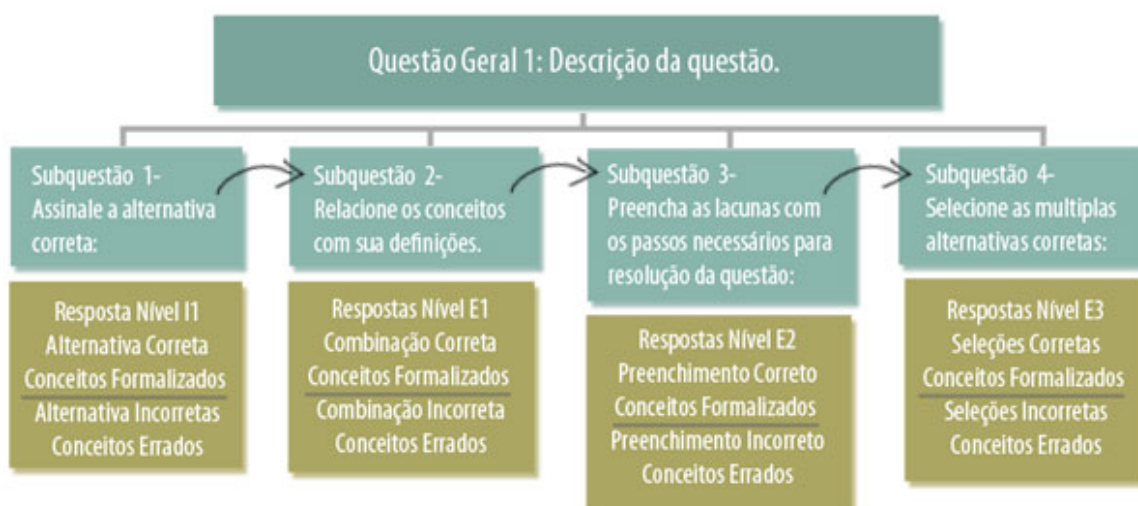


Figura 4.13: Questão geral 1, subquestões e respostas cadastradas no arcabouço

A estrutura de respostas da subquestão 1 é a seleção de alternativas, resposta nível implícito 1. O professor cadastrará o enunciado da subquestão 1 e suas as respostas com o intuito de avaliar a propriedade de selecionar rapidamente a alternativa.

A estrutura de resposta da subquestão 2 é a ligação dos conceitos com a sua utilização, resposta nível explícito 1. O enunciado da subquestão 2 e suas respostas são criados e cadastrados, pelo professor, com o proposito de incentivar o aluno a pensar na utilização ou definição do conceito avaliado.

A estrutura de resposta da subquestão 3 é a estruturação em passos da solução da subquestão, resposta nível explícito 2. O enunciado da subquestão 3 e suas respostas são criados e cadastrados, pelo professor, com finalidade de estimular o estudante a identificar passos de solução do problema.

A estrutura de resposta da subquestão 4 é a múltipla escolha. A proposta para a estrutura de subquestão 4, de [34], é a seleção de múltipla escolha e a explicação do porque a seleção da alternativa. O arcabouço implementado utiliza apenas a seleção de múltiplas escolhas para a subquestão 4.

O ideal para a estruturação da resposta a subquestão 4 é a utilização de um analisador de repostas descritivas, mas devido a complexidade e tempo para implementação este não

foi desenvolvido. Acredita-se que a utilização da estrutura de múltiplas escolhas não reduz a carga cognitiva realizada pelo estudante ao responder a subquestão 4.

O enunciado da subquestão 4 e suas respostas são criados e cadastrados, pelo professor, com objetivo de promover o raciocínio mais apurado por parte do aluno. As alternativas, da subquestão 4, possuem mais detalhes que as respostas das subquestões anteriores. As respostas ou alternativas são criadas com o intuito de desafiar o estudante a explicar quais o elementos da alternativa que estão incorretos ou corretos, identificando definições, utilizações e detalhes dos conceitos avaliados.

As respostas corretas e incorretas, de todas as subquestões, contém os conceitos que o aluno formaliza, ao responder corretamente a questão, e os conceitos que o aluno erra, ao responder incorretamente a questão. Os conceitos formalizados são os conceitos que o professor selecionou na hierarquia de conceitos como necessários para solução da questão.

Os conceitos formalizados são também os conceitos que o aluno domina ao responder corretamente a questão. A estrutura de subquestões e respostas busca identificar qual o nível cognitivo que o conceito, utilizado pelo aluno para resolver a questão, se encontra. A pontuação dada para cada conceito, ao acertar a subquestão, é baseada no grau de complexidade de cada conceito.

O grau de complexidade de um conceito é dividido igualmente nos quatro níveis representacionais aumentando gradativamente seu valor. Cria-se a partir dessa distribuição a escala de níveis representacionais do conceito. O aluno ao acertar a subquestão, com resposta adaptada a um nível representacional, formaliza o valor delimitado pela escala de níveis representacionais.

	Grau de Complexidade	Nível I1	Nível E1	Nível E2	Nível E3
<b>C9</b>	5	1,25	2,50	3,75	5
<b>C10</b>	5	1,25	2,50	3,75	5

Tabela 4.3: Grau de complexidade e escala dos níveis representacionais dos conceitos avaliados na Questão Geral 1.

A Tabela 4.3 refere-se ao grau de complexidade dos conceitos e a escala dos níveis representacionais, valores calculados pelo arcabouço. A escala dos níveis representacionais delimita a pontuação que o aluno receberá ao responder corretamente a subquestão 1, nível de resposta implícito 1, subquestão 2, nível de resposta explícito 1, subquestão 3, nível de resposta explícito 2, subquestão 4, nível de resposta explícito 3.

As Figuras 4.14, 4.15, 4.16 e 4.17 apresentam a questão geral 1, suas subquestões e respostas. A Figura 4.14 apresenta a questão geral 1 e a subquestão 1, nível de resposta

implícito 1. A subquestão 1 avalia os conceitos do aluno segundo o nível representacional implícito 1. A pontuação que o aluno recebe ao responder corretamente esta subquestão é 1,25 para os conceitos 9 e 10 .

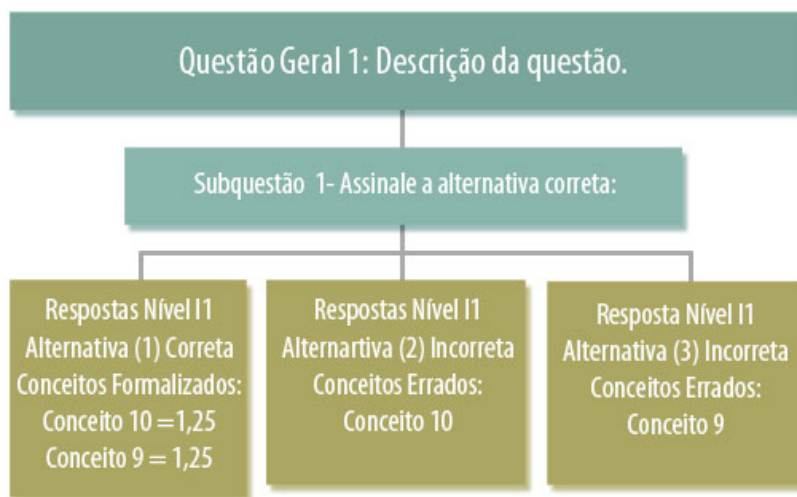


Figura 4.14: Questão geral 1, subquestão 1, nível de resposta implícito 1.

A Figura 4.15 apresenta a questão geral 1 e a subquestão 2, nível de resposta explícito 1. A subquestão 2 avalia os conceitos do aluno segundo o nível representacional explícito 1. A pontuação que o aluno recebe ao responder corretamente esta subquestão é 2,50 para os conceitos 9 e 10, valores referentes aos apresentados na Tabela 4.3.

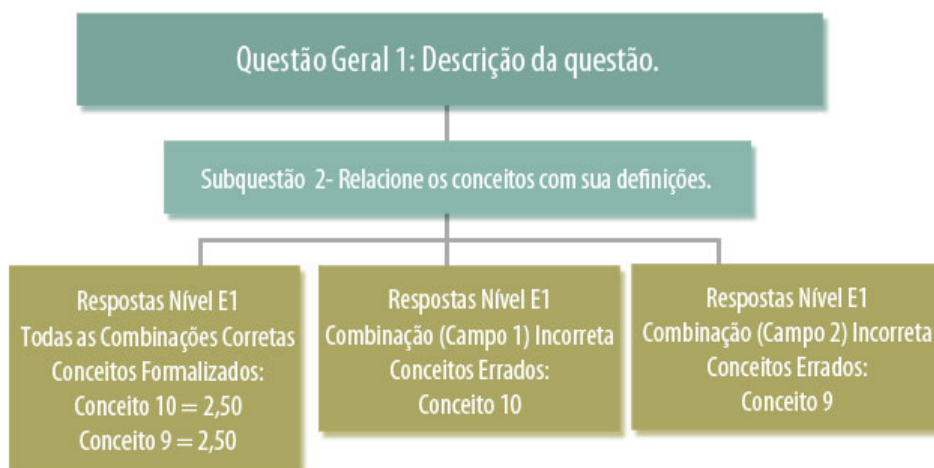


Figura 4.15: Questão geral 1, subquestão 2, nível de resposta explícito 1

A Figura 4.16 apresenta a questão geral 1 e a subquestão 3, nível de resposta explícito 2. A subquestão 2 avalia os conceitos do aluno segundo o nível representacional explícito 2. A pontuação que o aluno recebe ao responder corretamente esta subquestão é 3,75 para os conceitos 9 e 10.



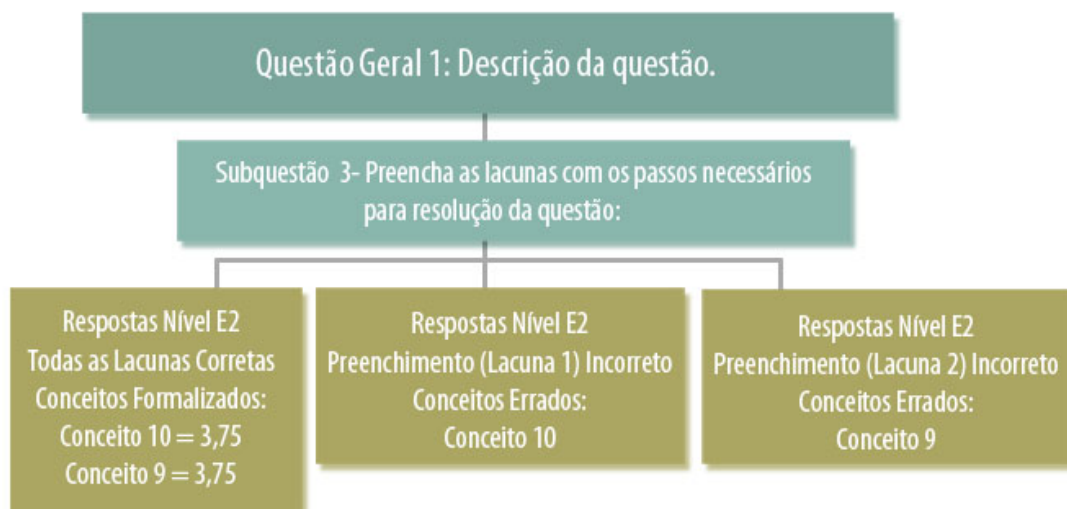


Figura 4.16: Questão geral 1, subquestão 3, nível de resposta explícito 2.

A Figura 4.17 apresenta a questão geral 1 e a subquestão 4, nível de resposta explícito 3. A subquestão 2 avalia os conceitos do aluno segundo o nível representacional explícito 3. A pontuação que o aluno recebe ao responder corretamente esta subquestão é de 5 para os conceitos 9 e 10.

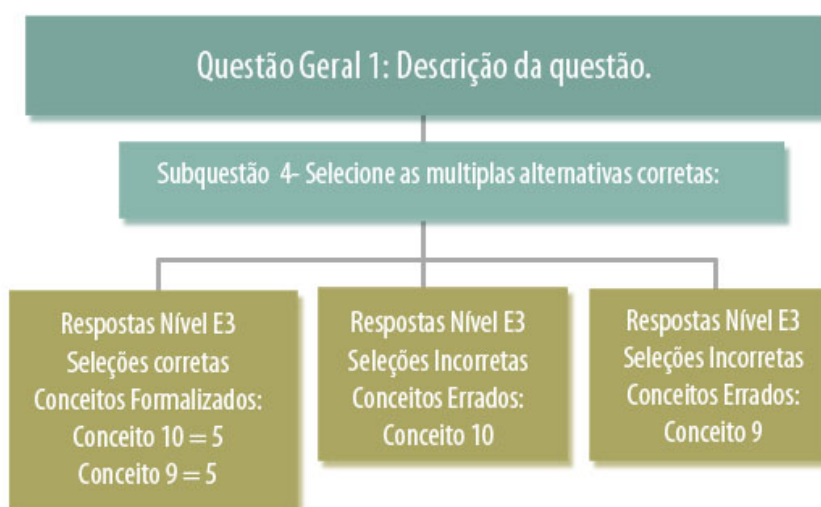


Figura 4.17: Questão geral 1, subquestão 4, nível de resposta explícito 3.

### 4.3 Sequenciamento das questões

O sequenciamento de questões é definido segundo a necessidade do professor de avaliar o aluno e investigar quais os conceitos que o estudante tem dificuldades em formalizar, no momento da solução das questões. O fluxo de questões, apresentadas ao aluno, segue uma linha principal e ramifica-se de acordo com o desempenho do estudante. A linha principal é composta pelas questões essenciais da avaliação, as ramificações que o arcabouço propõe

são as questões que investigarão os conceitos errôneos do estudante. Para exemplificar o sequenciamento das questões criou-se um exemplo de respostas a avaliação geral, Figura 4.18. Das questões utilizadas no exemplo apenas a questão geral 1 foi descrita nas seções anteriores, os dados das demais questões estão disponíveis no apêndice do trabalho.

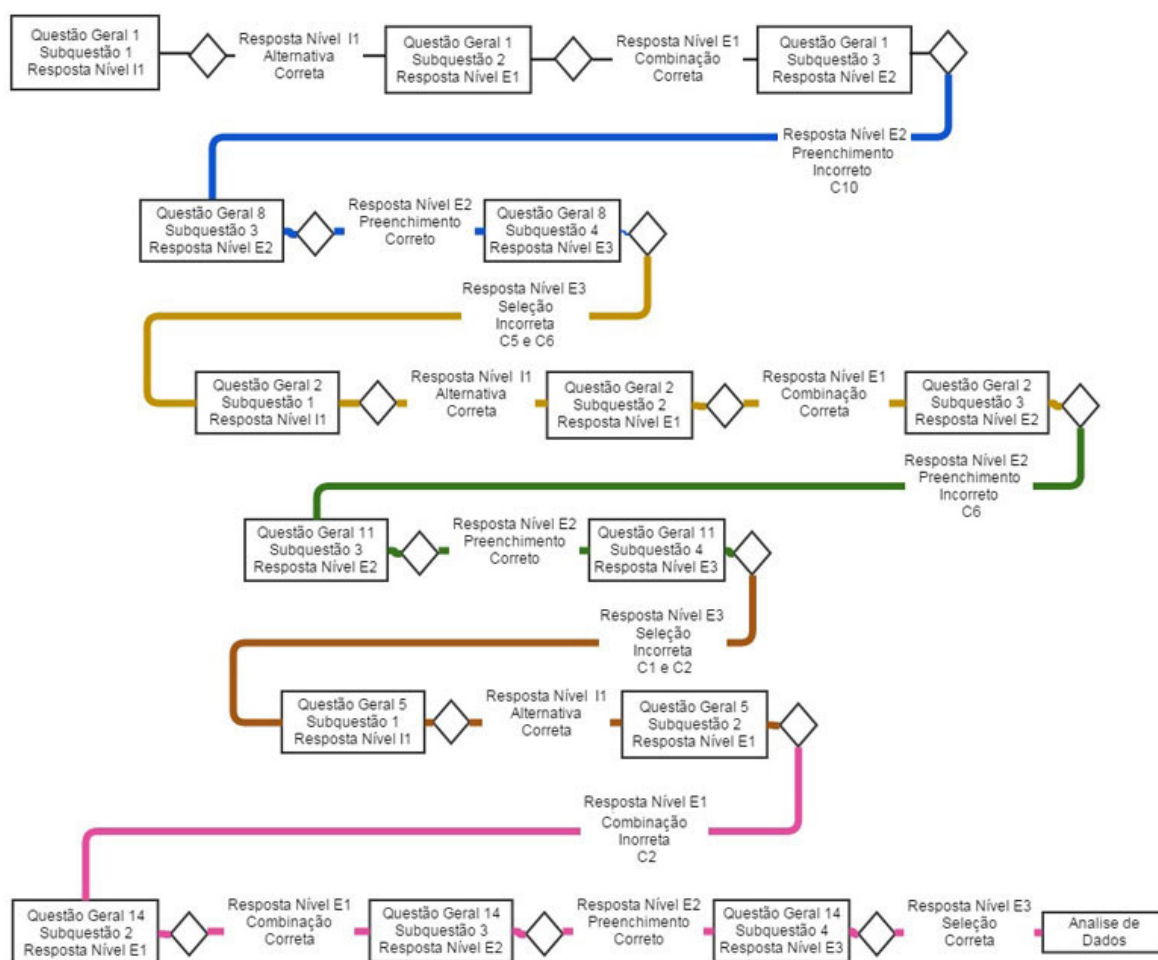


Figura 4.18: Exemplo de sequenciamento de questões.

A interação do aluno com a avaliação, segundo exemplo apresentado na Figura 4.18, inicia na questão principal questão geral 1, subquestão 1. O estudante responde corretamente a subquestão 1, nível de resposta implícita 1, avança para a subquestão 2, nível de resposta explícito 1, responde corretamente esta subquestão. Avança para a subquestão 3, nível de resposta explícito 2, e responde incorretamente esta subquestão.

O arcabouço apresenta a questão de mediação: questão geral 8. A seleção da questão geral 8 é baseada no conceito 10 que o aluno errou, ao selecionar a resposta incorreta. O aluno inicia a solução da questão geral 8 na subquestão 3, nível de resposta explícito 2. A questão geral 8 inicia no mesmo nível que o aluno errou a questão geral 1. Pois, os conceitos avaliados na questão geral 8 já foram previamente avaliados na questão geral 1.

O estudante responde corretamente a subquestão 3 da questão geral 8 e erra no

próximo nível na subquestão 4. A próxima questão apresentada ao aluno é a questão geral 2, de mediação. A questão geral 2 avalia o conceito 5 e o conceito 10, iniciando a solução na subquestão 1, nível de resposta I1. Pois, os conceitos avaliados na questão geral 2 não foram previamente investigados na questão geral 8.

Na questão geral 2 o estudante responde corretamente até a subquestão 3, nível de resposta explícito 2. A próxima questão a ser apresentada é a questão geral 11 na subquestão 3, nível de resposta explícito 2. O estudante acerta essa subquestão avançando para o último nível da questão geral 11. Na subquestão 4 o aluno erra a seleção de múltiplas escolhas.

A próxima questão de mediação é a questão geral 5 na subquestão 1. Pois, o conceito 1 e o conceito 5 não foram avaliados na questão anterior. Na questão geral 5 o estudante avança até a subquestão 2, nível de resposta explícito 1, onde erra a solução.

A última questão de mediação apresentada é a questão geral 14 na subquestão 2. O estudante responde corretamente todas as subquestões da questão geral 14. No exemplo não existe outra questão principal a ser respondida então, o arcabouço realiza a análise de dados.

A pontuação que o aluno recebe para cada conceito é baseada nos acertos em cada questão. Uma questão possui quatro subquestões, nas subquestões que o aluno responde corretamente o estudante recebe a pontuação estipulada pelo arcabouço, esses valores são armazenados nos dados do aluno. A pontuação não é cumulativa, o ultimo valor recebido é a pontuação válida.

#### 4.4 Análise de dados

Explicado e detalhado o processo de cadastro de dados no arcabouço, a próxima etapa é a definição da metodologia de análise dos dados. O objetivo é partir da resposta do aluno investigar qual o conceito que o aluno possui dificuldade ou facilidade. A análise de dados proposta procura identificar em qual nível representacional o conceito avaliado encontra-se e apresentar ao professor essa informação de forma intuitiva.

A análise de dados será realizada utilizando o exemplo de resposta a avaliação geral, descrito na sessão anterior. A Tabela 4.4 corresponde aos valores que um estudante fictício recebe ao responder uma avaliação geral. As questões e a pontuação são baseadas no exemplo da Figura 4.18. A primeira linha refere-se a pontuação do conceito 9. O aluno respondeu corretamente a questão geral 1 até a subquestão 2, nível de resposta E1, formalizou a pontuação de 2,50 para o conceito 9.

A segunda linha refere-se a pontuação do conceito 10, avaliado na questão geral 1 e na questão geral 8. O aluno respondeu corretamente a questão geral 1 até a subquestão 2, nível de resposta E1, formalizou a pontuação de 2,50 para o conceito 10. Já na questão geral 8 o aluno respondeu corretamente até a subquestão 3, nível de resposta E2, formalizou

a pontuação de 3,75 para o conceito 10.

O cálculo realizado para definir qual a pontuação total de um conceito, quando o conceito possui mais de um valor, é a média simples. Por exemplo, o cálculo para delimitar o valor do conceito 10 é a média simples dos valores 2,50 e 3,75, resultando no valor 3,12.

Conceitos	Questão Respondida	Subquestão errada	Última subquestão correta	Último nível de resposta correto	Pontos	Pontuação Total
Conceito 9	Questão geral 1	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	2,50	2,50
Conceito 10	Questão geral 1	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	2,50	3,12
	Questão geral 8	Subquestão 4	Subquestão 3	Nível E2	3,75	
Conceito 5	Questão geral 2	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	1,50	1,50
Conceito 6	Questão geral 2	Subquestão 3	Subquestão 2	Nível E1	2	2,50
	Questão geral 11	Subquestão 4	Subquestão 3	Nível E2	3	
Conceito 1	Questão geral 5	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	0,25	0,25
Conceito 2	Questão geral 5	Subquestão 2	Subquestão 1	Nível I1	0,25	0,62
	Questão geral 14		Subquestão 4	Nível E3	1	

Tabela 4.4: Tabela com os valores das respostas do aluno fictício a uma avaliação geral

A escala dos níveis representacionais é utilizada para enquadrar a posição dos conceitos avaliados nos níveis representacionais. As questões avaliam conceitos necessários para sua resolução, a partir da pontuação que o estudante recebe ao respondê-las corretamente é possível posicioná-las na escala de pontuação dos níveis representacionais. A seguir, as Figuras 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 e 4.24 apresentam a escala de pontuação de níveis representacionais e a posição de cada conceito.



Figura 4.19: Escala dos níveis representacionais do conceito 1 e a localização do desempenho do aluno



Figura 4.20: Escala dos níveis representacionais do conceito 2 e a localização do desempenho do aluno



Figura 4.21: Escala dos níveis representacionais do conceito 5 e a localização do desempenho do aluno



Figura 4.22: Escala dos níveis representacionais do conceito 6 e a localização do desempenho do aluno



Figura 4.23: Escala dos níveis representacionais do conceito 9 e a localização do desempenho do aluno



Figura 4.24: Escala dos níveis representacionais do conceito 10 e a localização do desempenho do aluno

Realizada a análise dos dados da avaliação geral a próxima etapa é a apresentação desses dados ao professor. O arcabouço gera para o especialista a hierarquia de conceitos com a pontuação do aluno e as questões avaliadas. A Figura 5.20 apresenta a estrutura da hierarquia de pontuação do estudante.

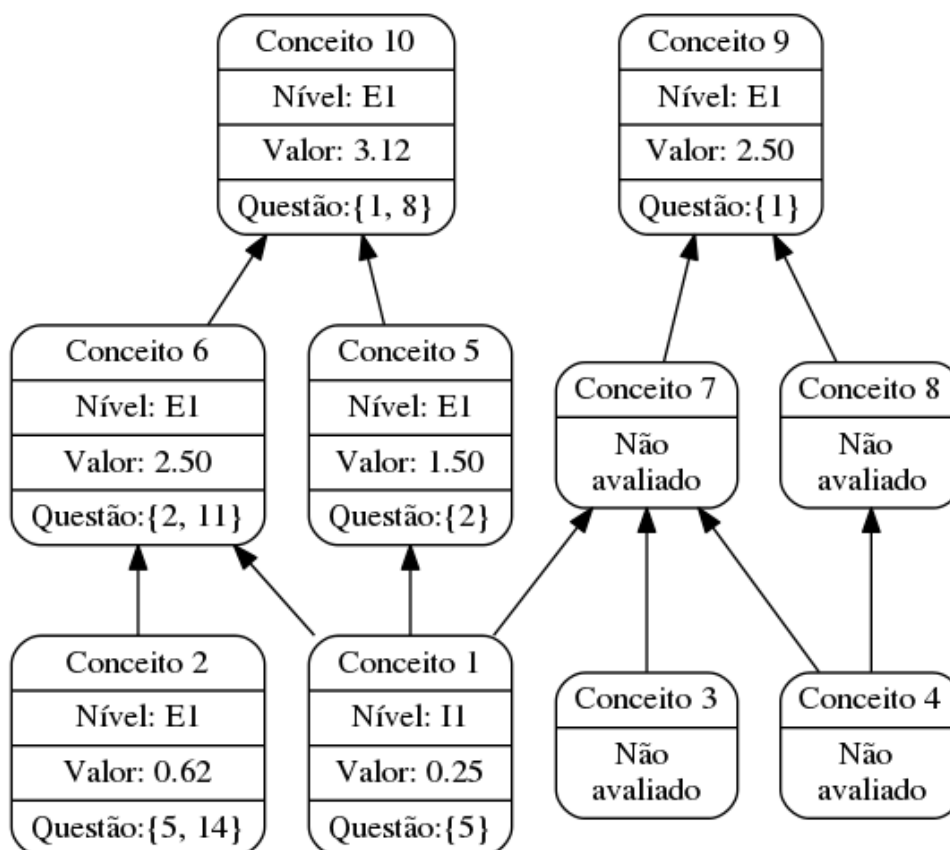


Figura 4.25: Hierarquia de conceitos com a pontuação e os níveis representacionais dos conceitos avaliados do estudante fictício

## CAPÍTULO 5

### DOMÍNIO DA LÓGICA PROPOSICIONAL

Esse capítulo descreve a avaliação de conteúdos iniciais da matéria de Fundamentos Lógicos da Inteligência Artificial. A implementação do modelo proposto, no formato de um sistema de autoria, não foi totalmente desenvolvido. A criação do planejamento da avaliação e da avaliação foi realizada e documentada manualmente. Apenas a análise de dados foi realizada automaticamente, por meio do computador.

A definição dos dados da avaliação seguiu o processo de criação e delimitação de estruturas proposto nas etapas do arcabouço. Para a realização de experimentos foram cadastrados os dados da avaliação manualmente em uma máquina de estados. O objetivo é simular as respostas dos alunos através das possibilidades de solução das questões.

A escolha do domínio da lógica proposicional deve-se ao fato da pesquisadora cursou a matéria de Fundamentos Lógicos da Inteligência Artificial, no programa de pós-graduação. Outro fator importante, para escolher o domínio da lógica, é a estrutura de solução das questões. As questões de lógica são resolvidas em passos de solução facilitando a delimitação das respostas certas e erradas.

A criação da avaliação e suas questões são baseadas no livro *Iniciação a lógica matemática* [10], página 62. Livro utilizado como material de estudo dos conteúdos iniciais na disciplina de lógica cursada. Dentre os tópicos da lógica proposicional o conteúdo a ser avaliado é método da prova de argumentos, especificamente a validade mediante regras de inferência.

#### 5.1 Rascunho da avaliação de Lógica Proposicional.

A avaliação de lógica investigará os conceitos utilizados na prova de argumentos. As questões selecionadas requisitam do aluno o entendimento das regras de inferência e a identificação das situações que as regras devem ser aplicadas. São selecionadas, do livro [10], oito exemplos de prova de argumento e adaptados a estrutura do arcabouço. A Figura 5.1 apresenta o rascunho da avaliação de lógica proposicional, a hierarquia dos conceitos, as questões e os conceitos que cada questão avalia. Por exemplo, a questão 1 avalia os conceitos *modus ponens*, *modus tollens* e *silogismo hipotético*, estes estão presentes na altura 2 da hierarquia de conceitos.

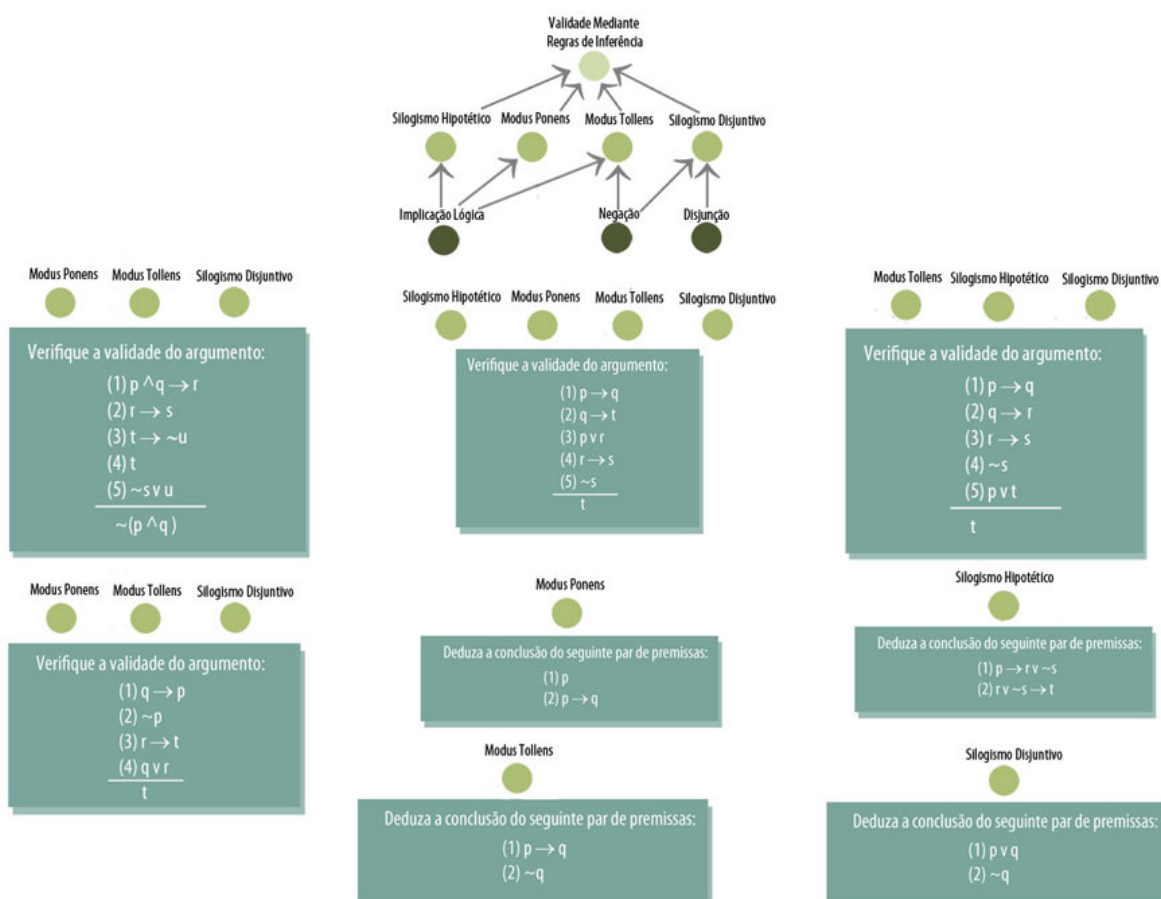


Figura 5.1: Rascunho da avaliação de Lógica Proposicional

## 5.2 Estrutura da Hierarquia de conceitos.

A figura 5.2 apresenta os conceitos necessários para solução da avaliação de lógica. O conhecimento geral a ser avaliado é a validade mediante regras de inferência. Os conhecimentos intermediários avaliados são silogismo hipotético, modus ponens, modus tollens e silogismo disjuntivo. Os conhecimentos mais básicos e específicos avaliados são a implicação lógica, negação e a disjunção.



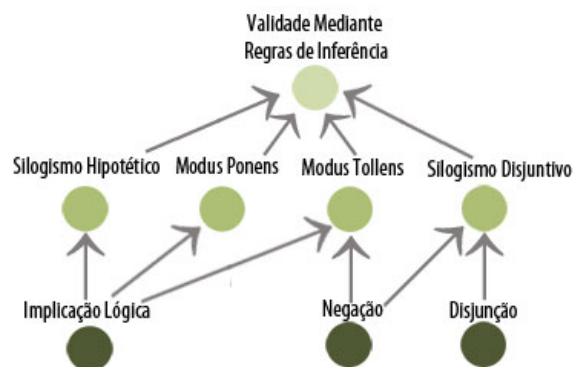


Figura 5.2: Hierarquia de conceitos da avaliação de lógica proposicional

A Tabela 5.1 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 5.1: Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação de lógica proposicional

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 5.2 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 5.2: Grau de complexidade dos conceitos e escala de pontuação dos níveis representacionais

### 5.3 Estrutura das questões e subquestões.

Nesta seção é apresentado o cadastro de uma questão, escolhida dentre as oito questões que compõem a avaliação de lógica. A definição dos dados de todas as questões realizou-se manualmente seguindo o padrão de cadastro proposto pelo arcabouço. As sete questões que não são apresentadas nesta seção estão no apêndice do trabalho. Dentre as questões definidas para investigar o conhecimento de lógica proposicional, a questão 2 foi escolhida para exemplificar o cadastro das questões e subquestões. A Figura 5.3 refere-se ao enunciado principal da questão 2.

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

Figura 5.3: Enunciado da questão 2.

Três caminhos de solução são demilitados para solução da questão 2. Todos os caminhos utilizam os conceitos silogismo hipotético (SH), modus tollens (MT), silogismo disjuntivo (SD) e modus ponens (MP). O primeiro caminho de solução, Caminho 1, utiliza os conceitos na seguinte ordem: SH, MT, SD e MP.

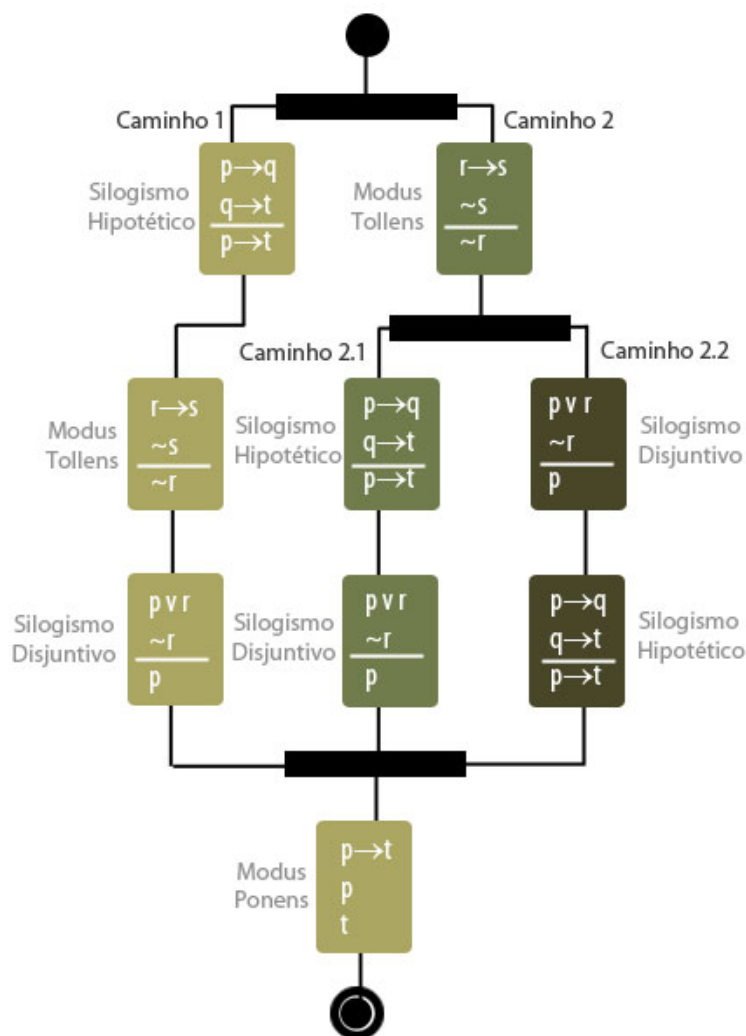


Figura 5.4: Fluxograma das repostas da questão 2.

O Caminho 2 inicia a solução da questão com o conceito MT e possui uma ramificação: Caminho 2.1 e Caminho 2.2. O Caminho 2.1 continua a solução com os conceitos SH e SD enquanto o Caminho 2.2 utiliza esses mesmos conceitos na ordem contrária, iniciando com SD e em seguida utiliza o SH. Os três caminhos finalizam a prova com o conceito MP.

Os três caminhos apresentados utilizam os mesmos conceitos para solução do exercício mudando apenas a ordem de utilização dos conceitos. A ordem diferente exemplifica a possibilidade do estudante utilizar os mesmos conceitos para resolver a questão, mas em sequência diferente obtendo igualmente como resultado final a resposta correta.

Selecionados os conceitos necessários para a solução da questão 2 realiza-se a marcação destes conceitos na hierarquia de conceitos. A Figura 5.5 apresenta o exemplo de marcação dos conceitos na hierarquia. A Figura 5.6 refere-se ao grau de complexidade de cada conceito e a escala de nível representacional. Os valores apresentados nos níveis representacionais, de cada conceito, são os pontos que o aluno recebe ao responder corretamente

uma subquestão.

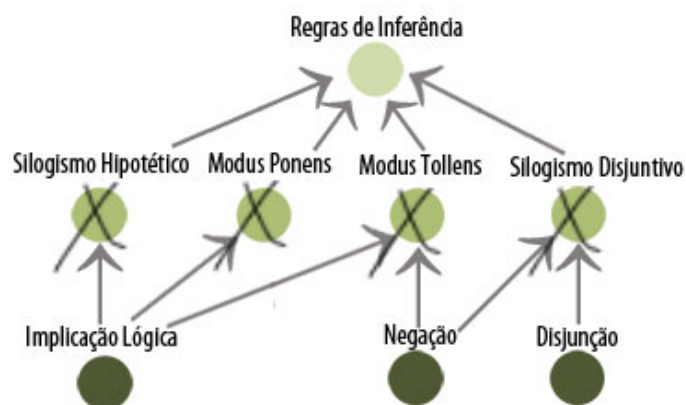


Figura 5.5: Conceitos avaliados na questão 2.

	Grau de Complexidade	Nível I1	Nível E1	Nível E2	Nível E3
SH	3	0,75	1,50	2,25	3
MP	3	0,75	1,50	2,25	3
MT	4	1	2	3	4
SD	4	1	2	3	4

Figura 5.6: Escala de níveis representacionais e grau de complexidade dos conceitos avaliados na questão 2.

O próximo passo é a definição da subquestão 1 e suas respostas, certas e erradas. A Figura 5.7 apresenta os dados da questão 2 subquestão 1, nível de resposta implícito 1. O enunciado principal da questão 2 é “Verifique que é válido o argumento:  $(p \rightarrow q, q \rightarrow t, p \vee r, r \rightarrow s, \sim s, t)$ ”. O enunciado da 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.

A subquestão 1 apresenta duas alternativas corretas e uma alternativa incorreta. A pontuação dada ao aluno, caso ele selecione uma das alternativas corretas, é de 0,75 pontos para os conceitos MP e SH e de 1 ponto para o conceito MT e SD. Já a resposta errada aponta os conceitos SD e MT como conceitos errados ao seleciona-la.

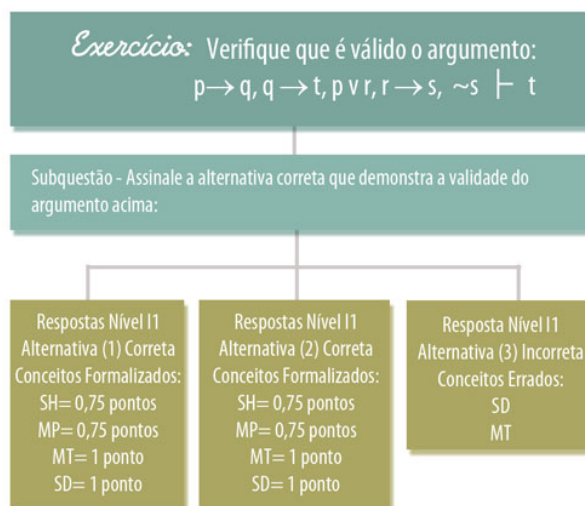


Figura 5.7: Subquestão 1 e pontuação das respostas nível implícito 1

A Figura 5.8 corresponde ao formato de tela da questão 2, o enunciado da questão, da subquestão e alternativas. 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. Caso o aluno selecione uma delas como resposta recebe pontuação de SH=0,75 pontos, MP=0,75 pontos, MP=1 ponto e SD=1 ponto.

Caso o aluno selecione a terceira alternativa ( $\sim r, \sim p, p \rightarrow t, t$ ), os conceitos cadastrados como mal compreendido ou errado são os conceitos SD e MT. A resposta correta acarreta o avanço do aluno para a próxima subquestão, subquestão 2. A resposta incorreta implica na mudança de questão. Se o aluno errar uma subquestão então, será apresentada uma questão nova, diferente da questão que acabou de responder.

Verifique a validade do argumento:

$$\begin{array}{c}
 p \rightarrow q \\
 q \rightarrow t \\
 p \vee r \\
 r \rightarrow s \\
 \sim s \\
 \hline
 t
 \end{array}$$

Assinale a alternativa correta que demonstra a validade do argumento acima:

$p \rightarrow t, \sim r, p, t$

$\sim r, p, p \rightarrow t, t$

$\sim r, \sim p, p \rightarrow t, t$

Enviar

Figura 5.8: Estrutura de tela da subquestão 1

A próxima subquestão a ser definida é a subquestão 2, nível de resposta explícito 1,

apresentada na Figura 5.9. O enunciado geral da questão 2 é “Verifique que é válido o argumento:  $(p \rightarrow q, q \rightarrow t, p \vee r, r \rightarrow s, \sim s, t)$ ”. O enunciado da subquestão 1 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. A resposta correta compreende a combinação correta dos conceitos MP, SD, MT e SD com sua utilização. A pontuação que o aluno receberá ao realizar a combinação correta é de 1,50 pontos para os conceitos MP e SH e de 2 pontos para o conceito MT e SD. As respostas incorretas são definidas pela combinação incorreta do conceito MP, MT, SD, SH.

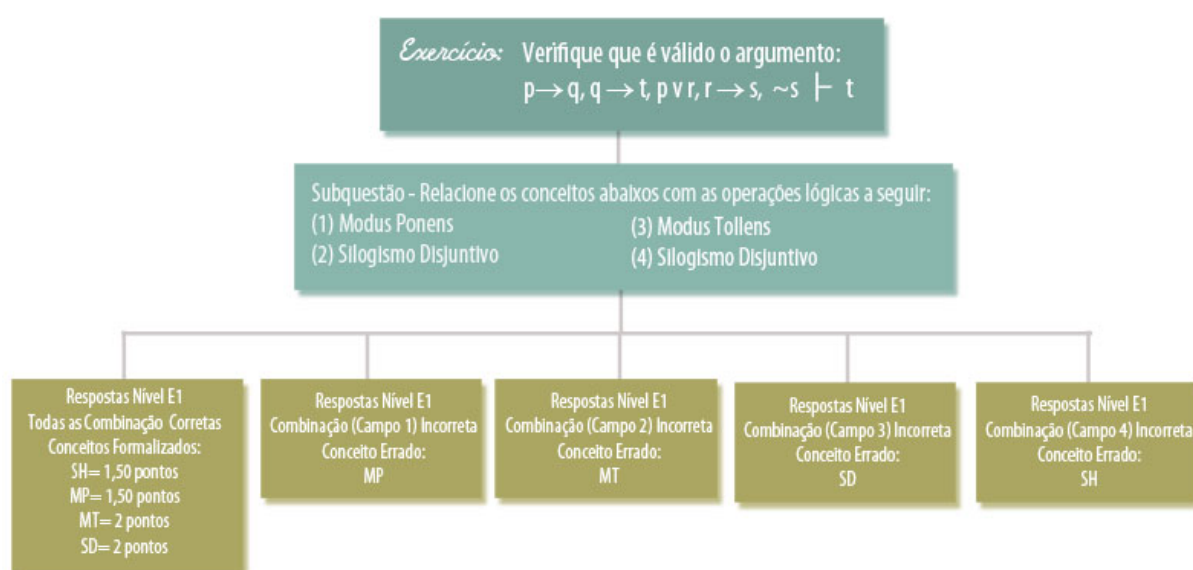


Figura 5.9: Subquestão 2 e pontuação das respostas nível explícito 1

A Figura 5.10 apresenta a estrutura de tela da subquestão 2. 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 enviar. 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.

No exemplo da Figura 5.10, o primeiro bloco investiga o conceito silogismo hipotético, acertando esse bloco o estudante recebe a pontuação de 1,50 pontos para o conceito SH. O segundo bloco investiga o conceito silogismo disjuntivo, respondendo corretamente esse bloco o estudante formaliza a pontuação de 2 pontos. O terceiro bloco investiga o conceito modus tollens, caso o aluno responda corretamente esse bloco recebe a pontuação de 2 pontos. O quarto e último bloco investiga o conceito modus ponens e caso o aluno responda corretamente receberá pontuação de 1,50 pontos para o conceito. No caso do aluno responder corretamente os dois primeiros blocos e errar a resposta do terceiro. O

estudante manterá a pontuação de 1,50 pontos para o conceito SH e 2 pontos para o conceito SD. A próxima questão apresentada será uma questão de mediação que avaliará o conceito MT.

Relacione os conceitos abaixo com as operações lógicas a seguir:

- (1) Modus Ponens
- (2) Silogismo Disjuntivo
- (3) Modus Tollens
- (4) Silogismo Hipotético

4 ▾	$\begin{array}{l} p \rightarrow q \\ q \rightarrow t \\ \hline p \rightarrow t \end{array}$	Enviar
2 ▾	$\begin{array}{l} p \vee r \\ \sim r \\ \hline p \end{array}$	Enviar
▾	$\begin{array}{l} r \rightarrow s \\ \sim s \\ \hline \sim r \end{array}$	Enviar
▾	$\begin{array}{l} p \rightarrow t \\ p \\ \hline t \end{array}$	Enviar

Figura 5.10: Estrutura de tela da subquestão 2

A próxima subquestão a ser definida é a subquestão 3. A Figura 5.11 apresenta aos 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. A resposta correta é o preenchimento de todas as lacunas com as operações corretas. A pontuação dada ao aluno ao acertar toda a subquestão 3 é de 2,25 pontos para os conceitos MP e SH e de 3 pontos para o conceito MT e SD. As respostas incorretas são definidas pelo preenchimento incorreto das lacunas onde os conceitos errôneos são SH, MT, SD e MP.

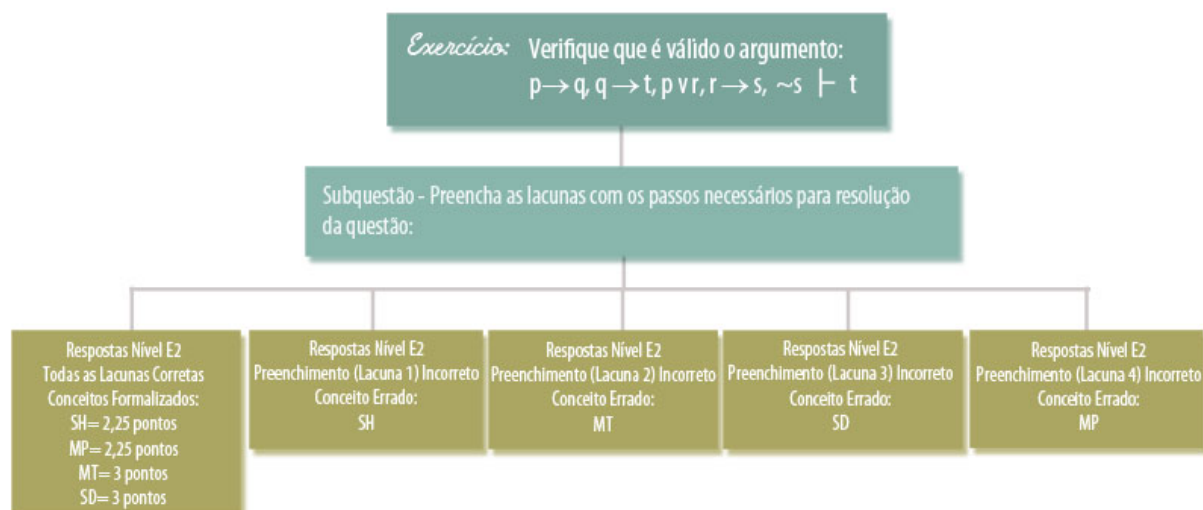


Figura 5.11: Subquestão 3 e pontuação das respostas nível explícito 2

A Figura 5.12 apresenta a tela apresentada ao estudante, referente a subquestão 3. 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. Na Figura 5.12 o primeiro bloco avalia o conceito SH, acertando este bloco o aluno recebe a pontuação de 2,25 para o conceito SH. O segundo bloco avalia o conceito MT, a pontuação recebida no caso de acerto é de 3 pontos. O terceiro bloco investiga o conceito SD, a pontuação no caso de acerto é de 3 pontos. O último bloco avalia o conceito MP e a pontuação recebida pelo acerto é de 2,25 pontos. Caso o aluno responda corretamente alguns campos e incorretamente outros, ele receberá a pontuação pelo campo correto e a próxima questão levará a avaliar o conceito dado como errado. Os pontos adquiridos na subquestão anterior permanecem intactos nos dados do aluno.



Preencha as lacunas com os passos necessários para resolução da questão:

$\begin{array}{l} p \rightarrow q \\ q \rightarrow t \\ \hline p \rightarrow t \end{array}$	$\begin{array}{l} p \rightarrow q \\ q \rightarrow t \\ \hline p \rightarrow t \end{array}$	$\begin{array}{l} p \rightarrow q \\ q \rightarrow t \\ \hline q \rightarrow t \end{array}$	Enviar
	$\begin{array}{l} r \rightarrow s \\ \sim s \\ \hline \sim r \end{array}$	$\begin{array}{l} r \rightarrow s \\ \sim s \\ \hline s \end{array}$	Enviar
	$\begin{array}{l} p \vee r \\ \sim r \\ \hline p \end{array}$	$\begin{array}{l} p \vee r \\ \sim r \\ \hline \sim p \end{array}$	Enviar
	$\begin{array}{l} p \rightarrow t \\ p \\ \hline t \end{array}$	$\begin{array}{l} p \rightarrow t \\ p \\ \hline \sim t \end{array}$	Enviar

Figura 5.12: Estrutura de tela da subquestão 3

A última subquestão a ser definida é a subquestão 4. A Figura 5.14 apresenta a subquestão 4 e suas respectivas respostas. O enunciado da subquestão 4 é: “Deduza a conclusão utilizando as proposições contextualizadas”. A estrutura de resposta da subquestão 4 é baseada no nível representacional explícito 3, seleção de múltiplas escolhas. Selecionando todas as alternativas corretas entende-se que o estudante possui a pontuação total de 3 pontos para os conceitos MP e SH e de 4 pontos para o conceito MT e SD. Ao responder satisfatoriamente a subquestão 4 entende-se que o estudante possui perícia total necessária para solução da questão.

Outra possibilidade é o estudante selecionar alternativas corretas e incorretas. Para as alternativas corretas atribui-se a pontuação de domínio do conceito e a próxima questão de remediação é selecionada a partir das repostas incorretas. A seleção de uma alternativa incorreta implica no calculo da pontuação das alternativas corretas e a seleção da questão de mediação, baseada no conceito errôneo. As alternativas corretas e incorretas investigam um determinado conceito, quando o estudante seleciona uma alternativa é possível identificar qual o conceito ele errou ou acertou. Por exemplo, se o aluno selecionar as alternativas corretas que referem-se aos conceitos MP e SD, e selecionar as alternativas erradas que referem-se aos conceitos MT e SH. Então, ganhará a pontuação de 3 pontos

para os conceitos MP e SD e a questão de mediação avaliará os conceitos MT e SH.

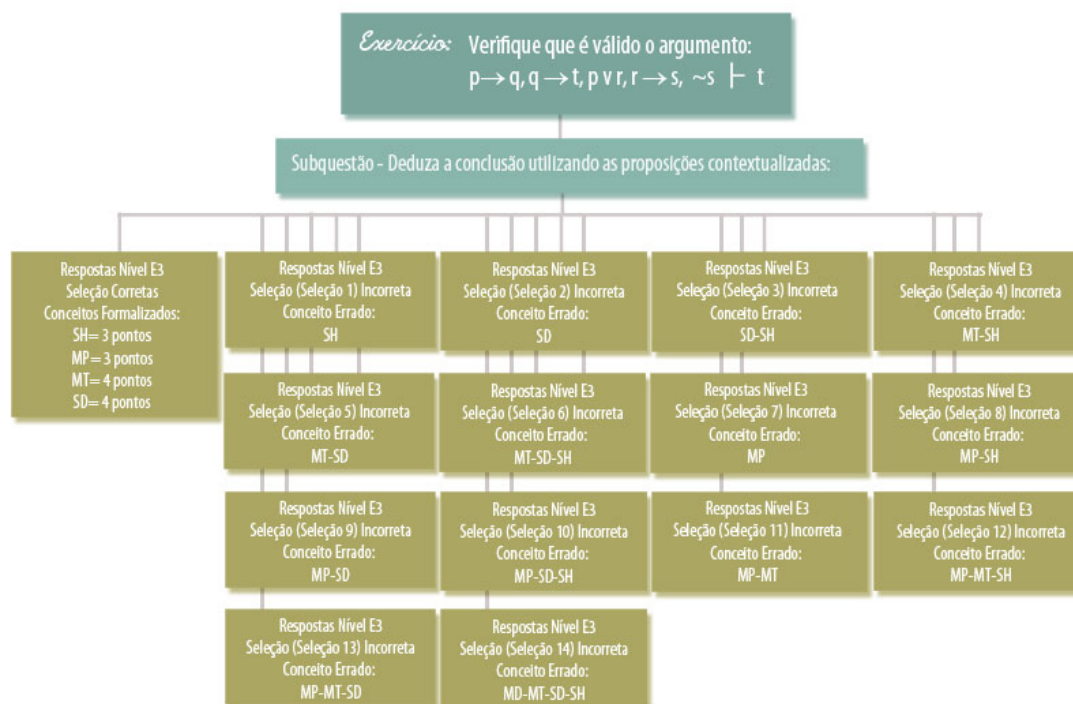


Figura 5.13: Subquestão 4 e pontuação das respostas Nível E3

A Figura 5.14 apresenta a estrutura da tela, da subquestão 3, que será apresentada ao aluno. A solução é através da seleção de múltiplas escolhas.

Verifique a validade do argumento:

$$\begin{array}{l}
 p \rightarrow q \\
 q \rightarrow t \\
 p \vee r \\
 r \rightarrow s \\
 \hline
 \sim s \\
 t
 \end{array}$$

As proposições do problema foram contextualizadas segundo a tabela abaixo:

$p$ = A casa é vermelha.	$p \rightarrow q$	Se a casa é vermelha, então é britânico.
$q$ = É britânico.	$q \rightarrow t$	Se é britânico, então cria pássaros.
$r$ = Bebe café.	$p \vee r$	Ou a casa é vermelha ou bebe café.
$s$ = Fuma príncipe.	$r \rightarrow s$	Se bebe café, então fuma príncipe.
$t$ = Cria pássaros.	$\sim s$	Não fuma príncipe.
	$t$	Cria pássaros.

Deduz a conclusão 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 príncipe.  
 Não fuma príncipe.  
 Não bebe café.

Se bebe café, então fuma príncipe.  
 Não fuma príncipe.  
 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.

Enviar

Figura 5.14: Estrutura de tela da subquestão 4, apresentada ao aluno

## 5.4 Sequenciamento de 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 5.3 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 5.3: 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.

Por exemplo, a Tabela 5.4 apresenta o sequenciamento da questão 1 de todas as subquestões, da avaliação de lógica. A subquestão 1, nível de resposta II apresenta três alternativas. A alternativa (A) é a alternativa correta, caso o aluno a selecione a selecione, será apresentada a subquestão 2. A alternativa (B) e (C) são as alternativas incorretas. Caso o aluno selecione a questão (B) será encaminhado para a próxima questão principal. Pois, não existe uma questão de mediação, no banco de questões, a ser apresentada para o estudante. Caso o aluno selecione a alternativa (C) é encaminhado para a questão 5, subquestão 1 nível de resposta implícito 1.

A subquestão 2 é respondida por blocos, cada bloco avalia um conceito específico. O bloco 1 avalia o conceito Modus Ponens, o bloco 2 avalia o conceito Modus Tollens e o bloco 3 avalia o conceito Silogismo Disjuntivo. Inicialmente apenas o bloco 1 esta liberado para solução, a liberação dos blocos é através da resposta certa do aluno.

A resposta correta do primeiro bloco é a seleção do conceito (MP), o estudante ao selecionar esse conceito libera o próximo bloco para ser respondido. As respostas incorretas do primeiro bloco são (MT) e (SD), caso o estudante selecione uma delas a próxima questão apresentada é a questão 5, subquestão 2 nível de resposta explícito 1.

A resposta correta do segundo bloco é a seleção do conceito (MT), o estudante ao selecionar esse conceito libera o próximo bloco para ser respondido. As respostas incorretas do primeiro bloco são (MP) e (SD), caso o estudante selecione uma delas a próxima questão apresentada é a questão 7, subquestão 2 nível de resposta explícito 1.

A resposta correta do terceiro bloco é a seleção do conceito (SD), o estudante ao selecionar esse conceito é apresentado a ele a subquestão 3, nível de resposta E3. As respostas incorretas do primeiro bloco são (MP) e (MT), caso o estudante selecione uma delas a próxima questão apresentada é a questão 8, subquestão 2 nível de resposta explícito 1.

A subquestão 3 também é respondida por blocos e segue a lógica de liberação de blocos, através das respostas corretas do estudante.

A ultima subquestão é a subquestão 4, as respostas são definidas através das seleção de múltiplas alternativas. O número de respostas estimadas, para a subquestão 4 da questão 1, é de 16 combinações possíveis. A escolha da resposta correta acarreta a apresentação de uma nova questão principal. A escolha da resposta incorreta implica na apresentação de uma questão de mediação. Se não existe uma questão de mediação no banco de questões então o aluno é encaminhado para resolver uma questão principal, voltando para a linha principal de solução de questões.

Questão 01				
Nível	Alternativa	Valor	Ação	
I1	A	Certo	Q01E1	
	B	Errado	Sem sequência	
	C	Errado	Q05I1	
E1	B1	MP	Certo	B2
		MT	Errado	Q05E1
		SD	Errado	Q05E1
	B2	MP	Errado	Q07E1
		MT	Certo	B3
		SD	Errado	Q07E1
	B3	MP	Errado	Q08E1
		MT	Errado	Q08E1
		SD	Certo	Q01E2
E2	B1	alt1	Certo	B2
		alt2	Errado	Q05E2
	B2	alt1	Certo	B3
		alt2	Errado	Q08E2
	B3	alt1	Certo	B4
		alt2	Errado	Q07E2
	B4	alt1	Certo	Q01E3
		alt2	Errado	Q07E2
E3	alt1 alt1 alt1 alt1	CCCC	Seq. Princial	
	alt1 alt1 alt1 alt2	CCCE	Q07E3	
	alt1 alt1 alt2 alt1	CCEC	Q07E3	
	alt1 alt1 alt2 alt2	CCEE	Q07E3	
	alt1 alt2 alt1 alt1	CECC	Q08E3	
	alt1 alt2 alt1 alt2	CECE	Sem sequência	
	alt1 alt2 alt2 alt1	CEEC	Sem sequência	
	alt1 alt2 alt2 alt2	CEEE	Sem sequência	
	alt2 alt1 alt1 alt1	ECCE	Q05E3	
	alt2 alt1 alt1 alt2	ECCE	Sem sequência	
	alt2 alt1 alt2 alt1	ECEC	Sem sequência	
	alt2 alt1 alt2 alt2	ECEE	Sem sequência	
	alt2 alt2 alt1 alt1	EECC	Sem sequência	
	alt2 alt2 alt1 alt2	EECE	Sem sequência	
	alt2 alt2 alt2 alt1	EEEC	Sem sequência	
alt2 alt2 alt2 alt2	EEEE	Sem sequência		

Tabela 5.4: Sequenciamento da Questão 1 de lógica proposicional

A seguir é definido o algoritmo de sequenciamento de questões:

---

**Algoritmo 1** Sequenciamento de questões
 

---

```

1: se o aluno acertar questão então
2:   se tem mais blocos ou lacunas a preencher na mesma subquestão então
3:     habilita o próximo bloco ou lacuna
4:   senão
5:     se existe mais subquestões para responder então
6:       apresenta o próximo nível da subquestão
7:     senão
8:       se existe questões principais para responder então
9:         apresenta a questão principal na subquestão 1
10:      senão
11:        encerra a avaliação
12:      fim se
13:    fim se
14:  fim se
15: senão
16:  se existe uma questão de mediação não respondida E
17:    que avalie os conceitos delimitados na alternativa errada então
18:    apresenta a questão nova com nível de subquestão igual à anterior.
19:  senão
20:    se existe questões principais para responder então
21:      inicia a interação da questão principal na subquestão 1
22:    senão
23:      encerra a avaliação
24:    fim se
25:  fim se
26: fim se

```

---

## 5.5 Análise dos 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. Todas as possibilidades geradas pela varredura do algoritmo estão na seção apêndice. Sendo inviável a apresentação de todas as possibilidades, um exemplo foi selecionado para a análise de dados.

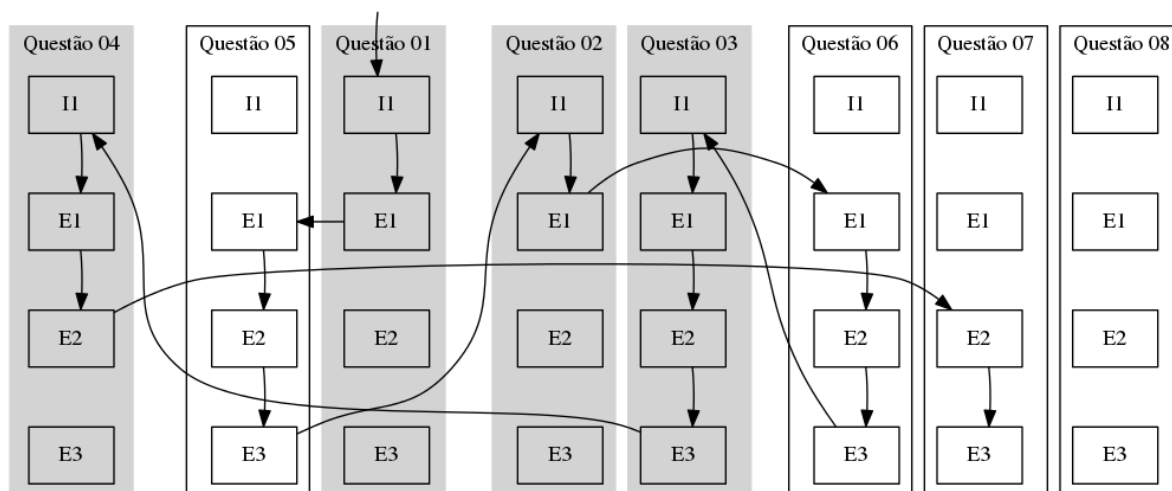


Figura 5.15: Exemplo 1 de resposta do aluno.

A Figura 5.15 apresenta o exemplo 1 de simulação de resposta, de um aluno fictício. O caminho de resposta percorrido no exemplo 1, inicia na questão principal: questão 01. O aluno responde a subquestão 1 e acerta a resposta. É encaminhado para a solução da subquestão 2 e erra a resposta. A próxima questão apresentada é a questão 05, questão de mediação. A solução da questão 05 inicia na subquestão 2. O aluno responde corretamente todas as subquestões.

A questão seguinte é a questão 02, questão principal. O aluno responde corretamente a subquestão 1 mas, erra a subquestão 2. Em seguida a questão 06, questão mediação, é apresentada. O aluno inicia a solução da questão 06 na subquestão 2. A questão 06 é respondida corretamente até a última subquestão.

A questão subsequente é a questão 03, questão principal. Todas as subquestões são respondidas corretamente e é apresentada ao aluno a última questão principal da avaliação, questão 4. A solução da questão 4 inicia na subquestão 1. O aluno responde até a subquestão 3, nível de resposta E2 e erra a solução.

A última questão respondida é a questão 07, questão de mediação. A solução da questão 07 inicia na subquestão 3. O aluno responde corretamente essa subquestão e a próxima, subquestão 4. Encerra-se a avaliação de lógica.

A nota que o estudante recebe está relacionada à 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. A Tabela 5.5 apresenta as pontuações dos conceitos, para o exemplo 1 de solução da avaliação de lógica.

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 5.5: Pontuação para o exemplo 1 de resposta do estudante

Por exemplo, o conceito SH foi avaliado na questão 2, questão 6 e questão 3. Na questão 2 o estudante acertou a subquestão 1 e avançou para a subquestão 2, onde respondeu incorretamente. A pontuação do conceito SH para a questão 2 é pontuação da última subquestão respondida corretamente: subquestão 1 pontuação de 0,75. Na questão 6 e na questão 3 o aluno obteve êxito em todas as subquestões. A pontuação do conceito SH é a pontuação máxima de 3 pontos. A pontuação total do conceito SH é de 2,25, valor obtido realizando a média simples da pontuação da questão 2, questão 6 e questão 3. Baseado na pontuação obtida na questão 2, questão 6 e questão 3 o conceito SH é enquadrado na escala de nível representacional, Figura 5.16.



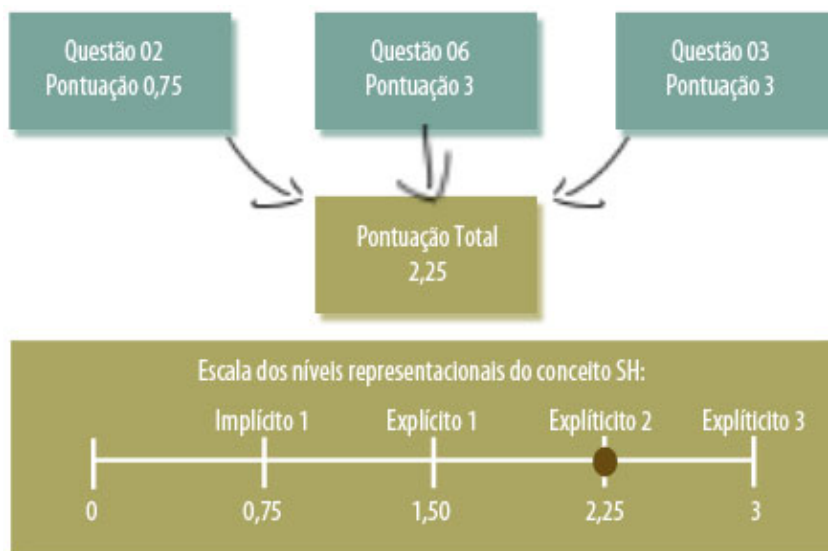


Figura 5.16: Escala representacional do conceito SH e localização do desempenho do estudante

A seguir, as Figuras 5.17, 5.18, 5.19 apresentam a escala de pontuação de níveis representacionais e a posição de cada conceito. A posição de cada conceito é estipulada na pontuação final, definida na Tabela 5.5.



Figura 5.17: Escala dos níveis representacionais do conceito MT e a localização do desempenho do aluno



Figura 5.18: Escala dos níveis representacionais do conceito MP e a localização do desempenho do aluno



Figura 5.19: Escala dos níveis representacionais do conceito SD e a localização do desempenho do aluno

Após a análise dos dados, o arcabouço apresenta os resultados no formato da Figura 5.20. Os nós são os conceitos investigados na avaliação, os níveis apresentam qual nível representacional o conceito encontra-se e as questões são as perguntas que o estudante respondeu.

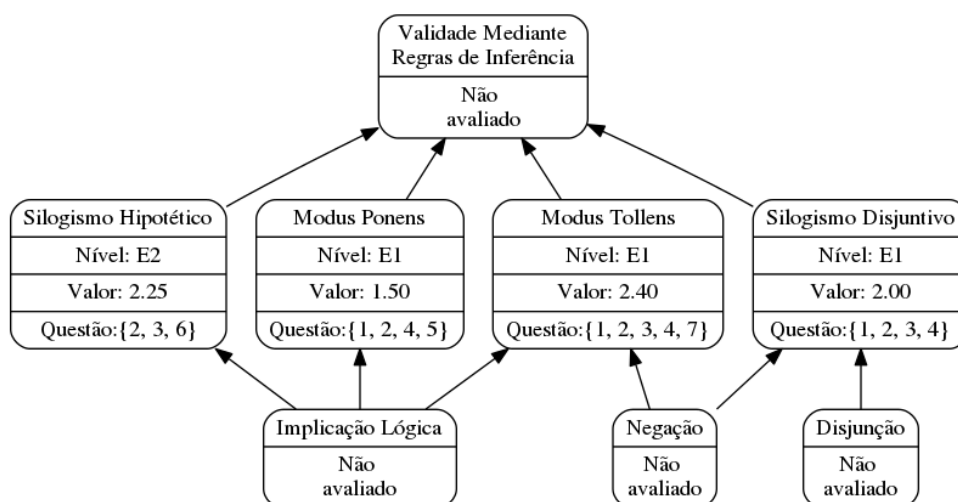


Figura 5.20: Hierarquia de conceitos com a pontuação e os níveis representacionais dos conceitos avaliados do exemplo 1

A partir da hierarquia de conceitos com a pontuação do aluno o professor consegue identificar 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. A Figura 5.21 apresenta algumas dicas que podem ser utilizadas pelo professor no momento de instigar novos aprendizados.

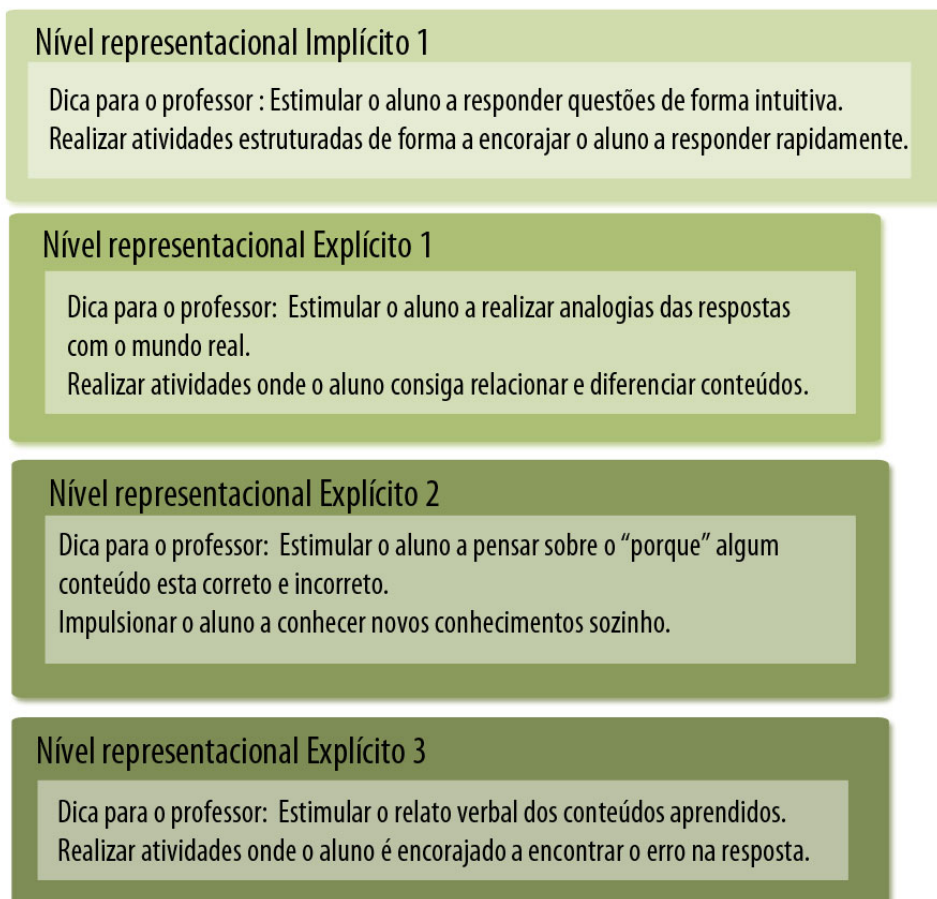


Figura 5.21: Dicas relacionadas aos processos cognitivos realizados pelo estudante ao responder a avaliação

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

#### 6.1 Conclusão

O presente estudo contextualizou o modelo de redescrição representacional, suas diferentes fases e níveis representacionais, descrevemos os processos cognitivos realizados em cada fase e quais os níveis representacionais que a informação é redescrita. 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 modelagem é realizada através dos níveis representacionais e não por meio das fases propostas pelo modelo. A intenção é identificar o nível representacional do conceito armazenado na mente do indivíduo, através das estruturas das subquestões e suas respectivas respostas.

A aplicação de questionamentos é um dos métodos mais comumente utilizados pelos professores na avaliação de aluno, onde cada questão objetiva avaliar conceitos específicos e necessários para sua resolução. A partir das repostas de estudantes às questões, o professor analisa e identifica o grau de perícia do aluno sobre os conceitos avaliados. Em seguida, infere uma porcentagem ou nota relativa ao domínio do conhecimento.

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 diferencial do modelo proposto é o pilar da ciência cognitiva, a possível identificação do processo cognitivo realizado pelo estudante e a possibilidade do professor remediar o erro do aluno baseado em resultados propostos pelo modelo.

#### 6.2 Limitações

- O modelo de avaliação proposto carece de validações. A presente pesquisa realizou um experimento computacionalmente testando as possibilidades de respostas dos alunos. Gerando um mapa de conhecimentos do estudante, avaliados nas questões.
- Alguns pontos negativos do experimento são relacionados a estrutura da respostas, as subquestões. Por exemplo, no nível I1 não considerou-se o tempo de resposta do aluno e no nível E3 não foi realizada a análise descritiva da resposta do estudante.
- O sequenciamento proposto baseia-se em uma estratégia não modular. A próxima

questão, seja a questão principal ou a questão de remediação, é definida manualmente pelo professor.

- O arcabouço não está estruturado segundo a arquitetura padrão de um Sistema Tutor inteligente. A presente pesquisa não seguiu esta abordagem pois, o objetivo foi proporcionar uma modelagem computacional geral de uma determinada teoria cognitiva. Lembrando que a modelagem proposta permite ao professor adaptar seus preceitos para utilização em sala de aula, verbalmente e através da prova escrita.

### 6.3 Trabalhos futuros

Abaixo algumas possibilidades de trabalhos futuros:

- Sequenciamento de questões: O sequenciamento de questões pode ser realizado através de um grafo. As questões de remediação podem ser geradas a partir da vizinhança do nó avaliado.
- Sequenciamento de questões: É possível que o próximo nível de subquestão e resposta apresentada para o aluno leve em consideração todo o histórico de avaliação do conceito. O modelo proposto analisa apenas se a última questão investigou os conceitos novos.
- Inicialmente o modelo não define a dificuldade da questão, mas o grau de complexidade do conceito avaliado. É possível a criação de um campo dificuldade da questão combinado com o grau de complexidade do conceito. Esse novo campo calculado poderá alterar o valor da pontuação dos conceitos na questão e na avaliação geral.
- O modelo prevê o cadastro da hierarquia no início da interação com o sistema e depois a seleção do professor dos conceitos, no cadastro da questão. Pode-se alterar o modelo para que cada questão possua sua hierarquia de conceitos própria. Sugere-se a criação de um algoritmo para cruzamento das hierarquias de conceitos.

## APÊNDICE A

### APÊNDICE

Dados relativos a avaliação geral da seção 4.0

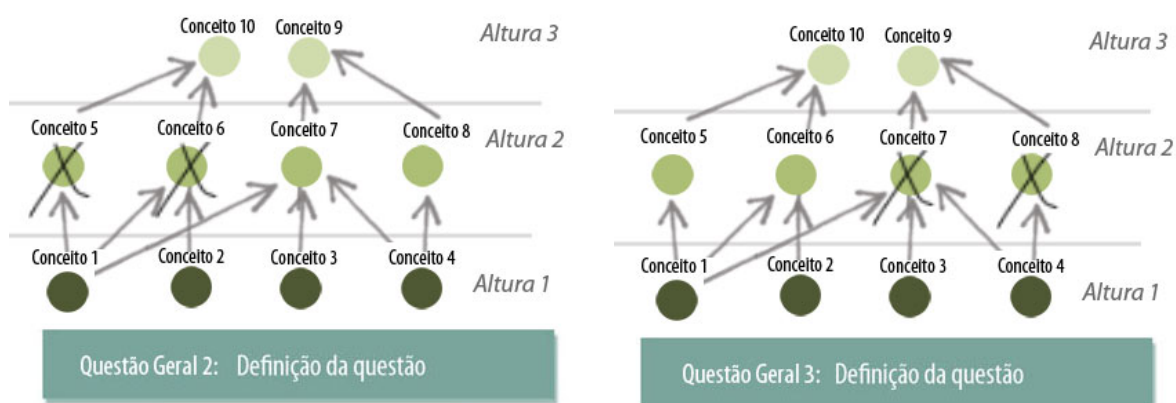


Figura A.1: Hierarquia de conceitos Questão geral 2. Figura A.2: Hierarquia de conceitos Questão geral 3.

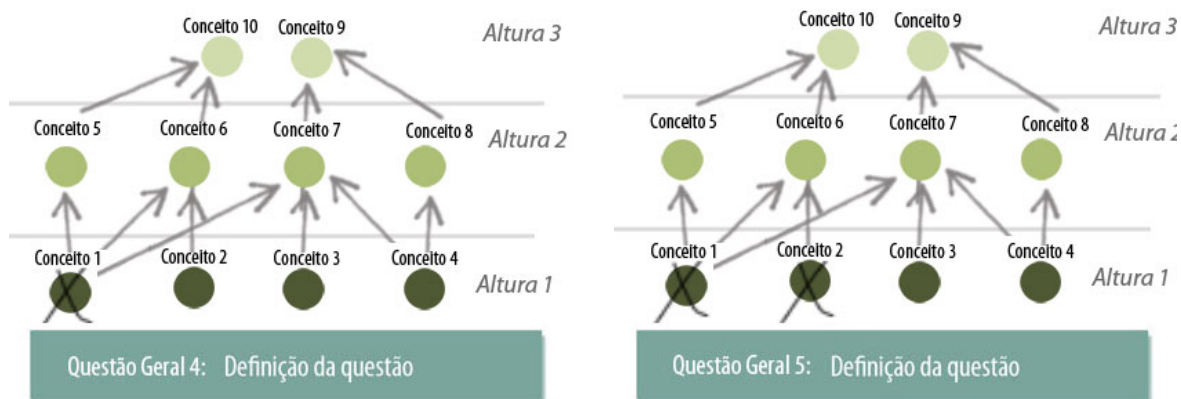


Figura A.3: Hierarquia de conceitos Questão geral 4. Figura A.4: Hierarquia de conceitos Questão geral 5.

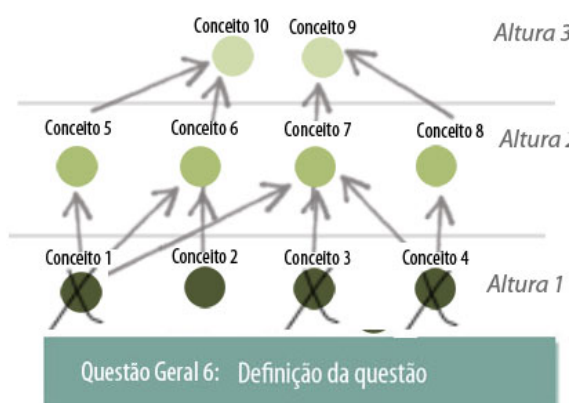


Figura A.5: Hierarquia de conceitos Questão geral 6.

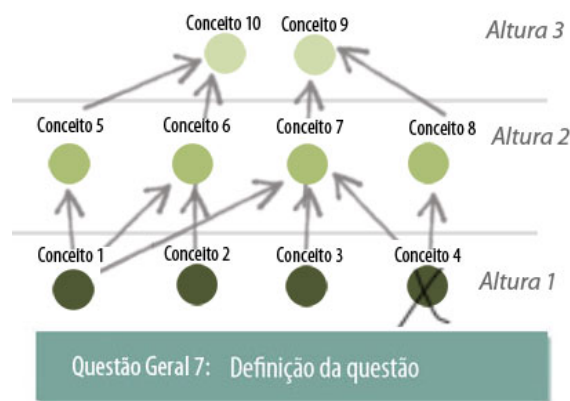


Figura A.6: Hierarquia de conceitos Questão geral 7.

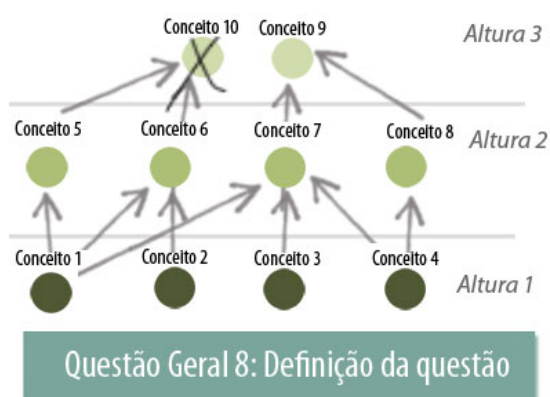


Figura A.7: Hierarquia de conceitos Questão geral 8.

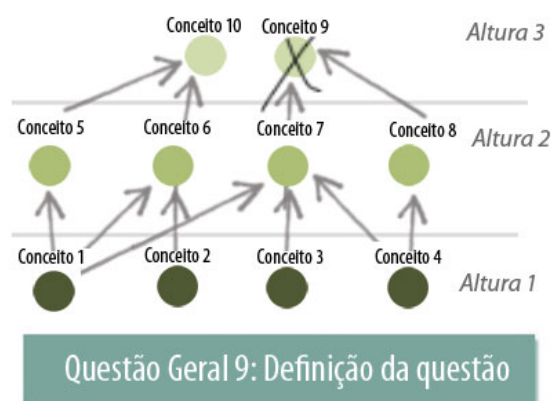


Figura A.8: Hierarquia de conceitos Questão geral 9.

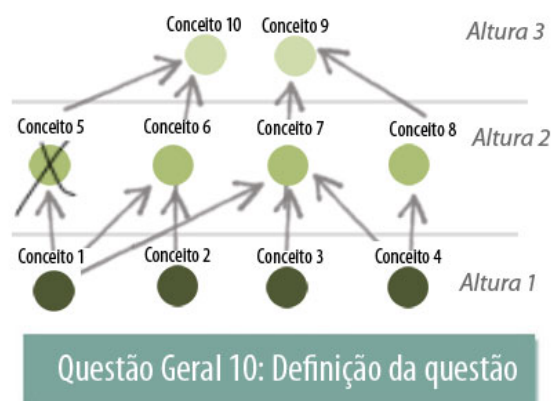


Figura A.9: Hierarquia de conceitos Questão geral 10.

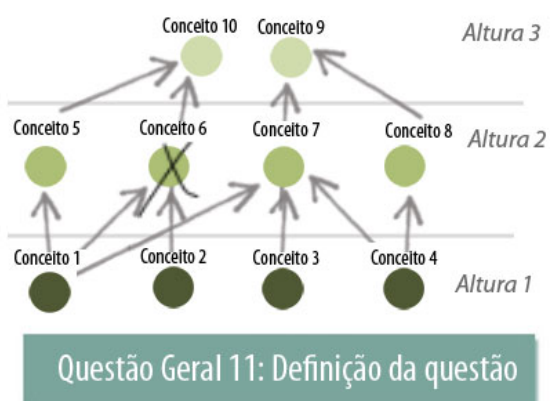


Figura A.10: Hierarquia de conceitos Questão geral 11.

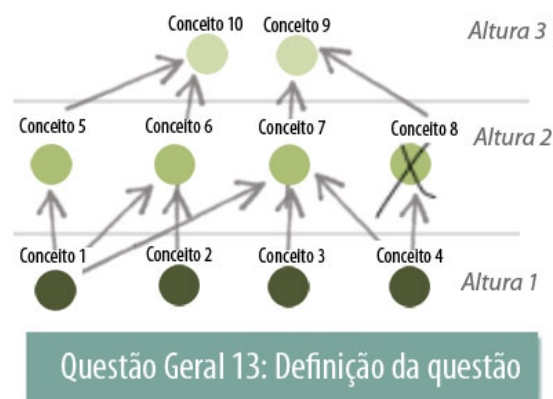
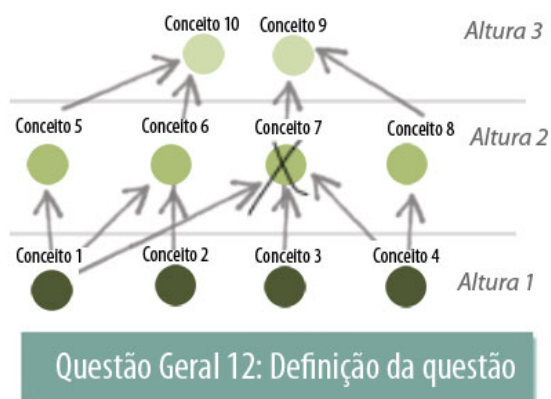


Figura A.11: Hierarquia de conceitos Questão geral 12. Figura A.12: Hierarquia de conceitos Questão geral 13.

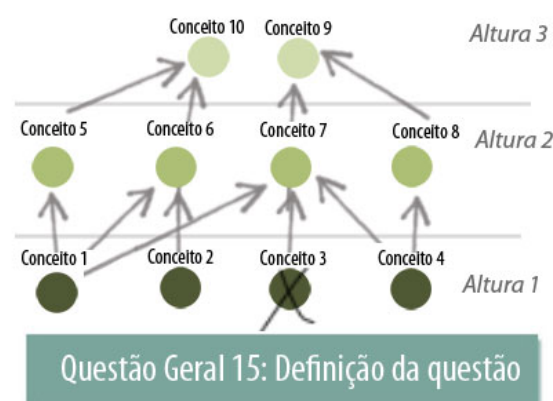
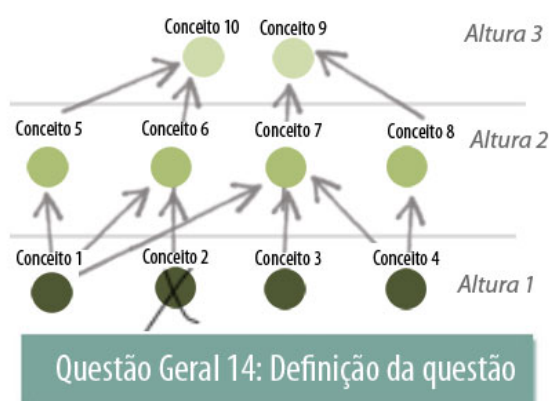


Figura A.13: Hierarquia de conceitos Questão geral 14. Figura A.14: Hierarquia de conceitos Questão geral 15.

Tabela com o grau de complexidade e a pontuação dos conceitos investigados na avaliação geral.

	Grau de Complexidade	I1	E1	E2	E3
<b>Conceito 1</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 2</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 3</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 4</b>	1	0,25	0,50	0,75	1
<b>Conceito 5</b>	3	0,75	1,50	2,25	3
<b>Conceito 6</b>	4	1	2	3	4
<b>Conceito 7</b>	5	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 8</b>	3	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 9</b>	5	1,25	2,50	3,75	5
<b>Conceito 10</b>	5	1,25	2,50	3,75	5

Tabela A.1: Grau de complexidade dos conceitos investigados na avaliação geral



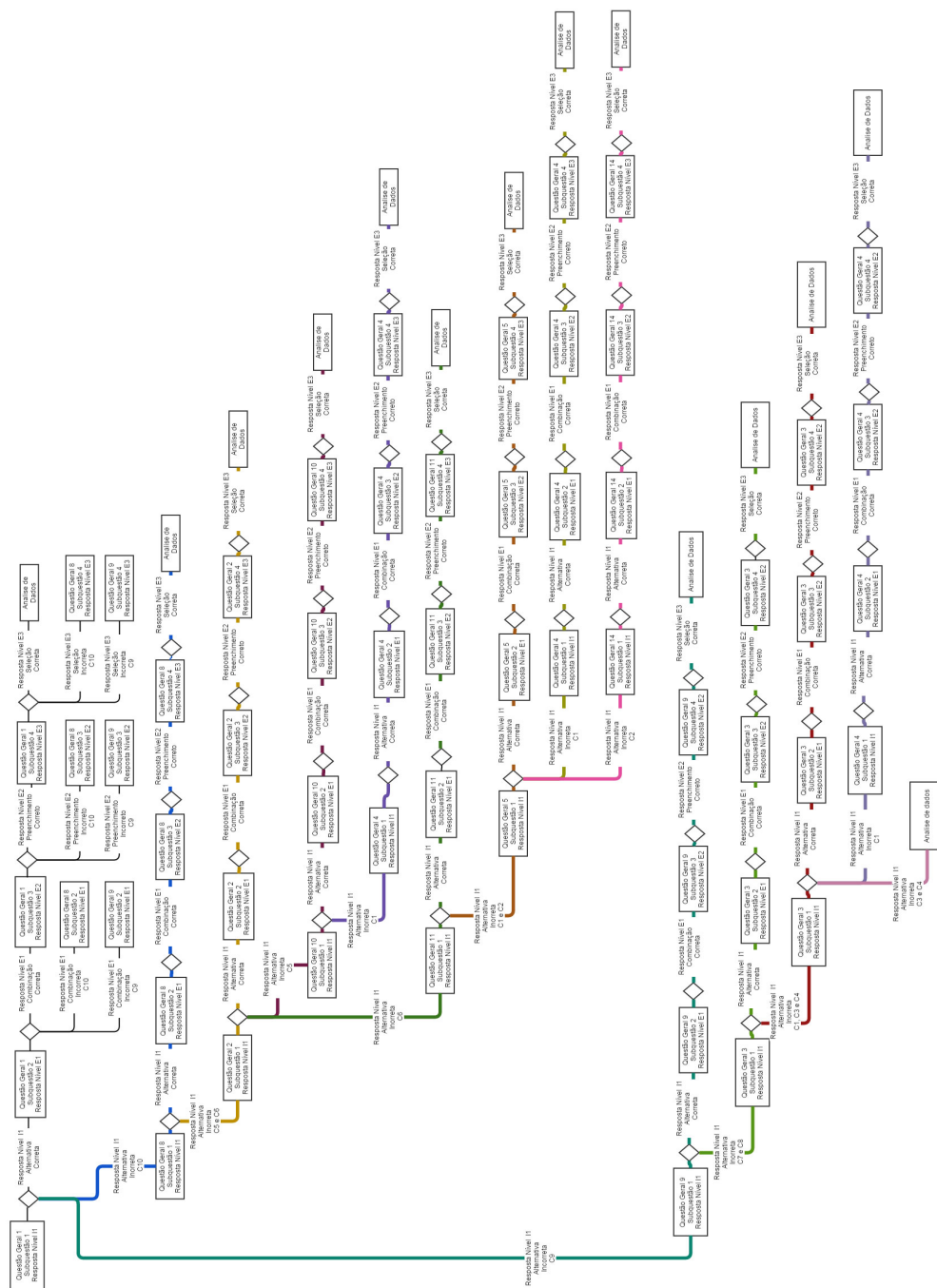


Figura A.15: Possibilidades de respostas da questão geral 1

## APÊNDICE B

### APÊNDICE

Dados relativos a avaliação de lógica da seção 5.0

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 B.1: Grau de complexidade dos conceitos

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	Secundária				X
Questão 6	Secundária	X			
Questão 7	Secundária			X	
Questão 8	Secundária		X		

Tabela B.2: Questões da avaliação geral e os conceitos investigados

Tabelas com as subquestões, respostas e sequenciamento da avaliação de lógica.

Tabela B.3: Tabela referente a Questão 02

Questão 02						
Nível	Alternativa		Valor	Ação		
I1	A		Certo	Q02E1		
	B		Certo	Q02E1		
	C		Errado	Sem sequência		
E1	B1	MP	Certo	B2		
		MT	Errado	Q05E1		
		SD	Errado	Q05E1		
		SH	Errado	Q05E1		
	B2	MP	Errado	Q07E1		
		MT	Certo	B3		
		SD	Errado	Q07E1		
		SH	Errado	Q07E1		
	B3	MP	Errado	Q08E1		
		MT	Errado	Q08E1		
		SD	Certo	B4		
		SH	Errado	Q08E1		
	B4	MP	Errado	Q06E1		
		MT	Errado	Q06E1		
		SD	Errado	Q06E1		
		SH	Certo	Q02E2		
E2	B1	alt1	Certo	B2		
		alt2	Errado	Q06E2		
	B2	alt1	Certo	B3		
		alt2	Errado	Q07E2		
	B3	alt1	Certo	B4		
		alt2	Errado	Q08E2		
	B4	alt1	Certo	Q02E3		
		alt2	Errado	Q05E2		
E3	alt1	alt1	alt1	alt1	CCCC	Seq. Princial
	alt1	alt1	alt1	alt2	CCCE	Q06E3
	alt1	alt1	alt2	alt1	CCEC	Q08E3
	alt1	alt1	alt2	alt2	CCEE	Sem sequência
	alt1	alt2	alt1	alt1	CECC	Q07E3
	alt1	alt2	alt1	alt2	CECE	Sem sequência
	alt1	alt2	alt2	alt1	CEEC	Sem sequência
	alt1	alt2	alt2	alt2	CEEE	Sem sequência
	alt2	alt1	alt1	alt1	ECCE	Q05E3
	alt2	alt1	alt1	alt2	ECCE	Sem sequência
	alt2	alt1	alt2	alt1	ECEC	Sem sequência
	alt2	alt1	alt2	alt2	ECEE	Sem sequência
	alt2	alt2	alt1	alt1	EECC	Sem sequência
	alt2	alt2	alt1	alt2	EECE	Sem sequência
	alt2	alt2	alt2	alt1	EEEC	Sem sequência
	alt2	alt2	alt2	alt2	EEEE	Sem sequência

Tabela B.4: Tabela referente a Questão 03

Questão 03						
Nível	Alternativa		Valor	Ação		
I1	A		Certa	Q03E1		
	B		Errada	Q07I1		
	C		Errada	Sem sequência		
E1	B1	MT	Certo	B2		
		SD	Errado	Q07E1		
		SH	Errado	Q07E1		
	B2	MT	Errado	Q08E1		
		SD	Certo	B3		
		SH	Errado	Q08E1		
	B3	MT	Errado	Q06E1		
		SD	Errado	Q06E1		
		SH	Certo	Q03E2		
E2	B1	alt1	Certo	B2		
		alt2	Errado	Q06E2		
	B2	alt1	Certo	B3		
		alt2	Errado	Q06E2		
	B3	alt1	Certo	B4		
		alt2	Errado	Q07E2		
	B4	alt1	Certo	Q03E3		
		alt2	Errado	Q08E2		
E3	alt1	alt1	alt1	alt1	CCCC	Seq. Princial
	alt1	alt1	alt1	alt2	CCCE	Q08E3
	alt1	alt1	alt2	alt1	CCEC	Q07E3
	alt1	alt1	alt2	alt2	CCEE	Sem sequência
	alt1	alt2	alt1	alt1	CECC	Q06E3
	alt1	alt2	alt1	alt2	CECE	Sem sequência
	alt1	alt2	alt2	alt1	CEEC	Sem sequência
	alt1	alt2	alt2	alt2	CEEE	Sem sequência
	alt2	alt1	alt1	alt1	ECCC	Q06E3
	alt2	alt1	alt1	alt2	ECCE	Sem sequência
	alt2	alt1	alt2	alt1	ECEC	Sem sequência
	alt2	alt1	alt2	alt2	ECEE	Sem sequência
	alt2	alt2	alt1	alt1	EECC	Q06E3
	alt2	alt2	alt1	alt2	EECE	Sem sequência
	alt2	alt2	alt2	alt1	EEEC	Sem sequência
alt2	alt2	alt2	alt2	EEEE	Sem sequência	

Tabela B.5: Tabela referente a Questão 04

Questão 04				
Nível	Alternativa		Valor	Ação
I1	A		Certa	Q04E1
	B		Errada	Q07I1
	C		Errada	Q05I1
E1	B1	MP	Certo	B2
		MT	Errado	Q05E1
		SD	Errado	Q05E1
	B2	MP	Errado	Q07E1
		MT	Certo	B3
		SD	Errado	Q07E1
	B3	MP	Errado	Q08E1
		MT	Errado	Q08E1
		SD	Certo	Q04E2
E2	B1	alt1	Certo	B2
		alt2	Errado	Q07E2
	B2	alt1	Certo	B3
		alt2	Errado	Q08E2
	B3	alt1	Certo	Q04E3
		alt2	Errado	Q05E2
E3	alt1 alt1 alt1	CCC	Seq. Princial	
	alt1 alt1 alt2	CCE	Q05E3	
	alt1 alt2 alt1	CEC	Q08E3	
	alt1 alt2 alt2	CEE	Sem sequência	
	alt2 alt1 alt1	ECC	Q07E3	
	alt2 alt1 alt2	ECE	Sem sequência	
	alt2 alt2 alt1	EEC	Sem sequência	
	alt2 alt2 alt2	EEE	Sem sequência	

Tabela B.6: Tabela referente a Questão 05

Questão 05				
Nível	Alternativa		Valor	Ação
I1	A		Certa	Q05E1
	B		Errada	Seq. Princial
	C		Errada	Seq. Princial
E1	B1	MP	Certo	B2
		MT	Errado	Seq. Princial
	B2	MP	Errado	Seq. Princial
		MT	Certo	Q05E2
E2	B1	alt1	Certo	B2
		alt2	Errado	Seq. Princial
	B2	alt1	Certo	Q05E3
		alt2	Errado	Seq. Princial
E3	alt1		C	Seq. Princial
	alt2		E	Seq. Princial

Tabela B.7: Tabela referente a Questão 06

Questão 06				
Nível	Alternativa	Valor	Ação	
E1	B1	SD	Certo	B2
		SH	Errado	Seq. Princial
	B2	SD	Errado	Seq. Princial
		SH	Certo	Q06E2
E2	B1	alt1	Certo	Q06E3
		alt2	Errado	Seq. Princial
E3	alt1		C	Seq. Princial
	alt2		E	Seq. Princial

Tabela B.8: Tabela referente a Questão 07

Questão 07				
Nível	Alternativa	Valor	Ação	
I1	A		Certa	Q07E1
	B		Errada	Seq. Princial
	C		Errada	Seq. Princial
E1	B1	MP	Errado	Seq. Princial
		MT	Certo	B2
	B2	MP	Certo	Q07E2
		MT	Errado	Seq. Princial
E2	B1	alt1	Certo	B2
		alt2	Errado	Seq. Princial
	B2	alt1	Certo	Q07E3
		alt2	Errado	Seq. Princial
E3	alt1		C	Seq. Princial
	alt2		E	Seq. Princial

Tabela B.9: Tabela referente a Questão 08

Questão 08				
Nível	Alternativa	Valor	Ação	
E1	B1	SD	Errado	Seq. Princial
		SH	Certo	B2
	B2	SD	Certo	Q08E2
		SH	Errado	Seq. Princial
E2	B1	alt1	Certo	B2
		alt2	Errado	Seq. Princial
	B2	alt1	Certo	Q08E3
		alt2	Errado	Seq. Princial
E3	alt1		C	Seq. Princial
	alt2		E	Seq. Princial

Dados referentes ao exemplo 1 da avaliação de lógica

	Conceito	Nível I1	Nível E1	Nível E2	Nível E3
<b>Questão 1</b>	SH	1	2	3	4
	MT	1	2	3	4
	MP	0,75	1,50	2,25	3
<b>Questão 5</b>	MP	0,75	1,50	2,25	3
<b>Questão 2</b>	SH	0,75	1,50	2,35	3
	SD	1	2	3	4
	MT	1	2	3	4
	MP	0,75	1,50	2,25	3
<b>Questão 6</b>	SH	0,75	1,50	2,25	3
<b>Questão 3</b>	SH	0,75	1,50	2,25	3
	SD	1	2	3	4
	MT	1	2	3	4
<b>Questão 4</b>	SD	1	2	3	4
	MT	1	2	3	4
	MP	0,75	1,50	2,25	3
<b>Questão 7</b>	MT	1	2	3	4

Tabela B.10: Pontuação para o exemplo 1 de resposta do estudante

Conceitos	Questão respondida	Subquestão errada	Pontos
Conceito SD	Questão 1	Subquestão 2	1
	Questão 2	Subquestão 2	1
	Questão 3	Subquestão 4	4
	Questão 4	Subquestão 3	2
Conceito MT	Questão 1	Subquestão 2	1
	Questão 2	Subquestão 2	1
	Questão 3	Subquestão 4	4
	Questão 4	Subquestão 3	2
	Questão 7	Subquestão 4	4
Conceito MP	Questão 1	Subquestão 2	0,75
	Questão 5	Subquestão 4	3
	Questão 2	Subquestão 2	0,75
	Questão 4	Subquestão 3	1,50
Conceito SH	Questão 2	Subquestão 2	0,75
	Questão 6	Subquestão 4	3
	Questão 3	Subquestão 4	3

Tabela B.11: Pontuação recebida pelo aluno do Exemplo 1

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Shaaron Ainsworth. Deft: A conceptual framework for considering learning with multiple representations.
- [2] John R. Anderson. Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89(3):369–406, 1982.
- [3] John R. Anderson, Daniel Bothell, Michael D. Byrne, Scott Douglass, Christian Lebiere, e Yulin Qin. An integrated theory of the mind. *PSYCHOLOGICAL REVIEW*, 111:1036–1060, 2004.
- [4] Rodrigo Ferrugem Cardoso. Avalweb sistema interativo para gerencia de questões e aplicação de avaliação na web, 2001.
- [5] Mario Carretero e José A. Castorina. *Desenvolvimento cognitivo e educação: processos do conhecimento e conteúdos específicos.*, volume 2. Porto Alegre: Penso, 2013.
- [6] Mário Sérgio Cortella. Entrevista sobre Ética. <http://www.responsabilidadesocial.com/entrevista/mario-sergio-cortella/>, 2009 (accessed June 17, 2015).
- [7] Mário Sérgio Cortella. Política educacional e o direito de aprender: o que nós gestores temos com isso?, 29 e 30 de outubro de 2012.
- [8] Pedro Demo. *Mitologias da avaliação: de como ignorar, em vez de enfrentar problemas.* São Paulo: Editora Autores Associados, 2 edition, 2002.
- [9] Marcy P. Driscoll. *Psychology of Learning for Instruction.* Florida State University: Pearson, 3 edition, 2005.
- [10] Edgar de Alencar Filho. *Iniciação à Lógica Matemática.* São Paulo: Nobel, 15 edition, 2006.
- [11] Charles Hadji. *Avaliação desmistificada.* Porto Alegre: Artmed, 1 edition, 2001.
- [12] Jussara Hoffmann. *Avaliar para Promover - as Setas do Caminho.* Porto Alegre : Editora Mediação, 8 edition, 2001.
- [13] Jussara Hoffmann. *Avaliação: mito e desafio: uma perspectiva construtivista.* Porto Alegre: Editora Mediação, 44 edition, 2001.



- [14] Adriana Justin Kampff e Guilherme Camargo Alves. Netaula - geração automática de avaliações. *RENOTE, Universidade do Rio Grande do Sul*, v. 8(n. 3), 2010.
- [15] Annette Karmiloff-Smith. Précis of beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 17(n. 4):693–707.
- [16] Annette Karmiloff-Smith. Dos meta-processos ao acesso consciente: evidência a partir de dados metalinguísticos e de reparo produzidos por crianças. *Cadernos de Educação, Pelotas FaE/PPGE/UFPel*, (n. 35):407 – 483, janeiro/abril 2010.
- [17] Annette Karmiloff-Smith. Piaget and chomsky on language acquisition: divorce or marriage? *First Language, University of Kent*, v. 10(n. 30):255–260, October 1990.
- [18] Priscilla Lanne Leão e Carla Lima. Reis. Uma linguagem visual para avaliação adaptativa de aprendizagem baseada em gramática de grafos. *RENOTE, Universidade do Rio Grande do Sul*, v. 4(n. 2), 2006.
- [19] Aline Lorandi. Consciência linguística: diferentes olhares. *Letrônica, PUCRS*, v. 5(n. 3):21–44, julho/dezembro 2012.
- [20] Aline Lorandi e Annette Karmiloff-Smith. From sensitivity to awareness: morphological knowledge and the representational redescription. *Letras de Hoje, Porto Alegre*, v. 47(n. 1):6–16, jan./mar. 2012.
- [21] Cipriano Carlos Luckesi. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudo e proposições*. São Paulo: Cortez, 19 edition, 2008.
- [22] Demétrio Renó Magalhães e Otávio Augusto S. Carpinteiro. Um modelo computacional de avaliação de alunos. *World Congress on Engineering and Technology Education*, pginas 658–661, São Paulo, March 14 - 17, 2004.
- [23] Steven Mithen. *A pré-história da mente*. São Paulo: UNESP, 2002.
- [24] Carlos Tadeu Queiroz Morais. Avaliação interativa de alunos em curso na web baseado em automatos finitos, 2002.
- [25] Maria de Lucia Seidl Moura. *O bebê do século XXI e a psicologia em desenvolvimento*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1 edition, 2004.
- [26] Welington P. Oliveira e Cecilia S.A. Peixoto. 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), 2012.

- [27] Edson Pimentel. Um modelo para avaliação e acompanhamento contínuo do nível de aquisição de conhecimentos do aprendiz., 2006.
- [28] Karen J. Pine e David J. Messer. The effect of explaining another's action on children's implicit theories of balance. *Cognition and Instruction*, 18(1):35–52, 2000.
- [29] Hélia Sonia Raphael e Kester. Carrara. *Avaliação sob exame*. Campinas: Editora Autores Associados, 2002.
- [30] Ana Paula Ribeiro. Alcances e limites da teoria de redescrição representacional da mente de annette karmiloff-smith. *XIX Seminário de Iniciação Científica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*, 2013.
- [31] Michael K Russell. *Avaliação em sala de aula: conceitos e aplicações*. AMGH., 7 edition, 2014.
- [32] Terry Russell e Linda McGuigan. Promoting understanding through representational redescription: an exploration referring to young pupils' ideas about gravity. Dimitris Psillos, Petros Kariotoglou, Vassilis Tselves, Evripides Hatzikraniotis, George Fassoulopoulos, e Maria Kallery, editors, *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, páginas 277–284. Springer Netherlands, 2003.
- [33] Ricardo Duarte Taveira. Implementando um mecanismo de processamento de conhecimento em uma ferramenta de ead., 2003.
- [34] Rita Tesseroli e Andrey Pimentel. Modelagem de respostas baseadas no modelo de redescrição representacional. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, páginas 605–608, Fortaleza, 2014.
- [35] Dalton de Oliveira Torres. Sistema de gerência de questões e respostas: avalweb 2.0., 2009.
- [36] Bertrand Troadec e Clara Martinot. *O desenvolvimento cognitivo. Teorias atuais do pensamento em contextos*. Lisboa: Instituto Piaget, 1 edition, 2009.
- [37] Valkiria Venancio. Seeall: sistema interativo de apoio ao planejamento e acompanhamento de aprendizagem baseado em competências., 2011.
- [38] Renata Zanella. Easy - sistema de avaliação via web baseado no hyper-automaton. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7822/000557717.pdf?sequence=1>, 2005.

RITA DE CASSIA TESSEROLI

**ARCABOUÇO PARA MAPEAMENTO DO  
CONHECIMENTO DO ALUNO BASEADO NO MODELO DE  
REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Ricardo Pimentel

CURITIBA

2015