UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

ADRIANO NARDI CONCEIÇÃO

Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância do formato da tarefa.

.

São Paulo
2016

ADRIANO NARDI CONCEIÇÃO

Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância do formato da tarefa.

(Versão Corrigida)

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação, ao Instituto de Biociências, ao Instituto de Física e ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução total ou parcial deste trabalho por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Conceição, Adriano Nardi

Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância do formato da tarefa. São Paulo, 2016.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Mapas conceituais; 3. Avaliação da aprendizagem; 4. Teoria da carga cognitiva; 5. Métodos de estudo.

USP/IF/SBI-052/2016

Não me sinto obrigado a acreditar que o mesmo Deus que nos dotou de sentidos, razão e intelecto, pretenda que não os utilizemos.

Galileu Galilei

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Paulo Correia por aceitar-me como aluno, orientando e membro do grupo de pesquisa Mapas Conceituais. Agradeço pela intrepidez que demonstrou ao decidir ser meu orientador em um momento já avançado da minha trajetória na pós-graduação no programa interunidades. Agradeço pelo elegante projeto que passamos desenvolver desde então e pela sua dedicação que me trazia conforto e inspiração. Cada etapa que executei desse trabalho cumpriu também com um objetivo pessoal de me fazer merecedor da sua orientação.

Agradeço aos professores Flaminio de Oliveira Rangel e Sergio Henrique Bezerra de Sousa Leal pela participação na minha banca de defesa e mais ainda pela contribuições que fizeram para a melhora desse texto.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa Mapas Conceituais pelo acolhimento que recebi, pelos seminários que participamos juntos e pelas discussões que contribuíram não só com esse trabalho, mas com meu desenvolvimento enquanto pesquisador. Agradeço especialmente aos colegas Anderson Viana, tanto pela contribuição nas análises como na assistência que me forneceu em cada momento que precisei, e João Xavier pela solicitude com que sempre me atendeu quando precisei e Joana Aguiar cujos projetos de pesquisa contribuíram de forma inestimável para a ideação e execução desta pesquisa.

Agradeço aos funcionários da secretaria de pós-graduação do programa Interunidades, Rosana, Silvana e Thomas pela prestatividade e boa vontade que sempre demonstraram quando solicitei atendimento.

Agradeço ao meu querido amigo e colega de graduação e pós-graduação Kauê Simó pela sua divertida companhia e pelas ilimitadas vezes que se propôs a me ajudar quando eu precisava.

Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional e pela sabedoria que possibilitaram que eu desenvolvesse as ferramentas para lidar com os altos e baixos da vida.

Agradeço à Camila Destro, minha companheira, minha amada, meu refúgio, minha inspiração, por dar-me a honra de viver minha vida ao seu lado, passo por passo.

PREFÁCIO

No primeiro semestre letivo do ano de 2014 cursei na Faculdade de Educação da USP a disciplina *EDM-5103-Aprendizagem Colaborativa e Mapas Conceituais: Fundamentos, Desafios e Perspectivas* onde tive contato mais aprofundado com a técnica do mapeamento conceitual, a qual já me despertava interesse desde os últimos anos da graduação. No segundo semestre letivo de 2014 cursei, também na FEUSP, a disciplina *EDA5007-Avaliação Educacional: Pressupostos Teórico-Metodológicos e Propostas em Realização no Brasil* e tive a oportunidade de estudar mais detalhadamente as diferentes modalidades de avaliação.

Meu interesse pela Avaliação da Aprendizagem destacou-se após o contato com essas duas disciplinas e passei a buscar investigar as potencialidades e os desafios de se usar mapas conceituais como instrumentos avaliativos na atividade docente em sala de aula. Reuni-me com o professor Menezes e discutimos a possibilidade de mudança de projeto e de orientador e, em comum acordo, vimos a coerência desta decisão tendo como base as minhas intenções e as disponibilidades do professor.

Procurei o professor Paulo Correia para discutirmos a possibilidade de trabalharmos juntos sobre o campo da avaliação da aprendizagem usando mapas conceituais e ponderamos os desafios, riscos e as necessidades que assumiríamos se aceitássemos esta mudança tardia de orientador e projeto, uma vez que os prazos do Programa de Pós-Graduação Interunidades não seriam prorrogados e deveriam ser respeitados. Não foi uma decisão fácil mudar de projeto e de orientador após quase dois anos de pós-graduação, mas a identificação com uma temática com a qual me causava grande interesse e a possibilidade de seguir trabalhando na pesquisa e no ensino contando também com um grupo de pesquisa foram fatores de grande relevância para que essa decisão fosse tomada.

Uma vez tendo acordado os termos e as responsabilidades, passamos a trabalhar intensamente em uma proposta de projeto de pesquisa que fosse uma contribuição relevante para a área de mapeamento conceitual e avaliação da aprendizagem e que fosse exequível dentro do prazo que assumimos. A dissertação que segue é produto do trabalho que vimos realizando desde os meses finais do ano de 2014.

RESUMO

Conceição, A. N. (2016). *Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância do formato da tarefa.* Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Os mapas conceituais são organizadores gráficos que favorecem a descrição explícita de relações conceituais por causa da necessidade de elaborá-los a partir de proposições contendo um termo de ligação. O desafio de obter mapas conceituais elaborados pelos alunos que sejam correlacionáveis com parte dos seus modelos mentais é um obstáculo que merece mais investigações. Dois aspectos relevantes podem ser usualmente negligenciados por parte dos docentes que usam os mapas conceituais em sala de aula: (i) a necessidade de treinar os alunos na técnica de mapeamento conceitual e (ii) a importância de se definir como os mapas conceituais serão solicitados aos alunos. O descuido com esses fatores resulta em mapas conceituais superficiais e com baixa clareza semântica, que não refletem a organização conceitual que está contida na estrutura cognitiva do mapeador. Nesse trabalho investigamos o uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação em um dos momentos da disciplina ACH 0131 Ciências da Natureza oferecida a alunos ingressantes na graduação, a fim de verificar o conhecimento conceitual dos alunos sobre Astronomia sob a perspectiva do desenvolvimento tecnológico e científico. Dois mapas conceituais foram considerados nessa pesquisa: um construído uma semana antes da prova e que poderia ser usado como material de consulta (MC-PREP) e outro que era parte da avaliação e deveria ser construído no dia da prova (MC-AVAL). Para esse trabalho propusemos dois estudos complementares para avaliação do efeito da elaboração do MC-PREP sobre as características estruturais e semânticas do MC-AVAL (Estudo I) e avaliação da relação entre características estruturais e semânticas do MC-AVAL e o entendimento conceitual dos alunos sobre a Astronomia no contexto do surgimento da Ciência Moderna e do avanço científico-tecnológico (Estudo II). Como metodologia, utilizamos análises que consideram os mapas sobre os níveis de conceito, proposição e rede proposicional, oferecendo várias perspectivas sob as

quais os mapas conceituais elaborados pelos alunos podem ser avaliados. No Estudo I foi possível verificar que a elaboração do MC-PREP não influenciou nas características estruturais do MC-AVAL, mas influenciou nas características semânticas, de modo que os alunos construíram mais proposições apropriadas e mostraram uma baixa incidência de fuga à pergunta focal. No Estudo II verificamos que os fatores dos MC-AVAL que são positivamente correlacionáveis com o entendimento conceitual dos alunos sobre o tema são, principalmente, a quantidade de proposições apropriadas e a escolha de conceitos mais complexos para compor o mapa de prova. Concluímos com esse trabalho que para alunos bem treinados na técnica de mapeamento conceitual a elaboração de um mapa conceitual preparatório não influencia nas características do mapa de prova mesmo estando próximos da etapa de treinamento. Isso foi explicado pelas características restritivas da demanda e pela proficiência dos alunos. Sob os aspectos semânticos constatamos que a preparação dos alunos influenciou positivamente nas características do MC-AVAL e também que os mapas obtidos eram correlacionáveis com o conhecimento declarativo dos alunos, podendo ser utilizados como ferramentas para avaliação da aprendizagem.

Palavras-chave: Mapa Conceitual. Avaliação da Aprendizagem. Ensino de Ciências. História da Ciência. Teoria da Carga Cognitiva. Modelos Mentais.

ABSTRACT

Conceição, A. N. (2016). *Studies on concept maps as assessment of learning tool: the importance of de task format* Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Concept maps are graphic organizers that favor the explicit description of conceptual relationships due to the need to prepare them from propositions that containing a binding term. The challenge to obtain concept maps prepared by students that are correlated with part of their mental models is an obstacle that deserves further investigation. Two important aspects can usually be neglected by teachers who use concept maps in the classroom: (i) the need to train students in the concept mapping technique, and (ii) the importance of to define how the concept maps are requested to students. These two aspects of assessment task with the use of maps generated in students working memory cognitive loads that need to be managed. The neglect of these factors results in superficial concept maps and low semantic clarity that do not reflect the conceptual organization that is contained in cognitive structure of mapper. In this work we investigate the use of concept maps as an assessment tool in one of the moments of discipline ACH 0131 Natural Science offered to first year undergraduate students, in order to verify the conceptual knowledge of students about astronomy from the perspective of technological and scientific development. Two concept maps were considered in this study: the first done one week before the test and that could be used as reference material (CM-PREP) and other that was a part of the test and should be done on day test (CM-EVAL). For this work we proposed two complementary studies to evaluate the effect of the preparation of CM-PREP about the structural and semantic features of the CM-EVAL (Study I) and evaluation of the relationship between structural and semantic features of the CM-EVAL and conceptual understanding of students about astronomy in the context of the emergence of modern science and scientific-technological development (Study II). As methodology were used the analyzes that consider the maps on the levels of concept, proposition and propositional network, offering several perspectives under which the conceptual maps prepared by students can be evaluated. The Study I

showed that the development of CM-PREP did not influence the structural features of the CM-EVAL, but influenced the semantic features, so the students used more appropriate propositions and showed a low incidence of escape of the focal question. The Study II verified that the factors of CM-EVAL that are positively correlated with the conceptual understanding of students on the subject are mainly the amount of appropriate propositions and the choice of more complex concepts to compose the test map. We conclude with this work that for well trained students in the concept mapping technique the elaboration of a preparatory concept map does not influence the test map structural features even being near to the training stage. This was explained by the restrictive characteristics of demand and the proficiency of students. On the semantic aspects we observed that the preparation of the students had a positive effect on CM-EVAL features and also that the obtained maps were correlated with the declarative knowledge of the students and can be used as tools for learning assessment.

Keywords: Concept Map, Learning Assessment, Science Teaching, History of Science, Cognitive Load Theory, Mentals Models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação entre a proximidade da etapa de treinamento em que os estudos desse trabalho e dos estudos de Viana (2016) foram realizados. No segundo bloco da disciplina CN/CCS os alunos realizaram na aula 10 e já haviam feito o mesmo modelo de prova na aula 5. Essa distância temporal em relação à etapa de treinamento influencia na proficiência dos alunos..... 22

Figura 2 - Relação entre o conhecimento sobre o assunto e o conhecimento sobre a técnica de mapeamento conceitual influenciando nas cargas cognitivas impostas à memória de trabalho. 27

Figura 3 - Mapa conceitual demonstrando o que é um mapa conceitual e como suas características podem favorecer e estimular a aprendizagem significativa dos alunos 29

Figura 4 - Impacto da liberdade de estrutura e de conteúdo sobre a produção de mapas conceituais. Destaque para os extremos inferior/sem liberdade (memorize um mapa conceitual... preparado pelo professor) e superior/liberdade total (faça um mapa conceitual... sem restrição alguma). Fonte: Cañas, Novak & Reiska, 2012. 32

Figura 5 - Mapa conceitual construído para responder à pergunta focal “por que usar mapas conceituais na avaliação da aprendizagem?”, destacando a importância do treinamento na técnica e a características dos mapas de revelar as estruturas conceituais dos alunos. 33

Figura 6 - Diferença esperada das cargas cognitivas impostas pela demanda do MC-AVAL entre os alunos que fizeram MC-PREP e os que não fizeram..... 34

Figura 7 - Coleta de dados durante as aulas da disciplina CN/CCS. Destaque em cinza para a aula 4 em que os alunos foram solicitados a fazer o MC-PREP e 5 quando ocorreu a coleta dos questionários (Q) e mapas conceituais (MC-AVAL). Serão considerados as produções de 68 alunos no âmbito dessa pesquisa. Os alunos foram divididos em dois grupos, de acordo com a elaboração (ou não) do MC-PREP. 38

Figura 8 - Folha de prova entregue aos alunos contendo as instruções para construção do MC-AVAL. Como parte da demanda foi solicitado aos alunos que utilizassem o conceito obrigatório “mais tecnologia”. Dentro dos retângulos os alunos deveriam colocar os conceitos para compor as proposições e nos círculos eles deveriam indicar de qual material instrucional eles retiraram o conceito. 43

Figura 9 - Questionário de conhecimento declarativo entregue aos alunos na aula 5 para que respndessem segundo uma escala Likert a cada uma das afirmações referentes às discussões feitas durante as aulas sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento científico-tecnológico. As afirmações 1, 5, 6,

14, 17, 19, 20, 22, 26, 27, 28, 30 e 34 são falsas e a pontuação dos alunos nesse caso foi invertida segundo o grau de concordância. 45

Figura 10 - Estruturas conceituais representadas em um mapa conceitual semi-estruturado contendo nove conceitos Os C_N indicam os rótulos dos conceitos e os TL indicam os termos de ligação. 48

Figura 11 - Organização da instrução por parte do especialista e o processo de aprendizagem do aprendiz. Figura criada a partir de Kinchin, Lygo-Baker & Hay(2008). 49

Figura 12 - Integração entre mesmo material instrucional (a) e materiais instrucionais diferentes (b) revelada pela estrutura da proposição segundo a declaração por parte dos alunos da origem dos conceitos escolhidos. 56

Figura 13 - Diagrama de caixas com os valores para cada um dos parâmetros considerados na análise da morfologia da rede proposicional para ambos os grupos de alunos considerados(Sem MC-PREP e Com MC-PREP). 65

Figura 14 - Diagrama de caixas contendo a a distribuição das frequências dos conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para ambos os grupos de alunos considerados(Sem MC-PREP e Com MC-PREP). A2 são os conceitos sobre metodologia científica, A3 são os conceitos sobre evolução do pensamento científico e A4 são sobre Astronomia moderna. 68

Figura 15 - Mapa conceitual de prova (MC-AVAL) do aluno 3203, representativo do grupo Com MC-PREP. Os conceitos destacados pela cor são de origem dos materiais classificados como A3. 70

Figura 16 - Mapa conceitual de prova (MC-AVAL) do aluno 3205, representativo do grupo Sem MC-PREP. Os conceitos destacados pela cor são de origem dos materiais classificados como A3. 71

Figura 17 - Diagrama de caixas contendo a distribuição de frequências dos conceitos escolhidos pelos alunos segundo os mateirias instrucionais. 72

Figura 18 - Diagrama de caixas contendo a quantidade de proposições que integram os mesmos materiais instrucionais (MMI) e materiais instrucinais diferentes (MID) para os dois grupos de alunos considerados, Sem MC-PREP e Com MC-PREP. 74

Figura 19 - Quantidade de relativa de proposições para cada um dos mateirias instrucionais do grupo de alunos Com MC-PREP. As caixas escuras indicam as proposições que relacionam conceitos de mesmo material instrucional e as caixas brancas indicam as proposições que relacinam conceitos de mateiriais instrucionais dideferentes. Os códigos dos materiais instrucinais estão indicados no eixo das abcissas e a quantidade relativa no eixo das ordenadas. 76

Figura 20 - Quantidade de relativa de proposições para cada um dos mateirias instrucionais do grupo de alunos Sem MC-PREP. As caixas escuras indicam as proposições que relacionam conceitos de mesmo material instrucional e as caixas brancas indicam as proposições que relacinam conceitos de mateiriais instrucionais dideferentes. Os códigos dos materiais instrucinais estão indicados no eixo das abcissas e a quantidade relativa no eixo das ordenadas. 76

Figura 21 - Diagrama de caixas contendo a distribuição de frequências da ocorrências das proposições Apropriadas, Limitadas e Inapropriadas para ambos os grupos comparados. O eixo das ordenadas indica a frequência relativa que foi calculada divivindo-se as proposições de cada categoria pelo total de proposições para cada MC-AVAL. 79

Figura 22 - MC-AVAL do aluno 2316 pertencente ao grupo Com MC-PREP. Os dois avaliadores desse mapa consideraram que ele responde à pergunta focal declarada na demanda da prova. 83

Figura 23 - MC-AVAL do aluno 3204 pertencente ao grupo Sem MC-PREP. Os dois avaliadores desse mapa consideraram que ele não responde à pergunta focal declarada na demanda da prova 84

Figura 24 - Diagrama de caixas contendo os dados da pontuação de cada aluno no questionário de conhecimento declarativo para os dois grupos de alunos comparados. Nenhum resultado de aluno foi considerado atípico. 87

Figura 25 - Gráfico de regressão linear realizado para cada um dos parâmetros das análises do Estudo I que mostraram estar correlacionados com o conhecimento conceitual declarado pelos alunos no questionário (Q). 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais instrucionais utilizados no primeiro bloco da disciplina CN/CCS. 38

Tabela 2 - Parâmetros da análise estrutural 50

Tabela 3 - Parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional calculados para as três estruturas conceituais, *radial, linear* e *rede.* 51

Tabela 4 - Quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para os dois grupos considerados. 54

Tabela 5 - Médias e desvio-padrão da quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para os dois grupos considerados. 54

Tabela 6 - Quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos declarados segundo material instrucional de origem para os dois grupos considerados. 55

Tabela 7 - Médias e desvio-padrão da quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos declarados segundo material instrucional de origem para os dois grupos considerados. 55

Tabela 8 - Matriz utilizada para analisar a integração dos materiais instrucionais através das proposições que relacionam conceitos de um mesmo material instrucional (MMI) e de materiais instrucionais diferentes (MID). 57

Tabela 9 - Quantidade de proposições relacionando conceitos de um mesmo material instrucional e relacionando conceitos de materiais instrucionais diferentes para os dois grupos considerados. 57

Tabela 10 - Matriz utilizada pelos avaliadores para classificar as proposições de cada MC-AVAL em Apropriadas (A), Inapropriadas (I) ou Limitadas (L). 59

Tabela 11 - Quantidade de proposições Apropriadas (A), Limitadas (L) e Inapropriadas (I) para os dois grupos considerados. 60

Tabela 12 - Matriz que foi utilizada para organizar a quantidade dos MC-AVAL classificados segundo a aderência à pergunta focal (PF) para os dois grupos considerados. 61

Tabela 13 - Valores atribuídos às afirmações verdadeiras e falsas dos alunos no questionário de conhecimento declarativo. 62

Tabela 14 - Análises executadas e organizadas para compor o Estudo I. 64

Tabela 15 - Resultado do teste de Mann-Whitney para os parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional com p < 0,05. 66

Tabela 16 - Quantidade de conceitos utilizados pelos alunos classificados por tema para os alunos do grupo Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 69

Tabela 17 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r). 69

Tabela 18 - Quantidade de conceitos utilizados pelos alunos segundo a origem declarada em relação ao material instrucional para os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 73

Tabela 19 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de utilização dos materiais instrucionais entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP 73

Tabela 20 - Matriz da quantidade de proposições que foram construídas relacionando conceitos de um mesmo material instrucional (diagonal principal) e conceitos de materiais instrucionais diferentes (demais elementos) para o grupo Com MC-PREP. 75

Tabela 21 - Matriz da quantidade de proposições que foram construídas relacionando conceitos de um mesmo material instrucional (diagonal principal) e conceitos de materiais instrucionais diferentes (demais elementos) para o grupo Sem MC-PREP. 75

Tabela 22 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de integração dos materiais instrucionais entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 77

Tabela 23 - Quantidade de proposições Apropriadas (A), Limitadas (L) e Inapropriadas (I) para os grupos de alunos Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 79

Tabela 24 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de correção conceitual entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 80

Tabela 25 - Quantidade de MC-AVAL que respondem e não respondem à pergunta focal estipulada como parte da demanda. 82

Tabela 26 - Análises executadas e organizadas para compor o Estudo II. 87

Tabela 27 - Quantidade de alunos com alto e baixo conhecimento sobre o conteúdo do questionário de conhecimento declarativo para os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP. 88

Tabela 28 - Relação entre a aderência dos MC-AVAL à pergunta focal com o conhecimento conceitual dos alunos declarado no questionário. 88

Tabela 29 - Parâmetros das análises realizadas no Estudo I com os valores da correlação de Kendall com o resultado do questionário de conhecimento declarativo. 89

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 19

1. TEORIA DA CARGA COGNITIVA 23

1.1 Arquitetura cognitiva humana 23

1.2 Cargas cognitivas 24

1.3 Sobrecarga cognitiva 27

2. MAPEAMENTO CONCEITUAL 28

2.1 Elementos dos Mapas Conceituais 30

2.2 Mapas conceituais como ferramenta de avaliação 32

2.3 Objetivos, perguntas e hipóteses de pesquisa 34

2.3.1 Estudo I: Efeito da elaboração de um mapa conceitual preparatório para a prova sobre as características do mapa conceitual preparado durante a avaliação da disciplina 35

2.3.2 Estudo II: Relação entre o MC-AVAL e o entendimento conceitual sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento do científico-tecnológico 36

3. METODOLOGIA 37

3.1 Contexto da pesquisa 37

3.2 Instrumentos 41

3.2.1 MC-AVAL 42

3.2.2 Questionário (Q) 44

3.2.3 MC-PREP 46

3.3 Análises dos dados 46

3.3.1 Análise da Morfologia da Rede Proposicional 47

3.3.2 Análise da escolha dos conceitos feita pelos alunos 52

3.3.3 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais 55

3.3.4 Análise de Correção Conceitual 58

3.3.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal 60

3.3.6 Análise do Questionário 62

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 63

4.1 Estudo I Efeito da elaboração do MC-PREP sobre o MC-AVAL 64

4.1.1 Análise da Morfologia da Rede Proposicional 65

4.1.2 Análise da escolha dos conceitos feita pelos alunos 67

4.1.3 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais 74

4.1.4 Análise de Correção Conceitual 78

4.1.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal 81

4.1.6 Considerações sobre o Estudo I 85

4.2 Estudo II Relação entre o MC-AVAL e a aprendizagem conceitual sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento do científico-tecnológico. 86

4.2.1 Análise do Questionário 87

4.2.4 Considerações sobre o Estudo II. 94

5. CONCLUSÃO 95

REFERÊNCIAS 97

INTRODUÇÃO

A avaliação da aprendizagem é um tópico frequente nas pesquisas da área de mapeamento conceitual. Muitos desses pesquisadores também pertencem à área de ensino de ciências, o que explica uma maior incidência de trabalhos que usam mapas conceituais para avaliar a aprendizagem nas disciplinas de biologia, física e química. Joseph Novak e seus colaboradores propuseram os mapas conceituais na década de 70 (Novak, 2010). Um dos trabalhos mais citados de Novak envolve um estudo longitudinal de 12 anos para avaliar a mudança conceitual de alunos sobre assuntos científicos (Novak & Mussonda, 1991). Esse estudo possibilitou validar os mapas conceituais como representações externas do conhecimento conceitual, podendo ser utilizados para monitorar mudanças na estrutura conceitual do mapeador ao longo do tempo.

O interesse no uso dos mapas conceituais para avaliar a aprendizagem foi confirmado através do trabalho de revisão recentemente publicado por pesquisadores brasileiros (Toigo, Moreira & Costa, 2012). Os autores analisaram as atas das três primeiras edições das conferências internacionais sobre mapeamento conceitual e constataram que a avaliação da aprendizagem feita com uso de mapas conceituais foi um dos temas mais recorrentes. Nessa revisão bibliográfica os autores exploram à luz das teorias da Aprendizagem Significativa e dos Campos Conceituais os artigos que usam os mapas conceituais como ferramenta instrucional e de avaliação e ao final fazem sugestões de como essas ferramentas podem ser melhor exploradas.

Após quatro décadas de pesquisas acumuladas, os mapas conceituais ainda não são uma prática disseminada na sala de aula. Obter mapas conceituais que sejam correlacionáveis com as representações internas dos alunos é uma tarefa que exige dos mapeadores um domínio suficiente na técnica de mapeamento conceitual, de modo que os professores que pretendem utilizá-los como ferramenta instrucional ou avaliativa encontra-se diante da necessidade de garantir um grau de proficiência dos seus alunos (Aguiar & Correia, 2013). Além de expressar o conhecimento conceitual sobre o tema, o aluno tem que lidar com o conhecimento procedimental relacionado com o mapeamento conceitual. Essa combinação de processos cognitivos pode extrapolar os recursos disponíveis na memória de trabalho e levar o

aluno à sobrecarga cognitiva. A realização da tarefa fica comprometida e o mapa conceitual produzido não tem clareza semântica suficiente para comunicar/representar as relações conceituais que o mapeador possui na sua estrutura cognitiva. Nessa situação, usar os mapas conceituais como ferramenta de avaliação da aprendizagem pode ser pouco produtivo, visto que o professor não tem condições favoráveis para emitir um juízo de valor sobre o conhecimento conceitual dos alunos.

A sequência de eventos que compromete o uso de mapas conceituais para avaliar a aprendizagem é representada a seguir na forma de itens.

- A elaboração de mapas conceituais requer que o aluno dê conta de dois processos cognitivos: organizar os conceitos sobre o tema (conhecimento conceitual) e elaborar o mapa conceitual (conhecimento procedimental).
- Essa demanda cognitiva combinada pode extrapolar os recursos disponíveis na memória de trabalho. Nessas condições, o mapa conceitual não apresenta clareza semântica adequada e não é correlacionável com a estrutura conceitual presente nos modelos mentais do mapeador.
- A avaliação da aprendizagem a partir desses mapas conceituais (representações externas) fica comprometida porque o professor não tem condições favoráveis para emitir um juízo de valor.

O treinamento na técnica de mapeamento conceitual é fundamental para cumprir com o propósito de reduzir a demanda cognitiva relacionada com o conhecimento procedimental, liberando recursos da memória de trabalho para lidar com a manipulação do conhecimento conceitual e conduzir o aluno à aprendizagem. Apesar dessa argumentação teórica, muitos usuários dos mapas conceituais ainda usam a ferramenta de forma superficial. A simplicidade de utilização de programas[1] para elaborar mapas conceituais não deve ser confundida com a complexidade do processo de modelagem do conhecimento, que é a etapa crítica do mapeamento conceitual. Um dos interesses de pesquisa do nosso grupo reside no desenvolvimento de atividades que potencializem o entendimento dos usuários iniciantes no processo de elaboração de bons mapas conceituais, que são aqueles

[1] *O programa CmapTools, desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) ilustra essa situação. Ele é gratuito, fácil de usar e qualquer pessoa é capaz de gerar um mapa conceitual em poucos minutos. Geralmente, os primeiros mapas conceituais são ingênuos e simples por conta do aprendizado procedimental sobre a técnica de mapeamento conceitual. Esses mapas conceituais são pouco úteis para a avaliação da aprendizagem.*

que podem ser correlacionados com as representações internas dos mapeadores (Aguiar, Cicuto & Correia, 2014; Aguiar & Correia, 2013).

Cañas, Novak & Reiska (2012) apontam as características da demanda dos mapas como sendo um fator que deve ser considerado quando os mapas conceituais são utilizados para fins de avaliação da aprendizagem. As restrições de forma e conteúdo apresentadas pelo professor ao solicitar que seus alunos elaborem mapas conceituais tem efeitos sobre o produto final obtido. Os mapas conceituais podem ser solicitados aos alunos de muitas formas diferentes (Ruiz-Primo, 2004; Ruiz-Primo et al., 2001; Yin et al.,2005; Yin & Shavelson, 2008). A solicitação de mapas conceituais para avaliação da aprendizagem deve ser cuidadosamente planejada pelo professor, visando à obtenção de mapas conceituais (representações externas) correlacionáveis com parte dos modelos mentais (representações internas) existentes na estrutura cognitiva dos alunos.

A relação entre a demanda de mapas conceituais visando à avaliação da aprendizagem e o impacto sobre as características das produções dos alunos já foi explorada na literatura. Viana (2016) realiza análises estruturais e semânticas para compor dois estudos semelhantes a este trabalho. Utilizando a mesma turma que foi considerada nessa pesquisa, o autor coleta seus dados na aula 10 do segundo bloco da disciplina ACH 0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade de 2013, em que os alunos realizam a segunda avaliação da disciplina também utilizando a construção de dois mapas conceituais, um preparatório (MC-PREP) e outro sendo componente da avaliação (MC-AVAL). O autor encontra resultados que indicam que o MC-PREP não exerceu influência significativa na elaboração do MC-AVAL devido ao grau de proficiência já atingido pelos alunos nessa altura da disciplina. Ao final do trabalho ele conclui que a demanda de elaboração do mapa conceitual é orientadora das características do MC-AVAL e que a elaboração de um mapa conceitual a mais em um grupo bem treinado, já proficiente na técnica, não altera seu desempenho.

Dessa forma, um dos principais diferenciais do presente trabalho é fazer investigações sobre as características estruturais e semânticas dos MC-AVAL no primeiro momento de avaliação da disciplina, aula 5, imediatamente após a etapa de treinamento a fim de verificar se há diferenças estatisticamente significativas nesses mapas influenciadas pela preparação dos alunos. A partir da Figura 1 mostramos a maior proximidade da etapa de treinamento que esse trabalho pretende explorar.

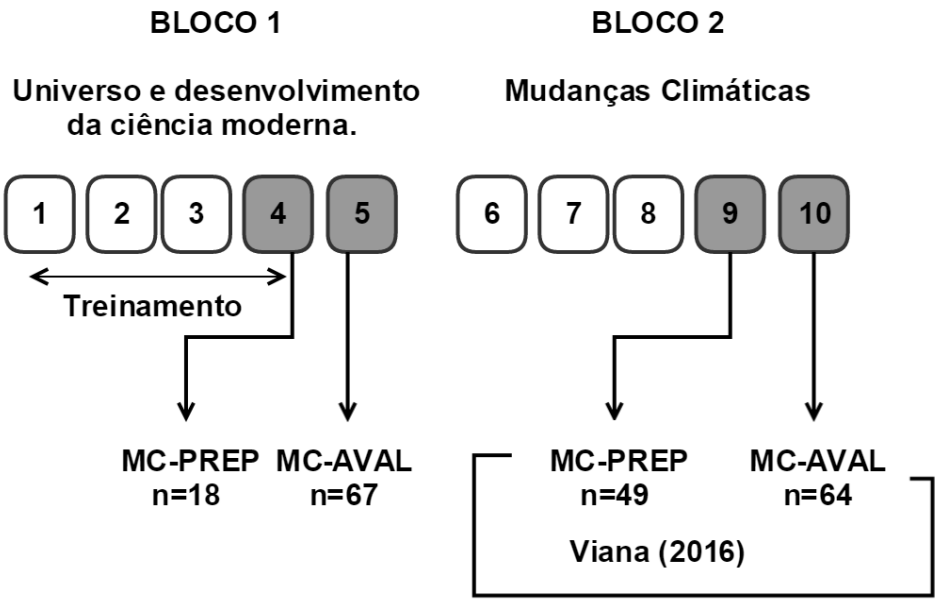


Figura 1 - Comparação entre a proximidade da etapa de treinamento em que os estudos desse trabalho e dos estudos de Viana (2016) foram realizados. No segundo bloco da disciplina CN/CCS os alunos realizaram na aula 10 e já haviam feito o mesmo modelo de prova na aula 5. Essa distância temporal em relação à etapa de treinamento influencia na proficiência dos alunos.

Neste trabalho buscamos analisar como as variações na demanda podem refletir no aumento ou na diminuição das cargas cognitivas impostas à memória de trabalho dos alunos na tarefa de preparar um mapa conceitual que será utilizado como forma de avaliação. Nas primeiras quatro aulas da disciplina ACH 0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade os alunos ainda estão em fase de treinamento na técnica de mapeamento conceitual. No primeiro momento de avaliação – aula 5 – os alunos são submetidos a uma demanda: fazer um mapa conceitual com nove conceitos, sendo um deles obrigatório, para responder a uma pergunta focal.

Uma semana antes do dia da prova foi sugerido que fizessem um mapa conceitual preparatório (MC-PREP) com vinte e cinco conceitos e sem conceito obrigatório. Nossa primeira investigação é verificar se há relação entre os alunos que fizeram o MC-PREP e a diminuição da carga cognitiva relacionada ao conhecimento procedimental no dia da avaliação – a dificuldade em fazer mapas conceituais, uma vez que estão próximos da fase de treinamento – e, em seguida, comparar com o conhecimento declarado pelos alunos ao responderem um questionário após realizarem o MC-AVAL.

1. TEORIA DA CARGA COGNITIVA

Sweller, Merrienboer e Paas (1998) propõem a Teoria da Carga Cognitiva para explicar a relação entre o desenho instrucional e a arquitetura da cognição humana nos eventos que envolvem o processo de ensino e aprendizagem. A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) busca explicar a forma de aquisição e processamento de informações sob a perspectiva da evolução do sistema cognitivo humano fazendo analogia com processos moleculares como processamento e armazenamento da informação no genoma (Sweller, Ayres e Kalyuga, 2011). Neste trabalho utilizamos os elementos da TCC para explicar a relação entre a tarefa, a demanda e o desempenho dos alunos no momento da prova.

1.1 Arquitetura cognitiva humana

A Teoria da Carga Cognitiva parte do princípio de que há dois tipos de conhecimentos que podem ser adquiridos pelo ser humano, o *conhecimento biológico primário* e o *conhecimento biológico secundário.* São tipos de conhecimento que a estrutura cognitiva é capaz de processar e armazenar a partir do desenvolvimento evolutivo, sendo essa estrutura comum a todos os seres humanos. O *conhecimento biológico primário* refere-se às classes de conhecimento adquiridos naturalmente basicamente por processos de imitação. São exemplos desse tipo de conhecimento o reconhecimento facial que passamos a desenvolver desde a infância e até a primeira língua que aprendemos a falar. Sendo imitativos, esse tipo de conhecimento não pode ser transmitido por processos conscientes.

O *conhecimento biológico secundário* refere-se ao tipo de conhecimento que pode ser transmitido ou ensinado por processos conscientes e por meio de desenhos instrucionais. Regras gramaticais, princípios científicos, aspectos culturais e um segundo idioma são exemplos de conhecimentos biológicos secundários. Aqui concentram-se os esforços da TCC para explicar as relações entre o desenho instrucional, as tarefas e as atividades de aprendizagem.

As informações que chegam através dos sentidos humanos são processadas na memória de trabalho e, uma vez aprendidas, são armazenadas na memória de longo prazo através dos esquemas mentais. Os esquemas mentais são uma forma de armazenar o conhecimento de forma lógica e significativa na memória de trabalho, podendo ser acessado quando for estimulado pelo contexto para lidar com uma nova informação.

Os esquemas mentais são elementos que condensam uma quantidade de informações em uma unidade lógica singular que podem. Os conceitos cumprem o papel de compor, organizar e acionar esquemas mentais quando a memória de trabalho é submetida a um novo conhecimento ou a uma nova informação. Esses esquemas podem ser construídos e acionados através da aprendizagem e do ensino conceitual.

A partir da manipulação do desenho instrucional e das demandas cognitivas é possível otimizar o processamento da informação e a construção de esquemas conceituais. A TCC parte do pressuposto que a memória de trabalho é limitada e que para que o conhecimento biológico secundário seja adquirido e transmitido é preciso saber lidar com os recursos exigidos para lidar com as informações que são impostas à memória de trabalho.

1.2 Cargas cognitivas

A partir da compreensão da estrutura cognitiva humana descrita na seção anterior é possível explicar de forma precisa por que algumas estratégias instrucionais funcionam melhor que outras (Sweller, Ayres e Kalyuga, 2011). A TCC traz a preocupação de reduzir as dificuldades impostas pela nova instrução e o formato em que ela é apresentada aos estudantes e estimular os processos cognitivos que os levam à aprendizagem.

As cargas cognitivas geradas na memória de trabalho pela informação recebida podem ser compreendidas de acordo com a sua natureza como *carga intrínseca* e *carga extrínseca* e os recursos da memória de trabalho necessários

para que a informação, além de recebida, seja processada e armazenada são chamados *recursos generativos*.

- Carga intrínseca: É a carga cognitiva imposta à memória de trabalho que vem da própria natureza da informação, independentemente do formato escolhido para representar esta informação. Diz respeito aos recursos que o aluno precisa dispor para poder processar e compreender a nova informação. Para contextualizar no ensino de ciências pertinentes a esse trabalho, há uma complexidade intrínseca aos conteúdos da Física e da Astronomia que de certa forma independem de como o professor irá organizar a instrução, porque, por si só, esses conteúdos relacionam-se a conceitos que podem ou não já estar disponíveis nos esquemas mentais dos alunos e armazenados na memória de trabalho. Para compreender os conceitos dessas áreas de conhecimento, como “velocidade”, “aceleração” e “momento linear”, por exemplo, há uma necessidade de ter-se compreendido conceitos como “movimento” e já ter esquemas mentais bem organizados. Dessa forma assume-se que a carga intrínseca da tarefa ou do conteúdo da instrução atua na memória de trabalho do aluno dependendo dos seus conhecimentos prévios sobre os assunto.
- Carga extrínseca: Além da intrínseca natureza da informação, o formato ou desenho instrucional com que a informação é disposta ao aluno gera uma carga cognitiva na memória de trabalho. A carga extrínseca se relaciona com a maneira com a qual a informação é organizada e transmitida. Essa carga tem a ver com os processamentos não relevantes aos objetivos da instrução que o aluno deve fazer no momento de contato com a tarefa. Um exemplo ilustrativo ocorre quando o aluno não domina a linguagem na qual a tarefa é organizada. A dificuldade em aprender os conceitos “velocidade”, “aceleração” e “momento linear” não é alterada em relação à natureza intrínseca desses conteúdos, mas um aluno que não domine a linguagem em que esses conceitos são apresentados e discutidos pode ter sua aprendizagem totalmente inviabilizada.
- Recursos Generativos: São recursos da memória de trabalho que o aluno disponibiliza para lidar com a tarefa, mais precisamente são os recursos necessários para processar a carga intrínseca associada ao conteúdo com o

qual está tendo contato. Funciona na evocação de esquemas mentais do aluno que são utilizados na integração e formação de novos esquemas conceituais.

As duas cargas cognitivas que atuam na memória de trabalho são aditivas, ou seja, juntas elas determinam o total da carga cognitiva imposta aos alunos pela tarefa ou pelo material instrucional. A partir dessa compreensão é possível destacar que a etapa de treinamento na técnica de mapeamento conceitual tem função estratégica indispensável para facilitar a execução da tarefa por parte dos alunos porque diminui a dificuldade que eles podem apresentar em relação ao formato no qual ela está sendo exigida, isto é, o treinamento atua reduzindo a *carga extrínseca* relacionada à dificuldade em fazer mapas conceituais correlacionáveis com a estrutura conceitual do mapeador.

Quando o professor pede aos alunos que construam o mapa conceitual da prova para responder à pergunta focal ele espera obter as vantagens que essa ferramenta oferece como organizador gráfico do conhecimento. O conteúdo da tarefa representa a carga intrínseca relacionada com o domínio conceitual dos alunos e essa só depende dos esquemas mentais construídos e organizados por meio de estudo e do processo de ensino e aprendizagem. Mas para que os alunos sejam capazes de cumprir com essa tarefa e elaborar mapas que expressem com clareza e precisão suas estruturas conceituais é preciso que dominem o formato em que a tarefa é solicitada.

Além do treinamento em mapas que todos os alunos recebem, neste trabalho investigamos também a influência da construção de um mapa conceitual antes da prova, como ferramenta de estudo. O princípio dessa ferramenta seria cumprir com a redução da carga extrínseca no momento da prova, uma vez que os alunos já teriam alguma familiaridade com a tarefa de expressar na forma de mapas conceituais o conhecimento conceitual que têm sobre o assunto estudado.

1.3 Sobrecarga cognitiva

Quando os alunos são submetidos a um conteúdo que desconhecem, ou ainda dominam superficialmente, e uma demanda em um formato que também dominam pouco ou nada, esta nova informação pode causar no aluno o que Sweller, Ayres & Kalyuga (2011) chamam de sobrecarga cognitiva A Figura 2 ilustra a relação entre o domínio da técnica de mapeamento conceitual e o domínio sobre o assunto a ser mapeado e como esses elementos geram as cargas intrínseca (I) e extrínseca (E), assim como os recursos gerativos que o aluno dispõe para processar a informação (G).

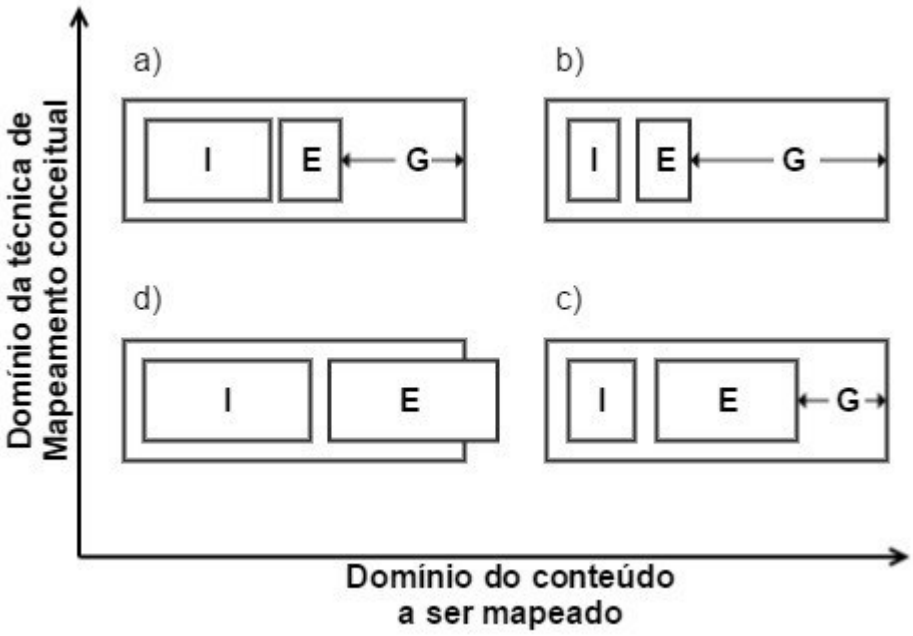


Figura 2 - Relação entre o conhecimento sobre o assunto e o conhecimento sobre a técnica de mapeamento conceitual influenciando nas cargas cognitivas impostas à memória de trabalho.

Na condição (b) o aluno consegue lidar plenamente com as cargas intrínseca (I), porque domina o conteúdo a ser mapeado, e extrínseca (E) porque domina a técnica de mapeamento conceitual. Nessa condição há muitos recursos generativos (G) disponíveis na memória de trabalho para lidar com a tarefa e conduzir à aprendizagem. A sobrecarga cognitiva ocorre em (d) quando ambas as cargas extrapolam os recursos da memória de trabalho.

A nova informação recebida através da tarefa e o desenho instrucional que a precede são processados na memória de trabalho e gera uma carga cognitiva que o aluno tem que lidar. Como a memória de trabalho é limitada o aluno pode não possuir recursos necessários para processar a informação recebida naquele momento e isso pode inviabilizar a aprendizagem, ou seja, os recursos generativos da memória de trabalho não processaram a nova informação de forma que ela seja integrada significativamente aos esquemas mentais da estrutura cognitiva dos alunos e armazenada na memória de longo prazo.

2. MAPEAMENTO CONCEITUAL

Há vários tipos de organizadores gráficos que podem ser utilizados para se desenvolver uma representação externa dos modelos mentais (representações internas) que os alunos possuem em suas estruturas cognitivas. A necessidade de usar proposições, contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais uma opção interessante para revelar com precisão a estrutura do conhecimento conceitual presente nos modelos mentais idiossincráticas dos alunos (Novak, 2010). Davies (2011) apresenta uma comparação interessante sobre mapas mentais, conceituais e de argumentos, destacando as características particulares de cada um desses tipos de mapas e o melhor uso que pode ser feito deles dependendo dos objetivos que se buscam atingir.

Os mapas conceituais são diagramas proposicionais organizados de forma hierárquica, sempre com o objetivo de responder a uma pergunta focal (Novak & Cañas, 2010). Além disso, os mapas conceituais foram desenvolvidos com base na Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e Retenção Significativas de Ausubel, que prevê a organização hierárquica do conhecimento em conceitos e proposições (Ausubel, 2000; Moreira, 1998; Moreira, 2006; Novak, 2010). A aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos são assimilados aos modelos mentais dos alunos por meio da interação do que Ausubel chamou de subsunçores, que são os conceitos já aprendidos pelos alunos e que representam

os conhecimentos prévios sobre determinado assunto. A Figura 3 traz um mapa conceitual construído para explicar o que são mapas conceituais e como podem ser úteis no processo de aprendizagem significativa.

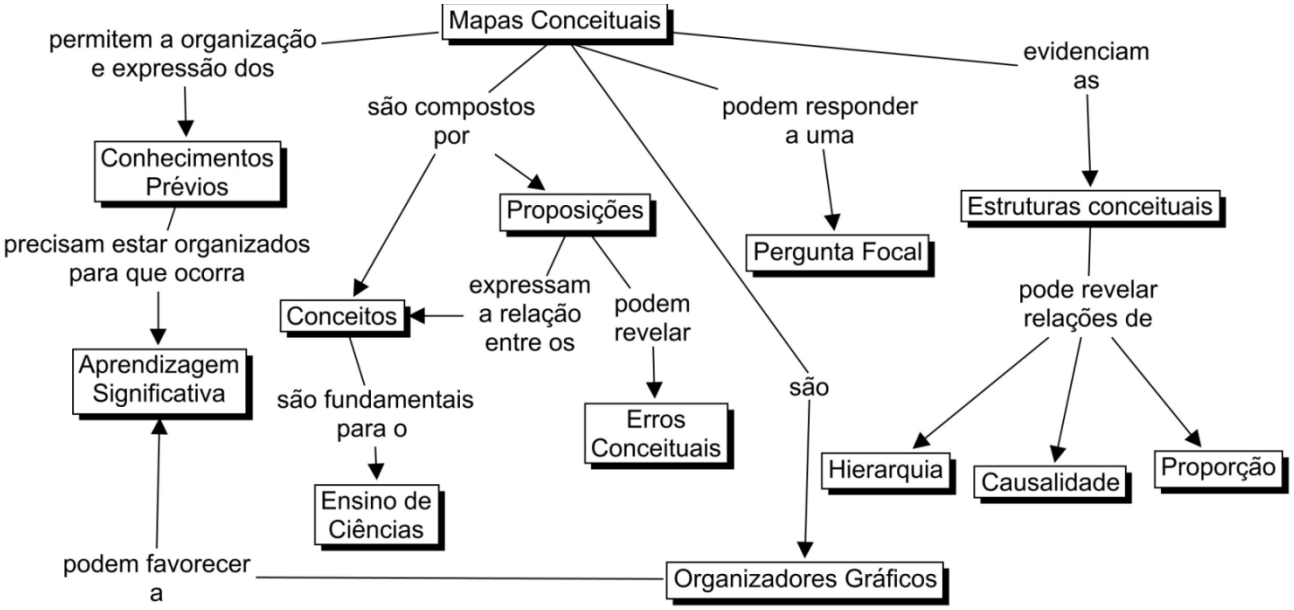


Figura 3 - Mapa conceitual demonstrando o que é um mapa conceitual e como suas características podem favorecer e estimular a aprendizagem significativa dos alunos

O mapeamento conceitual possibilita o monitoramento da construção conceitual envolvendo a interação dos conhecimentos prévios dos alunos com os novos conceitos a serem aprendidos. Essa visão epistemológica sustenta e justifica a utilização dos mapas conceituais em sala de aula como uma possível forma de construir representações externas correlacionáveis com parte dos modelos mentais que contém os conceitos científicos discutidos durante o processo de ensino-aprendizagem.

Acessar os modelos mentais por meio de representações externas (*e.g.,* mapas conceituais) é importante para monitorar e regular o processo de aprendizagem do conhecimento conceitual (Moreira, Greca & Palmero, 2002). Hay, Kinchin & Lygo-Baker (2008) concordam com esse argumento e defendem os mapas conceituais como forma de tornar visíveis as relações conceituais que expressam o entendimento que os alunos do ensino superior possuem sobre um tema em estudo. Isso facilita a negociação de significados entre alunos e professor, que é necessária para o estabelecimento da ressonância pedagógica (Kinchin, Lygo-Baker & Hay, 2008).

A ressonância pedagógica pode ser entendida como a preocupação que um professor tem em colaborar com a aprendizagem dos alunos, a fim de fornecer uma resposta de qualidade para as demandas apresentadas durante o processo de ensino-aprendizagem. A qualidade dessa resposta é caracterizada pela possibilidade do professor ter um diagnóstico preciso sobre as relações conceituais que seus alunos são capazes de fazer e expressar.

Essa preocupação com um engajamento dinâmico, recíproco e fluido com os alunos é o que caracteriza a ressonância pedagógica. Quando os alunos são proficientes da técnica de mapeamento conceitual, eles são capazes de expressar de forma gráfica parte das suas estruturas conceituais e permitir ao professor uma intervenção, seja na forma de uma correção ou em alguma mudança em relação ao desenho instrucional da sua disciplina, e fazê-la com grande precisão se tomar essa decisão baseada nos mapas conceituais desses alunos. Com isso, o professor é capaz de facilitar a ocorrência de mudanças na estrutura conceitual e nos modelos mentais dos seus alunos.

2.1 Elementos dos Mapas Conceituais

Os mapas conceituais dotam da capacidade de representar o conhecimento conceitual de um mapeador que domine essa técnica. Primeiramente, é fundamental ao mapeador compreender o que são os conceitos e como organizar seus esquemas mentais de modo a expressá-lo por meio da relação que constroem utilizando esses conceitos para representar um determinado assunto. Para Aguiar & Correia (2013) os elementos dos mapas conceituais são:

- Proposição – É a unidade semântica fundamental dos mapas conceituais. Ela é formada pela estrutura *conceito inicial — termo de ligação → conceito final* e deve carregar uma mensagem semanticamente clara (compreensível). O termo de ligação é o constituinte da proposição que permite a explicitação das relações conceituais, de modo que um termo de ligação que não contenha um elemento gramatical – verbo – que cumpra com essa finalidade, a avaliação do conteúdo semântico da proposição fica comprometida;

- Pergunta Focal – É uma pergunta à qual a rede proposicional do mapa conceitual deve responder. A pergunta focal pode ser elaborada pelo próprio mapeador, antes ou depois de construir seu mapa, ou por um professor a fim de solicitar ao aluno que construa um mapa para respondê-la;
- Hierarquia – É a separação visual dos conceitos em níveis, facilitando a distinção entre os conceitos mais inclusivos, superordenados, e mais específicos, subordinados ou diferenciados. Esse elemento do mapa, juntamente com as proposições construídas, permite verificar não só a relação entre os conceitos, mas uma investigação sobre a posição deles na rede proposicional;
- Revisão recursiva – O mapeamento conceitual é uma ferramenta que expressa e modela o conhecimento do mapeador e, pela sua própria natureza, esse conhecimento está sujeito a mudanças ao longo do tempo. O mapeador que se propõe a revisar seus mapas conceituais sempre encontrará formas diferentes de expressar seu conhecimento ou de modelá-lo, principalmente se for sobre um tema em que o mapeamento acompanha as fases de compreensão desde o patamar de iniciante até o de especialista. Assim, os mapas conceituais também se revelam como ferramentas úteis para monitorar mudanças na estrutura conceitual do mapeador ocorridas ao longo do tempo.

Além dos elementos constituintes dos mapas conceituais, há dois outros aspectos que devem ser levados em consideração por todos os professores que pretendem utilizar essa ferramenta nas suas aulas, seja para efeito de modelagem, expressão ou avaliação do conhecimento dos alunos. São eles:

- O treinamento na técnica – Principalmente no caso do professor solicitar que os alunos construam seus próprios mapas é necessário que antes eles passem por uma etapa de treinamento na técnica de mapeamento conceitual, tomando como objetivo que ao final dessa etapa os alunos dominem cada um dos elementos dos mapas conceituais. Caso essa etapa seja negligenciada, o professor terá que lidar com mapas conceituais com baixa clareza semântica e que não são correlacionáveis com as estruturas mentais dos seus alunos;

- A demanda – Está vinculada à forma como o professor solicita a construção dos mapas conceituais. Ela pode variar de uma demanda pouco e muito restritiva em termos de conteúdo e formato. O professor pode solicitar a construção de um mapa com um tema e formato livres; pode exigir a presença de um conceito obrigatório na rede proposicional; pode fornecer uma lista de conceitos e uma estrutura e até pode entregar um mapa para o aluno preencher lacunas nos conceitos ou nos termos de ligação. A Figura 4 apresenta um gráfico relacionando as possíveis demandas dos mapas conceituais com as liberdades de estrutura e conteúdo.

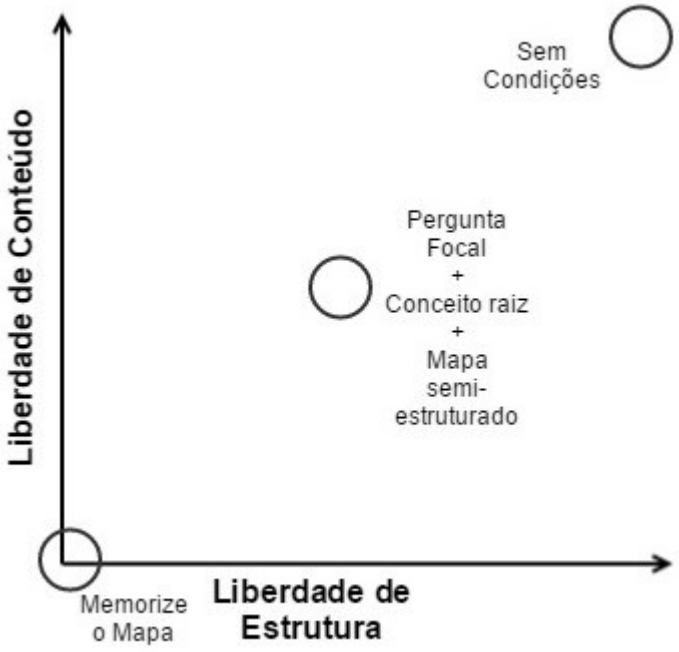


Figura 4 - Impacto da liberdade de estrutura e de conteúdo sobre a produção de mapas conceituais. Destaque para os extremos inferior/sem liberdade (memorize um mapa conceitual... preparado pelo professor) e superior/liberdade total (faça um mapa conceitual... sem restrição alguma). Fonte: Cañas, Novak & Reiska, 2012.

2.2 Mapas conceituais como ferramenta de avaliação

Mapas conceituais são ferramentas capazes de fornecer uma fidedigna representação estrutural do conhecimento. Os conceitos são representados pelos rótulos nas caixas (ou outras formas geométricas) e conectados a outros conceitos

por meio de uma seta orientada que indica o sentido de leitura. O termo de ligação une esses dois conceitos em uma unidade semântica fundamental, a proposição. Uma vez que o termo de ligação contenha um elemento verbal que explicite a relação entre os dois conceitos, é possível executar análises e avaliações sobre o conhecimento conceitual do mapeador.

A avaliação do conhecimento conceitual dos alunos utilizando o mapeamento conceitual é vantajosa ao professor à medida que o mapa revela não somente a relação entre os conceitos, mas a disposição das proposições na rede conceitual revelando relações de hierarquia, proporção e outros aspectos estruturais e semânticos.

Na Figura 5 apresentamos um mapa conceitual construído para responder à pergunta focal "*Por que usar mapas conceituais na avaliação da aprendizagem?*".

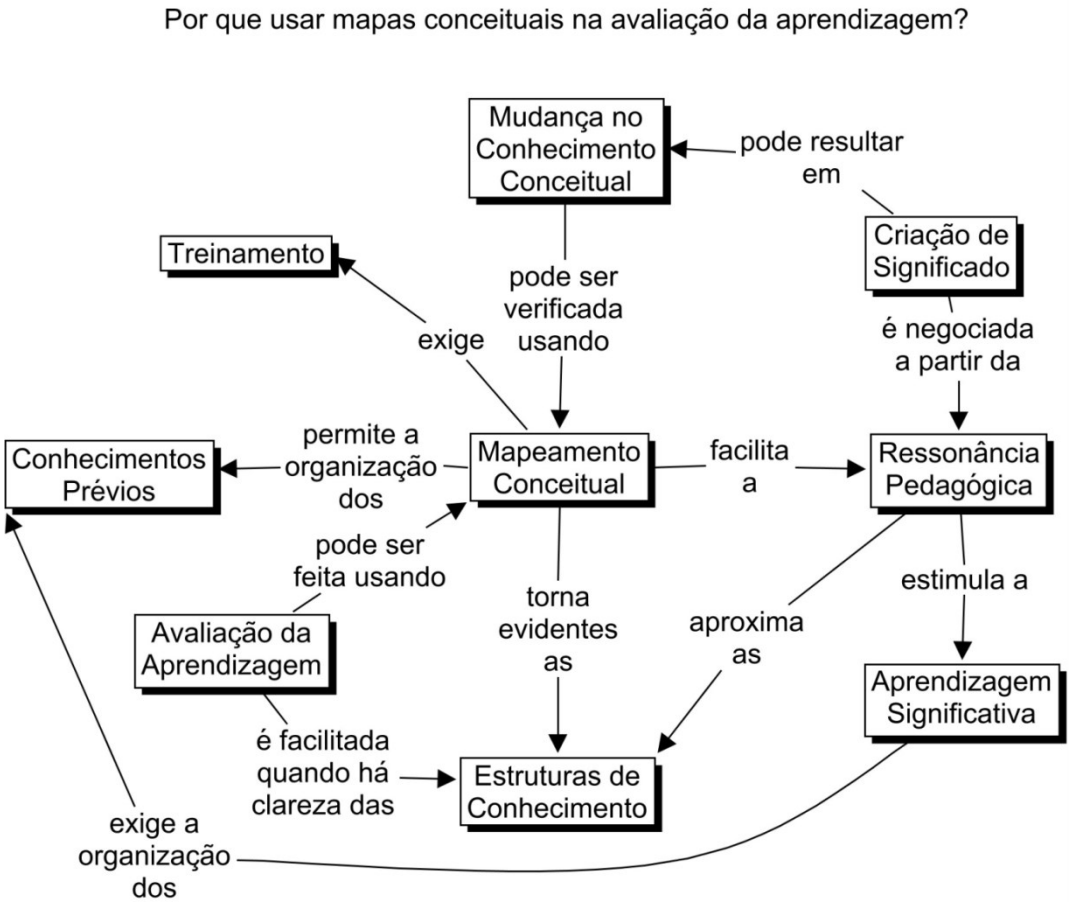


Figura 5 - Mapa conceitual construído para responder à pergunta focal "por que usar mapas conceituais na avaliação da aprendizagem?", destacando a importância do treinamento na técnica e a característica dos mapas de revelar as estruturas conceituais dos alunos.

O uso dos mapas conceituais como ferramentas avaliativas pode ser feito de diferentes maneiras. Ruiz-Primo e Shavelson (1996) apontam que a avaliação baseada em mapas conceituais é composta por (1) uma tarefa, (2) um formato de resposta que representa a demanda que o professor faz aos alunos, como ele pedirá a construção dos mapas conceituais e (3) um sistema de pontuação. Liu (2013) faz uma revisão bibliográfica interessante sobre as formas de solicitar mapas dos alunos e formatos de tarefas avaliativas em busca de um modelo viável para realizar avaliações em larga escala utilizando um *software* baseado em mapas conceituais.

2.3 Objetivos, perguntas e hipóteses de pesquisa

O objetivo do trabalho foi explorar as características dos mapas conceituais utilizados como ferramenta de avaliação da aprendizagem dos alunos da disciplina ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS), considerando-os como representações externas da estrutura conceitual que alunos possuem sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento científico e tecnológico segundo a abordagem do professor na disciplina.

A Figura 6 ilustra a nossa hipótese de trabalho ao compararmos os alunos que fizeram o MC-PREP com os que não o fizeram.

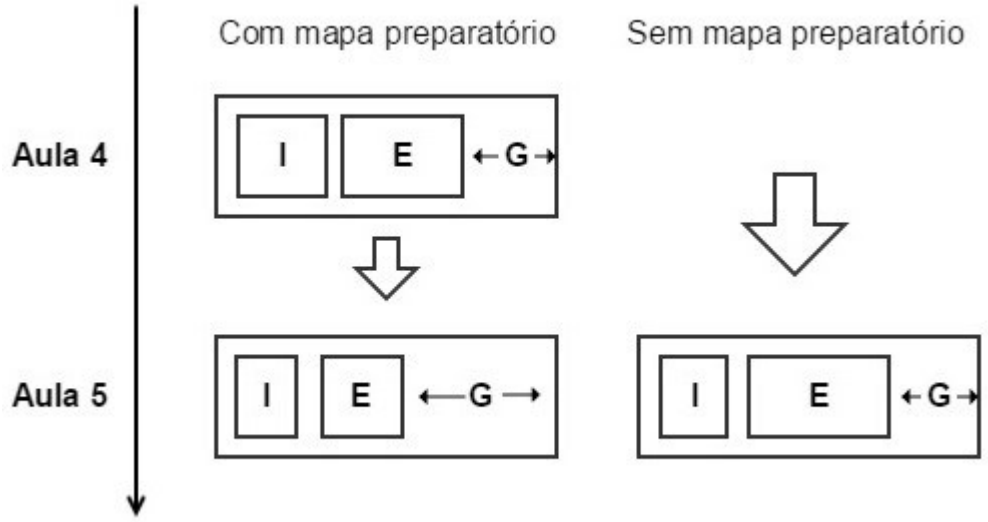


Figura 6 - Diferença esperada das cargas cognitivas impostas pela demanda do MC-AVAL entre os alunos que fizeram MC-PREP e os que não fizeram.

No grupo dos alunos que fizeram o mapa preparatório esperamos as análises que propomos nos revele que no dia da avaliação – aula 5 – a carga intrínseca e a carga extrínseca foram menores que as do grupo que não o fizeram, uma vez que a elaboração do mapa preparatório exigiu maior estudo dos textos trabalhados e com o exercício já estarão mais familiarizados na técnica de mapeamento conceitual.

Nossa hipótese contempla a importância da etapa de treinamento para reduzir a *carga extrínseca* da realização de um mapa conceitual para o momento de avaliação da aula 5. Neste caso todos os alunos, dos dois grupos, foram submetidos ao mesmo treinamento durante o intervalo de tempo. Assim podemos esperar que quando a comparação dos mapas dos alunos de ambos os grupos não revele diferenças estatisticamente significativas em alguma de nossas análises, isso seja explicado pelo fato do treinamento ter garantido a proficiência dos alunos (Aguiar, Cicuto & Correia, 2014).

A organização dos trabalhos de coleta, tratamento e análise dos dados obtidos em sala de aula considera dois estudos específicos. Eles são declarados a partir de perguntas de pesquisas que destacam suas especificidades e complementariedades.

2.3.1 Estudo I: Efeito da elaboração de um mapa conceitual preparatório para a prova sobre as características do mapa conceitual preparado durante a avaliação da disciplina[2]

Pergunta de pesquisa do Estudo I: Os alunos que elaboraram o mapa conceitual de preparação para a prova (MC-PREP) produziram mapas conceituais melhores durante a avaliação (MC-AVAL) da disciplina CN/CCS?

Hipótese de trabalho do estudo I: Sim, porque eles organizaram seus esquemas conceituais antes da avaliação e fizeram isso na forma de mapas conceituais (mesma representação externa que foi solicitada na avaliação). Desta

[2] *A atividade de elaboração do mapa conceitual de preparação (MC-PREP) foi opcional. Isso permite comparar a produção dos alunos durante a avaliação (MC-AVAL), considerando alunos que fizeram/não fizeram o MC-PREP. Os mapas conceituais produzidos no dia da avaliação (MC-AVAL) serão organizados em dois grupos: alunos que não fizeram MC-PREP (Grupo 1, n=18) e alunos que fizeram MC-PREP (Grupo 2, n=49).*

forma, os alunos se beneficiaram duplamente: eles estudaram o conteúdo científico (conceitual) e a técnica de elaboração de mapas conceituais (expressão representacional). Isso evitou a sobrecarga cognitiva que poderia ser causada pelo conhecimento procedimental (carga extrínseca), favorecendo a elaboração de mapas conceituais.

A maior qualidade dos MC-AVAL dos alunos que elaboraram os MC-PREP deve ser revelada pelas seguintes características: (i) maior densidade proposicional (mapas conceituais na forma de rede), (ii) maior quantidade de conceitos relacionados com fatos/eventos da Astronomia do século XX, (iii) menor incidência de erros conceituais nas proposições, (iv) maior integração entre os materiais instrucionais e (v) menor incidência de fuga da pergunta focal.

2.3.2 Estudo II: Relação entre o MC-AVAL e o entendimento conceitual sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento científico-tecnológico[3]

Pergunta de pesquisa do Estudo II: Os alunos que apresentaram melhor compreensão conceitual sobre Astronomia, no contexto discutido na disciplina CN/CCS, elaboraram os melhores mapas conceituais na avaliação (MC-AVAL)?

Hipótese de trabalho do estudo II: Sim, porque os alunos já tinham terminado a etapa de treinamento sobre a elaboração de mapas conceituais (representações externas do conhecimento conceitual). Nessas condições, a aprendizagem foi favorecida porque houve uma redução da carga extrínseca, permitindo a alocação de recursos cognitivos da memória de trabalho para a construção e a organização de esquemas conceituais (recursos generativos) sobre o tema em estudo. Nesse momento da disciplina, os mapas conceituais são uma boa aproximação dos modelos mentais (representações internas) dos alunos, expressando inclusive erros conceituais e concepções alternativas na forma de enunciados proposicionais. Por esse motivo, os alunos que elaboraram mapas conceituais melhores devem ter

---

[3] *A aprendizagem conceitual sobre o tema "Astronomia" foi avaliada pelos mapas conceituais e por um questionário (Likert, 34 afirmações) aplicado no dia da prova. Isso permite verificar se há uma relação entre a qualidade dos mapas conceituais (MC-AVAL) e a aprendizagem conceitual (estimada a partir do desempenho dos alunos no questionário).*

maior conhecimento conceitual sobre Astronomia, no contexto do desenvolvimento científico e tecnológico.

3. METODOLOGIA

Dois estudos sequenciais e complementares entre si foram propostos para desenvolver e organizar este trabalho. O planejamento experimental dos Estudos I e II está baseado em trabalhos já desenvolvidos pelo nosso grupo de pesquisa, valorizando a abordagem quantitativa e comparações entre as características nas condições de grupos experimental e controle por meio da análise de variáveis dependentes (*e.g.*, Aguiar, Cicuto & Correia, 2014; Cicuto, Mendes & Correia, 2013; Cicuto & Correia, 2012). Essa opção foi pertinente frente aos objetivos desse trabalho.

3.1 Contexto da pesquisa

Os mapas conceituais e questionários a serem considerados nesse trabalho foram coletados durante as aulas da disciplina ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS), ministrada aos alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste) no 1º semestre de 2013. Essa disciplina compõe o Ciclo Básico e é obrigatória a todos os alunos ingressantes. Dessa forma, ela foi assistida por alunos de diferentes cursos de graduação da EACH (*e.g.*, Licenciatura em Ciências da Natureza, Gestão de Políticas Públicas e Têxtil e Moda).

O objetivo da disciplina CN/CCS é discutir como a ciência e a tecnologia afetam a sociedade e o ambiente, considerando uma abordagem CTSA (Correia et al., 2010) no nível de alfabetização científica. Para isso, as 15 aulas são organizadas em 3 blocos temáticos sobre o universo (desenvolvimento histórico da ciência moderna e evolução científico-tecnológica da Astronomia), mudanças climáticas

(impacto dos avanços científicos e tecnológicos sobre a sociedade e o ambiente) e bioética (novas implicações éticas relacionadas com o avanço das pesquisas da área de biologia molecular). A Figura 7 apresenta esquematicamente a organização da disciplina CN/CCS, destacando um período de treinamento oferecido aos alunos para que eles aprendam a fazer mapas conceituais (aulas 1-4).

A fase de treinamento ocorre durante as aulas sobre Astronomia/desenvolvimento científico-tecnológico e imediatamente antes a aula 5, quando ocorreu a coleta de dados considerados nesse trabalho.

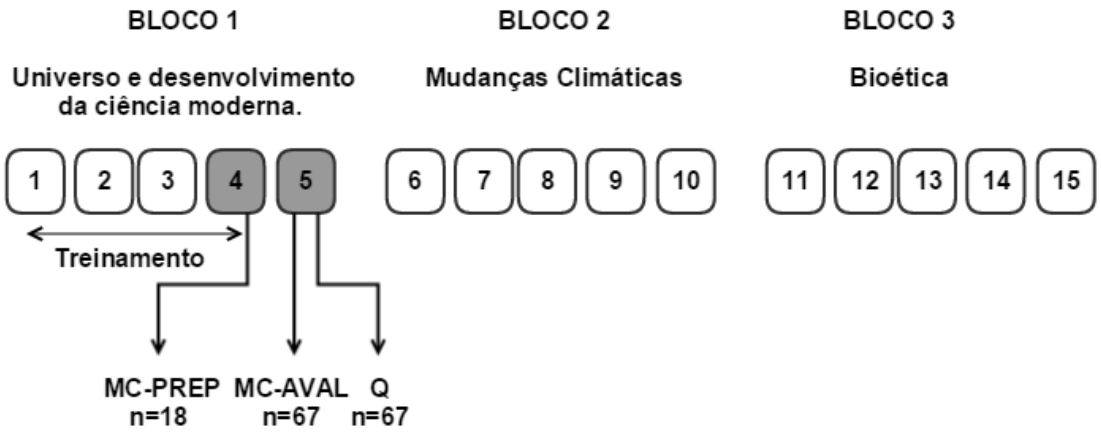


Figura 7 - Coleta de dados durante as aulas da disciplina CN/CCS. Destaque em cinza para a aula 4 em que os alunos foram solicitados a fazer o MC-PREP e 5 quando ocorreu a coleta dos questionários (Q) e mapas conceituais (MC-AVAL). Serão consideradas as produções de 67 alunos no âmbito dessa pesquisa. Os alunos foram divididos em dois grupos, de acordo com a elaboração (ou não) do MC-PREP.

Os materiais instrucionais utilizados nas aulas do primeiro bloco de CN/CCS estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais instrucionais utilizados no primeiro bloco da disciplina CN/CCS.

Código	Título	Autor	Tipo	Extensão
A	Boas e más razões para acreditar[4]	Richard Dawkins	Texto	11 páginas
B	A Terra imóvel[5]	David Eliot Brody & Arnold R. Brody	Texto	17 páginas

[4] Dawkins, R.; Menon, L.(org.). O Capelão do Diabo. Tradução de Rejane Rubino. São Paulo: Companhia das letras, 2005.
[5] Brody, D. E.; Brody, A. R. As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores. Tradução de Laura Teixeira Mota. São Paulo: Companhia das letras, 1999. P 52-68.

C	O nascimento da ciência[6]	Marcelo Gleisler e Frederico Neves	Vídeo	10min
D	Uma nova astronomia[7]	Marcelo Gleisler e Frederico Neves	Vídeo	9min
E	O ovo cósmico[8]	David Eliot Brody & Arnold R. Brody	Texto	20 páginas
F	O Big Bang[9]	Marcelo Gleisler e Frederico Neves	Vídeo	10min

Todos os materiais utilizados apontam, ora de forma mais explícita ora menos, a influência das melhorias tecnológicas para o desenvolvimento da ciência e também para a mudança de concepções e paradigmas que vigoravam na sociedade no contexto do início da ciência moderna, antes do método científico proposto por Galileu Galilei.

Segue abaixo um resumo sobre o que é abordado e discutido em cada um dos materiais instrucionais utilizados.

- Material A: O texto é um dos ensaios que compõe o livro *O capelão do Diabo*, do biólogo e escritor Richard Dawkins. O livro é uma compilação de textos, artigos, resenhas e outras publicações selecionadas por Latha Menon que abarca 25 anos de reflexões do cientista naturalista, tratando de temas como darwinismo, ética, religião, educação, história da ciência e outros de esfera pessoal. O livro é dividido em sete seções e o texto do material instrucional A está inserido na sétima seção intitulada "Oração para minha filha". Nesse texto, o cientista escreve uma carta a sua filha Juliet ensinando-a sobre quais ferramentas deve utilizar sempre que queira investigar a verdade "em relação ao mundo e ao universo". Apresenta algumas etapas da investigação científica (hipótese –

[6] Gleiser, M.; Neves, F. (2006) Poeira das estrelas: O nascimento da ciência [Vídeo]. Vídeo disponível em : https://www.youtube.com/watch?v=LkYrmgkJp5c
[7] Gleiser, M.; Neves, F. (2006) Poeira das estrelas: Uma nova astronomia [Vídeo]. Vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uFAQZ-6_vOU
[8] Brody, D. E.; Brody, A. R. As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores. Tradução de Laura Teixeira Mota. São Paulo: Companhia das letras, 1999. p. 181-201
[9] Gleiser, M.; Neves, F. (2006) Poeira das estrelas: O Big Bang [Vídeo]. Vídeo disponível em : https://www.youtube.com/watch?v=s4i-Am7PjiM

predição – teste) e ao mesmo tempo adverte sobre o que seriam más razões para se crer em algo, como a tradição, a autoridade e a revelação.

- Material B: O texto aborda a relação entre a Igreja e o nascimento e desenvolvimento da ciência moderna iniciando com a história do teólogo, matemático e astrônomo Giordano Bruno (1548-1600) que defendia pensamentos dissonantes dos dogmas da Igreja, como a existência de uma pluralidade de mundos e outros questionamentos de ordem religiosa. Foi perseguido, preso e condenado à morte na fogueira pelo tribunal da Inquisição em 1600 e passou a ser considerado como um dos mártires do livre pensamento contra a autoridade dogmática religiosa. O texto também traz história da relação entre os trabalhos de Galileu Galilei, baseados na visão heliocêntrica do sistema solar, e as perseguições que sofreu da Igreja por não defender seus posicionamentos como apenas mais uma hipótese científica, mas como um fato. Com o aprimoramento do telescópio, Galileu passou a ter evidências que sustentavam seu posicionamento. Ainda assim, por não renunciar ao modelo copernicano, Galileu foi condenado pelo tribunal da Inquisição à prisão.
- Material C: Neste segundo capítulo da série *Poeira das Estrelas*, o físico Marcelo Gleiser aborda o conflito entre os dogmas religiosos e o nascimento da ciência moderna sobre questões como a origem do Universo e da vida. O físico aborda o modelo proposto por Aristóteles e o contrapõe ao modelo de Copérnico. Ao falar sobre os experimentos de Galileu para contestar Aristóteles, assinala o nascimento do método científico baseado em dados empíricos e aponta o fim da mentalidade “crer para ver” e o início da “ver para crer”. Ao fim, Gleiser também fala sobre a perseguição que Galileu sofreu da Igreja e finaliza mostrando como a iniciativa de Galileu de apontar o telescópio para o céu possibilitou a mudança da concepção que se tinha na época sobre o Universo.
- Material D: Nesse vídeo, o físico Marcelo Gleiser aborda a convivência entre os astrônomos Johannes Keppler e Tycho Brahe no contexto da verificação e comprovação do modelo copernicano do sistema solar. Brahe defendia o modelo geocêntrico e buscou junto a Kepler comprovar sua posição. Brahe possuía dados precisos sobre as posições dos planetas que à disposição de Kepler possibilitaram o desenvolvimento da teoria das órbitas elípticas dos planetas do sistema solar em torno do Sol. Gleiser conclui esse episódio apontando Kepler como sendo o primeiro a sugerir que uma força vinda do Sol era responsável

pelo movimento dos planetas, unindo física e a astronomia, sendo pioneiro na *astrofísica.*

- Material E: Neste texto, também parte do livro *As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores*, como o material B, os irmãos Brody abordam a teoria do Big Bag e a formação do Universo. A abordagem é centrada no desenvolvimento de novas tecnologias, telescópios mais potentes, que possibilitaram observações astronômicas mais precisas e o descobrimento de evidências que mudariam muitas das concepções vigentes em relação à posição da Terra na Via Láctea e desta no Universo. Com a maior precisão dos novos equipamentos de medida e das novas tecnologias, como os telescópios espaciais, foi possível detectar a *radiação cósmica de fundo*, estudar o movimento de galáxias e investigar a origem do Universo.
- Material F: Nesse episódio de *Poeira das Estrelas*, Marcelo Gleiser mostra como um telescópio potente possibilitou a Edwin Hubble verificar o afastamento de galáxias e a partir desta e de outras evidências concluir que o Universo está em expansão e que isso também indica que ele teve uma origem, uma condição inicial em que todas as galáxias encontravam-se num mesmo ponto de alta densidade e temperatura. Esse posicionamento sobre o início do Universo foi primeiramente organizado como uma teoria científica pelo astrônomo belga Georges Lemaître, conhecida como a *teoria do Big Bang*, e posteriormente melhor fundamentada pelos astrônomos Geoge Gamow, Ralph Alpher e Robert Herman. Gleiser conta que Alpher previu matematicamente a existência da *radiação cósmica de fundo*, emitida no *Big Bang* e como mais tarde elas foram detectadas por Arno Penzias e Robert Wilson, o que lhes rendeu o prêmio Nobel de Física no ano de 1978.

3.2 Instrumentos

Dois mapas conceituais e um questionário de conhecimento declarativo foram os instrumentos utilizados para a coleta dos dados para executar as análises deste trabalho. Um dos mapas conceituais era de elaboração facultativa aos alunos e foi

utilizado neste trabalho apenas como critério de formação dos grupos experimental e controle segundo a opção dos alunos de fazê-lo ou não. A partir deste mapa não foram feitas análises estruturais ou semânticas.

3.2.1 MC-AVAL

Esse mapa conceitual foi coletado na aula 5 e foi uma das ferramentas utilizadas na primeira avaliação a que os alunos foram submetidos imediatamente após o período de treinamento. Os alunos (n=67) tiveram 60 minutos para elaborar um mapa conceitual contendo 9 conceitos que respondesse à pergunta focal "*como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?"* de modo que um dos conceitos (*mais tecnologia*) era de uso obrigatório.

As instruções para elaboração do MC-AVAL são apresentadas na Figura 8. As caixas retangulares indicam onde os alunos deveriam inserir os conceitos e a disposição deles foi feita para estimular que os alunos fizessem uma maior integração entre os conceitos estimulando proposições que contivessem relações de causalidade e proporcionalidade (Safayeni, Derbentseva & Cañas, 2005). Essa natureza de proposições é desejável por não se resumir a definições ou a descrições de conceitos, mas por estabelecer correlações que revelam a aprendizagem e o domínio do tema em um nível mais elaborado.

Nos círculos de cada caixa os alunos deveriam inserir o material instrucional de onde eles reconheciam como origem dos conceitos por eles escolhidos e também do conceito obrigatório. Dessa forma é possível ao professor investigar a maneira com a qual seus alunos acessam e integram os materiais instrucionais discutidos na disciplina.

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES *Como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?* [1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "MAIS TECNOLOGIA" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P1.	
A: "Boas e más razões para acreditar" (txt. R. Dawkins)	**B**: "A Terra imóvel" (txt. Brody & Brody)
C: "O nascimento da ciência" (Vídeo, P. Estrelas, Pt. 2)	**D**: "Uma nova astronomia" (Vídeo, P. Estrelas, Pt. 3)
E: "O ovo cósmico" (txt. Brody & Brody)	**F**: "O Big Bang" (Vídeo, P. Estrelas, Pt. 6)

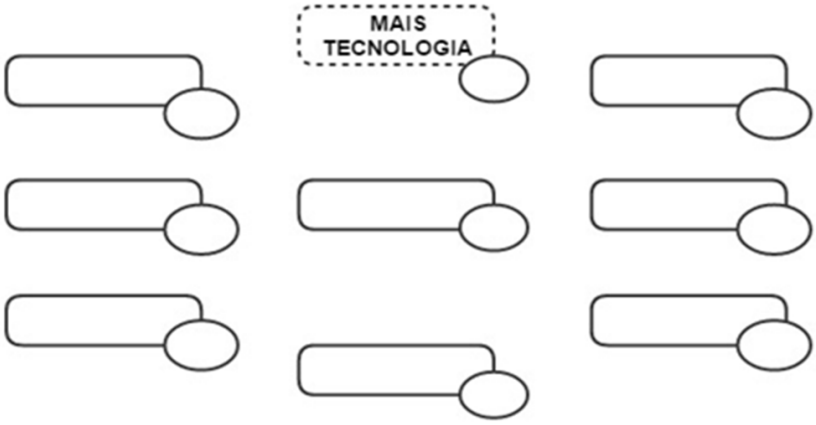


Figura 8 - Folha de prova entregue aos alunos contendo as instruções para construção do MC-AVAL. Como parte da demanda foi solicitado aos alunos que utilizassem o conceito obrigatório "mais tecnologia". Dentro dos retângulos os alunos deveriam colocar os conceitos para compor as proposições e nos círculos eles deveriam indicar de qual material instrucional eles retiraram o conceito.

O objetivo desta demanda foi verificar como os alunos articulam conceitos para expressar seus conhecimentos sobre o tema, valorizando as relações mútuas entre ciência e tecnologia no contexto do desenvolvimento da ciência moderna e das descobertas no campo da astronomia e os conflitos com a sociedade de época.

O "*como"* da pergunta focal e o conceito obrigatório "mais tecnologia" exigem dos alunos uma compreensão profunda das discussões feitas a partir dos materiais instrucionais e a necessidade de utilizar poucos conceitos em um mapa semi-estruturado impõe ao aluno que expresse seus esquemas mentais sobre o tema de forma sintética.

3.2.2 Questionário (Q)

Esse questionário foi outra ferramenta utilizada na avaliação dos alunos e também foi coletado na aula 5. Era composto por 34 afirmações relacionadas com o tema de estudo, e os alunos deveriam julgar se concordavam ou não com as afirmações utilizando a escala de *Likert*. O objetivo foi verificar o conhecimento conceitual declarativo dos alunos sobre o tema, incluindo aspectos vinculados à astronomia e aspectos mais abrangentes da discussão sobre a origem da Ciência Moderna e do avanço tecnológico. Isso permitiu aos alunos expressar seus conhecimentos de uma forma diferente do que aquela exigida no mapeamento conceitual.

AFIRMAÇÃO	0	1	2	3	4
1) A autoridade da fonte de informação é suficiente para acreditar em alguma coisa					
2) A crença religiosa está baseada na revelação de fatos por parte dos seus líderes.					
3)A intuição é importante para o trabalho dos cientistas.					
4) A linguagem é transmitida às crianças por causa das tradições sociais.					
5) A observação direta, através dos nossos sentidos, é a única forma de obter evidências.					
6) As evidências científicas não mudam com o passar do tempo.					
7) As religiões são transmitidas às crianças por causa das tradições sociais.					
8) Uma história mentirosa, contada como verdadeira, se torna verdadeira com o passar do tempo.					
9) O trabalho dos cientistas depende da interpretação de evidências.					
10) Os experimentos servem para buscar evidências sobre hipóteses que estão em teste.					
11) Dogma é uma verdade absoluta que não tem evidências para sustentá-la.					
12) Giordano Bruno morreu queimado na fogueira por ordem do papa.					
13) Giordano Bruno era padre.					
14) A teoria copernicana recebeu o apoio imediato da Igreja Católica.					
15) Aristóteles desenvolveu o modelo geocêntrico para explicar o universo.					
16) Galileu Galilei valorizou as evidências como forma de encontrar a verdade.					
17) A Igreja Católica recebeu com entusiasmo as contribuições de Galileu Galilei.					
18) O telescópio foi um instrumento importante para coletar evidências.					
19) As luas de Júpiter eram uma evidência que sustentava o modelo geocêntrico do universo.					
20) Aristóteles sofreu pressão da Igreja Católica para confirmar que a Terra era o centro do universo.					
21) A liberdade de pensamento foi oprimida pela autoridade da Igreja Católica.					
22) Galileu Galilei reuniu evidências que sustentavam o modelo geocêntrico do universo.					
23) Segundo a Bíblia, Deus criou o universo em 7 dias há poucos milhares de anos atrás.					
24) O avanço da ciência produz avanços tecnológicos.					
25) A mídia ajudou na divulgação do Big Bang para a população em geral.					
26) A compreensão científica atual sobre o universo sustenta o modelo heliocêntrico.					
27) Segundo os cientistas, a idade aproximada do universo é de poucos milhares de anos.					
28) A astrologia é uma ciência.					
29) Edwin Hubble provou que os aglomerados de galáxias estão se afastando.					
30) Existe vida extraterrestre.					
31) O universo é composto por aglomerados de galáxias.					
32) O avanço da tecnologia produz avanços científicos.					
33) A composição química do universo mudou desde a sua origem.					
34) Os cientistas não têm evidências da ocorrência do Big Bang.					

Figura 9 - Questionário de conhecimento declarativo entregue aos alunos na aula 5 para que respondessem segundo uma escala *Likert* a cada uma das afirmações referentes às discussões feitas durante as aulas sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento científico-tecnológico. As afirmações 1, 5, 6, 14, 17, 19, 20, 22, 26, 27, 28, 30 e 34 são falsas e a pontuação dos alunos nesse caso foi invertida segundo o grau de concordância.

3.2.3 MC-PREP

Na aula 4 foi sugerido aos alunos que fizessem um mapa conceitual que poderia ser usado durante a prova como fonte de consulta. A demanda desse mapa foi menos restritiva que a do MC-AVAL e o tempo disponibilizado para sua elaboração foi de uma semana. Os alunos puderam escolher um número maior de conceitos, não havia conceito obrigatório e eles puderam consultar livremente todos os materiais instrucionais usados até a aula 4.

As características deste mapa não foram analisadas neste trabalho, tampouco a relação entre elas e os resultados sobre as características do MC-AVAL. Apenas foi levada em consideração a opção do aluno em realizar ou não este mapa e as possíveis influências desta escolha sobre as características do MC-AVAL. Essas outras possibilidades serão exploradas em trabalhos futuros.

3.3 Análises dos dados

Foram considerados os 67 mapas conceituais (MC-AVAL) coletados durante a aula 5 da disciplina CN/CCS. O tratamento de dados consistiu em criar 2 subconjuntos, separando os MC-AVAL da seguinte forma:

- Grupo A: MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP (n=49).
- Grupo B: MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP (n=18).

Os grupos foram comparados segundo as características estruturais e semânticas dos mapas elaborados durante a avaliação. Os parâmetros (i)-(v) mencionados na hipótese de trabalho do estudo I serão obtidos a partir de análises desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa, que já estão publicadas na literatura e são reconhecidas pelos pesquisadores da área como formas viáveis e interessantes de extrair informações latentes dos mapas conceituais.

Métodos de estatística descritiva foram utilizados para descrever esses conjuntos de dados em termos das variáveis em estudo. Testes não paramétricos e distribuições de frequências de dados categóricos foram utilizados para verificar se

existem diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos A e B. O programa SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA) será utilizado para realizar essa análise.

Para realizar as análises de comparação de médias foi necessário submeter a amostra de dados a um teste de normalidade para verificar se deveríamos utilizar um teste estatístico paramétrico ou um não-paramétrico. Após obtermos o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov constatamos que a distribuição dos dados era não-normal, portanto utilizamos para comparação de médias o teste não-paramétrico de Mann-Whitney[10]. Para compararmos a distribuição de frequências utilizamos o teste de qui-quadrado de Pearson[11].

3.3.1 Análise da Morfologia da Rede Proposicional

A integração ou inter-relação entre os conceitos representados na rede proposicional do mapa conceitual elaborado pelo aluno oferece indícios do seu domínio sobre o conteúdo mapeado e também informações sobre sua proficiência na técnica de mapeamento conceitual. Essas inferências podem ser feitas sem a necessidade de ler e julgar os aspectos semânticos do mapa conceitual do aluno, ou seja, essas informações podem ser obtidas investigando apenas as características estruturais do mapa. Segundo Kinchin, Hay & Adams (2000) a estrutura conceitual do mapeador expressa no mapa conceitual pode ser *linear*, *radial* ou em *rede* como indicado na Figura 10.

---

[10] Teste estatístico não-paramétrico equivalente ao teste-t para amostras independentes. Esse teste pode ser usado quando a distribuição dos dados da amostra é não-normal.

[11] Teste estatístico utilizado para comparar frequência de dados em uma amostra. Não exige correções de proporcionalidade nem normalidade da amostra.

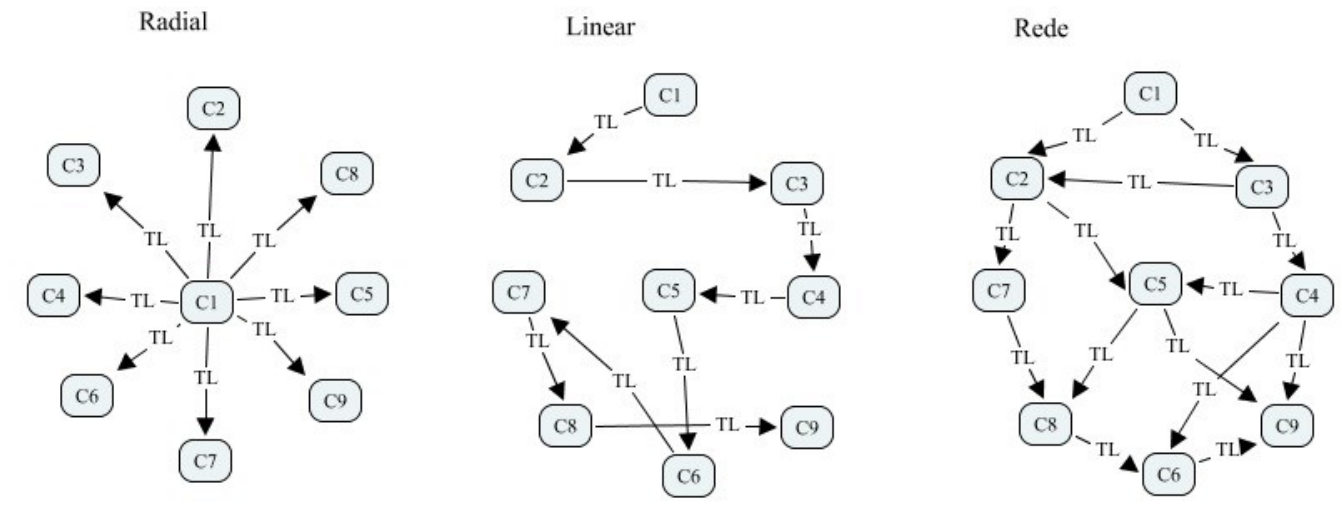


Figura 10 - Estruturas conceituais representadas em um mapa conceitual semi-estruturado contendo nove conceitos Os C_N indicam os rótulos dos conceitos e os TL indicam os termos de ligação.

Para preparar uma aula ou um curso o professor precisa organizar a instrução com base no seu conhecimento conceitual articulado no formato em *rede* Figura 11(a) devido ao alto grau de interação entre os conceitos. A Figura 11(b) mostra como a estrutura conceitual do aluno é modificada ao longo do processo de aprendizagem.

A estrutura *radial* é caracterizada pela centralização de um conceito do qual emerge relações com vários outros. As proposições seguem uma tendência a descrever ou definir relações com o conceito central. Essa configuração reflete um novo conhecimento ou campo sendo estudado por um leigo ou aprendiz. Quando os conhecimentos já podem ser organizados pelo estudante em uma sequência lógica, em relações de causalidade ou hierarquias com encadeamento sequencial a estrutura expressa por ele toma forma *linear*. Essa forma também pode ocorrer quando um especialista organiza seu conhecimento para expressá-lo por meio de uma aula, apresentação ou de um texto. A estrutura em *rede* é caracterizada por uma alta integração entre os elementos da rede proposicional representando o domínio sobre determinado assunto.

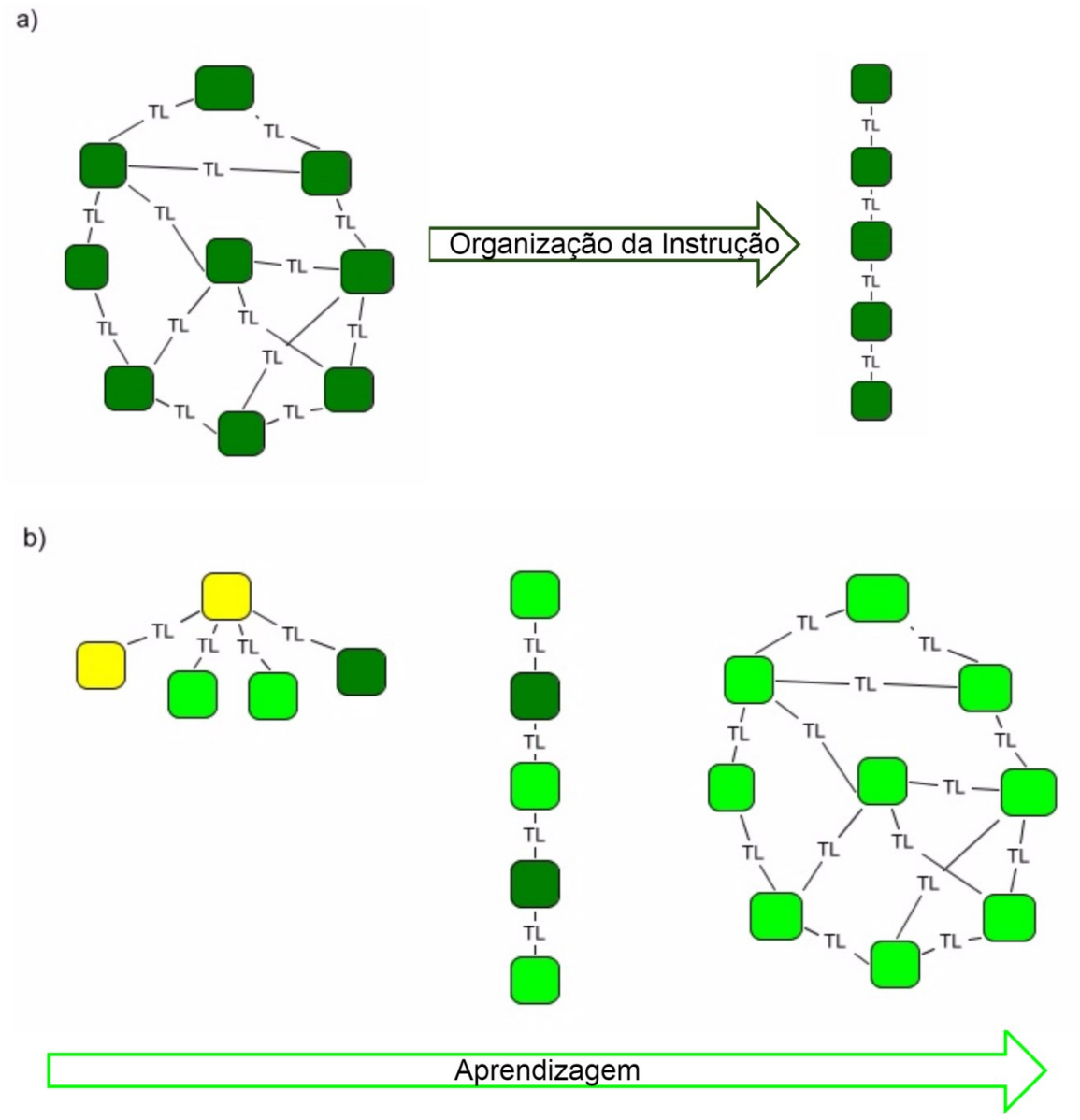


Figura 11 - Organização da instrução por parte do especialista e o processo de aprendizagem do aprendiz. Figura criada a partir de Kinchin, Lygo-Baker & Hay(2008).

Durante a instrução o professor organiza o seu conhecimento conceitual na forma *linear*, como numa sequência lógica concatenando os conceitos como em um texto, uma apresentação ou conferência, em um filme ou em uma interação dialética. O aprendiz por sua vez começa a selecionar elementos da instrução e organizá-los subordinados a um conceito central. Esta organização dá-se em uma estrutura radial. Uma vez que o aprendiz passa a integrar mais elementos conceituais e estruturar esquemas mentais mais próximos do modelo do especialista, sua estrutura conceitual passa a assemelhar-se à estrutura em *rede.*

Os mapas conceituais utilizados como ferramenta de avaliação podem facilitar ao professor acompanhar e mediar o processo de aprendizagem dos alunos verificando as mudanças estruturais evidenciadas na rede conceitual externada. Com os alunos treinados na técnica de mapeamento conceitual o conhecimento esboçado por eles é correlacionável com suas estruturas mentais.

A avaliação da morfologia da rede proposicional do mapa conceitual é feita a partir de 8 parâmetros que descrevem de forma completa os detalhes estruturais da rede proposicional (Silva Jr, Romano Jr & Correia, 2010). Esses parâmetros estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros da análise estrutural

Parâmetro	Simbologia	Descrição
Densidade proposicional	P/C_T	Razão entre a quantidade de proposições (P) e a quantidade total de conceitos (C_T) no mapa.
Conceitos iniciais	C_I/C_T	C_I: apresentam uma única seta saindo da caixa do conceito, podendo apresentar setas chegando à caixa do conceito.
Conceitos iniciais múltiplos	C_{IM}/C_T	C_{IM}: apresentam mais de uma seta saindo da caixa do conceito, podendo apresentar setas chegando à caixa do conceito.
Conceitos finais	C_F/C_T	C_F: apresentam uma única seta chegando à caixa do conceito, podendo apresentar setas saindo da caixa do conceito.
Conceitos finais múltiplos	C_{FM}/C_T	C_{FM}: apresentam mais de uma seta chegando à caixa do conceito, podendo apresentar setas saindo da caixa do conceito.
Conceitos iniciais e finais	C_IC_F/C_T	C_IC_F: apresentam uma seta saindo e uma seta chegando à caixa do conceito.
Conceitos exclusivamente iniciais	$SóC_I/C_T$	$SóC_I$: apresentam somente uma única seta saindo da caixa do conceito, sem apresentar setas chegando à caixa do conceito.
Conceitos exclusivamente finais	$SóC_F/C_T$	$SóC_F$: apresentam somente uma única seta chegando à caixa do conceito, sem apresentar setas saindo da caixa do conceito.

Os cálculos para a obtenção desses parâmetros são feitos de forma automática, a partir de sistema on-line desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa. Para cada MC-AVAL coletado a estrutura da rede proposicional de cada mapa conceitual foi representada por uma sequência de 8 números, resultando numa matriz (68x8).

No exemplo dos mapas da Figura 10 os parâmetros calculados ficariam como mostrado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional calculados para as três estruturas conceituais, *radial, linear* e *rede.*

Parâmetro	Cálculo	Estrutura		
		Radial	Linear	Rede
Densidade proposicional	P/C_T	0,89	0,89	1,56
Conceitos iniciais	C_I/C_T	0,11	0,89	0,89
Conceitos iniciais múltiplos	C_{IM}/C_T	0,11	0	0,56
Conceitos finais	C_F/C_T	0,89	0,89	0,89
Conceitos finais múltiplos	C_{FM}/C_T	0	0	0,56
Conceitos iniciais e finais	C_IC_F/C_T	0	0,78	0,78
Conceitos exclusivamente iniciais	$SóC_I/C_T$	0,11	0,11	0,11
Conceitos exclusivamente finais	$SóC_F/C_T$	0,89	0,11	0,11

Assumimos que a variação das mudanças na estrutura dos mapas conceituais correlaciona-se com o processo de aprendizagem dos alunos e a partir da comparação dos parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional é possível inferir que esse processo pode ser acompanhado pelo professor utilizando mapas conceituais como ferramenta avaliativa, uma vez que os alunos construam mapas que representem com fidelidade a sua estrutura conceitual mental.

Podemos notar um aumento da *densidade proposicional* na estrutura em rede, mostrando que os alunos são capazes de elaborar mais proposições com o mesmo número de conceitos (n=9), sendo esse um indicativo de aprendizagem. O aumento dos *conceitos iniciais* da estrutura radial para linear é um indício de que os alunos são capazes de organizar hierarquicamente os conceitos em uma sequência lógica, assim como o aumento dos *conceitos iniciais múltiplos* e *conceitos finais múltiplos* na estrutura em rede demonstra a capacidade de maior integração entre

um mesmo número de conceitos. A diminuição dos *conceitos exclusivamente finais* é esperada uma vez que há maior integração entre os conceitos da rede e também é esperada a manutenção do número de *conceitos exclusivamente iniciais* devido ao caráter hierárquico dos mapas.

3.3.2 Análise da escolha dos conceitos feita pelos alunos

Essa análise foi subdividida em outras duas segundo o tema dos conceitos utilizados e segundo o material instrucional que o aluno declarou a origem do conceito utilizado.

3.3.2.1 Por tema

Essa análise consistiu na verificação da relação dos conceitos usados pelos alunos no MC-AVAL com os conteúdos da Astronomia Clássica, Metodologia Científica e Astronomia Moderna. A ideia central desta análise é verificar se os alunos acionam preferencialmente conceitos já existentes nas suas estruturas de conhecimento, ou seja, conceitos que usualmente são trabalhados ao longo do Ensino Médio. Assumimos nesse trabalho que a escolha dos conceitos dos alunos pode revelar se esse acionamento das discussões sobre os materiais instrucionais se deu em uma abordagem que o aluno está ou não em uma zona conceitual mais familiar ao seu domínio, utilizando conceitos mais gerais e evitando o uso de conceitos mais diferenciados.

A análise dos conceitos escolhidos pelos alunos segundo os temas dos materiais instrucionais discutidos em sala de aula revela a forma com a qual os alunos de ambos os grupos considerados nesta pesquisa escolhem os conceitos que julgam mais relevantes para elaborar os seus mapas de prova. Esta análise pode indicar como os alunos resgatam seus esquemas mentais e se operam num campo conceitual mais seguro – o que seria indicado com o uso de conceitos como

ciência, *tecnologia* – ou se buscam fazer o mapa usando conceitos mais desafiadores, como *radiação cósmica de fundo*, *método científico*, *ovo cósmico*.

Todos os conceitos presentes nos mapas conceituais (n=67) foram organizados numa lista e posteriormente foram categorizados de acordo com os conteúdos abordados nas aulas da disciplina CN/CCS. As seguintes categorias foram consideradas para essa análise:

- Conceitos sobre Metodologia Científica (A2): relacionados com o texto "Boas e más razões para acreditar", de Richard Dawkins.
- Conceitos sobre Evolução do Pensamento Científico e Novas Tecnologias (A3): relacionados com o texto "A Terra imóvel", de David Brody & Arnold Brody e os vídeos "O nascimento da ciência" e "Uma nova astronomia".
- Conceitos sobre Astronomia Moderna (A4): relacionados com o texto "O ovo cósmico", de David Brody & Arnold Brody e o vídeo "O Big Bang".

A escolha dessas categorias baseou-se na análise dos conteúdos de cada material instrucional e na possibilidade de agrupá-los por sua abordagem e pela temática. O material categorizado como A2 enfoca nas questões metodológicas utilizadas em ciência na investigação epistemológica dos fenômenos. O texto e os vídeos classificados como A3 abordam os conflitos entre visões científicas que conflitavam com as posições adotadas pela Igreja no contexto do aprimoramento do telescópio. A categoria A4 engloba as novas teorizações que foram possibilitadas a partir do uso de novas e melhoradas tecnologias como os telescópios espaciais. Nesta categoria estão os conceitos que consideramos mais diferenciados e que a escolha deles por parte dos alunos revela uma organização conceitual mais sofisticada.

A análise dos conceitos utilizados pelos alunos foi feita comparando a distribuição das frequências dos conceitos escolhidos pelos alunos em cada um dos grupos a fim de verificar se a realização de um mapa conceitual preparatório influência a proporção das escolhas dos conceitos dentro destas três categorias. Também foi feita a comparação das médias de cada uma das categorias a fim de verificar se havia diferenças significativas na escolha dos conceitos segundo algum dos temas. As Tabelas 4 e 5 representam a forma como essas informações foram organizadas.

Tabela 4 - Quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para os dois grupos considerados.

Categoria	Grupo A	Grupo B
A2	Frequência	Frequência
A3	Frequência	Frequência
A4	Frequência	Frequência

Tabela 5 - Médias e desvios-padrão da quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para os dois grupos considerados.

Categoria	Grupo A	Grupo B	Teste U
A2	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
A3	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
A4	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U

3.3.2.2 Por Material Instrucional

A análise dos conceitos escolhidos pelos alunos segundo os materiais instrucionais de origem tem como objetivo investigar como os alunos dos grupos considerados acessaram os materiais instrucionais. Se há na escolha dos conceitos alguma diferença estatisticamente significativa que aponte que a realização do MC-PREP pode ser um fator que sirva para que os alunos acessem de formas diferentes as discussões realizadas na sala de aula.

Os alunos declararam a origem dos conceitos escolhidos usando uma das letras que remetiam aos materiais que poderiam ser A, B, C, D, E ou F no círculo ao lado de cada uma das caixas de conceitos. As Tabelas 6 e 7 mostram como os dados foram organizados para realizar as comparações de médias e de distribuição de frequências.

Tabela 6 - Quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos declarados segundo material instrucional de origem para os dois grupos considerados.

Material	Grupo A	Grupo B
A	Frequência	Frequência
B	Frequência	Frequência
C	Frequência	Frequência
D	Frequência	Frequência
E	Frequência	Frequência
F	Frequência	Frequência

Tabela 7 - Médias e desvios-padrão da quantidade de conceitos escolhidos pelos alunos declarados segundo material instrucional de origem para os dois grupos considerados.

Material	Grupo A	Grupo B	Teste U
A	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
B	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
C	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
D	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
E	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U
F	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)	Resultado U

3.3.3 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais

A Análise de Integração entre Materiais Instrucionais foi proposta por Cicuto, Mendes e Correia (2013) e compõe a última análise sobre as características estruturais dos mapas conceituais de prova dos alunos dos dois grupos considerados. Com esta análise investigamos o modo com que os alunos inter-relacionam os materiais instrucionais, com o entendimento que é desejável uma maior integração entre materiais instrucionais diferentes por mostrar que o aluno é capaz de articular os diferentes materiais discutidos em sala de aula para esboçar sua compreensão sobre a relação entre ciência e tecnologia no conhecimento da sociedade sobre o universo.

A partir da verificação da origem do conceito declarada pelo aluno as proposições de cada um dos mapas foram classificadas como sendo entre conceitos de Mesmo Material Instrucional e conceitos de Materiais Instrucionais Diferentes, como mostrado na Figura 12.

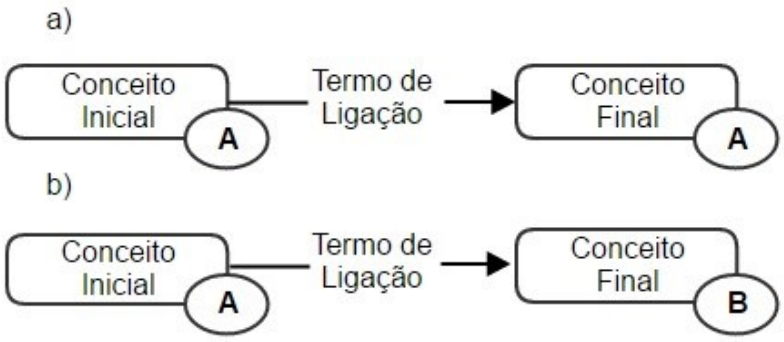


Figura 12 - Integração entre mesmo material instrucional (a) e materiais instrucionais diferentes (b) revelada pela estrutura da proposição segundo a declaração por parte dos alunos da origem dos conceitos escolhidos.

Com esta análise buscamos verificar se os alunos que se prepararam para a prova fazendo o mapa conceitual preparatório organizaram melhor seus esquemas mentais e, dessa forma, foram capazes de fazer uma maior integração entre os diferentes materiais instrucionais estudados durante as aulas. Assumimos que quanto mais proposições os alunos realizam integrando diferentes materiais instrucionais, maior é sua aprendizagem e domínio do conhecimento por ser capaz de articular esses materiais. A partir de cada mapa de prova dos alunos foi montada a matriz representada pela Tabela 8. O sentido de leitura segue das linhas (conceito inicial) para as colunas (conceito final).

Foi construída uma matriz com o total de proposições (n=778) caracterizando o material instrucional de origem do conceito inicial (linhas) e do conceito final (colunas) para cada uma das proposições. A diagonal desta matriz (AA, BB, CC, DD, EE e FF) representa as proposições construídas a partir de conceitos oriundos dos mesmos materiais instrucionais. Já os demais valores da matriz representam as proposições construídas com conceitos oriundos de materiais instrucionais diferentes.

Tabela 8 - Matriz utilizada para analisar a integração dos materiais instrucionais através das proposições que relacionam conceitos de um mesmo material instrucional (MMI) e de materiais instrucionais diferentes (MID).

		Conceito Final					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Inicial	A	MMI	MID	MID	MID	MID	MID
	B	MID	MMI	MID	MID	MID	MID
	C	MID	MID	MMI	MID	MID	MID
	D	MID	MID	MID	MMI	MID	MID
	E	MID	MID	MID	MID	MMI	MID
	F	MID	MID	MID	MID	MID	MMI

A partir dos dados coletados nos mapas de prova dos alunos foi construída a Tabela 9 com os resultados do número de proposições construídas utilizando um mesmo material instrucional e materiais instrucionais diferentes. Após isso foi feito a comparação das distribuições de frequências entre os dois grupos considerados a fim de verificar se a realização do MC-PREP influenciou na integração dos materiais instrucionais no MC-AVAL.

Tabela 9 - Quantidade (frequência) de proposições relacionando conceitos de um mesmo material instrucional e relacionando conceitos de materiais instrucionais diferentes para os dois grupos considerados.

	Grupo A	Grupo B
Proposições contendo conceitos de mesmo MI	Frequência	Frequência
Proposições contendo conceitos de diferentes MI	Frequência	Frequência

3.3.4 Análise de Correção Conceitual

Até a seção anterior nos ativemos aos aspectos estruturais – morfologia da rede, escolha dos conceitos e proposições integrando os materiais instrucionais – dos MC-AVAL produzidos pelos alunos de ambos os grupos de comparação. A partir desta análise passamos a investigar os aspectos semânticos das produções dos mapas de prova.

A análise de correção conceitual já foi utilizada e publicada em vários trabalhos do nosso grupo de pesquisa, como em Correia et al (2010) e Cicuto & Correia (2012). Essa análise é inspirada na existência de estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas (*Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies, LIPHs)* nos mapas conceituais, que, segundo Novak (2002), se relacionam com concepções alternativas presentes na estrutura cognitiva dos mapeadores. Para Novak, as proposições podem ser classificadas como *Inapropriadas*, *Limitadas* ou *Apropriadas*.

- Proposições Inapropriadas - são proposições que estabelecem uma relação explícita entre dois conceitos semanticamente inteligível, mas conceitualmente incorreta, segundo o conhecimento científico. Ex: Telescópio – evidencia o → Big Bang
- Proposições Limitadas – São proposições que não expressam clareza semântica, impossibilitando ao avaliador compreender o que o mapeador quis dizer. Isso pode ocorrer pela inexistência do termo de ligação, falta do verbo no termo de ligação ou por problemas de concordância entre os elementos que compõem a proposição e é evidência de que o aluno ainda não domina plenamente a técnica de mapeamento conceitual mesmo após a etapa de treinamento. Como não é possível estabelecer a comunicação entre o mapeador e o avaliador não é possível julgar a proposição como correta ou incorreta. Ex: Mais tecnologia – juntamente com → Ciência.
- Proposições Apropriadas – são proposições que estabelecem uma relação explícita entre dois conceitos semanticamente inteligível e clara também conceitualmente correta, segundo o conhecimento científico. Ex: Telescópio – facilitou a observação de → Galáxias

Para reduzir os efeitos da subjetividade a classificação das proposições foi feita em dois intervalos de uma semana sem consultar os resultados anteriores. A correção conceitual foi feita com cada mapa conceitual de prova de ambos os grupos considerados, como mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Matriz utilizada para classificar as proposições de cada MC-AVAL em Apropriadas (A), Inapropriadas (I) ou Limitadas (L).

	Aluno	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final	Categoria
Grupo A	Código	CI	TL	CF	A, I ou L
Grupo B	Código	CI	TL	CF	A, I ou L

A identificação de erros conceituais nos mapas ocorre por meio da leitura individual das proposições. Todas as proposições dos 67 mapas conceituais foram organizadas numa planilha contendo 5 colunas: identificação do mapa conceitual de origem, conceito inicial, termo de ligação, conceito final e categoria.

Cada proposição ocupa uma linha da planilha e a leitura do seu conteúdo semântico (conceito inicial — termo de ligação → conceito final) permite que sua mensagem seja categorizada como limitada (L), inadequada (I) ou apropriada (A). A categoria limitada (L) será atribuída às proposições cujas mensagens não podem ser compreendidas por falta de clareza semântica. Nesse caso, o mapeador não foi capaz de estabelecer uma proposição clara, por causa da escolha de conceitos e/ou termos de ligação que impedem a compreensão da mensagem expressa pela proposição. A categoria inadequada (I) será atribuída a proposições que expressam erros ou imprecisões conceituais, de acordo com o conhecimento científico atual. A categoria apropriada (A) será atribuída às proposições sem erros conceituais e com clareza semântica.

A distribuição da frequência nas ocorrências das proposições A, L e I será comparada entre os grupos a fim de verificar se a elaboração de um mapa conceitual preparatório influencia na correção conceitual das proposições dos mapas da avaliação.

A comparação entre as distribuições das frequências das proposições pelos dois grupos comparados é feita de modo que não há interferência nem distorção causadas pela diferença da quantidade de proposições que cada aluno elaborou, uma vez que é a proporção entre as categorias *Apropriada*, *Inapropriada* e *Limitada* em cada grupo é o que está sendo investigado e não o número absoluto das proposições assim categorizadas. Com os resultados obtidos foi construída a Tabela 11 com o número de proposições de cada categoria e a fim de comparar a distribuição de frequências entre os dois grupos.

Tabela 11 - Quantidade (frequência) de proposições Apropriadas (A), Limitadas (L) e Inapropriadas (I) para os dois grupos considerados.

Categoria	Grupo A	Grupo B
A	Frequência	Frequência
L	Frequência	Frequência
I	Frequência	Frequência

3.3.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal

Essa análise é feita a partir da leitura completa do MC-AVAL e pelo julgamento de se a rede proposicional está coerente em relação à pergunta focal que foi colocada pelo professor, como mostra Xavier (2015). Após a leitura do mapa, o avaliador julga se ele respondeu ou não à pergunta focal. Esse procedimento foi realizado duas vezes em intervalos de duas semanas e uma terceira vez por um avaliador independente. Nos casos onde houve discrepância um terceiro avaliador foi consultado.

Fugir da pergunta focal pode ser uma forma de simplificar a tarefa de elaboração de mapas conceituais tanto podendo significar uma dificuldade técnica como conceitual na construção do mapa. Após organizar os resultados dessas análises na Tabela 12 foi feita a comparação entre as distribuições de frequências entre os dois grupos considerados.

Tabela 12 - Matriz que foi utilizada para organizar a quantidade dos MC-AVAL classificados segundo a aderência à pergunta focal (PF) para os dois grupos considerados.

Aderência à PF	Grupo A	Grupo B
Sim	Frequência	Frequência
Não	Frequência	Frequência

Todos os mapas conceituais (n=67) foram lidos e analisados com relação ao conteúdo expresso pelo aluno. Nesse caso, será considerado se houve fuga da pergunta focal (tema proposto), visto que a correção conceitual das proposições já foi considerada. O objetivo é separar os mapas conceituais em 2 grupos: os que respondem à pergunta focal (mesmo que contenham erros/limitações conceituais) e os que não respondem à pergunta focal.

Foram considerados como mapas que respondem à pergunta focal aqueles que respondem total ou parcialmente a pergunta *"como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?"*. Foram considerados mapas que não respondem à pergunta proposta aqueles que fogem total ou parcialmente da pergunta, ainda que sejam mapas com grande número de proposições classificadas como apropriadas.

Os alunos puderam escolher livremente 8 conceitos para responder à pergunta focal do mapa e articular estes conceitos com o conceito obrigatório. A estrutura do mapa de prova e os materiais instrucionais de onde poderiam ser tirados os conceitos foram já representados na Figura 8. Nos círculos os alunos deveriam indicar a origem dos conceitos escolhidos indicando com as letras correspondentes ao material. Este procedimento deveria ser aplicado também ao conceito obrigatório "*mais tecnologia*" que, muito embora os alunos não o tivessem escolhido eles deveriam remeter sua origem dentro de algum dos materiais instrucionais.

3.3.6 Análise do Questionário

A validação interna da confiabilidade do questionário utilizado para verificar o conhecimento conceitual declarado pelos alunos foi feita usando o teste alfa de Cronbach com o software SPSS. O resultado 89,6% do alfa de Cronbach validou o questionário utilizado, mostrando uma concordância satisfatória sobre o conhecimento declarado dos alunos.

A análise do questionário de conhecimento declarativo foi feita para cada um dos alunos seguindo o sistema de pontuação mostrado na Tabela 13 que gera um valor numérico entre 0 e 100, sendo que o maior valor corresponde a um maior entendimento do conteúdo e um menor valor a um menor entendimento do conteúdo. Para cada grupo considerado foram calculados o valor médio e o desvio-padrão da pontuação obtida pelos alunos daquele grupo.

Tabela 13 - Valores atribuídos às afirmações verdadeiras e falsas dos alunos no questionário de conhecimento declarativo.

	Afirmações verdadeiras (2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 23, 24, 25, 29, 31, 32, 33)	Afirmações falsas (1, 5, 6, 14, 17, 19, 20, 22, 26, 27, 28, 30, 34)
0 - Não sei/não quero responder	2 pontos	2 pontos
1 - Discordo totalmente	0 ponto	4 pontos
2 - Discordo parcialmente	1 ponto	3 pontos
3 - Concordo parcialmente	3 pontos	1 ponto
4 - Concordo totalmente	4 pontos	0 ponto

O Conhecimento conceitual dos alunos a respeito dos temas tratados nas aulas de 1 a 4 foi verificado usando um questionário contendo 34 afirmações às quais os alunos deveriam marcar o quanto estão de acordo. A escala usada foi calibrada para as respostas 1=discordo completamente, 2=discordo parcialmente, 3=concordo parcialmente, 4=concordo totalmente e 0=não tenho como avaliar ou prefiro não responder. Afirmações com respostas conceitualmente corretas (concordância total com afirmação correta, ou discordância total de afirmação errada) receberão 4 pontos. Afirmações com respostas conceitualmente incorretas (concordância total com afirmação errada, ou discordância total de afirmação

correta) não receberão pontos. Casos intermediários, previstos na escala Likert (concordar parcialmente, discordar parcialmente) receberão valores entre 1-3 pontos. A soma de pontos no questionário será utilizada para gerar uma nota ao aluno. Os alunos com melhor desempenho no Q (1º e 2º quartis) serão arbitrariamente alocados no grupo I e os demais no grupo II.

Para efeito de padronização de escalas e comparação todas as notas foram adaptadas ao sistema decimal subtraindo o valor máximo encontrado pelo valor mínimo encontrado e dividindo em intervalos de distâncias equivalentes sendo atribuídas notas de 1 a 10.

Os alunos com valores acima da média foram classificados com alto conhecimento e os alunos com valores abaixo da média foram classificados com baixo conhecimento. A classificação dos alunos nos grupos I e II será feita a partir das respostas obtidas por meio do questionário (Q) do seguinte forma:

- *Grupo I: MC-AVAL de alunos que tem conhecimento conceitual sobre Astronomia (no contexto do surgimento da Ciência Moderna e do avanço científico-tecnológico) acima da média da turma.*
- *Grupo II: MC-AVAL de alunos que tem conhecimento conceitual sobre Astronomia (no contexto do surgimento da Ciência Moderna e do avanço científico-tecnológico) abaixo da média da turma.*

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dois estudos complementares foram elaborados para investigar o uso de mapas conceituais como ferramenta avaliativa na disciplina ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS). As análises apresentadas na seção anterior serviram de base para responder às hipóteses levantadas por cada um dos estudos, pois elas permitem identificar padrões de similaridade e diferença entre os grupos considerados.

Nas subseções a seguir serão apresentados os resultados das análises explicadas na seção 2.3. Cada um dos estudos traz uma hipótese de pesquisa a ser respondida.

4.1. Estudo I: Efeito da elaboração do MC-PREP sobre o MC-AVAL.

O objetivo desse estudo é explorar a existência de diferenças estruturais e semânticas entre os mapas conceituais de avaliação (MC-AVAL) considerando a influência da opção pela elaboração do mapa conceitual de preparação (MC-PREP).

Os alunos que fizeram o mapa preparatório puderam utilizá-lo como material de consulta durante a prova e isso pode de alguma forma ter influenciado nas características do MC-AVAL. No entanto, as características do MC-PREP não serão analisadas nesse trabalho, apenas as implicações da sua ocorrência.

Para compor esse estudo serão consideradas as análises mostradas na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14 - Análises executadas e organizadas para compor o Estudo I.

Estruturais	Semânticas
Morfologia da Rede Proposicional	Correção Conceitual
Conceitos Utilizados (tema e MI)	Aderência à Pergunta Focal
Integração dos Materiais Instrucionais	

A hipótese para esse estudo é que os alunos que fizeram MC-PREP foram capazes de construir mapas de prova melhores mesmo considerando as diferenças entre as demandas do MC-PREP e MC-AVAL, uma vez que organizaram seus esquemas mentais sobre o assunto com uma semana de antecedência e fizeram isso no mesmo formato da prova.

4.1.1. Análise da Morfologia da Rede Proposicional

Os dados obtidos pelo cálculo dos parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional foram distribuídos como mostrado na Figura 13 a fim de checar a existência de valores atípicos que poderiam causar distorções nas médias dos grupos analisados.

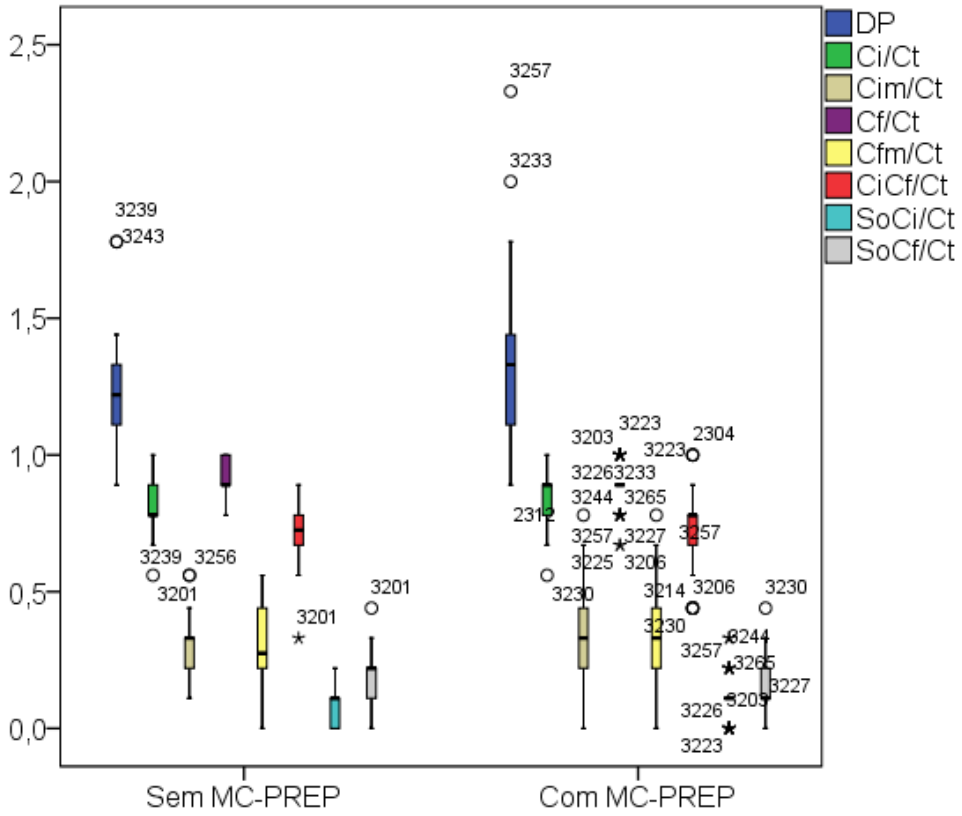


Figura 13 - Diagrama de caixas com os valores para cada um dos parâmetros considerados na análise da morfologia da rede proposicional para ambos os grupos de alunos considerados(Sem MC-PREP e Com MC-PREP).

É possível perceber que mesmo havendo valores altos e que extrapolam os valores esperados, principalmente no parâmetro de densidade proposicional, não há valores que escapem extremamente dos valores esperados, de modo que não vimos a necessidade de retirar nenhum aluno desta análise.

Na Tabela 15 está organizado o resultado da comparação entre as médias dos grupos A e B representado pela estatística *U*, o *escore-Z* e o tamanho do efeito *r*.

Tabela 15 - Resultado do teste de Mann-Whitney para os parâmetros da análise da morfologia da rede proposicional com $p < 0,05$.

		Com MC-PREP	Sem MC-PREP			
Parâmetro	Simbologia	Média (DP)	Média (DP)	U	Z[12]	r[13]
Densidade proposicional	P/C_T	1,32 (0,31)	1,27 (0,24)	401,5	-0,56	-0,068
Conceitos iniciais	C_I/C_T	0,83 (0,10)	0,80 (0,10)	343,5	-1,47	-0,18
Conceitos iniciais múltiplos	C_{IM}/C_T	0,34 (0,16)	0,33 (0,12)	412,5	-0,42	-0,051
Conceitos finais	C_F/C_T	0,89 (0,08)	0,91 (0,09)	362	-1,25	-0,153
Conceitos finais múltiplos	C_{FM}/C_T	0,31 (0,18)	0,28 (0,16)	409,5	-0,45	-0,055
Conceitos iniciais e finais	C_IC_F/C_T	0,72 (0,14)	0,71 (0,13)	423,5	-0,26	-0,032
Conceitos exclusivamente iniciais	$SóC_I/C_T$	0,11 (0,08)	0,09 (0,09)	362,5	-1,25	-0,153
Conceitos exclusivamente finais	$SóC_F/C_T$	0,17 (0,10)	0,20 (0,10)	343,5	-1,47	-0,18

O resultado do teste de Mann-Whitney aponta similaridade entre as médias de todos os parâmetros, contrariando inicialmente a hipótese de que a realização do MC-PREP influenciaria positivamente nas características estruturais do MC-AVAL. O tamanho do efeito para cada parâmetro (r<0,30) evidencia que as médias são estatisticamente similares. É possível destacar dois fatores que podem explicar esse resultado.

- A demanda do MC-AVAL – A disposição das caixas retangulares nas quais os alunos deveriam colocar os conceitos era fixa e igual para todos e a forma com a qual o MC-AVAL foi solicitado serviu de orientação para o tipo de mapa que seria obtido como demonstrado na seção 3.2.1. Aqui a demanda do

[12] Para amostras com n>20 utilizamos o escore Z calculado a partir da estatística U. O SPSS fornece esse resultado

[13] Tamanho do efeito calculado usando a equação $r = Z/\sqrt{67}$

mapa de prova parece ter influenciado mais para a homogeneidade dos MC-AVAL do que a presença do MC-PREP para diferenciá-los.

- O treinamento – Todos os alunos receberam o mesmo treinamento até a aula 4 e segundo Aguiar, Cicuto & Correia (2013) o treinamento está diretamente relacionado com a proficiência dos mapeadores. Dessa forma o treinamento dos alunos de ambos os grupos comparados parece ter tornado insignificantes as diferenças que poderíamos esperar vindas da preparação do MC-PREP.

Os valores obtidos na análise revelam também que os alunos de ambos os grupos são capazes de fazer mapas com alto nível de complexidade estrutural. Os altos valores para densidade proposicional, os baixos valores SóC_F/C_T e consideráveis para os conceitos múltiplos mostra um grau de proficiência relevante.

Mesmo havendo similaridade estrutural entre os mapas dos dois grupos considerados, é prudente assumir que esses mapas não são todos iguais e que diferenças podem aparecer de maneira mais explícita quando analisados no campo semântico.

4.1.2 Análise da escolha dos conceitos feita pelos alunos

Essa investigação buscou responder se havia diferença na escolha dos conceitos entre os alunos que fizeram o MC-PREP e os que não fizeram. Acreditamos inicialmente que os alunos do grupo A teriam uma maior clareza conceitual e conseguiriam usar melhor conceitos mais complexos e diferenciados por terem estudado para a prova no mesmo formato exigido no dia da avaliação, muito embora essas tarefas estivessem configuradas em demandas muito distintas, sendo mais restritiva a elaboração do MC-AVAL. Os resultados estão apresentados nas subseções seguintes novamente separando a escolha dos conceitos por *tema* e por *material instrucional*.

4.1.2.1 Por Tema

Inicialmente os dados foram organizados como mostrado na Figura 14 de forma a verificarmos a existência de valores atípicos que pudessem distorcer as médias e comprometer a comparação entre os grupos considerados.

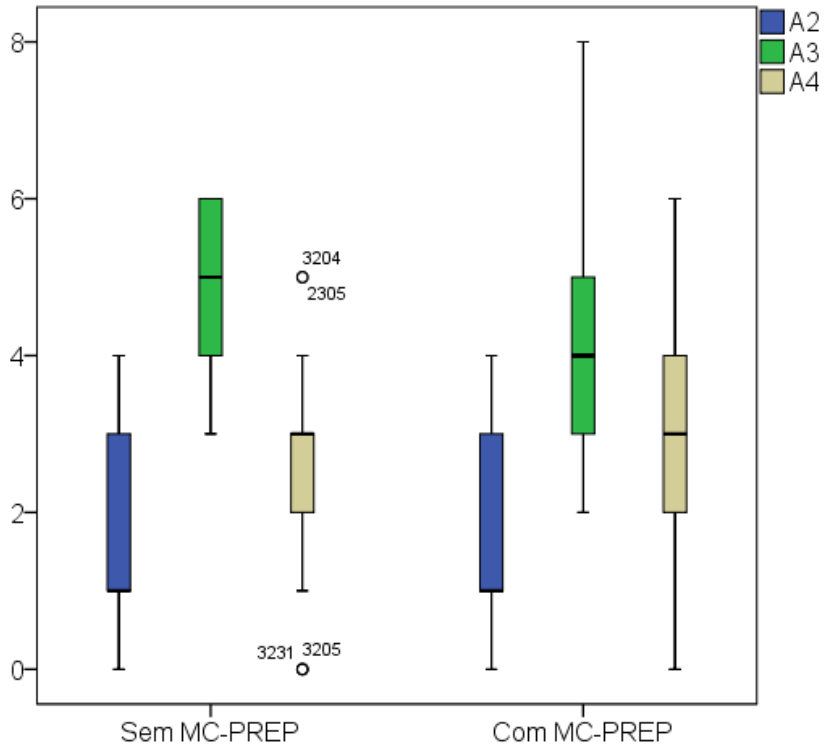


Figura 14 - Diagrama de caixas contendo a a distribuição das frequências dos conceitos escolhidos pelos alunos classificados por tema para ambos os grupos de alunos considerados(Sem MC-PREP e Com MC-PREP). A2 são os conceitos sobre metodologia científica, A3 são os conceitos sobre evolução do pensamento científico e A4 são sobre Astronomia moderna.

Mesmo havendo valores além dos intervalos esperados (alunos *3204*, *2305*, *3231* e *3205*) não há valores atípicos nessa amostra que possam comprometer a comparação entre os dois grupos e nenhum aluno foi excluído desta análise.

Como o número de conceitos utilizados foi o mesmo para os dois grupos (n=9) não houve a necessidade de usar valores relativos nas análises envolvendo a escolha dos conceitos a fim de padronizá-los.

A partir dos dados obtidos foi montada a Tabela 16 contendo a frequência de cada uma das categorias de temas e na Tabela 17 as médias com desvio padrão para os dois grupos para fins de comparação.

Tabela 16 - Quantidade de conceitos utilizados pelos alunos classificados por tema para os alunos do grupo Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

Categoria	Com MC-PREP	Sem MC-PREP
A2	85	27
A3	214	89
A4	139	45

A distribuição das frequências nos dois grupos foi comparada usando o teste de qui-quadrado de Pearson que permite investigar a proporção com que os alunos dos dois grupos escolhem os conceitos segundo as três categorias definidas. Não houve uma associação significativa entre a realização do MC-PREP e a escolha dos conceitos, χ^2 (2) = 1,95, ($p > 0,05$). Isso significa que a realização do MC-PREP não influenciou significativamente na escolha dos alunos dos conceitos das categorias A2, A3 e A4, ou seja, os alunos de ambos os grupos selecionaram para seus mapas conceitos dos materiais instrucionais à mesma proporção.

Tabela 17 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r).

Categoria	Com MC-PREP	Sem MC-PREP	U	Z	r
A2	1,73 (1,13)	1,67 (1,29)	385,5	-0,82	-0,1
A3	4,37 (1,43)	5,07 (0,96)	314	-1,85	-0,23
A4	2,90 (1,30)	2,20 (1,37)	396,5	-0,65	-0,08

A similaridade nas escolhas dos conceitos por tema entre os grupos também fica evidenciada quando analisamos o resultado do teste de Mann-Whitney e o tamanho do efeito. Esses resultados contrariam nossa hipótese inicial que sugeria que os alunos que fizeram o MC-PREP escolheriam os conceitos de forma diferente, dando maior destaque aos conceitos sobre astronomia moderna, classificados como A4.

É possível notar que em ambos os grupos houve a predominância da escolha dos conceitos de tipo A3, relacionados à evolução do pensamento científico e a relação com as novas tecnologias. Foi significativo o uso desses materiais nos MC-AVAL dos alunos de ambos os grupos, dando ênfase nos conflitos entre Igreja e novas teorias científicas. Na Figura 15 está reproduzido o MC-AVAL do aluno 3203 Com MC PREP e na Figura 16 o MC-AVAL do aluno 3205 Sem MC PREP e é possível notar a grande quantidade de conceitos A3 representados pelas caixas retangulares verdes.

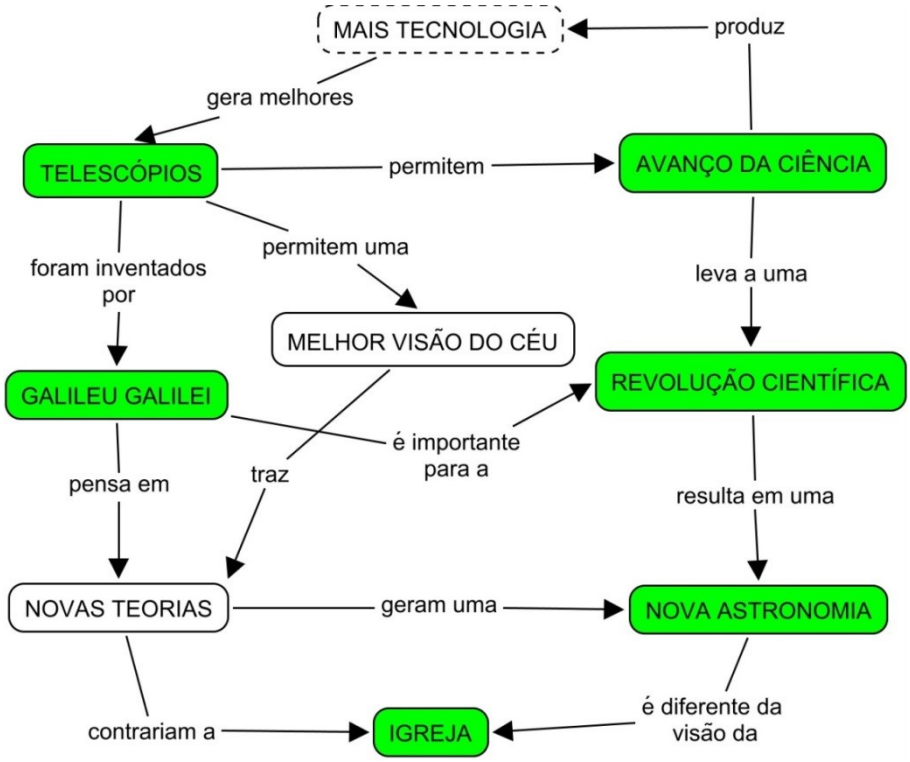


Figura 15 - Mapa conceitual de prova (MC-AVAL) do aluno 3203, representativo do grupo Com MC-PREP. Os conceitos destacados pela cor são de origem dos materiais classificados como A3.

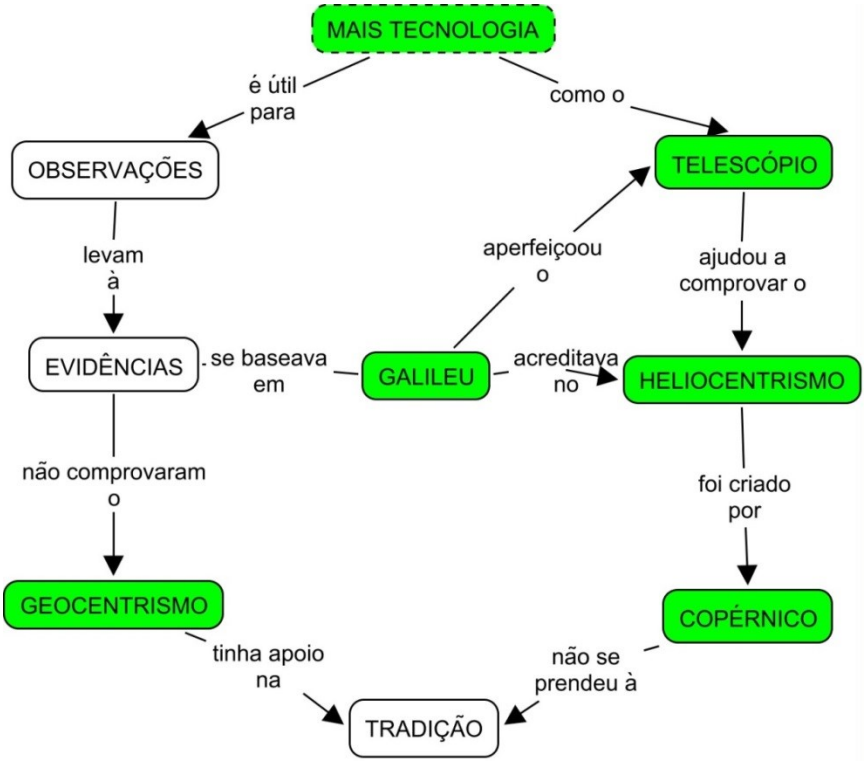


Figura 16 - Mapa conceitual de prova (MC-AVAL) do aluno 3205, representativo do grupo Sem MC-PREP. Os conceitos destacados pela cor são de origem dos materiais classificados como A3.

É possível explicar essa escolha por meio da demanda que os alunos tinham que cumprir e que parece ter influenciado a escolha dos conceitos que os alunos fizeram. Para responder a pergunta focal "*como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?"* é coerente que os alunos escolham significativamente menos conceitos relacionados à metodologia científica, associados à categoria A2.

A preferência dos alunos pelos conceitos A3 é um indicativo de baixo conhecimento ou de uma dificuldade em lidar com a demanda no momento da prova que inibiu a tentativa de escolher conceitos mais complexos como os da categoria A4 para responder à pergunta focal. Mesmo sendo necessário coletar mais informações na esfera semântica da leitura do mapa, vale ressaltar a significativa influência da demanda sobre as características dos mapas obtidos.

4.1.2.2 Por Material Instrucional

Assim como nas seções anteriores os dados desta análise foram organizados em um diagrama de caixas como mostrado na Figura 17 com a finalidade de verificar a ocorrência de valores atípicos que pudesse comprometer a comparação entre os grupos considerados. Não encontrado nenhum valor atípico, todos os alunos (n=67) foram considerados nesta análise.

Assim como nas demais análises envolvendo os conceitos, não foi necessário usar dados relativos, uma vez que o número de conceitos totais utilizados era o mesmo para ambos os grupos. Com os dados disponíveis foi construída a Tabela 18 com o número total de conceitos escolhidos pelos alunos de cada material instrucional utilizado nas aulas.

O resultado do teste de qui-quadrado de Pearson mostrou que não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos considerados nesta análise.

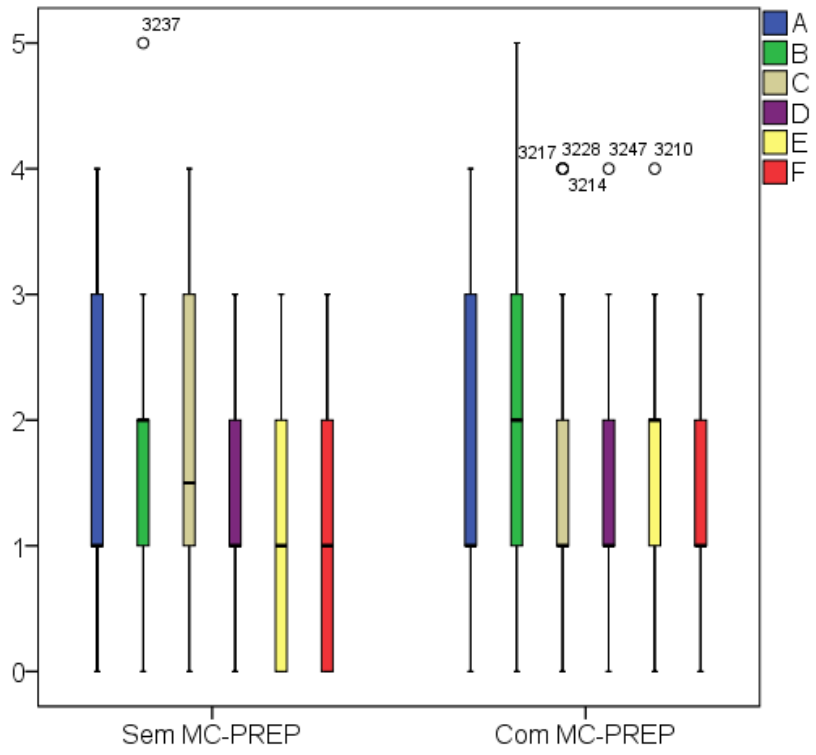


Figura 17 - Diagrama de caixas contendo a distribuição de frequências dos conceitos escolhidos pelos alunos segundo os materias instrucionais.

O resultado χ^2 (5) = 2,76, ($p > 0,05$) indica que a elaboração de um mapa conceitual preparatório não influenciou no acionamento dos materiais instrucionais por parte dos alunos durante a prova, mesmo levando em consideração que os alunos que fizeram o MC-PREP poderiam utilizá-lo como consulta na prova, enquanto que os alunos que não o fizeram tiveram que declarar a origem dos conceitos segundo seus esquemas mentais e sua memória.

Tabela 18 - Quantidade de conceitos utilizados pelos alunos segundo a origem declarada em relação ao material instrucional para os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

Material	Com MC-PREP	Sem MC-PREP
A	85	27
B	86	33
C	72	32
D	56	24
E	80	23
F	59	22

Com os dados da quantidade de conceitos de cada material instrucional foi possível construir a Tabela 19 com as médias e desvio padrão para cada material e compará-las para verificar se há similaridades ou diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 19 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de utilização dos materiais instrucionais entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP

Material	Com MC-PREP	Sem MC-PREP	U	Z	r
A	1,73 (1,13)	1,44 (1,24)	370,0	-1,07	-0,131
B	1,76 (1,22)	1,83 (1,20)	423,5	-0,26	-0,032
C	1,47 (1,12)	1,78 (1,06)	371,5	-1,02	-0,125
D	1,43 (0,87)	1,33 (0,97)	384,0	-0,87	-0,106
E	1,63 (1,01)	1,28 (1,13)	362,0	-1,16	-0,142
F	1,20 (0,93)	1,22 (1,00)	437,0	-0,06	-0,007

O resultado de teste de Mann-Whitney e a análise do tamanho do efeito *r* mostram que há similaridade no acionamento dos materiais instrucionais feito pelos alunos em ambos os grupos considerados. Esse resultado aponta que a elaboração

do MC-PREP não teve efeito significativo na escolha dos conceitos segundo os materiais instrucionais.

Uma explicação para não aparecer uma notável diferença na proporção dos materiais instrucionais no MC-AVAL é o formato em que esse mapa foi demandado, estimulando os alunos a usarem poucos conceitos para responder à pergunta focal. Caso os alunos tivessem um número ilimitado ou mesmo razoavelmente maior do que a restrição do MC-AVAL previa, é plausível que alguns materiais fossem mais acessados que outros.

4.1.3 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais

Explorando os dados apresentados na Figura 18 pudemos verificar a inexistência de alunos com valores atípicos para a integração dos materiais instrucionais. Dessa forma não foi necessário excluir nenhum mapa dessa análise.

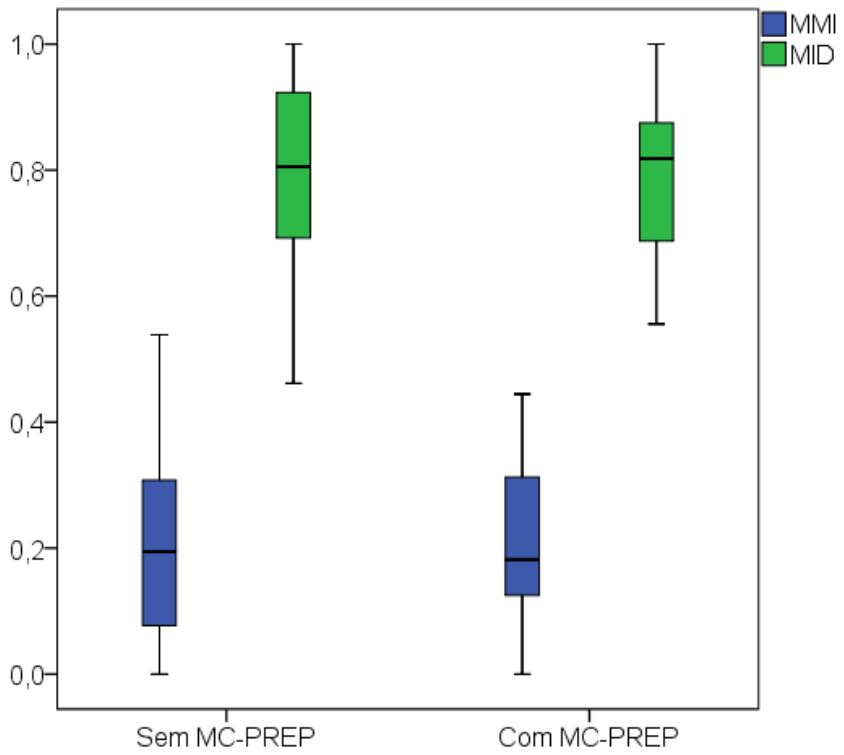


Figura 18 - Diagrama de caixas contendo a quantidade de proposições que integram os mesmos materiais instrucionais (MMI) e materiais instrucinais diferentes (MID) para os dois grupos de alunos considerados, Sem MC-PREP e Com MC-PREP.

Os alunos que fizeram o MC-PREP puderam utilizá-lo como material de consulta e nossa hipótese de trabalho é que esses alunos estavam em melhor condição para integrar os diferentes materiais instrucionais discutidos na disciplina também por já terem estudado com uma semana de antecedência seguindo o mesmo formato exigido na avaliação.

A partir dos dados coletados para essa análise foram construídas as Tabelas 20 e 21 contendo a quantidade de proposições (conceito inicial + conceito final) para os dois grupos considerados.

Tabela 20 - Matriz da quantidade de proposições que foram construídas relacionando conceitos de um mesmo material instrucional (diagonal principal) e conceitos de materiais instrucionais diferentes (demais elementos) para o grupo Com MC-PREP.

		Conceito Final					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Inicial	A	34	19	20	8	18	13
	B	30	29	28	15	27	10
	C	23	12	16	10	7	16
	D	16	8	17	6	12	12
	E	14	16	10	15	23	14
	F	20	15	6	9	12	14

Tabela 21 - Matriz da quantidade de proposições que foram construídas relacionando conceitos de um mesmo material instrucional (diagonal principal) e conceitos de materiais instrucionais diferentes (demais elementos) para o grupo Sem MC-PREP.

		Conceito Final					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Inicial	A	4	5	9	1	3	4
	B	7	12	8	5	7	3
	C	13	9	11	9	1	10
	D	5	6	5	6	2	3
	E	4	7	7	6	6	8
	F	2	2	2	2	2	8

A partir desses dados foram construídas as Figuras 19 e 20 contendo a quantidade relativa das proposições formadas com conceitos de mesmo material instrucional (MMI) e proposições contendo conceitos de materiais instrucionais diferentes (MID) para ambos os grupos considerados.

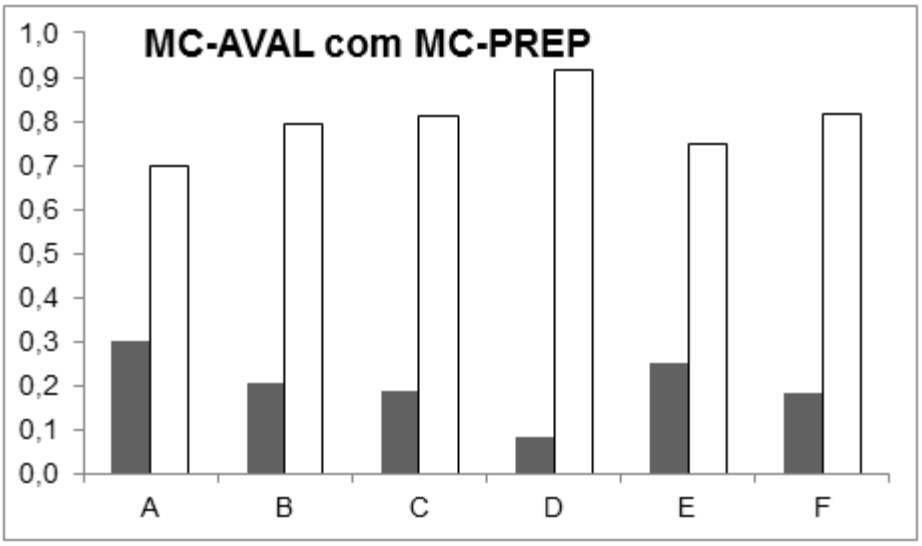


Figura 19 - Quantidade relativa de proposições para cada um dos mateirias instrucionais do grupo de alunos Com MC-PREP. As caixas escuras indicam as proposições que relacionam conceitos de mesmo material instrucional e as caixas brancas indicam as proposições que relacionam conceitos de materiais instrucionais diferentes. Os códigos dos materiais instrucionais estão indicados no eixo das abcissas e a quantidade relativa no eixo das ordenadas.

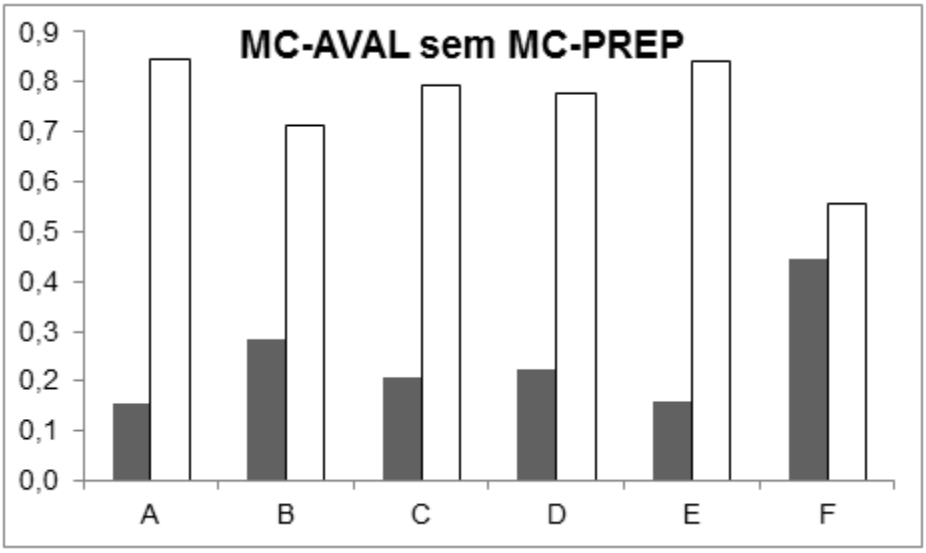


Figura 20 - Quantidade relativa de proposições para cada um dos mateirias instrucionais do grupo de alunos Sem MC-PREP. As caixas escuras indicam as proposições que relacionam conceitos de mesmo material instrucional e as caixas brancas indicam as proposições que relacionam conceitos de materiais instrucionais diferentes. Os códigos dos materiais instrucionais estão indicados no eixo das abcissas e a quantidade relativa no eixo das ordenadas.

O acionamento desses materiais instrucionais não aparenta significativas diferenças, somente uma aparente tendência linear crescente para proposições com conceitos de materiais diferentes e decrescentes para materiais de materiais diferentes entre os alunos que fizeram o MC-PREP divididos em dois blocos, um

contendo os materiais A, B, C e D e outro com os materiais E e F. O gráfico também parece apontar um menor acesso ao material F por parte dos alunos que não fizeram o MC-PREP. Esse efeito pode ter explicação muito mais pelo tamanho da amostra considerada do que efetivamente nas escolhas dos alunos dos dois grupos. Na Tabela 22 são comparados os valores médios e desvio padrão dos valores relativos para o total de proposições contendo conceitos de MMI e MID.

Tabela 22 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de integração dos materiais instrucionais entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

	Com MC-PREP	Sem MC-PREP			
Proposições	Média (DP)	Média (DP)	U	Z	r
MMI	0,22 (0,12)	0,21 (0,17)	415	-0,37	-0,05
MID	0,78 (0,12)	0,79 (0,17)	415	-0,37	-0,05

A partir dos resultados da estatística U do teste de Mann-Whitney, do escore-Z e do tamanho do efeito *r* é possível constatar que há similaridade entre as duas categorias de proposições para os grupos considerados. Isso significa que para a demanda a que os alunos foram submetidos a realização de um mapa conceitual preparatório foi indiferente tanto no acionamento quanto na integração dos materiais instrucionais. É importante ressaltar a relação entre a demanda e o resultado obtido nas características do MC-AVAL.

Nossa hipótese de trabalho sugeria que os alunos que fizeram o mapa preparatório teriam maior facilidade de integrar conceitos de materiais diferentes. Isso pareceu irrelevante a partir dos dados apresentados e indica que o acionamento das discussões feitas durante as aulas iniciais da disciplina foi aproveitado de maneira similar por ambos os grupos de alunos.

4.1.4 Análise de Correção Conceitual

Com essa análise passamos a avaliar os aspectos semânticos do MC-AVAL, havendo a necessidade da leitura de cada uma das proposições dos mapas e classificando-as em *Apropriadas* quando estão conceitualmente corretas e apresentam clareza semântica, *Limitadas* quando não apresentam clareza semântica, ou seja, quando não é possível compreender com clareza a relação que o aluno faz entre dois conceitos e *Inapropriadas*, quando há clareza semântica e a relação expressa entre os conceitos é incorreta em relação ao conhecimento científico.

A construção das proposições está relacionada tanto com o conhecimento conceitual do aluno como com o conhecimento procedimental que ele demonstra para construir mapas conceituais. As proposições inapropriadas e apropriadas são indícios de que o aluno domina a técnica de mapeamento conceitual, pois é capaz de expressar os seus esquemas mentais em uma representação gráfica, mesmo que haja erros nesse esquema. Essas proposições são viáveis para a avaliação à medida que facilitam a intervenção do professor. Já as proposições limitadas indicam pouco domínio na técnica de mapeamento conceitual, podendo dizer pouco ou nada sobre os esquemas mentais dos alunos.

A exploração dos dados representada na Figura 21 mostra ausência de valores atípicos que pudessem comprometer comparações. Todos os MC-AVAL (n=67) foram considerados nessa análise.

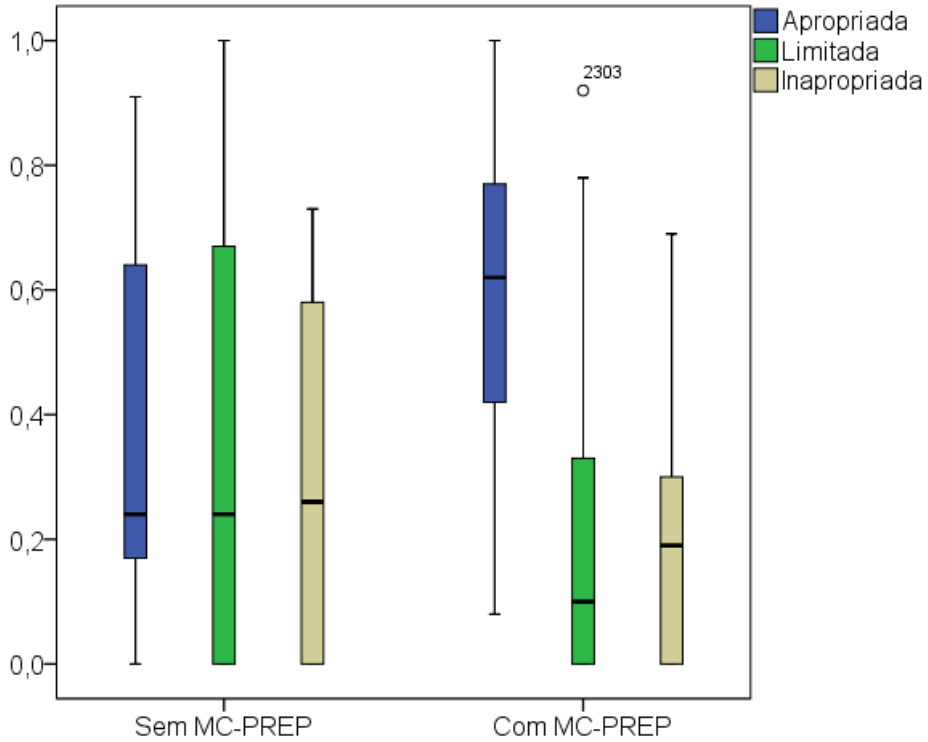


Figura 21 - Diagrama de caixas contendo a distribuição de frequências da ocorrências das proposições Apropriadas, Limitadas e Inapropriadas para ambos os grupos comparados. O eixo das ordenadas indica a frequência relativa que foi calculada dividindo-se as proposições de cada categoria pelo total de proposições para cada MC-AVAL.

A partir dos dados absolutos referentes à quantidade das proposições de cada categoria considerada foi construída a Tabela 23 e a partir deles foi comparada a distribuição de frequências a fim de comparar a ocorrência de cada categoria nos dois grupos comparados.

Tabela 23 - Quantidade de proposições Apropriadas (A), Limitadas (L) e Inapropriadas (I) para os grupos de alunos Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

Categoria	Com MC-PREP	Sem MC-PREP
A	342	74
L	119	67
I	121	65

A distribuição de frequências das proposições dos alunos nos dois grupos representada na Figura 21 já mostrada anteriormente aponta que no grupo de aluno que realizaram o MC-PREP há uma proporção muito maior de proposições apropriadas (com clareza semântica e conceitualmente correta) do que o outro

grupo. A hipótese para esta análise é que os alunos que fizeram o MC-PREP além de organizar/elaborar esquemas mentais sobre o tema de estudo, ainda fazem isso no mesmo formato que foi exigido no MC-AVAL. Desta forma é esperado deles que a demanda do dia da avaliação lhes imponha menor carga extrínseca e isso disponibilize recursos da memória de trabalho para lidar com a tarefa. Como resultados esperava-se que fossem capazes de elaborar proporcionalmente mais proposições apropriadas e menos inapropriadas e limitadas em relação ao grupo que não realizou MC-PREP, demonstrando, dessa forma, maior domínio na forma e no conteúdo.

Para testar nossa hipótese usamos o teste de qui-quadrado de Pearson que indicou que há uma associação significativa entre a realização de um mapa conceitual preparatório e a qualidade das proposições elaboradas durante a avaliação, χ^2 (2) =31,91, ($p < 0,001$), confirmando a nossa hipótese para este teste. Usando os valores relativos dos dados das categorias de proposições organizamos média e o desvio padrão dos dados na Tabela 24 a seguir a fim de que a comparação confirmasse a ocorrência de diferença na ocorrência de alguma das classificações de proposições.

Tabela 24 - Valores de média, desvio-padrão e o resultado do teste de Mann-Whitney com escore-Z e tamanho do efeito (r) para a análise de correção conceitual entre os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

Categoria	Com MC-PREP	Sem MC-PREP	U	Z	r
A	0,60 (0,24)	0,36 (0,31)	245	-2,78	-0,34
L	0,21 (0,25)	0,34 (0,36)	364	-1,11	-0,136
I	0,19 (0,18)	0,30 (0,29)	361	-1,15	-0,14

Com os resultados do teste de Mann-Whitney obtidos e examinando o tamanho do efeito é possível notar que mesmo em valores relativos os alunos que não fizeram o MC-PREP tiveram mais proposições limitadas e inapropriadas, mas o único fator estatisticamente significativo foi a quantidade de proposições apropriadas (r>0,30), confirmando nossa hipótese de trabalho para esta análise.

Como os alunos que fizeram o MC-PREP já organizaram seus esquemas mentais no formato de mapa conceitual e puderam utilizar esse material como fonte

no momento da prova, estes alunos tiveram maior espaço na memória de trabalho para lidar com a demanda do MC-AVAL mesmo ela sendo mais restritiva em relação ao mapa preparatório. Já os alunos que não fizeram o mapa preparatório apresentaram maior dificuldade em expressar seu conhecimento conceitual mesmo após passarem pela etapa de treinamento. Essa dificuldade pode ser explicada pelas características da demanda do mapa de prova.

Vale ressaltar que mesmo sendo coerente que a maior ocorrência de proposições apropriadas, menor ocorrência de proposições limitadas e inapropriadas é indício de maior entendimento conceitual, isso não implica necessariamente na construção de proposições relevantes e até pertinentes para responder à pergunta focal. Também não é indício suficiente de que o aluno não estava em sobrecarga cognitiva, uma vez que quando entra nessa condição ele apresenta a tendência de simplificar a tarefa a que foi submetido, ou seja, fazer proposições mais simples e envolvendo conceitos menos sofisticados que não domina plenamente. Dessa forma se mostra importante também uma análise que examine toda a rede proposicional, como ocorre na seção seguinte.

4.1.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal

Já avaliados a estrutura dos mapas, a origem dos conceitos quanto às discussões de sala de aula e a correção conceitual, nesta etapa será considerado apenas se o mapa responde à pergunta focal, de modo que mesmo se o mapa tiver todas as proposições avaliadas como apropriadas não há garantia que a leitura da rede proposicional ofereça uma resposta satisfatória, ou seja, que não fuja à pergunta focal.

Na Tabela 25 está representado o número de mapas de prova que respondem à pergunta focal e também que não respondem para os dois grupos considerados.

Tabela 25 - Quantidade de MC-AVAL que respondem e não respondem à pergunta focal estipulada como parte da demanda.

Aderência à Pergunta Focal	Com MC-PREP	Sem MC-PREP
Responde	33	4
Não Responde	16	14

A hipótese para esta análise é que o grupo que organizou e elaborou os esquemas mentais previamente e na forma de mapas ficou submetido a uma menor carga extrínseca no momento da avaliação e isso possibilitou a disponibilidade de recursos cognitivos para lidar com a demanda (construir um mapa conceitual com 9 conceitos, sendo um deles obrigatório – *mais tecnologia* – e responder a uma pergunta focal) e cumpri-la totalmente.

Ainda que não se possa afirmar que os alunos que não realizaram o MC-PREP estivessem em sobrecarga cognitiva durante a avaliação, é possível inferir que a fuga à pergunta focal é um indicativo positivo de que os alunos não foram capazes de lidar com as cargas cognitivas (intrínseca e extrínseca) impostas pela demanda do MC-AVAL à mesma medida que o grupo que organizou previamente seus esquemas mentais sobre o tema no formato de mapa conceitual. No grupo de alunos que realizaram o MC-PREP (n=49) 33 mapas foram construídos de modo que respondem à pergunta focal, enquanto que no grupo de alunos que não realizaram o MC-PREP apenas 4 responderam.

O teste de qui-quadrado permite afirmar que houve uma associação significativa entre a realização do MC-PREP e a aderência à pergunta focal, χ^2 (1) =10,84 ($p < 0,001$) indicando que os alunos que fizeram o MC-PREP puderam lidar plenamente com a tarefa numa proporção maior que a dos alunos que não o fizeram, pois a demanda do dia da avaliação lhes impôs uma menor carga extrínseca à memória de trabalho, possibilitando a viabilização de mais recursos generativos para cumprir a tarefa completamente.

Nas Figuras 22 e 23 estão representados dois mapas conceituais que ilustram bem os dados utilizados para a análise de aderência à pergunta focal. O mapa do aluno 2316 responde à pergunta focal enquanto o aluno 3204 não responde.

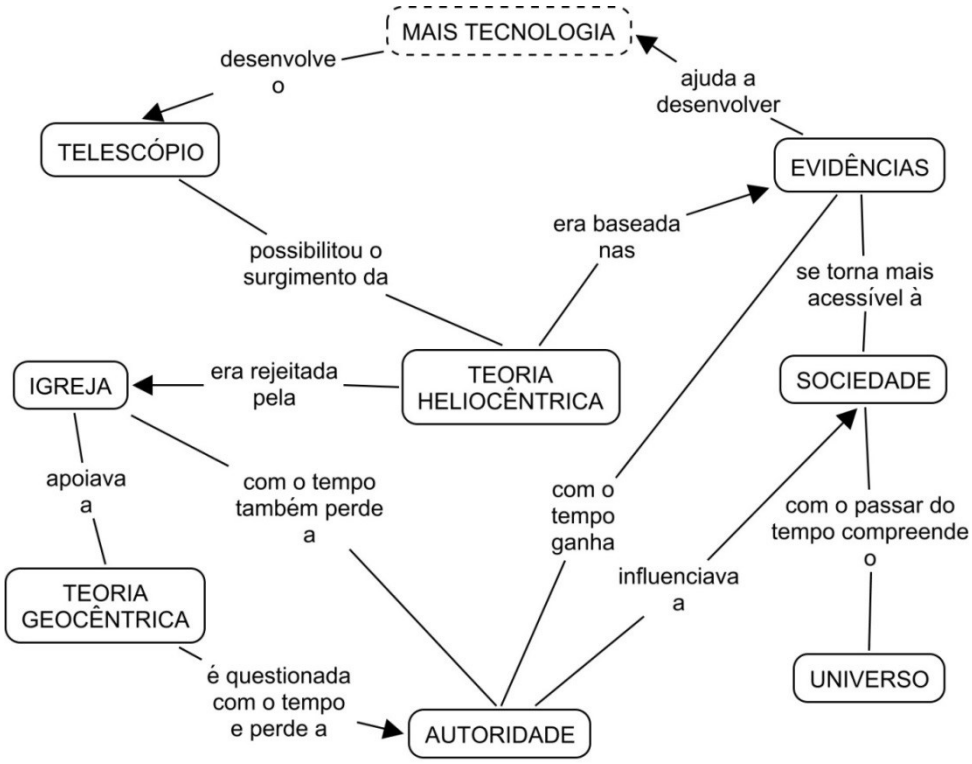


Figura 22 - MC-AVAL do aluno 2316 pertencente ao grupo Com MC-PREP. Os dois avaliadores desse mapa consideraram que ele responde à pergunta focal declarada na demanda da prova.

É possível notar no mapa do aluno 2316 que a pergunta focal "*como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?"* foi respondida utilizando o contexto abordado principalmente pelos materiais classificados como A3 explorando os conflitos entre a autoridade da Igreja e o surgimento de novas teorias científicas a partir do uso de tecnologias como o telescópio.

Como exposto pelo resultado da análise da escolha dos conceitos pelos alunos, ambos os grupos utilizaram muitos conceitos de tipo A3 e é coerente que os alunos que tenham respondido à pergunta focal tenham acionado majoritariamente esses conceitos e alocado suas respostas a esse contexto de discussão.

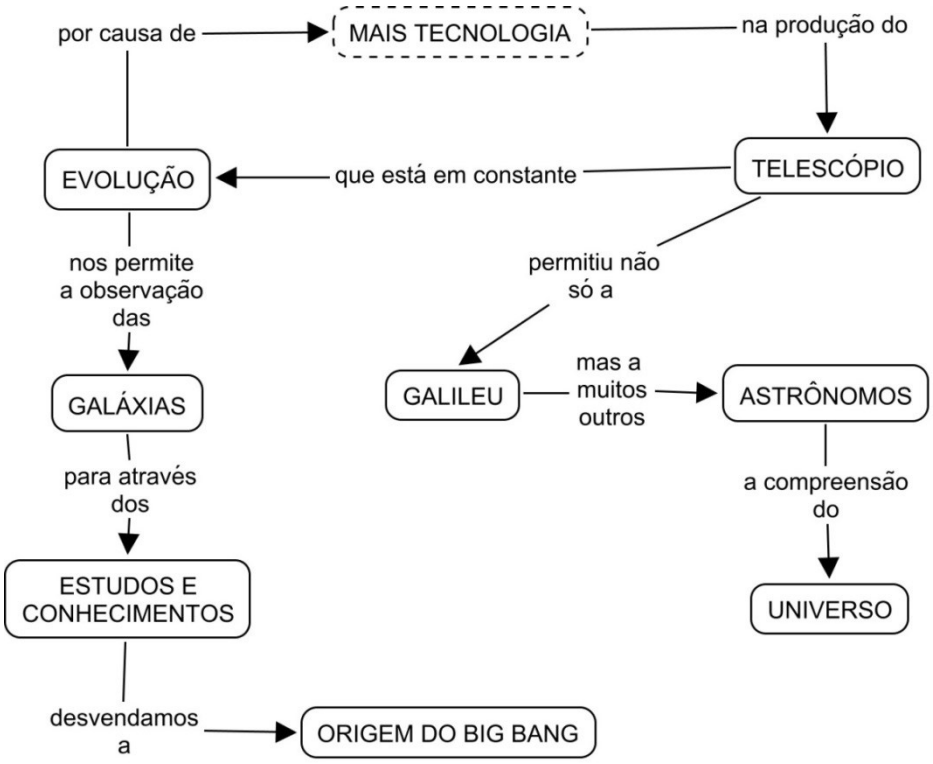


Figura 23 - MC-AVAL do aluno 3204 pertencente ao grupo Sem MC-PREP. Os dois avaliadores desse mapa consideraram que ele não responde à pergunta focal declarada na demanda da prova .

Já no mapa do aluno 3204 é possível notar que também são utilizados conceitos de tipo A3, mas de maneira superficial e algumas vezes desconexas. Fica claro nesse mapa que o aluno ainda não domina plenamente a técnica de mapeamento conceitual pelo grande número de proposições limitadas que construiu, aproximando-se muito mais da estrutura linear encontrada em textos.

Não é possível afirmar com segurança que esse aluno estava em sobrecarga cognitiva na elaboração do MC-AVAL, mas está claro que não foi capaz de lidar plenamente com as cargas cognitivas impostas à memória de trabalho pelas características da demanda da prova possivelmente por não ter realizado o MC-PREP.

4.1.6 Considerações sobre o Estudo I

O conjunto das análises que executamos sobre as características do MC-AVAL para compor esse estudo tinha como propósito responder à pergunta de pesquisa "*Os alunos que elaboraram o MC-PREP produziram melhores MC-AVAL?*". As análises fizeram uma varredura nos mapas de prova dos alunos em três níveis: conceito, proposição e rede proposicional. O propósito dessa abordagem foi olhar os mapas dos alunos de todas as perspectivas e explorar as informações estruturais e semânticas a fim de detectar diferenças entre os grupos comparados que sugerisse que realizar um mapa conceitual preparatório que pudesse ser usado como material de consulta no momento da avaliação influenciasse positivamente no desempenho dos alunos, reduzindo as cargas cognitivas impostas pela demanda restritiva.

Nossa hipótese para esse estudo estava amparada nos elementos da Teoria da Carga Cognitiva e sugeria que os alunos que construíram o MC-PREP teriam estudado os conteúdos exigidos na prova e feito isso no mesmo formato que a tarefa seria exigida. Dessa forma, esses alunos estariam submetidos a uma menor carga cognitiva intrínseca por terem seus esquemas mentais já organizados e também uma menor carga extrínseca por terem feito isso no formato de mapas conceituais.

Nenhuma das análises de perspectiva estrutural apresentou diferenças estatisticamente significativas estre os dois grupos comparados. Isso mostra que mesmo que a elaboração do mapa preparatório potencialmente tenha algum valor, este é neutralizado pelas características restritivas da demanda do MC-AVAL e também pela etapa de treinamento que ambos os alunos tiveram, de modo que esse resultado indica que para essa demanda ambos os grupos estavam submetidos às mesmas cargas cognitivas. Mais que isso, é interessante notar que os dois grupos de alunos utilizaram em média mais conceitos da categoria A3. A explicação dessa preferência por conceitos menos complexos foge ao aspecto estrutural da análise dos MC-AVAL e necessita de uma investigação semântica triangulada com o conhecimento conceitual declarativo que compôs o segundo estudo desse trabalho.

As análises semânticas (análise de correção conceitual e de aderência à pergunta focal) confirmaram nossa hipótese apontando que os alunos que fizeram o

MC-PREP fizeram mais proposições apropriadas (com clareza semântica e conceitualmente correta) e tiveram menor incidência de fuga à pergunta focal.

Esse resultado indica que os alunos desse grupo tiveram menor dificuldade em lidar com o formato da tarefa. No entanto, nada se pode afirmar com certeza sobre a carga intrínseca nesse grupo de alunos, uma vez que mesmo utilizando mais proposições apropriadas e respondendo à pergunta focal, o fato de terem evitado conceitos mais sofisticados e complexos em seus mapas (conceitos da categoria A4) pode indicar uma dificuldade em lidar com o conteúdo da tarefa, mesmo que não tenham apresentado dificuldades no formato. Diante da dificuldade do conteúdo da tarefa os alunos podem ter optado por operarem com conceitos mais simples que têm maior domínio e evitar conceitos que não estão bem alocados nos seus esquemas mentais.

4.2. Estudo II: Relação entre o MC-AVAL e a aprendizagem conceitual sobre Astronomia no contexto do desenvolvimento científico-tecnológico.

Esse estudo foi elaborado para verificar se os alunos que fizeram os melhores mapas conceituais na prova são aqueles que apresentam maior domínio conceitual sobre os tema tratado até a aula 4.

A hipótese que buscamos verificar nesse estudo é que os alunos que expressassem maior entendimento conceitual do conteúdo construiriam melhores mapas conceituais em relação aos alunos de menor conhecimento conceitual.

As análises desse estudo tiveram como base o questionário de conhecimento declarativo (Q) que foi utilizado para classificar alunos com alto conhecimento e baixo conhecimento sobre o desenvolvimento da Astronomia no contexto das novas tecnologias. A partir desses dados buscaremos encontrar os parâmetros já considerados nas análises anteriores sobre o MC-AVAL que refletem o alto/baixo conhecimento dos alunos. Para esse estudo utilizaremos as análises como mostrado na Tabela 26.

Tabela 26 - Análises executadas e organizadas para compor o Estudo II.

Estruturais	Semânticas
-	Questionário
-	Correlação

4.2.1 Análise do Questionário

A partir das pontuações atribuídas aos alunos para cada afirmação do questionário foi construído o diagrama de caixas mostrado na Figura 24 a fim de explorar nos dados a existência de valores atípicos que pudessem comprometer a comparação entre os dois grupos considerados.

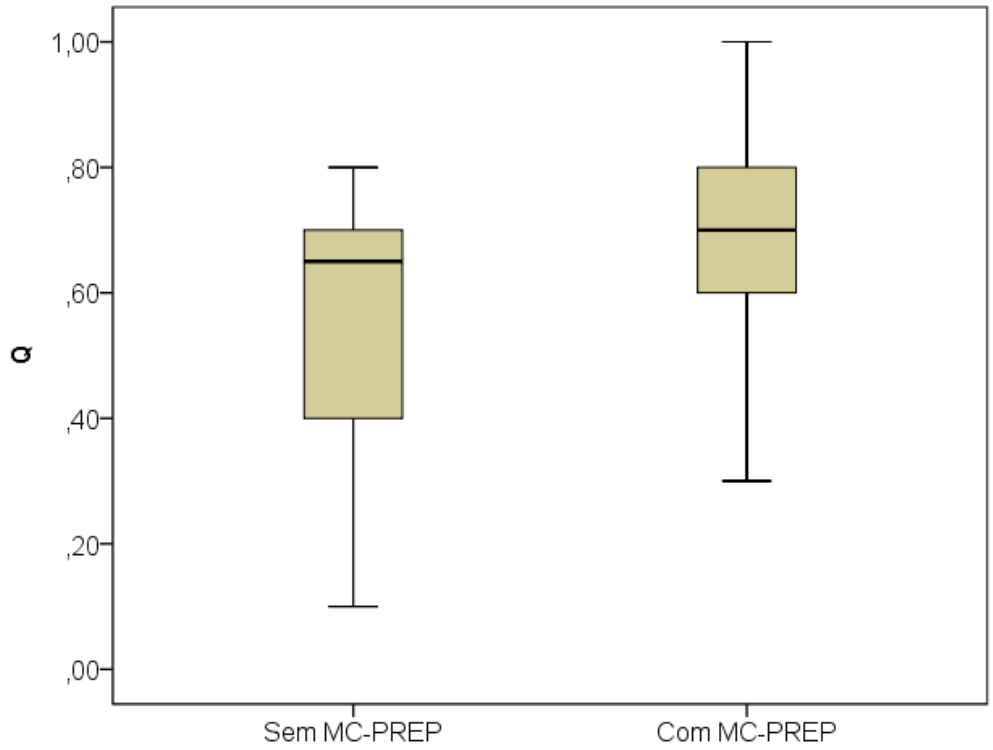


Figura 24 - Diagrama de caixas contendo os dados da pontuação de cada aluno no questionário de conhecimento declarativo para os dois grupos de alunos comparados. Nenhum resultado de aluno foi considerado atípico.

A partir os valores atribuídos aos alunos obtemos o valor médio de acertos no questionário (6,5) e os alunos que obtiveram pontuação maior que essa foram considerados com alto conhecimento sobre o tema (n=47) e os que obtiveram pontuação menor foram considerados com baixo conhecimento (n=20). A Tabela 27 organiza os resultados dos alunos nos dois grupos considerados.

Tabela 27 - Quantidade de alunos com alto e baixo conhecimento sobre o conteúdo do questionário de conhecimento declarativo para os grupos Com MC-PREP e Sem MC-PREP.

	Conhecimento	
	Alto (>6,5)	Baixo (<6,5)
Com MC-PREP	29	9
Sem MC-PREP	18	11

A partir desses dados comparamos a distribuição das frequências a fim de responder se há relação entre a elaboração do MC-PREP com o conhecimento declarativo dos alunos a partir das respostas do questionário. O resultado do teste de qui-quadrado χ^2 (1) =1,59 p=0,16 aponta que não há essa relação de modo que o conhecimento dos alunos não está associado com a construção do mapa preparatório.

Após essa análise buscamos investigar se o conhecimento declarativo dos alunos estava, de alguma forma, relacionado com a aderência do MC-AVAL à pergunta focal, de modo que esperávamos que os alunos com maior conhecimento conceitual tivesse menor evasão da demanda. Na Tabela 28 estão representados os dados que utilizamos nessa análise.

Tabela 28 - Relação entre a aderência dos MC-AVAL à pergunta focal com o conhecimento conceitual dos alunos declarado no questionário.

	Aderência à Pergunta Focal	
Conhecimento	Responde à PF	Não responde à PF
Alto (>6,5)	24	14
Baixo (<6,5)	13	16

O resultado do teste de qui-quadrado χ^2 (1) =2,23 p=0,10 aponta que o conhecimento dos alunos não está relacionado com a maior incidência de evasão da pergunta focal. Isso indica que fatores relacionados ao conhecimento procedimental podem ter influenciado mais nesta análise do que o conhecimento conceitual.

4.2.2 Análise de Correlação

Nesta análise buscamos investigar a influência de cada um dos parâmetros das análises que fizemos até o momento sobre a quantidade de acertos dos alunos no questionário de conhecimento declarativo (Q) a fim de verificar quais parâmetros estão correlacionados com o desempenho no questionário.

Mesmo não havendo necessariamente uma relação de causalidade, a análise de correlação é um parâmetro interessante para sinalizar quais são os fatores mais relevantes extraídos do MC-AVAL dos alunos. Usamos a correlação Tau de Kendall, pois nossos dados não são paramétricos. O SPSS fornece o resultado do teste, assim como seu grau de significância como mostrado na Tabela 29.

Tabela 29 - Parâmetros das análises realizadas no Estudo I com os valores da correlação de Kendall com o resultado do questionário de conhecimento declarativo.

Parâmetro	Correlação de Kendall	Significância
DP	0,221	0,01
CI/CT	0,106	0,148
CIM/CT	0,138	0,08
CF/CT	-0,054	0,303
CFM/CT	0,279	0,002
CICF/CT	0,027	0,392
SóCI/CT	0,054	0,303
SóCF/CT	-0,106	0,148
A2	-0,049	0,311
A3	-0,236	0,008
A4	0,301	0,001
MMI	0,069	0,223
MID	-0,069	0,223
Apropriada	0,173	0,028
Limitada	-0,014	0,439
Inapropriada	-0,167	0,037

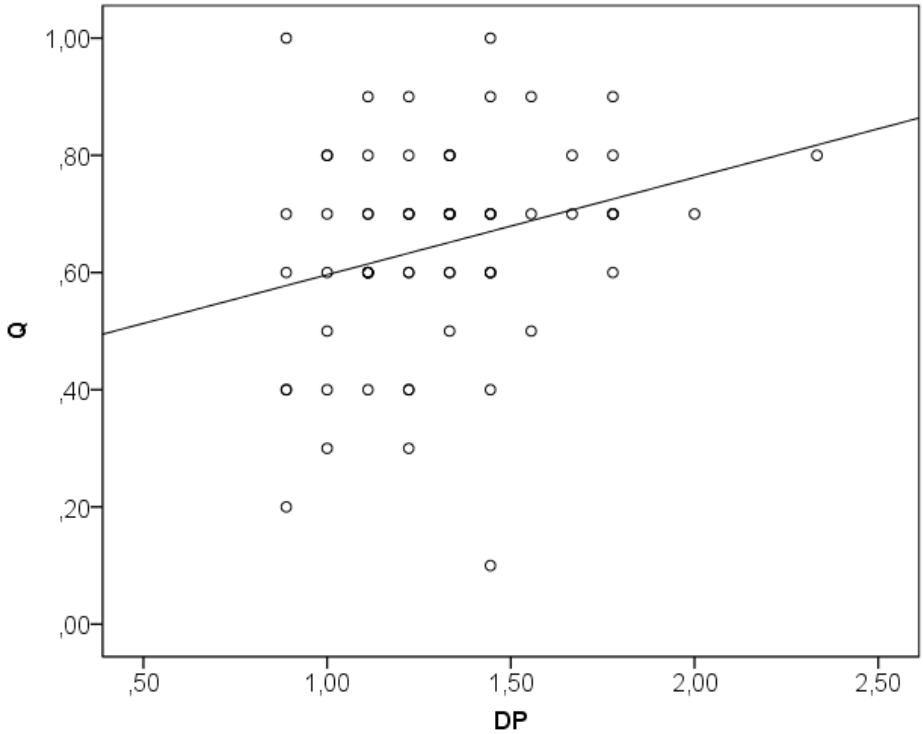
A partir dos resultados do teste de correlação Tau de Kendall é possível notar que 5 dos 16 parâmetros apresentam correlação significativa com os escores do questionário.

A densidade proposicional (Kendall=0,221, p=0,01) é um parâmetro que parece guardar relação relevante com o conhecimento dos alunos de modo que quanto mais dominam o assunto, mais constroem proposições para um mesmo número de conceitos em comparação com alunos com menor conhecimento conceitual. A quantidade de conceitos finais múltiplos (Kendall=0,279, p=0,02) também expressa uma relação positiva com a pontuação no questionário. A relevância desse fator estrutural do MC-AVAL pode sugerir uma melhor organização hierárquica dos esquemas mentais dos alunos que têm maior conhecimento sobre o tema. Interessante notar que nas condições restritivas da demanda do MC-AVAL apenas esses dois fatores estruturais relacionaram-se de forma significativa com o conhecimento declarativo dos alunos.

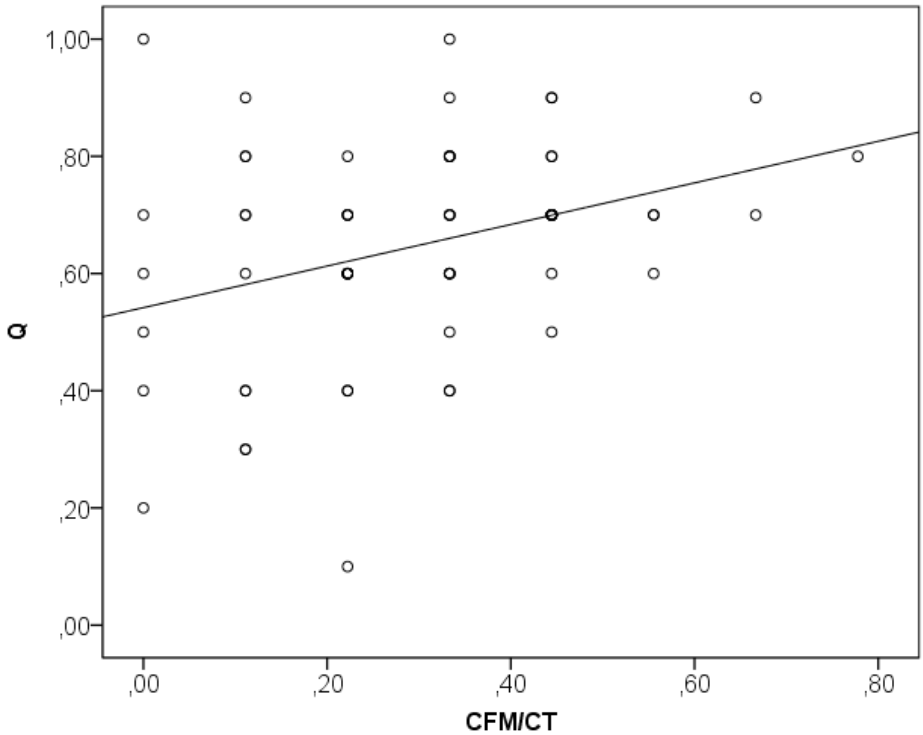
Em relação à escolha dos conceitos por tema ocorreu que apenas os conceitos sobre evolução do pensamento científico (A3) e sobre astronomia moderna (A4) mostraram-se relevantes em relação ao conhecimento dos alunos. Os resultados indicam que os alunos com baixo conhecimento sobre o tema das aulas apresentaram uma tendência a escolher conceitos do tipo A3 (Kendall=-0,236, p=0,008) possivelmente por serem menos sofisticados e diferenciados. Já os alunos com maior conhecimento foram capazes de usar conceitos mais complexos do tipo A4 (Kendall=0,301, p=0,001) e articulá-los para responder à pergunta focal.

Nos parâmetros da análise de correção conceitual não foi inesperado encontrar baixa relação entre as proposições limitadas. Ainda que negativamente relacionadas com o conhecimento dos alunos essas proposições estão mais relacionadas ao conhecimento procedimental da elaboração de mapas conceituais. A relevância direta das proposições apropriadas (Kendall=0,173, p=0,028) e inversa das inapropriadas (Kendall= -0,167, p=0,037) confirma nossa hipótese de que alunos com maior conhecimento conceitual são aqueles que realizam mais proposições conceitualmente corretas. Nos itens A-F da Figura 25 a seguir apresentamos os gráficos de regressão linear para cada um dos parâmetros que se relacionaram de maneira relevante com o resultado do questionário de conhecimento declarativo.

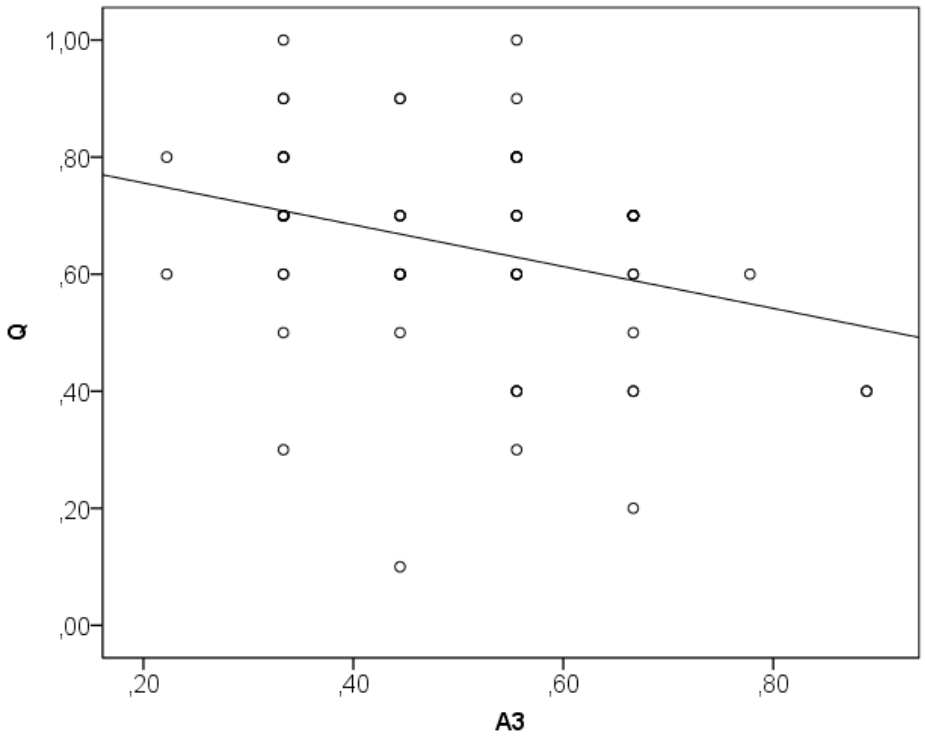
(A) Densidade proposicional (DP)



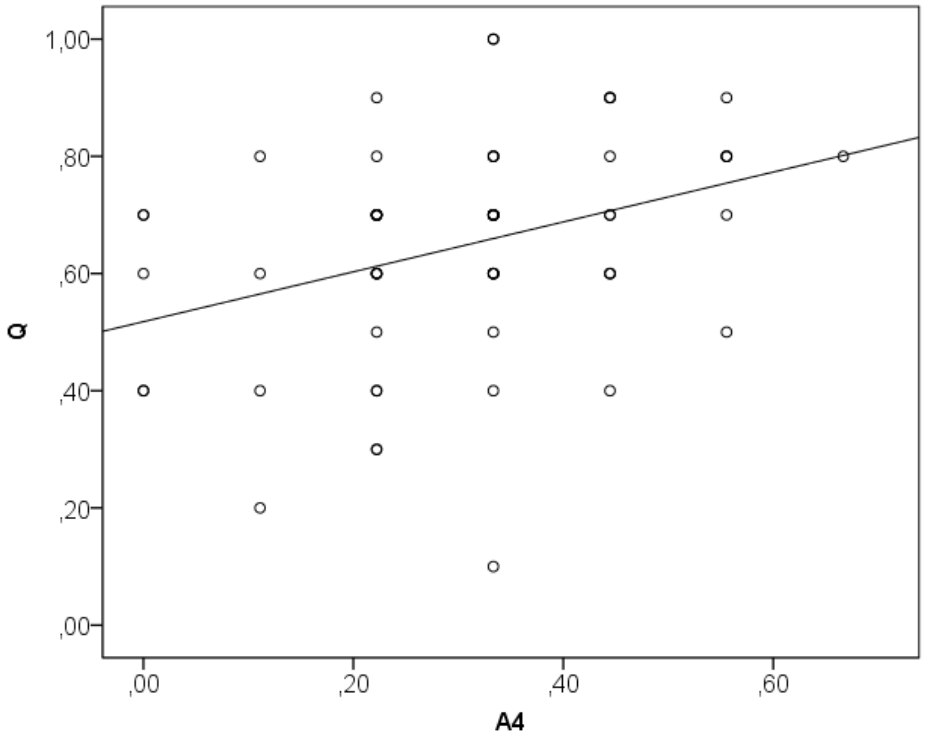
(B) Conceitos finais múltiplos (CFM/CT)



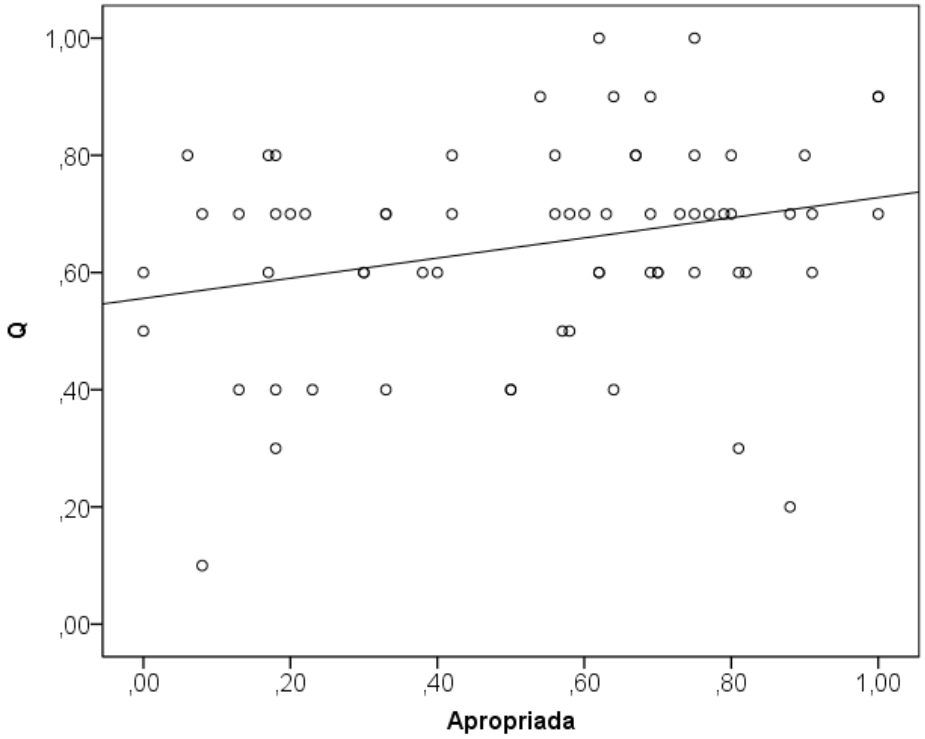
(C) Conceitos do tema A3



(D) Conceitos do tema A4



(E) Proposições apropriadas



(F) Proposições inapropriadas

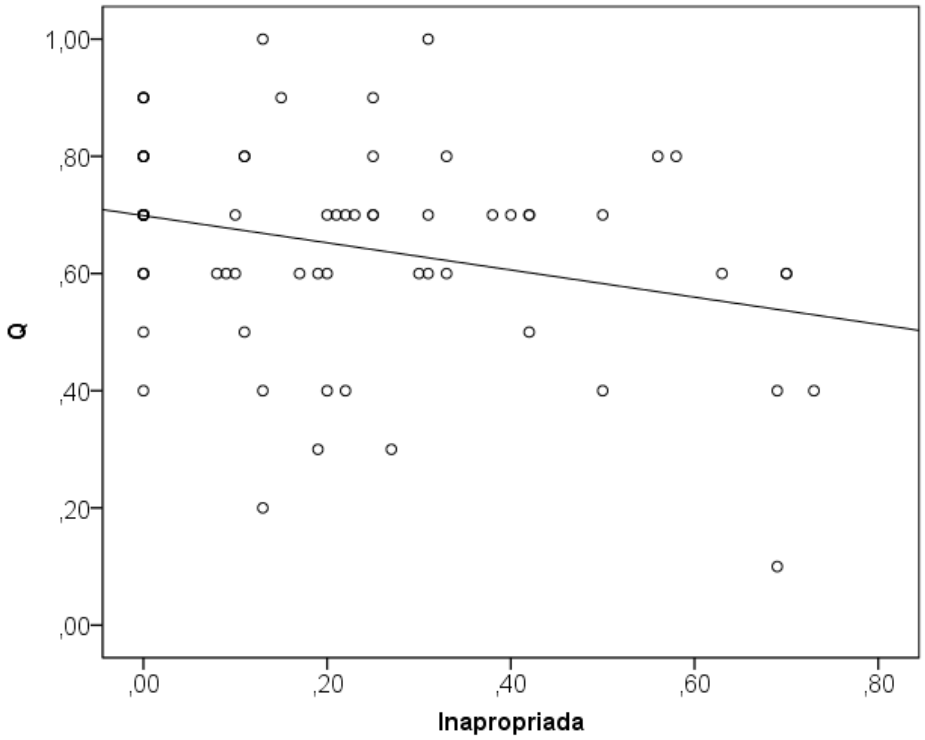


Figura 25 - Gráfico de regressão linear realizado para cada um dos parâmetros das análises do Estudo I que mostraram estar correlacionados com o conhecimento conceitual declarado pelos alunos no questionário (Q).

4.2.4 Considerações sobre o Estudo II.

O conjunto das análises que executamos sobre as características do MC-AVAL para compor esse estudo tinha como propósito responder à pergunta de pesquisa "*Os alunos que apresentaram melhor compreensão conceitual sobre Astronomia no contexto discutido na disciplina CN/CCS elaboraram os melhores mapas conceituais na avaliação (MC-AVAL*)?*".*

Esse estudo busca reforçar a validade do mapeamento conceitual como ferramenta avaliativa confrontando o desempenho dos alunos nas análises consideradas no Estudo I com o conhecimento declarativo que expressaram no questionário. Os resultados indicam que os alunos que constroem mais proposições apropriadas e menos inapropriadas, que apresentam maior densidade proposicional e mais conceitos finais múltiplos correlacionam-se positivamente com maior domínio conceitual declarativo.

É interessante notar que a maior escolha de conceitos mais simples (A3) corresponde a um menor conhecimento conceitual, algo que tinha sido sugerido nas considerações sobre o Estudo II. A utilização de conceitos mais complexos (A4) ocorreu entre os alunos que tinham maior conhecimento conceitual, mas não houve influência significativa da elaboração do MC-PREP. Mesmo não sendo possível afirmar com certeza, é plausível supor que a escolha de conceitos menos complexos pode ser um indicativo que os alunos não dispunham de recursos cognitivos para lidar com o conteúdo da tarefa, mesmo que tenham conseguido lidar com o formato.

5. CONCLUSÃO

Para executar uma tarefa com condições de liberdade definidas pelo professor na avaliação do primeiro bloco da disciplina de CN/CCS/2013 verificamos que a etapa de treinamento foi eficiente em garantir a proficiência na técnica de mapeamento conceitual independendo da realização do MC-PREP quando analisamos a morfologia da rede proposicional dos MC-AVAL. A presença de mapas em formato *rede* ocorre em ambos os grupos que comparamos sem que a elaboração do MC-PREP tenha se revelado como fator relevante na influência sobre as características estruturais do MC-AVAL, ao contrário do que esperávamos inicialmente. Uma vez que os resultados indicaram que, em média, ambos os grupos tiveram alunos que foram capazes de expressar o conteúdo de sua estrutura conceitual com alta inter-relação entre os conceitos e também alunos que expressaram conhecimento conceitual com baixa inter-relação entre conceitos, podemos dizer que a etapa de treinamento atuou reduzindo as dificuldades relacionadas ao conhecimento procedimental, isto é, reduzindo a carga extrínseca na memória de trabalho dos alunos durante a tarefa.

Além da proficiência dos alunos após a etapa de treinamento, é válido ressaltar que as restrições e exigências da demanda direcionaram o resultado obtido nos MC-AVAL e mostraram-se mais determinantes sobre as características do mapa de prova do que a preparação dos alunos também no que diz respeito ao acionamento dos materiais instrucionais discutidos em sala de aula.

Também verificamos que a escolha dos conceitos pelos alunos não depende significativamente da elaboração de um mapa conceitual preparatório. A construção do MC-PREP não atuou diminuindo a dificuldade do conhecimento conceitual – *carga intrínseca* – da tarefa da prova, o que seria possível ter constatado caso os alunos tivessem utilizados conceitos mais sofisticados e complexos. A julgar pela escolha dos conceitos, os alunos operavam majoritariamente num mesmo nível de dificuldade sobre o conteúdo. Mesmo a análise de correção conceitual apontando que os alunos que fizeram o MC-PREP fazem mais proposições apropriadas e menos limitadas e inapropriadas, ocorre que os alunos trabalharam com conceitos que já tinham familiaridade, evitando conceitos mais complexos, de certa forma

simplificando a tarefa. Foi possível perceber que essa escolha está correlacionada com um menor conhecimento conceitual sobre o tema e daí pode-se concluir que mesmo fazendo proposições apropriadas – semântica e conceitualmente corretas – eram proposições com baixo nível de complexidade e que tinham pertinência superficial ao delineamento do tema. A análise de aderência também permitiu notar esse fenômeno, pois na avaliação dos mapas foi adotado um critério dicotômico – responde ou não responde – para julgamento da aderência da rede proposicional à pergunta focal e, por conseguinte, completando plenamente a tarefa. Em futuros estudos parece conveniente explorar as nuances que as análises de correção conceitual e de aderência à pergunta focal deste trabalho não foram capazes de diferenciar em níveis mais estratificados.

Com os dois estudos que realizamos foi possível mostrar a relação entre a forma em que os mapas conceituais podem ser utilizados pelos professores como ferramentas avaliativas e, mais importante, a implicação de como esses mapas podem ser solicitados, desde o formato da prova até a solicitação de fazer um mapa preparatório para ser utilizado como consulta, nas características do mapa a ser tomado como instrumento de avaliação. Os mapas conceituais construídos pelos alunos estavam correlacionados com o conhecimento conceitual que eles tinham no momento da prova e revelaram relações interessantes que tornam essa ferramenta válida para o uso em sala de aula, apesar dos cuidados que devam ser tomados para extrair suas potencialidades.

Reforçamos que mesmo valorizando os aspectos estruturais do MC-AVAL nas nossas análises, verificamos que para alunos bem treinados e para uma demanda restritiva são os aspectos semânticos que fornecem melhores parâmetros para avaliação conceitual. Também ressaltamos que o formato da tarefa determinada pelo professor permite, além de verificar o conhecimento dos alunos, ter um indicativo de como os alunos acionam os materiais instrucionais e tomar essa informação como um dado importante para o planejamento da sua disciplina. Concluímos que mesmo para alunos treinados é interessante que o professor solicite um mapa preparatório quando estão ainda próximos da etapa de treinamento, mas que esse instrumento não parece estar relacionado com um maior aprendizado dos alunos, mas com uma maior possibilidade de se obter bons mapas conceituais para viabilizar a avaliação da aprendizagem.

REFERÊNCIAS[14]

Aguiar, J.G., & Correia, P.R.M. (2013). Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,* 13(2), 141–157.

Aguiar, J.G., Cicuto, C.A.T., & Correia, P.R.M. (2014). How can we prepare effective concept maps? Training procedures and assessment tools to evaluate mappers' proficiency. *Journal of Science Education*, 15, 14–19.

Ausubel, D.P. (2000). The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrechet: *Kluwer Academic Publishers*.

Cañas, A.J., Novak, J.D., & Reiska, P. (2012). Freedom vs restriction of content and structure during concept mapping: possibilities and limitations for construction and assessment. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping* (pp. 192-202). Valletta: University of Malta.

Cicuto, C.A.T., & Correia, P.R.M. (2012). Análise de vizinhança: uma nova abordagem para avaliar a rede proposicional de mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34, 1401/1-1401/10.

Cicuto, C.A.T., Mendes, B.C., & Correia, P.R.M. (2013). Nova abordagem para verificar como os alunos articulam diferentes materiais instrucionais utilizando mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 3402/1-3402/8.

Correia, P.R.M., Valle, B.X, Dazzani, M., & Infante-Malachias, M.E. (2010). The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: Theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. *Journal of Cleaner Production*, 18, 678–685.

Davies, M. (2011). Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? *Higher Education*, 62, 279-301.

Derbentseva, N., Safayeni, F., & Canas, A. J. (2007). Concept maps: experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 448–465.

[14] De acordo com o estilo APA – American Psychological Association

Fisher, K. M. (2000). SemNet software as an assessment tool. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding: A human constructivist view* (pp. 197–221). San Diego, CA: Academic Press.

Hay, D.B., Kinchin, I.M., & Lygo-Baker, S. (2008). Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33, 295–311.

Kinchin, I.M., Hay, D.B., & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42, 43-57.

Kinchin, I.M., Lygo-Baker, S., & Hay, D.B. (2008). Universities as centers of non-learning. *Studies in Higher Education*, 33, 89–103.

Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*, 41, 212-218.

Liu, J. (2013). The Assessment Agent System: design, development, and evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 61, 197-215.

Miller, N. L., & Cañas, A. J., A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. In: *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping* (pp. 253-260). Tallin: OÜ Vali Press.

Moreira, M.A. (1998). *A aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.

Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.

Moreira, M. A., Greca, I.M., & Palmero, M.L.R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 36–56.

Novak, J.D. (2002). Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86, 548–571.

Novak, J.D. (2010). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. 2a Ed. New York: Routledge.

Novak, J.D., & Cañas, A.J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, 5, 9–29.

Novak, J.D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28, 117–153.

Romano Jr, J.G., & Correia, P.R.M. (2010). A taxonomic scheme for propositional analysis. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 49-57). Santiago do Chile: Universidad de Chile.

Ruiz-Primo, M. A. (2004). Examining concept maps as an assessment tool. In A. J. Cañas, J. D. Novak, & F. M. Gonza´lez (Eds.), Concept maps: Theory, methodology, technology*. Proceedings of the first international conference on concept mapping*.

Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in Science assessment. Journal of Research in Science Teaching, 33, 569–600.

Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Li, M., & Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 260–278.

Safayeni, F., Derbentseva, N., & Canas, A. J. (2005). A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 741–766.

Silva Jr, S.N., Romano Jr, J.G., & Correia, P.R.M. (2010). Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers. *In Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 369-376). Santiago do Chile: Universidad de Chile.

Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.

Sweller, J., Merrienboer, J.J.G., & Paas, F.G.W.C. (1998) Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.

Toigo, A.M., Moreira, M.A., & Costa, S.S.C. (2012). Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17, 305–339.

Viana, A. D. (2016). *Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a importância das demandas e do efeito de preparação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Xavier, J.M.S. (2015) *Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional do mapa conceitual*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Yin, Y., & Shavelson, R. J. (2008). Application of generalizability theory to concept map assessment research. *Applied Measurement in Education*, 21, 273–291.

Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C., & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 166–184.