

**Identificação dos modelos mentais sobre sistemas de arrefecimento dos alunos do curso
técnico em manutenção automotiva**

**Identification of mental models about cooling systems of students in the technical
course in automotive maintenance**

**Identificación de modelos mentales sobre sistemas de refrigeración de alumnos del curso
técnico en mantenimiento automotriz**

Recebido: 22/10/2020 | Revisado: 27/10/2020 | Aceito: 28/10/2020 | Publicado: 02/11/2020

Vladimir Antonio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7331-4145>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: vladimir.silva@ifmg.edu.br

Rodrigo Caetano Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3315-1473>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: rodrigo.caetano@ifmg.edu.br

Viviane Lima Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6859-8139>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: viviane.martins@ifmg.edu.br

Resumo

Este estudo tem como objetivo principal identificar a evolução dos modelos mentais sobre o conhecimento dos alunos do curso Técnico em Manutenção Automotiva Integrado ao Ensino Médio, sobre os sistemas de arrefecimento dos motores de combustão interna dos ciclos Otto e Diesel. Para tal, foi desenvolvido um questionário sobre o assunto abordado. Foram elaboradas cinco questões inicialmente, isso é, antes do aluno ter contato em sala de aula com o assunto abordado nesta pesquisa. Estas questões foram classificadas em três níveis, sendo estes fácil, médio e difícil. Após ser ministrado o conteúdo, foi aplicado outro questionário contendo outras cinco questões, estas também foram classificadas em três níveis de dificuldades para a verificação do novo cenário sobre a identificação dos modelos mentais dos alunos. O resultado do primeiro questionário, foi a constatação de que os modelos mentais dos alunos são significativamente heterogêneos e o uso dos questionários pré e pós o assunto ministrado,

mostraram-se eficientes em diagnosticar o amadurecimento e a evolução dos modelos mentais dos alunos.

Palavras-chave: Modelos mentais; Arrefecimento dos motores de combustão interna; Manutenção automotiva; Ensino.

Abstract

This study has as main objective to identify the evolution of mental models on the knowledge of students of the Technical Course in Automotive Maintenance Integrated to High School, on the cooling systems of the internal combustion engines of the Otto and Diesel cycles. For such, a questionnaire was developed about the subject addressed. Five questions were prepared initially, that is, before the student had contact in the classroom with the subject addressed in this research. These questions were classified into three levels, which was easy, medium and difficult. After the content was administered, another questionnaire was applied containing five other questions, these were also classified into three levels of difficulty for the verification of the new scenario on the identification of students' mental models. The result of the first questionnaire was the finding that the students' mental models are significantly heterogeneous and the use of the questionnaires before and after the subject was shown to be efficient in diagnosing the maturity and the evolution of the students' mental models.

Keywords: Mental models; Cooling of internal combustion engines; Automotive maintenance; Teaching.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo principal identificar la evolución de los modelos mentales sobre el conocimiento de los estudiantes del Curso Técnico en Mantenimiento Automotriz Integrado al Bachillerato, sobre los sistemas de refrigeración de los motores de combustión interna de los ciclos Otto y Diesel. Para ello, se desarrolló un cuestionario sobre el tema abordado. Inicialmente se prepararon cinco preguntas, es decir, antes de que el alumno tuviera contacto en el aula con el tema abordado en esta investigación. Estas preguntas se clasificaron en tres niveles, que son fácil, medio y difícil. Una vez administrado el contenido, se aplicó otro cuestionario con otras cinco preguntas, estas también fueron clasificadas en tres niveles de dificultad para la verificación del nuevo escenario sobre la identificación de modelos mentales de los estudiantes. El resultado del primer cuestionario fue el hallazgo de que los modelos mentales de los estudiantes son significativamente heterogéneos y el uso de los cuestionarios antes del sujeto demostró ser eficiente en el diagnóstico de madurez y evolución de los modelos

mentales de los estudiantes.

Palabras clave: Modelos mentales; Refrigeración de motores de combustión interna; Mantenimiento automotriz; Enseñando.

1. Introdução

O processo de aprendizagem deve ser desenvolvido, continuamente, para construir o conhecimento, assim como fortalecer as habilidades individuais e de relacionamentos interpessoais. Portanto, o estudante deverá ter uma abordagem interdisciplinar e sistêmica. Para tal, é necessário que esse estudante tenha motivação e desenvolva mecanismos para aprendizagem, e para que esse processo ocorra de maneira progressiva, é necessário identificar os modelos mentais dos alunos onde a partir dessa constatação, o professor promova a evolução paulatina destes modelos mentais dos alunos aprimorando a sua organização didática.

Modelos mentais são usualmente empregados em diversas áreas do conhecimento. Segundo Borges (1998), uma caracterização simples de um modelo mental é que ele é um modelo que existe na mente de alguém. Pensar envolve o uso de modelos simplificados da realidade. Mesmo quando somos expostos a um determinado modelo mental, nós construímos um modelo sobre aquilo que entendemos, usando nossas habilidades e competências cognitivas, culturais, linguísticas e sociais, levamos em consideração os conhecimentos prévios que já temos sobre o tema.

As teorias cognitivas tentam explicar como as atividades mentais medeiam a relação entre o estímulo e a resposta, influenciando o comportamento e a conduta humana. Ausubel (2003), como um representante do cognitivismo, defende que a aprendizagem ocorre por um mecanismo de assimilação, sem desconsiderar fatores afetivos, como a motivação (Moreira, 1999; Ausubel, 2003; Sternberg, 2010).

A teoria dos modelos mentais está inserida no interior da ciência cognitiva de forma multidisciplinar de entender os processos pelos quais a mente humana conhece o mundo. Apesar das várias formulações distintas entre autores, aqueles que apostam que os modelos mentais são capazes de explicar melhor o processo, concordam que se tratam de mecanismos esboçados que representam mentalmente um estado de coisas, (Prates, 2020).

Os modelos mentais podem ser organizados por nível de complexidade e estabelecem o mecanismo que define uma sequência de progressão no estado de conhecimento: (i) a integração do conhecimento anterior ao novo; (ii) a construção de novas estruturas baseadas na relação entre os objetos e as suas transformações possíveis; (iii) e os aspectos intra, inter e trans

constituintes dos conhecimentos nesse domínio, (Borges, 1998).

Quanto mais experiente em determinado assunto, e quanto maior o domínio em relação ao tema estudado, mais sofisticados e próximos da realidade vão se tornando estes modelos mentais do aluno. Sempre que o aluno revê e aprimora os modelos mentais que usa para descrever um fenômeno, isso significa que o aprendizado ocorreu sob uma nova perspectiva e informações adicionais foram incluídas no modelo mental antigo que ele possuía (Vieira & Colava, 2007).

Os modelos mentais, como são internos à mente, não podem ser explorados diretamente. Portanto, é necessário uma investigação indireta via entrevistas e a descrição de fenômenos, simbólicos ou pictogramas (Hallou, 1996). Os protocolos verbais descrevendo o que a pessoa faz enquanto resolve um problema, ou imediatamente após resolve-lo ainda tem sido a técnica mais utilizada para investigar a cognição humana (Moreira et al., 2008).

Segundo Duque et al. (2015), foi analisado em sua pesquisa a evolução de um mesmo conteúdo ao longo de toda a vida escolar, do ensino fundamental ao superior. Para tanto, foi analisado como o conceito em matemática financeira evoluiu ao longo de quatro cursos de distintos níveis de modelos mentais. Neste estudo, os autores chegaram às conclusões de que 23% dos investigados mostraram não modeladores, estando os maiores índices no ensino fundamental e médio, respectivamente, e concluíram que esse número é representativo e preocupante, pois, a não formulação adequada dos conceitos, nos primeiros anos de escolaridade, pode comprometer o aprendizado futuro.

No estudo realizado por Mateus (2019), teve o objetivo principal de identificar os modelos mentais para verificação de aprendizagem, chegou a conclusão em seu trabalho que a construção de um modelo mental envolve a necessidade da superação de visões simplistas derivadas de experiências sensoriais cotidianas.

No primeiro ano do Curso Técnico em Manutenção Automotiva Integrado ao Ensino Médio, as duas disciplinas de caráter técnico são a disciplina Manutenção e a disciplina Sistemas de Tratores. As referidas disciplinas abordam conteúdos técnicos sobre os motores de combustão interna, ciclo Otto e ciclo Diesel. Nesses motores o sistema de arrefecimento se destaca por requerer atenção especial, devido às falhas nesse sistema poderem causar danos, muitas vezes irreversíveis, comprometendo a vida ou a longevidade do motor. Além disso, ao aprender o sistema de arrefecimento, o estudante resgata conhecimentos da física, tais como pressão, temperatura, dilatação, pontos de ebulição e de congelamento dos fluidos, troca de calor entre os corpos, fluxo de fluidos em sistemas confinados, movimento convectivo de

fluidos.

Ao ministrar as aulas, percebeu-se que alguns estudantes, muitas vezes por serem oriundos de famílias com profissionais práticos da mecânica automotiva, já trazem algum conhecimento do funcionamento dos motores. Por outro lado, outros nunca se envolveram com o assunto, revelando as turmas o desnível entre os estudantes, o que muitas vezes os inibe de participar ativamente das aulas, mesmo que prossigam com suas dúvidas. Conseqüentemente, e infelizmente, o docente percebe esses diferentes modelos mentais sobre o tema, tardiamente, por ocasião das avaliações.

A estratégia de se fazer um estudo do modelo mental prévio dos estudantes sobre o conteúdo da disciplina permite identificar os modelos mentais dos alunos, permitindo ao professor promover um melhoramento no planejamento didático das etapas sucessivas, pois será possível identificar a complexidade hierárquica dos modelos mentais dos estudantes sobre o entendimento dos sistemas de arrefecimento, facilitando a promoção da evolução dos modelos mentais dos alunos pelo professor.

Diante desse contexto, esse trabalho teve como objetivo principal identificar a evolução dos níveis dos modelos mentais dos alunos sobre os sistemas de arrefecimento, nas aulas das turmas do primeiro ano do Curso Técnico em Manutenção Automotiva Integrado ao Ensino Médio, com o intuito de diagnosticar a eficácia do processo de desenvolvimento do conhecimento.

2. Metodologia

2.1 Local e público da pesquisa

A pesquisa foi realizada nos meses de setembro e outubro de 2020, no IFMG Campus Bambuí, utilizando o sistema AVA do IFMG Campus Bambuí (que adota a plataforma Moodle), aplicando os questionários sobre os sistemas de arrefecimento.

Envolveu estudantes do primeiro ano do Curso Técnico em Manutenção Automotiva Integrado ao Ensino Médio, turmas A e B, totalizando 14 estudantes matriculados. Os estudantes tem faixa etária média de 15 anos e são provenientes de diferentes escolas do ensino fundamental de Bambuí e municípios circunvizinhos. Para efeito deste trabalho os alunos foram identificados por número, de aluno 1 a aluno 14.

2.2 Método

O presente trabalho é caracterizado por ser um estudo de campo, pois segundo Gil (2008), este procura o aprofundamento de uma realidade específica, sendo realizada por meio da observação direta das atividades do grupo com o intuito de captar as explicações e interpretações que ocorrem naquela realidade. De natureza qualitativa que busca interpretar dados da realidade a partir da perspectiva dos pesquisados (Pereira, 2018). Ainda, segundo Gil (1999), a pesquisa feita por meio de questionário possui eficácia na identificação do nível de percepção dos entrevistados acerca dos temas pesquisados.

A pesquisa adotou como referência o sistema de arrefecimento (Senar, 2010) dos motores de combustão interna refrigerados com líquido de arrefecimento e conceitos de transferência de calor (Çengel, 2012).

Para identificar a evolução de modelos mentais dos estudantes aplicou-se a cada aluno um questionário prévio, antes do desenvolvimento do conteúdo, e aplicou-se outro questionário pós desenvolvimento do conteúdo. Ambos questionários, com valor máximo de quatro pontos, tiveram cinco questões de 0,8 ponto cada, sendo disponibilizados e corrigidos na plataforma Moodle do IFMG Campus Bambuí.

Os questionários foram do tipo múltipla escolha, permitida apenas uma tentativa, e duração de 50 minutos. Classificaram-se as questões segundo o nível de dificuldade em questão de nível fácil, nível médio ou nível difícil.

O questionário prévio solicitou os alunos em três questões de nível fácil, uma questão de nível médio e uma questão de nível difícil. As questões do questionário prévio e respectivo nível de dificuldade são apresentadas a seguir.

Questão 1. Nos motores de combustão interna que utilizam líquido de arrefecimento, é correto afirmar sobre seus componentes. (NÍVEL MÉDIO).

- a) A tampa do radiador tem a função de controlar a temperatura interna do sistema e apresenta duas válvulas sendo uma de pressão e outra de depressão.
- b) A válvula termostática tem a função de controlar a pressão do sistema através do fluxo de água do motor para o radiador.
- c) A tampa do radiador tem a função de controlar a pressão interna do sistema e apresenta duas válvulas sendo uma de pressão e outra de depressão.
- d) O sensor de temperatura tem a função de controlar a pressão do sistema através do fluxo de água do motor para o radiador.

- e) A tampa do radiador tem a função de evitar a entrada de ar no sistema.

Questão 2. Sobre o estado físico da água no sistema de arrefecimento é correto afirmar. (NÍVEL FÁCIL).

- a) A tampa do radiador mantém a pressão interna do sistema acima da pressão atmosférica, elevando o ponto de ebulição da água, permitindo que a água se mantenha em estado líquido mesmo acima de 100°C.
- b) A tampa do radiador mantém a pressão interna do sistema acima da pressão atmosférica, elevando o ponto de congelamento da água, permitindo que a água se mantenha em estado líquido mesmo acima de 100°C.
- c) O uso de aditivo à base de etilenoglicol na água eleva o ponto de congelamento da água permitindo que se mantenha em estado líquido mesmo acima de 0°C.
- d) O uso de aditivo à base de etilenoglicol na água eleva o ponto de ebulição da água permitindo que se mantenha em estado gasoso mesmo acima de 100°C.
- e) O uso de aditivo à base de etilenoglicol na água diminui o ponto de congelamento da água permitindo água se mantenha em estado sólido mesmo abaixo de 0°C.

Questão 3. A preocupação em se manter a água em estado líquido no sistema de arrefecimento se deve ao fato que. (NÍVEL FÁCIL).

- a) A água entra em ebulição a 100°C e ocorre formação de bolhas no sistema, prejudicando a circulação do líquido.
- b) A água entra em congelamento a 100°C e ocorre formação de bolhas no sistema, prejudicando a circulação do líquido.
- c) A água entra em ebulição a 0°C e ocorre formação de bolhas no sistema, prejudicando a circulação do líquido.
- d) A água não muda de estado físico independente da temperatura.
- e) O ponto de ebulição da água é 0°C e abaixo dessa temperatura a água assume o estado sólido, prejudicando a circulação do líquido.

Questão 4. Nos motores de combustão interna que utilizam líquido de arrefecimento é correto afirmar sobre a função do sistema de arrefecimento. (NÍVEL FÁCIL).

- a) Manter a temperatura ideal de funcionamento do motor.
- b) Manter a pressão ideal de funcionamento do motor.
- c) Manter a velocidade de funcionamento do motor.

- d) Manter a vibração do motor.
- e) Manter a razão de mistura do combustível do motor.

Questão 5. O arrefecimento de motores de combustão interna pode ser. (NÍVEL DIFÍCIL).

- a) A água com circulação forçada.
- b) A água sem bomba d'água, nesse caso a circulação é por termossifão.
- c) A ar com ventilador.
- d) A ar sem ventilador.
- e) Todas as alternativas estão corretas.

Após o desenvolvimento do conteúdo sobre sistema de arrefecimento de motores de combustão interna, aplicou-se o questionário sobre este tópico, o qual contou com três questões de nível médio e duas questões de nível difícil. As questões do questionário pós e respectivo nível de dificuldade são apresentadas a seguir.

Questão 1. Qual dos componentes citados abaixo fazem parte do sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna? Assinale a alternativa correta. (NÍVEL MÉDIO).

- a) Bomba centrífuga.
- b) Bomba de combustível.
- c) Filtro de ar.
- d) Catalisador.
- e) Sensor de rotação.

Questão 2. O calor pode ser transferido por condução, convecção e radiação. Levando em consideração o sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna, assinale a alternativa correta. (NÍVEL MÉDIO).

- a) O calor é transferido somente por condução e radiação.
- b) O calor é transferido somente por condução e convecção.
- c) O calor é transferido somente por convecção.
- d) O calor é transferido somente por condução.
- e) O calor é transferido por condução, convecção e radiação.

Questão 3. Levando em consideração a velocidade do líquido de arrefecimento dos motores de combustão interna, assinale a alternativa correta. (NÍVEL DIFÍCIL).

- a) Com o aumento da velocidade do fluido, diminui a radiação de calor e conseqüentemente aumenta o arrefecimento.
- b) A velocidade do fluido não influencia o arrefecimento.
- c) Com o aumento da velocidade do líquido de arrefecimento, aumenta a convecção de calor e conseqüentemente aumenta o arrefecimento.
- d) Com o aumento da velocidade do fluido, diminui a radiação de calor e conseqüentemente diminui o arrefecimento.
- e) Quanto mais lento for a passagem do líquido de arrefecimento, maior é a troca de calor.

Questão 4. Com relação à temperatura de funcionamento dos motores de combustão interna, é correto afirmar. (NÍVEL DIFÍCIL).

- a) Possuem uma faixa de temperatura em que têm melhor rendimento.
- b) Possuem uma faixa de temperatura de funcionamento somente na partida a frio.
- c) Quanto menor for a temperatura, melhor será o rendimento destes motores.
- d) Possuem uma faixa de temperatura de funcionamento que varia com a rotação destes motores.
- e) Quanto maior for a temperatura, melhor será o rendimento desses motores.

Questão 5. Com relação à área de troca de calor do radiador do sistema de arrefecimento, assinale a alternativa correta. (NÍVEL MÉDIO).

- a) A área de troca de calor do radiador influencia no arrefecimento e é a mesma área para todos os motores de combustão interna.
- b) A área de troca de calor do radiador influencia no arrefecimento e quanto mais leve for o motor de combustão interna, maior será a área.
- c) Quanto maior for a área de troca de calor do radiador, maior será o arrefecimento dos motores de combustão interna.
- d) Quanto maior for a área de troca de calor do radiador, menor será o arrefecimento dos motores de combustão interna.
- e) A área de troca de calor do radiador não tem influência no arrefecimento dos motores de combustão interna.

A partir da plataforma Moddle obtiveram-se os acertos e os erros dos alunos em cada questão e procedeu-se à análise qualitativa dos resultados buscando identificar a evolução dos níveis dos modelos mentais dos alunos sobre os sistemas de arrefecimento, com o intuito de

diagnosticar a eficácia do processo de desenvolvimento do conhecimento.

3. Resultados e Discussão

Em que pesem as possibilidades de emprego de análises estatísticas sofisticadas para diagnosticar evolução de modelos mentais, adotou-se neste trabalho a análise qualitativa dos resultados, buscando diagnosticar a evolução do modelo mental do aluno, como resultado das estratégias de ensino aprendizagem adotadas na disciplina. Nesse caso, à semelhança do adotado por Duque et al. (2015), mais que identificar um modelo (que é realmente algo complexo), objetivou-se, principalmente, atestar de perto a qualidade da maturação conceitual dos alunos.

A análise qualitativa dos dados partiu da determinação da nota individual de cada aluno, da média geral do questionário e da situação de cada aluno em relação à média geral do grupo. Também procedeu-se à soma dos resultados dos alunos em cada questão, para verificar a performance geral em diferentes níveis de dificuldade e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Nota dos alunos, média global da turma, porcentagem de acerto e porcentagem em relação à média da turma, no questionário prévio.

ALUNO	Q1*	Q2	Q3	Q4	Q5	NOTA	Nota (%)	(%) em relação à média
1	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	1,6	40	57,1
2	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	3,2	80	114,3
3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0	100	142,9
4	0,8	0,0	0,8	0,8	0,8	3,2	80	114,3
5	0,0	0,0	0,8	0,8	0,8	2,4	60	85,7
6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,8	20	28,6
7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0	100	142,9
8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	3,2	80	114,3
9	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	3,2	80	114,3
10	0,0	0,8	0,8	0,8	0,0	2,4	60	85,7
11	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	3,2	80	114,3
12	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	3,2	80	114,3
13	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	1,6	40	57,1
14	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	3,2	80	114,3
SOMA=	5,6	7,2	10,4	11,2	4,8	SOMA=	980	
						MÉDIA=	70,00	

*Nível de dificuldade: Q1= MÉDIO, Q2= FÁCIL; Q3= FÁCIL; Q4= FÁCIL; Q5= DIFÍCIL
Fonte: Os autores (2020).

A média geral de 70% expressa que a turma como um todo já tinha algum modelo mental estruturado sobre o tema. Todavia, ao aprofundarmos análise da Tabela 1, através da comparação individual de cada aluno em relação à média da turma, percebemos que a turma é heterogênea, e que nove alunos (alunos 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12 e 14) se posicionaram acima da média, enquanto cinco alunos (alunos 1, 5, 6, 10 e 13) não atingiram a média do grupo. O aluno 6 foi o que mais se distanciou para menos 28,6% em relação à média do grupo. Os alunos 2 e 7 foram os que mais se distanciaram para mais 28,6% em relação à média do grupo.

Da análise nos dados da soma da pontuação geral em cada questão (tabela 1) percebe-se que houve menor acerto na questão de nível difícil, com soma das notas igual a 4,8, seguida pela questão de nível médio com soma das notas igual a 5,6, e por fim as questões de nível fácil, corroborando os critérios de hierarquização das questões.

Os resultados do grupo no questionário pós apresentados na Tabela 2 permitem comparar, qualitativamente, a evolução dos modelos mentais dos alunos com o desenvolvimento do conteúdo sobre arrefecimento de motores de combustão interna.

Tabela 2. Nota dos alunos, média global da turma, porcentagem de acerto e porcentagem em relação à média da turma, no questionário pós desenvolvimento do conteúdo.

ALUNO	Q1*	Q2	Q3	Q4	Q5	NOTA	Nota (%)	(%) em relação à média
1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	1,6	40	68,3
2	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	3,2	80	136,6
3	0,8	0,0	0,8	0,8	0,8	3,2	80	136,6
4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0	100	170,7
5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	1,6	40	68,3
6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0	100	170,7
7	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	3,2	80	136,6
8	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	1,6	40	68,3
9	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	1,6	40	68,3
10	0,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,6	40	68,3
11	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	20	34,1
12	0,8	0,8	0,0	0,0	0,8	2,4	60	102,4
13	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	3,2	80	136,6
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	20	34,1
SOMA=	6,4	7,2	3,2	6,4	9,6	SOMA=	820	
						MÉDIA=	58,6	

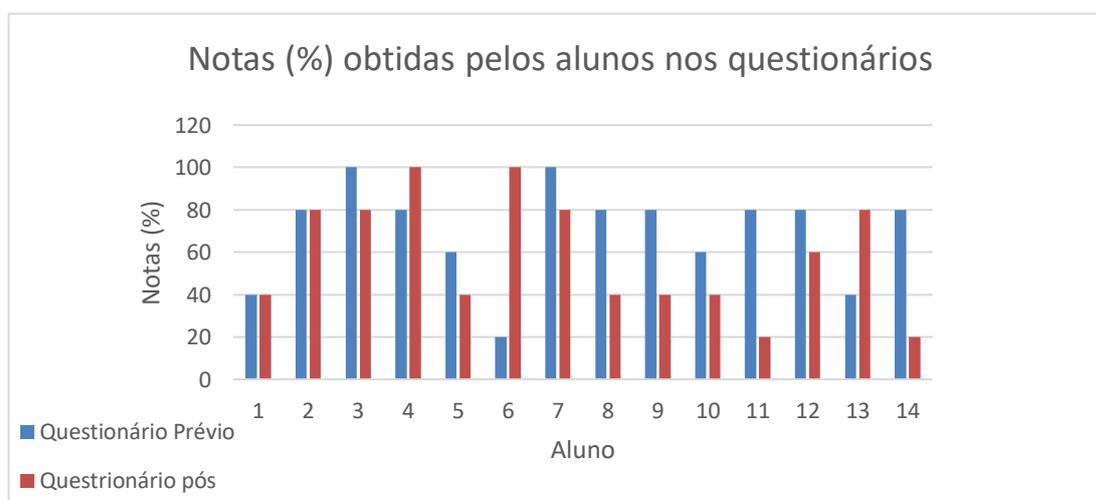
*Nível de dificuldade: Q1= MÉDIO, Q2= MÉDIO; Q3= DIFÍCIL; Q4= DIFÍCIL; Q5= MÉDIO
Fonte: Os autores (2020).

A média geral de 58,6% para o grupo no questionário pós conteúdo foi inferior àquela de 70%, obtida no questionário prévio. Já era esperado esse comportamento em consequência do aumento no grau de dificuldade das questões do questionário pós, em relação ao questionário

prévio. Ao aprofundarmos análise da Tabela 2, através da comparação individual de cada aluno em relação à média da turma, percebemos que a turma se manteve heterogênea, e que sete alunos (alunos 2, 3, 4, 6, 7, 12 e 13) se posicionaram acima da média enquanto sete alunos (alunos 1, 5, 8, 9, 10, 11 e 14) não atingiram a média do grupo.

O gráfico da Figura 1 apresenta as notas (%) obtidas por cada estudante nos dois questionários aplicados. Percebe-se que houve também heterogeneidade na evolução do modelo mental dos alunos, sendo que destaca-se o o diferencial do aluno 6, que obteve nota 20% no questionário prévio e nota 100% no questionário pós. Na mesma linha de progresso seguiram os alunos 4 e 13. Os alunos 1 e 2 não tiveram progresso expressivo enquanto os alunos 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, e 14 apresentaram diminuição de nota. Em uma análise superficial caberia o comentário que a estratégia de desenvolvimento do conteúdo seria falha, por não ter elevado as notas de todos os alunos. Todavia, há que se considerar o aumento do grau de dificuldade das questões entre o questionários prévio e o questionário pós.

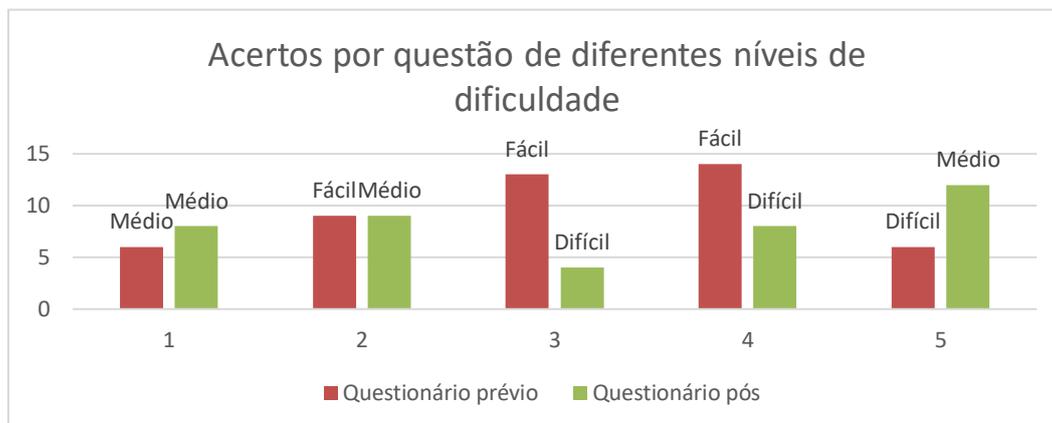
Figura 1. Notas obtidas pelos alunos nops dois questionários.



Fonte: Os autores (2020).

Analisando-se a Figura 2, à luz dos níveis de dificuldade das questões dos dois questionários, percebe-se que houve evolução dos modelos mentais dos alunos sobre o conteúdo arrefecimento.

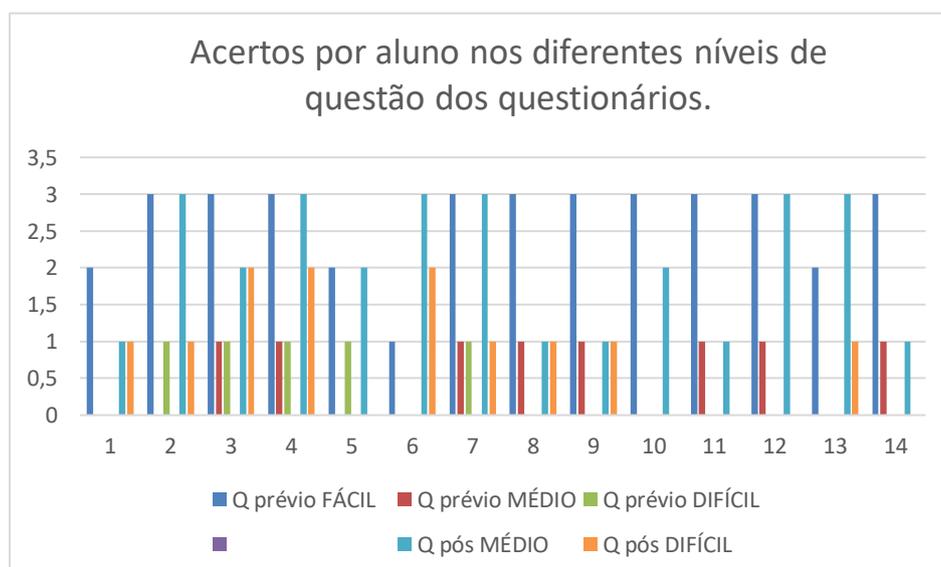
Figura 2. Número de acertos das questões de diferentes níveis de dificuldade, pelo grupo de 14 alunos, nos dois questionários.



Fonte: Os autores (2020).

Portanto, é possível observar levando em consideração os resultados das Figuras 1 e 2, que os alunos desenvolveram e aumentaram o nível de conhecimento sobre o assunto abordado. Tendo em vista que o foco da pesquisa é o aprimoramento dos modelos mentais dos alunos no tema arrefacimento, cabe a análise dos resultados individuais. Conforme os resultados mostrados na Figura 3.

Figura 3. Número de acertos por aluno nos diferentes níveis de dificuldade.



Fonte: Os autores (2020).

Analisando o gráfico mostrado na Figura 3, temos que o aluno 1 apresentou um modelo mental precário no questionário prévio, se limitando a acertar as questões de nível fácil;

entretanto, no questionário pós obteve algum progresso acertando uma questão de nível médio e uma questão de nível difícil.

O aluno 2 já apresentava o modelo mental mais elaborado no questionário 1 e manteve a performance no questionário pós.

O aluno 3 acertou todas as questões do questionário prévio e também manteve sua performance por errar apenas uma questão de nível médio no questionário pós.

O aluno 4 evoluiu sua performance, tendo acertado todas as questões do questionário pós.

O aluno 5 considera-se que manteve sua performance, pois no questionário prévio acertou questões de nível fácil, e no questionário pós não acertou nenhuma questão de nível difícil.

O aluno 6 se destacou em termos de evolução de modelo mental frente ao conteúdo desenvolvido, pois seu resultado no questionário prévio foi o acerto de apenas uma questão do nível fácil e, em contrapartida, acertou todas as questões do questionário pós.

O aluno 7 apresentou modelo mental bem estruturado no questionário prévio, contudo apresentou dificuldades com questões de nível difícil, conforme evidenciado nos resultados do questionário pós.

O aluno 8 manteve sua performance acertando questões de nível médio a fácil, entretanto apresentou dificuldades em resolver questões de nível difícil em ambos questionários.

O aluno 9 se manteve a acertar questões de nível médio a fácil em ambos questionários não revelando expressivo progresso de modelo mental na estratégia utilizada. Na mesma categoria pode-se abrigar os estudantes 10, 11 12 13 e 14.

Os resultados apresentados permitiram identificar a heterogeneidade dos modelos mentais dos alunos do grupo, bem como as diferentes evoluções individuais desses modelos, diante do desenvolvimento do conteúdo arrefecimento de motores de combustão interna.

4. Considerações Finais

As pessoas aprimoram seus modelos mentais do mundo, e isso é importante no processo de ensino e aprendizagem; todavia a dificuldade reside em investigar tais modelos. Por outro lado, talvez seja mais fácil identificar invariantes operatórios dos alunos em vez de modelos mentais. Quanto à metodologia, a análise qualitativa de documentos produzidos pelos alunos tem sido uma técnica utilizada na pesquisa sobre modelos mentais.

O uso dos questionários prévio e pós desenvolvimento do conteúdo mostrou-se eficiente em diagnosticar o amadurecimento do modelo mental dos alunos. Por outro lado há que se considerar que o material didático foi o mesmo para todos os alunos, sem uma pesquisa preliminar sobre o estilo de aprendizagem de cada aluno.

Levando em consideração os conceitos desenvolvidos e os resultados obtidos neste estudo, como sugestão para trabalhos futuros, indicamos pesquisar e diagnosticar os estilos de aprendizagem e a disponibilização de materiais didáticos adequados à cada estilo.

Referências

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Platano Edições.

Borges, A. T. (1998). Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 5(1), 7-31. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6968>.

Çengel, Y. A. (2012). *Transferência de calor e massa: uma abordagem prática*. (4a ed.) New York: McGraw Hill.

Duque, T. O., Souza, P. F., Santos, H. M., Vieira, J. N. (2015). Falhas nas avaliações tradicionais em diversos níveis de escolaridade: um estudo envolvendo tópicos de matemática financeira através de níveis e subníveis de modelos mentais. *Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências*, 15(2), 427-452. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4321>.

Gil, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4a ed.), São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (1999). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas.

Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242537147_Schematic_Modeling_for_Meaningful_Learning_of_Physics.

Mateus, P. G. (2019). *levantamento de modelos mentais para verificação de aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico em licenciandos em química (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. Recuperado de <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11890?show=full>.

Moreira, M. A. (1999) *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.

Moreira, M. A., Soares, S., Paulo, I. C. Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. *Revista Brasileira de Educação Científica e Tecnológica*, 1(3), 1-12. Recuperado de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/235>.

Pereira, A. S. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria: UFSM, NTE.

Prates, J. B. M. (2020). Ciência cognitiva e modelos mentais no ensino da ética. *Revista Educação, Psicologia e interfaces*, 4(2), 09-21. DOI: <https://doi.org/10.37444/issn-2594-5343.v4i2.186>.

Senar (2010). *Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Tratores Agrícolas: manutenção de tratores agrícolas / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural*. (2a ed.), Brasília: SENAR.

Sternberg, R.J. (2010). *Psicologia Cognitiva*. Porto Alegre: Artmed Editora.

Vieira J. N., Colvara, L. D. (2007). Engenharia para as novas gerações: visualizações gráficas para o ensino de estabilidade de sistemas de energia elétrica. *Congresso brasileiro de ensino de engenharia*, 35(1), 1239-1250. Recuperado de <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/12/artigos/201Niltom%20Vieira%20Junior.pdf>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Vladimir Antonio da Silva – 40%

Rodrigo Caetano Costa – 40%

Viviane Lima Martins – 20%