



**Universidade Federal do
Rio de Janeiro**

Programa de pós-graduação em
Ensino de Física
Campus Macaé



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**MÉTODOS ATIVOS DE APRENDIZAGEM
APLICADOS EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

William de Sant'Anna dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé-RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio C. C. Guimarães

Macaé-RJ

Março de 2017

MÉTODOS ATIVOS DE APRENDIZAGEM APLICADOS EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

William de Sant'Anna dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Antonio C. C. Guimarães

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé-Rj, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Antonio C. C. Guimarães

Prof. Dr. Habib Salomon Dumet Montoya

Prof. Dr. Marcos Veríssimo Alves

Macaé-RJ

Março de 2017

S231m Santos, William de Sant'Anna dos
Métodos Ativos de Aprendizagem aplicados em
aulas de Física do ensino médio / William de
Sant'Anna dos Santos. -- Macaé, 2017.
115 f.

Orientador: Antonio Candido de Camargo Guimarães.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Campus UFRJ-Macaé, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Ensino de Física. 2. Métodos Ativos de
Aprendizagem. 3. Ensino sob Medida. 4. Instrução pelos
Colegas. I. Guimarães, Antonio Candido de Camargo,
orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro -
Campus Macaé. III. Programa de Pós-Graduação em Ensino
de Física. IV. Métodos Ativos de Aprendizagem
aplicados em aulas de Física do ensino médio.

À minha família.

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para construção deste trabalho. Em especial, agradeço,

A Deus, por me permitir chegar aqui.

Aos meus pais, Dalva e Helio, que lutaram para que seus filhos tivessem uma educação. Toda minha vida é resultado do trabalho de vocês, obrigado.

A todos os meus irmãos. Em especial, ao meu irmão Helio de Sant'Anna. Obrigado pelo incentivo e apoio durante toda minha jornada.

À minha esposa, Priscila, por ter suportado junto todas as angústias do caminho.

Ao meu filho Pedro Henrique, por ser uma criança maravilhosa e ter compreendido minhas ausências.

Aos meus colegas do curso, obrigado pelo apoio.

Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo Macaé-RJ, pelas experiências compartilhadas.

Ao Prof. Antonio, obrigado pela forma como direcionou este trabalho, pela compreensão e confiança.

Aos meus alunos, inspiradores no meu trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

MÉTODOS ATIVOS DE APRENDIZAGEM APLICADOS EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

William de Sant'Anna dos Santos

Orientador: Antonio C. C. Guimarães

Utilizamos dois métodos de aprendizagem ativa, Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC), em cursos de física do ensino médio e, a partir dessa experiência, produzimos um guia de implementação dos métodos voltado para professores. Os métodos ativos fazem com que os alunos participem do processo de ensino-aprendizagem de forma colaborativa, sendo os protagonistas na produção do saber. Neste trabalho mostramos que, fundamentados na teoria de Ausubel, Novak, Gowin e Vygotsky, os métodos auxiliam no processo para se atingir uma aprendizagem significativa. O Ensino sob Medida, além de auxiliar o maior comprometimento do aluno com as tarefas de casa, possibilita que o professor tenha um direcionamento de quais pontos do assunto devem ser trabalhados com mais atenção. O professor envia um material de leitura e um questionário que deve ser respondido antes da aula e com base nesse *feedback* foca a aula nos pontos que mais geraram dúvidas. O método Instrução pelos Colegas consiste, basicamente, na aplicação de testes conceituais que seguem uma dinâmica em que o aluno não tem como não participar ativamente da aula. Os alunos respondem aos testes em aula, questão por questão, discutindo e tentando convencer seus colegas sobre as respostas que julgaram corretas. São métodos ativos complementares que contribuem para uma aprendizagem realmente significativa. Para verificar este ganho, aplicamos testes antes e depois das aulas em duas turmas que desenvolveram o mesmo conteúdo: uma turma seguindo os métodos ativos e a outra o método convencional. Destacamos os resultados da experiência que mostram que

com os métodos ativos os alunos se sentem mais confiantes e conseguem resultados melhores na avaliação. Como resultado do trabalho, nosso produto educacional é um guia para o professor do ensino médio ser introduzido e orientado na implementação dos métodos ativos de aprendizagem. Esperançosamente, auxiliaremos para que novas e poderosas ferramentas possam ser utilizadas, tornando o processo pedagógico mais dinâmico e interessante para professor e aluno, e a aprendizagem mais efetiva.

Palavras-chave: Ensino sob Medida, Instrução pelos Colegas, ensino de física, aprendizagem significativa.

Macaé-RJ

Março de 2017

ABSTRACT

We used two active learning methods, Just-in-Time Teaching (JiTT) and Peer Instruction (PI), in high school physics classes and from this experience produced an implementation guide for teachers. The active methods allow students to participate in the teaching-learning process in a collaborative way, being the protagonists of the knowledge construction. In this work we show that, based on the theory of Ausubel, Novak, Gowin and Vygotsky, the methods help in the process of achieving significant learning. Just-in-Time Teaching, in addition to assist students achieving a greater commitment with homework, allows the teacher to better decide which subjects should be worked out with greater attention. The teacher sends a reading material and a questionnaire that must be answered before the class and based on this feedback focuses the lecture on the points that have generated the most doubts. The method Peer Instruction consists basically in the application of conceptual tests that follow a dynamics in which students have no choice but to participate actively in the classroom activities. Students respond to classroom quizzes, question by question, discussing and trying to convince their classmates about the answers they thought correct. The methods are complementary and contribute to a truly meaningful learning. In order to verify the gain, we applied before and after school tests in two classes that developed the same content: one group subject to the active learning methods and another to the conventional method. We highlight the results of the experience that show that with the active methods students feel more confident and achieve better results in the evaluation. As a result of our work, our educational product is a guide for high school teacher meant to introduce and orientate them in the implementation of the active learning methods. Hopefully, we will facilitate the use of new and powerful tools, making the pedagogical process more dynamic and interesting for teachers and students, and the learning to be more effective.

Keywords: Just-in-time Teaching, Peer Instruction, physics teaching, meaningful learning.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introdução | 1 |
| 2 | A Aprendizagem significativa | 5 |
| 3 | Métodos ativos de Aprendizagem | 17 |
| 3.1 | Ensino sob Medida (EsM) | 17 |
| 3.2 | Instrução pelos Colegas (IpC) | 22 |
| 3.3 | Complementariedade dos métodos EsM e IpC | 25 |
| 4 | A experiência didática | 28 |
| 4.1 | Preparação e desafios | 28 |
| 4.1.1 | EsM: testando ferramentas de interação com os alunos | 28 |
| 4.1.2 | Aprendendo o método IpC | 35 |
| 4.2 | Combinando os métodos ativos | 42 |
| 5 | Resultados e Discussões | 53 |
| 5.1 | Pré e pós-testes | 53 |
| 5.1.1 | Questões objetivas | 54 |
| 5.1.2 | Questões do tipo verdadeiro (V) ou falso (F) | 55 |
| 5.1.3 | Aprofundando a análise | 57 |
| 5.1.4 | Análise qualitativa | 60 |
| 6 | Produto educacional | 63 |
| 7 | Conclusões | 67 |
| | Referências | 70 |
| | Anexo 1 Pré e Pós-testes | 72 |
| | Anexo 2 Tarefas de Leitura (EsM) | 77 |
| | Anexo 3 Testes Conceituais (IpC) | 79 |
| | Apêndice Aprendizagem Ativa de Física no Ensino Médio: Guia Prático Para o Professor | 86 |

Capítulo 1

Introdução

Estudantes do Ensino Básico e Superior costumam declarar a física como um de seus maiores desafios durante sua formação, muitos por não conseguirem contextualizar e entender o significado físico de tantas equações que são tão básicas para os professores que estão apresentando os conteúdos. Não há dúvidas de que é necessário que os profissionais, responsáveis pela orientação do desenvolvimento cognitivo dos discentes, busquem, cada vez mais, alternativas para que possam desenvolver suas potencialidades e também se interessarem mais pela disciplina ou curso.

Em nossa experiência percebemos que quando pedimos que os discentes avaliem nossas aulas, conseguimos, na maioria das vezes, boas avaliações, porém, de uma forma geral, os nossos alunos continuam evitando a física. Foi exatamente isto que aconteceu na Universidade de Harvard. Eric Mazur, professor das disciplinas de física básica notou que seus alunos o avaliavam muito bem, porém não aprendiam mais que outros alunos de outras instituições e que o pensar em física não fazia parte da sua aula. Chegou a tal conclusão através de um teste presente em um artigo que lhe fora apresentado por colegas da Califórnia.

Por exemplo, o autor daquele artigo, David Hestenes, deu o teste a três grupos. O primeiro consistia em turmas com professores premiados. O segundo grupo compreendia turmas com professores com uma classificação muito baixa (...) Finalmente, o terceiro grupo consistia em professores com turmas pequenas (até 20 alunos). Se compararmos a evolução nos vários grupos ao longo do semestre verificamos que não há diferença. Por outras palavras, os alunos não aprendem muito numa aula convencional (passiva), independentemente da forma como se ensina (...) Não pode ser verdade! E muito menos com os meus alunos de Harvard!". Decidi mostrar a esse autor que a situação era diferente com os meus alunos. Dei-lhes o teste e notei de imediato que havia algo de errado com a minha turma. Logo no início uma aluna perguntou: "Prof. Mazur, como é que respondo a estas perguntas? De acordo com o que ensinou ou de acordo com aquilo que eu penso?. Olhei para ela e pensei: "Qual é a diferença?". É claro que os alunos de Harvard são melhores do que um aluno médio americano, mas mesmo assim (...)

Esta constatação o incomodou demais e o fez refletir sobre o que é ensinar e o que é aprender e onde estava o seu erro. Neste processo de busca pela excelência, muito abalado, se deparou com uma questão em que o aluno não conseguia entender, mesmo ele lhe explicando várias vezes, fato muito comum nas aulas de física, então o professor Mazur, já percebendo que não havia mais como ele lhe explicar a situação pediu que outro aluno lhe ajudasse a resolver a questão . Foi aí que percebeu que havia um problema de linguagem e que a interação entre os alunos discutindo conceitos da física poderia ser muito mais valiosa do que havia pensado.

A resolução de problemas sem contexto ou memorização de fórmulas não facilita a compreensão dos fenômenos. Nosso trabalho parte da ideia, também citada por Mazur, de que, em contrapartida, a compreensão dos fenômenos se faz necessária em todo o processo de aprendizagem.

Neste trabalho tentaremos refletir sobre trabalhos construídos para que a aprendizagem seja significativa e sólida. Vamos apresentar os métodos construídos e as teorias de aprendizagem que julgamos possibilitem o professor refletir sobre a sua prática e, caso seja convencido, melhorá-la.

No capítulo 2, descreveremos sucintamente as teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel, com as contribuições de Novak e Gowin e na teoria sociointeracionista de Vygotsky. A nossa intervenção visa ao desenvolvimento da estrutura cognitiva do aluno e para isso faremos uso dos chamados métodos ativos de aprendizagem, apresentados com detalhes no capítulo 3 deste trabalho.

No capítulo 3, detalhamos a dinâmica dos métodos “Instrução pelos Colegas” (MAZUR, 1997) (tradução livre do original *Peer Instruction*, adotada para evitar uma confusão comum da tradução literal “Instrução pelos Pares” em que “Pares” são entendidos como duplas de alunos, necessariamente) e Ensino sob Medida (*Just-in-time Teaching*) (NOVAK, ET AL., 1999). Os métodos permitem ao aluno ser sujeito ativo na construção do aprendizado, fazendo da figura do professor um orientador em seus estudos. Numa das dinâmicas de sala de aula, os alunos apresentam suas respostas a várias questões conceituais propostas pelo professor e dois momentos

de interação são criados: os colegas discutem com linguagem própria e o professor faz uma exposição focada nas reais necessidades da turma.

Os métodos criam um ambiente integrador em que todos participam da aula e se envolvem, tornando a aula interativa e com pouca dispersão em relação ao assunto. Os alunos precisam ser participativos, precisam ser cativados de forma a entender que o seu esforço gratifica-os através da construção de conhecimento sólido. Um dos propósitos é reforçar a ideia de que aluno que reflete sobre o que estuda aprende.

Acreditamos que cabe ao professor, profissional na arte de ensinar, oferecer meios para que o aluno tenha o melhor desenvolvimento cognitivo possível e que neste desenvolvimento sejam respeitadas as necessidades individuais e o tempo de aprendizagem do educando. A partir das experiências, fica muito claro que a mescla de métodos e a participação efetiva de todos os alunos são oportunidades para que o processo de aprendizado seja efetivo e que todos da turma façam parte deste.

Os métodos *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas ou por pares – IpC) e *Just-in-time teaching* (Ensino sob Medida – EsM), que são objetos de estudo da presente dissertação, foram desenvolvidos, respectivamente, por Mazur, a partir de 1997, em Harvard, EUA, e por Novak et al., em 1999, na Universidade de Indiana, EUA. Os métodos são complementares entre si, pois, na prática, o primeiro direciona a aplicação do segundo. Na realidade de hoje, veloz, com variadas fontes de informação e com a tecnologia virtual disponível, a utilização de novos métodos é de extrema importância. Aliás, o conhecimento de métodos variados possibilita ferramentas para levar o discente a uma aprendizagem significativa, até que este consiga adequar seu conhecimento ao conhecimento da comunidade de usuários. Com este conhecimento pode-se criar mais e novos desafios em sala de aula. A motivação do aluno para realização de qualquer tarefa é imprescindível. O aluno precisa perceber a dificuldade, mas também perceber o seu desenvolvimento, sentir-se capaz de atingir as metas propostas.

No Capítulo 4, descrevemos detalhadamente a nossa experiência e todo o processo pelo qual passamos para aplicar os métodos ativos em nossas turmas de Ensino Médio. Apresentaremos nossas dificuldades e as ferramentas que testamos

para adaptar à nossa realidade os mecanismos de interação indicados e faremos uma breve análise sobre as reais possibilidades de aplicação.

No Capítulo 5, apresentamos resultados da aplicação dos métodos e para isso contamos com um pré-teste e um pós-teste que nos dão um direcionamento sobre o ganho que os alunos tiveram em relação aos métodos convencionais de ensino.

Em seguida, no capítulo 6, damos ênfase às bases pedagógicas e como chegamos ao nosso produto educacional, que está apresentado no Apêndice. Propomos um material direcionado aos professores que desejarem fazer uso dos métodos IpC e EsM, um resumo de passo a passo para quem desejar ir direto para sala de aula aplicar os métodos. É em verdade um dos principais objetivos de nosso estudo: o produto de nosso trabalho, um conjunto de sugestões para tornar o uso dos métodos ativos que servem de base para a nossa dissertação uma opção palpável, prática, simples.

No capítulo 7 fazemos as considerações finais. Queremos até o final desta dissertação comprovar a eficácia dos métodos IpC e EsM, realçando a sua contribuição para o ensino de física. Esperamos conseguir justificar o potencial da seleção de algumas sugestões e experiências com a IpC e o EsM para a prática do professor, especialmente nas turmas de ensino médio.

Capítulo 2

A Aprendizagem Significativa

O embasamento teórico do trabalho do professor em qualquer área pode ser primordial para que ele desenvolva o seu trabalho de forma realmente produtiva. Conhecer que teoria de aprendizagem ou filosofia(s) de educação sustenta(m) a nossa prática representa muitas vezes o limite em saber ou não de fato o que se está fazendo. É lamentável que muitos professores em formação não tenham contato com conceitos e metodologias de ensino. Em boa parte das vezes, há uma supervalorização das questões específicas da disciplina e não se trata com a devida atenção os aspectos pedagógicos. Tal tendência acaba fazendo com que professores em formação sejam levados a uma prática de ensino pautada em “achismos” ou motivada por propostas da moda.

Os métodos intitulados IpC – Instrução pelos Colegas (MAZUR, 1997) – e EsM – Ensino sob Medida (NOVAK et al, 1999) –, os quais constituem o foco deste trabalho, encontram fundamentação adequada nas concepções a serem apresentadas, a saber, especialmente Ausubel, Novak, Gowin e Vygotsky (MOREIRA, 1999; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Mesmo que tenhamos a noção de que a própria definição de “aprendizagem” seja resultado de uma compreensão generalizada, precisamos partir de uma concepção, de uma perspectiva. É preciso evitar a escolha de estratégias com base no senso comum, de forma superficial. Devemos ter condições para nos sentirmos profissionais devidamente preparados, teoricamente fundamentados, já que há pressupostos teóricos que fundamentam ou justificam as nossas ações, tenhamos consciência ou não. Em nosso trabalho, cumpre, por exemplo, apresentar pelo menos brevemente a noção em torno das concepções em relação às teorias da aprendizagem. Moreira (1999, p. 13), argumenta:

(...) não faz muito sentido ser rigoroso em relação ao uso do conceito de teoria da aprendizagem se o próprio conceito de aprendizagem tem vários conceitos não compartilhados. Alguns exemplos do que tem sido considerado como definindo aprendizagem incluem: condicionamento, aquisição de informação, aquisição de informações (aumento do conhecimento), mudança do comportamento estável, uso do conhecimento na resolução de problemas, construção de novos significados, de novas estruturas cognitivas, revisão de modelos mentais.

É importante ressaltar que nosso trabalho enfoca a aprendizagem significativa, tendo como referência a perspectiva mais comumente difundida, aquela entendida mais especificamente por aprendizagem cognitiva. Sabe-se que o que se denomina aprendizagem de forma generalizada corresponde a aumento de conhecimento, a armazenamento de informações, em verdade, uma alusão à aprendizagem cognitiva, com foco na cognição. De modo mais preciso, além desta, seria possível reconhecer a aprendizagem afetiva – com foco nos sentimentos – e a aprendizagem psicomotora – com foco nas respostas musculares a treino e prática, de acordo com Moreira (1999, p. 151). Estas duas últimas não serão nosso alvo na pesquisa.

Assim, preocupam-nos o aumento de conhecimento, a aquisição de informações e a memória, a retenção dos conhecimentos. Preocupa-nos, portanto, o que Moreira (1999, p. 13) chama de complexo organizado conhecido como estrutura cognitiva e como se dá a aprendizagem significativa ou, de forma ainda mais precisa, como defende Ausubel (MOREIRA, 1999, p. 163), “a aprendizagem verbal significativa receptiva”, como explicaremos até o fim deste capítulo.

As teorias de aprendizagem em geral envolvem três filosofias subjacentes: o comportamentalismo (behaviorismo), o cognitivismo (construtivismo) e o humanismo, adotando perspectivas socioculturais. Enfatize-se que nem sempre se poderá definir uma filosofia específica nesta ou naquela teoria de aprendizagem, posto que as teorias por vezes abarcam mais de uma corrente filosófica. Sabemos, entretanto, que o nosso trabalho diário envolve, de maneira consciente ou não, uma ou mais correntes filosóficas.

Moreira (1999, p. 18) esquematiza os principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino, conforme figura 1, sobre os quais teceremos alguns comentários:

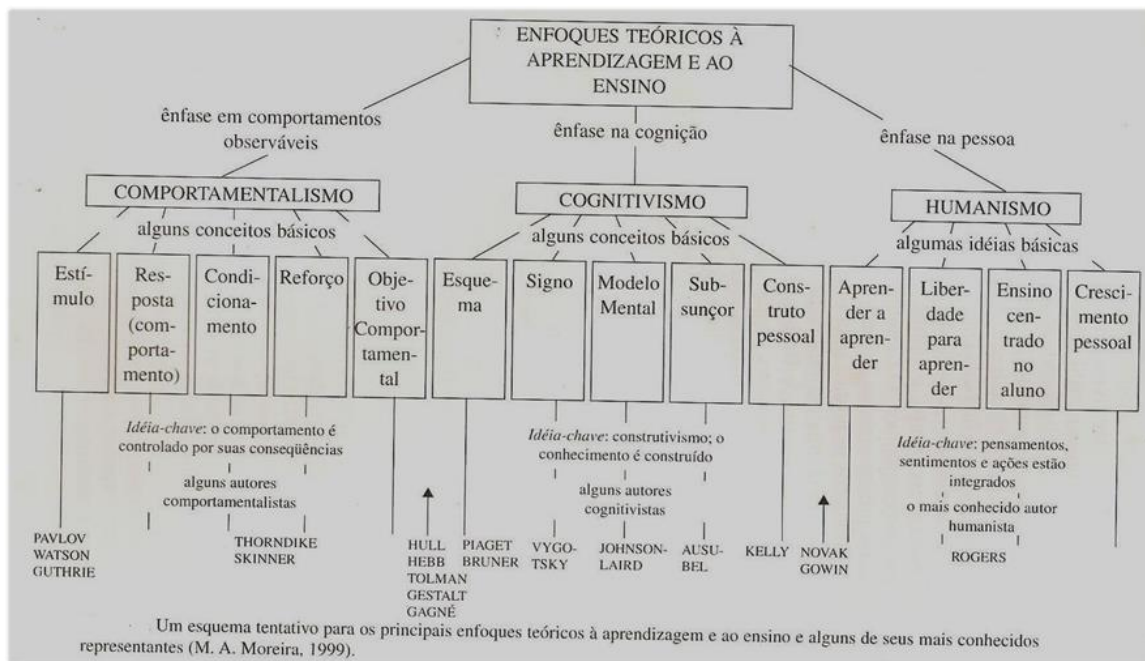


Figura 1. Principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino (MOREIRA, 1999, p. 18)

O comportamentalismo tem como enfoque os comportamentos observáveis. Tem caráter marcadamente determinista e está associado às ideias de estímulo, reforço, elogio e treinamento, dentre outras. Ostermann e Cavalcanti (2011, p. 22) afirmam que, em propostas behavioristas, os “métodos de ensino consistem nos procedimentos e técnicas necessários ao arranjo e controle das condições ambientais que asseguram a transmissão/recepção de informações”. Não é incomum que, modernamente, algumas propostas de ensino retomem tal perspectiva de cunho predominantemente comportamental, mesmo que, em alguns casos, empregando estratégias tecnológicas.

O cognitivismo enfatiza o processo de cognição, buscando compreender e utilizar estratégias que colaborem para que as estruturas cognitivas sejam efetivamente alteradas. Evidenciam-se a atribuição de significados, a compreensão, a transformação, o armazenamento e o emprego da informação. Não estamos falando em simples descoberta ou manipulação, como, de modo muito simplista, alguns defendem. É nesta abordagem que se enquadra a aprendizagem significativa, a qual perseguimos. Compreendemos que a Instrução pelos Colegas (IpC) e o Ensino sob Medida (EsM) contribuem para garantir a apreensão consciente e ativa

dos conceitos, num processo mediado pela interação social. Relacionamos, portanto, o caráter construtivista ao humanista, com nítida perspectiva sociocultural.

A corrente humanista propõe uma visão integral do aprendiz, tratando de pensamentos, sentimentos e ações, focada na autorrealização da pessoa, não apenas em seu intelecto, conforme esclarece Moreira (1999, p. 16). As concepções de caráter humanista estão compreendidas em perspectiva sociocultural, destacando-se entre os autores que as representam, como Vygotsky. A respeito deste autor, é válido destacar a preocupação de forte apelo social, ressaltando que, diferentemente do senso comum, o desenvolvimento cognitivo dependeria da aprendizagem e não o contrário. Ostermann e Cavalcanti reiteram um conceito básico em Vygotsky: “O aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica na medida em que todas as funções intelectuais superiores originam-se das relações entre indivíduos” (2011, p. 11).

É válido insistir que, ainda que tenhamos pensado a escolha dos métodos ativos inicialmente dentro de uma visão cognitivista, pois cremos acompanhar o processo de aprendizagem significativa descrito por Ausubel, não podemos deixar de registrar as influências de Vygotsky no que diz respeito à compreensão da nossa proposta. Em parte, julgamos poder explicar a eficiência do produto também a partir da noção de interação social e de valor da linguagem defendidas por Vygotsky. As condições para a aprendizagem significativa passam, dentre outros aspectos, pela capacidade de verbalizar questões, argumentos, e de negociar com o outro tais percepções.

Vygotsky (MOREIRA, 1999, p. 109) propõe que não se pode entender o desenvolvimento cognitivo sem que se leve em conta o contexto social, histórico e cultural. Considera o processo, enfatizando o quanto as relações sociais se convertem em funções mentais. Destaca, portanto, o papel da socialização no desenvolvimento dos processos mentais superiores: pensamento, linguagem, comportamento volitivo¹. Ora, como seria possível a aprendizagem com base na aplicação dos métodos ativos aqui mencionados sem envolver tais processos

² Volitivo: Adj. Que resulta da vontade; determinado pela vontade ou causado por ela; em que há intenção: ação volitiva. (Etm. do latim: volitivus; volitio de voluntas.atis). <https://www.dicio.com.br/volitivo/> Acesso em 9/12/16.

mentais superiores? Seja na leitura prévia, seja na arguição, na argumentação diante das respostas variadas, nas conclusões, os alunos são levados ao necessário comprometimento e exposição, interagindo quase que de forma inevitável.

Se a defesa de que os processos mentais superiores originam-se dos processos sociais é um dos fundamentos básicos da teoria de Vygotsky, outro é a crença de que tais processos mentais só podem ser entendidos se houver entendimento dos instrumentos e dos signos que os mediam. Outro fundamento de sua teoria é o que se convencionou chamar de “método genético-experimental” (MOREIRA, 1999, p. 117). De modo geral, sem maior aprofundamento, com o método, interessava a ele iluminar os processos, não os produtos. Se ao aluno fosse proposto um problema, não interessam as soluções a que chegavam, mas o que faziam para chegar às possíveis soluções.

Aliás, a importância atribuída à linguagem explica-se pela concepção de que a linguagem corresponde ao aspecto fundamental do desenvolvimento cognitivo. Vygotsky (1988) declara:

O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem. Embora o uso de instrumentos, pela criança durante o período pré-verbal, seja comparável àquele dos macacos antropóides, assim que a fala e o uso de signos são incorporados a qualquer ação, esta se transforma e se organiza ao longo de linhas inteiramente novas. Realiza-se, assim, o uso de instrumentos especificamente humanos, indo além do uso possível de instrumentos, mais limitado, pelos animais superiores. (p. 27).

Desse modo, nas crianças, há a separação entre a inteligência prática e o uso de signos, enquanto que, à medida que se vai tornando adulto, a tendência é que a dialética entre esses sistemas vá se transformando, conforme afirma Vygotsky (1988, p. 26), na “verdadeira essência do comportamento humano complexo”. Daí imaginarmos o quanto importa para a aprendizagem a mediação por meio da linguagem. Os alunos leem, estudam, argumentam e vão construindo a aprendizagem.

Considerando o raciocínio sócio-interacionista, na percepção de Vygotsky, o ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados. Cabe

reiterar o pensamento vygotskiano de que a aprendizagem constitui condição para o desenvolvimento cognitivo. Quando promovemos a aprendizagem, contribuimos para a reconstrução interna na mente dos alunos. E temos como referência a noção de interação e da linguagem, mediada pelo professor. Somos nós que selecionamos os elementos a serem compartilhados. Pesquisamos e, partindo da premissa de que temos já internalizados os significados socialmente aceitos, definimos as estratégias mais adequadas ao contexto específico da matéria de ensino, sempre levando em consideração os alunos. Neste sentido, importa-nos fundamentalmente a relação estabelecida com os alunos. Procuramos valorizar a participação ativa, como parece defender Moreira (1999, p. 121), ao enfatizar a necessidade de que “todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem *devam* falar e tenham a *oportunidade* de falar” (grifos do autor).

Ausubel (Moreira 1999, p. 152), de certa forma corroborando tal linha de raciocínio, destaca que “o fator isolado que mais influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo).”

Se podemos dizer que Vygotsky enfoca os aspectos sócio-histórico-culturais como parte essencial envolvida no processo de ensino-aprendizagem, é imprescindível nos referirmos a Ausubel – hoje, mais precisamente, Ausubel e Novak, que assumiu o papel de elaboração, refinamento e divulgação de sua teoria. Ausubel e Novak, por sua vez, comparados com Vygotsky, correspondem à nossa sustentação teórica elementar para o que entendemos por ensino, em especial com o seu conceito de aprendizagem significativa.

Dentre outras noções relacionadas ao que denominam aprendizagem significativa, cumpre destacar que ela ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Vale ressaltar a compreensão de estrutura cognitiva como “estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p. 153). Para Ausubel e Novak, a aprendizagem se dará por ancoragem, processo que se baseia no que chamaram de “hierarquia conceitual”, o que, de forma sintética, consiste na ideia de que elementos específicos vão se ligando a elementos gerais. Para isto, a ancoragem é necessária, realizada através

dos subsunçores². Ora, quando nos propusemos a definir o trabalho anterior à aula em si, de certa forma, estamos levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos e a possibilidade de que eles funcionem como subsunçores. Na pior das hipóteses, estaremos reconhecendo os conhecimentos prévios e facilitando a escolha de conhecimentos a serem trabalhados e estratégias no processo.

Na teoria ausubeliana, à compreensão da aprendizagem significativa é forçoso, pelo menos aparentemente, confrontar a da aprendizagem dita mecânica (ou automática), aquela em que novas informações são aprendidas sem conexão ou com pouca conexão com conhecimentos relevantes que constituem a estrutura cognitiva do aluno. Moreira esclarece:

Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica, porém a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos, em Física, pode também ser tomada como exemplo, embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá nesse caso. (1999, p. 154)

É importante destacarmos que Ausubel não trata aprendizagem significativa e mecânica como uma dicotomia. Mesmo que tenhamos clareza de que, para ser significativa, a aprendizagem não pode ser arbitrária, sem sentido, ou seja, precisa ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, em alguns casos, a aprendizagem inicial é necessariamente mecânica. Aludimos às situações em que o conhecimento é totalmente novo. Assim, antes de pensarmos numa oposição frontal entre as noções que carregam os termos “significativa” e “mecânica”, lembremos que Ausubel, conforme afirma Moreira (1999, p. 154), crê em aprendizagem mecânica e significativa como um contínuo.

Ausubel resume as condições para a aprendizagem significativa ao caráter potencialmente significativo do material a ser apresentado ao aluno e à predisposição do aluno para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material. Nesta teoria, fica evidente a importância da apresentação do que Ausubel chama de

² A palavra “subsunçor” não existe no português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador. (MOREIRA, 1999, p. 153)

“organizadores prévios” – material introdutório a ser apresentado ao aluno antes do material a ser aprendido em si. Esses “organizadores prévios” funcionam como “pontes cognitivas”, como esclarece Moreira:

O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários, que são, em geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa (...) (1999, p. 155)

Reforçamos a relação entre a noção dos subsunçores – e organizadores prévios, pontes cognitivas – e a estratégias que compõem o EsM. Cremos que o material apresentado antes da aula propriamente dita possa funcionar como ponte para a aprendizagem realmente significativa. Tal nível de aprendizagem pode ser comprovada, com base no que defende Ausubel, a partir da apresentação de questões de maneira nova, não familiar ao aluno, uma vez que é possível os alunos se habituarem a memorizar não só proposições e fórmulas, mas exemplos, causas, explicações e formas de solucionar problemas.

Ostermann e Cavalcanti (2011) sintetizam a perspectiva ausubeliana no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, destacando as principais tarefas do professor:

Uma abordagem ausubeliana ao ensino da Física envolve o professor em pelo menos quatro tarefas fundamentais. A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente. Uma segunda tarefa seria identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter na sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente. Outra etapa importante seria determinar dentre os subsunçores relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Finalmente, ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria de ensino por parte do aluno e organização de suas próprias estruturas cognitivas nessa área de conhecimentos, através da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. (p. 35)

De certa forma, em se tratando da aplicação da IpC e do EsM, somos envolvidos por procedimentos bem próximos dos propostos por Ausubel como tarefas do professor. Planejamos a sequência didática com base na seleção de

conceitos e princípios inclusivos, de acordo com as palavras de Moreira (1999, p. 162), “com maior poder explanatório e propriedades integradoras”. Procuramos reconhecer o material prévio que funcione como facilitador da aprendizagem. No processo, envolvendo os dois métodos, buscamos, através destes, a identificação do que o aluno já conhece e proporcionamos, com a devida mediação, o debate, a argumentação, a partir de uma linguagem mais acessível a ele.

Com os métodos ativos mencionados, cremos estar contribuindo para a aprendizagem significativa nos termos ausubelianos. É bom que se insista que Ausubel pensa a aprendizagem cognitiva ou, de modo mais específico, significativa. Como já mencionamos, Moreira (1999) reitera que se poderia chamá-la mais precisamente de “*aprendizagem verbal significativa receptiva*” (grifos do autor). E esclarece:

Verbal, porque Ausubel considera a linguagem como importante facilitador da aprendizagem significativa. A manipulação de conceitos e proposições é aumentada pelas propriedades representacionais das palavras. A linguagem clarifica os significados, tornando-os mais precisos e transferíveis. O significado emerge quando é estabelecida uma relação entre a entidade e o signo verbal que a representa. A linguagem tem, então, um papel integral e operacional na teoria e não meramente comunicativo. *Receptiva*, porque, embora sem negar o valor da descoberta, Ausubel argumenta que a aprendizagem significativa receptiva (i. e., por recepção) é o mecanismo humano por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações de qualquer campo de conhecimentos. Argumenta, também, que o ensino em sala de aula é predominantemente organizado em termos de aprendizagem receptiva e o ser que aprende não precisa descobrir princípios, conceitos e proposições, a fim de aprendê-los e usá-los significativamente. Por outro lado, receptiva não é sinônimo de passiva, pois o mecanismo da aprendizagem significativa é, fundamentalmente, um processo cognitivo dinâmico. (p. 163-164) (grifos do autor)

A teoria de Ausubel tem participação fundamental de Joseph D. Novak. Com o afastamento de Ausubel da Psicologia Educacional, Novak assumiu todo o trabalho de refinamento e testagem da teoria. Ele foi um colaborador em muitos dos trabalhos de Ausubel por anos, tanto que há quem defenda que a teoria da aprendizagem significativa deveria ser atribuída a Ausubel e Novak e não apenas a Ausubel. Novak, entretanto, toma a teoria da aprendizagem significativa como parte integrante do que ele chama de teoria da educação: um conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) que contribuem para o engrandecimento do indivíduo para lidar com a vida diária (Novak, 1981).

Dentre outros aspectos da teoria de educação, de Novak, podemos destacar a noção de que ele estabelece entre a aprendizagem significativa e a predisposição do aluno para aprender. Em verdade, segundo Moreira (1999, p. 171), Novak atribui à predisposição para aprender e a aprendizagem significativa “uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera esse tipo de experiência afetiva”.

Também relacionado mais diretamente com o que apresentamos neste trabalho, cabe ressaltar a ideia sobre os conhecimentos prévios dos alunos. Moreira (1999, p. 173-175) discute o conceito de “alternativos” para os conhecimentos prévios dos alunos, em detrimento de “errôneos”. Abandona-se a pretensão de substituir os conhecimentos “errôneos” pelos corretos e preocupa-se com as estratégias para se compreender e trabalhar com o descompasso entre os significados considerados aceitos e compartilhados nos contextos específicos de determinadas matérias de ensino. É importante estar atento ao fato de que, através da escola ou não, os conhecimentos prévios dos alunos têm caráter significativo, posto que vão constituindo a sua estrutura cognitiva à medida que se defrontam com situações durante a vida. Em física, não é incomum que construam por aprendizagem significativa significados “alternativos”, contextualmente errôneos, mas com base não arbitrária e certamente resistentes a mudanças.

Moreira (1999, p. 174) apresenta a hipótese de que, se, de fato, o conhecimento que se dá por aprendizagem significativa não será substituído, haverá o que Ausubel e Novak chamam de *assimilação obliteradora*³: o conhecimento vai chegar ao nível do residual, podendo se transformar em âncora para novas aprendizagens. Novas estruturas cognitivas vão se formando, constituindo a aprendizagem, como explica:

(...) imediatamente após a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento especificamente relevante, claro, diferenciado, por meio do qual o novo adquire significados e o preexistente ganha significados adicionais, começa um segundo estágio da aprendizagem significativa que é a assimilação obliteradora. Os significados adquiridos vão sendo progressivamente obliterados, até atingirem o estágio final de significados residuais. A etapa entre aquisição do novo significado e a sua transformação em significado residual é chamada fase de retenção. A duração desta fase é variável: se o indivíduo está frequentemente usando os significados adquiridos, a retenção é grande e

³ Obliteradora: no contexto refere-se a aprendizagem que não poderá ser substituída ou apagada.

a obliteração praticamente inexistente. É o caso de muitos significados alternativos na área científica: os fenômenos do cotidiano parecem permanentemente reforçar tais significados. Por exemplo, a experiência diária parece mostrar que há uma proporcionalidade entre a velocidade que um corpo adquire e a intensidade da força que atua sobre ele. A concepção “força proporcional à velocidade” é, aparentemente, corroborada a todo instante e, portanto, retida longamente. Contudo, a concepção cientificamente aceita é a de que existe uma proporcionalidade entre aceleração e força, ao invés de velocidade e força. Além disso, do ponto de vista científico, é perfeitamente possível que um corpo se mantenha em movimento sem que nenhuma força resultante esteja atuando sobre ele. (MOREIRA, 1999, p. 174-175)

Como se percebe, especialmente na área científica, são de importância básica a identificação dos conhecimentos dos alunos, a escolha adequada dos subsunções e a interação entre os alunos e entre os alunos e o professor, dentre outros aspectos.

Para finalizar esta fundamentação do nosso trabalho, acreditamos que pode enriquecer a noção de aprendizagem significativa a teoria de Gowin, chamada por Moreira de modelo de Gowin (1981, *apud* MOREIRA, 1999, p. 177). Este concebe uma relação triádica entre *Professor*, *Materiais Educativos* e *Aluno* (grifos do autor). Um episódio de ensino-aprendizagem seria caracterizado pelo compartilhamento de significados entre aluno e professor, “a respeito de conhecimentos veiculados por materiais educativos do currículo”, esquematizado em Moreira (1999, p. 177):

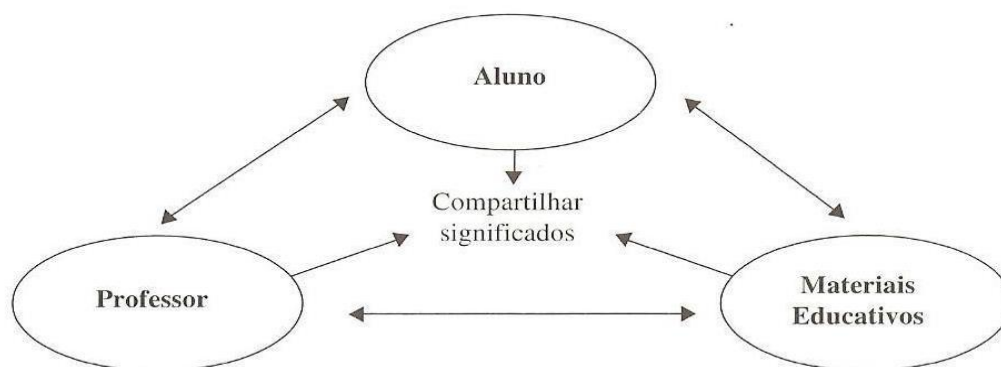


Figura 2. Modelo triádico de Gowin. Fonte: Moreira, 1999, p. 177.

Moreira descreve o modelo de Gowin, de certa maneira sintetizando as concepções de sua teoria. Sua descrição demonstra a relação possível entre o modelo de Gowin e a opção pelos métodos IpC e EsM, especialmente no que se refere à ênfase no compartilhamento de significados socialmente aceitos e nos

papéis específicos do professor e do aluno para que ocorra a aprendizagem significativa:

Um episódio de ensino ocorre quando é alcançado o compartilhar significados entre professor e aluno.

Usando materiais educativos do currículo, professor e aluno buscam congruência de significados.

Em uma situação de ensino, o professor atua de maneira intencional para mudar significados da experiência do aluno, utilizando materiais educativos do currículo.

Se o aluno manifesta uma disposição para a aprendizagem significativa, ele atua intencionalmente para captar o significado dos materiais educativos. O objetivo é compartilhar significados.

O professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo.

O aluno, por sua vez, devolve ao professor os significados que captou.

Se o compartilhar significados não é alcançado, o professor pode, outra vez, apresentar, de outro modo, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino.

O aluno, de alguma maneira, externaliza, novamente, os significados que captou.

O processo pode ser mais ou menos longo, mas o objetivo é sempre o de compartilhar significados.

Professor e aluno têm responsabilidades distintas nesse processo.

O professor é o responsável por verificar se os significados que o aluno capta são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários.

O aluno é responsável por verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse, i.e., os significados compartilhados no contexto da matéria de ensino.

Se é alcançado o compartilhar significados, o aluno está pronto para decidir se quer aprender significativamente ou não.

O ensino requer reciprocidade de responsabilidades, porém, aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor.

Para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo. (MOREIRA, 1999, p. 178-179).

Supomos que, assim como o modelo de Gowin, pautado no compartilhamento de significados, já enfatizado por Vygotsky – ao lado do seu destaque para a interação e para a linguagem, as concepções de Ausubel e Novak apresentadas neste capítulo em torno da aprendizagem significativa colaboram fortemente para fundamentar o trabalho com a Instrução pelos Colegas (IpC) e o Ensino sob Medida (EsM).

Capítulo 3

Métodos Ativos de Aprendizagem

3.1 Ensino sob Medida (EsM)

O termo “Just-in-time” surgiu no Japão, no princípio dos anos 50, sendo o seu desenvolvimento creditado à Toyota Motor Company, a qual procurava um sistema de gestão que pudesse coordenar a produção com a procura específica de diferentes modelos de veículos com o mínimo atraso. Quando a Toyota decidiu entrar em pleno fabricação de carros, depois da Segunda Guerra Mundial, com pouca variedade de modelos de veículos, era necessária bastante flexibilidade para fabricar pequenos lotes com níveis de qualidade comparáveis aos conseguidos pelos fabricantes norte-americanos. Esta filosofia de produzir apenas o que o mercado solicitava passou a ser adaptada pelos restantes fabricantes japoneses e, a partir dos anos 70, os veículos por eles produzidos assumiram uma posição bastante competitiva.

De acordo com Cristiano Bertulucci Silveira, Hall, em 1983, reforça o sentido: “*Just in Time* é um sistema que tem por objetivo produzir a quantidade demandada a uma qualidade perfeita, sem excesso e de forma rápida, transportando o produto para o lugar certo no tempo desejado”.

Este é um conceito aplicado nas indústrias para redução de custos no sistema de produção. Silveira cita as vantagens de se utilizar o conceito *Just-in-time*:

- Rápida conversão dos materiais;
- Redução do trabalho em processo;
- Redução de espaço e manuseio;
- Rápida resposta aos problemas;
- Redução de agendamentos e rastreamentos;

- Maior responsabilidade;
- Melhor qualidade;
- Menos desperdícios e retrabalhos;
- Melhor resposta ao mercado;
- Melhoria de atitude.

Este conceito pode ser transposto às salas de aula de física se pensarmos que é comum haver uma dificuldade por parte dos alunos em relação aos conhecimentos de nossa disciplina. Assim como sugere Silveira em relação ao produto na indústria, o *Just-in-time* é um método que pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem por várias razões. Apresentamos, na Tabela 1, uma transposição de conceito da indústria para o que poderia ser entendido dentro da área de ensino.

Tabela 1. Associação do termo “Just-in-time” aplicado à indústria e aplicado à educação. Fonte: o próprio autor.

| Relação Just-in-Time Indústria x Ensino | |
|--|--|
| Aplicação na indústria | Correspondência de aplicação no ensino |
| Rápida conversão de materiais | O aluno recebe um material para estudar e compreender |
| Redução do trabalho no processo | O professor atende às prioridades do aluno. |
| Redução de espaço e manuseio | O aluno não precisa de exposições orais extensas |
| Rápida resposta aos problemas | Os alunos são atendidos em suas reais dificuldades. |
| Redução de agendamento e rastreamento | Diminui a necessidade de acompanhamento de deveres de casa e elaboração de tarefas. |
| Maior responsabilidade | O aluno se envolve com as atividades, pois há a necessidade e estímulo para isso. |
| Melhor qualidade | O aluno receberá instruções que possam ajudá-los a solucionar problemas individuais. |
| Menos desperdícios e retrabalhos | Trabalhamos diretamente a dificuldade apresentada pelo aluno e aproveitamos o tempo de aula. |
| Melhor resposta ao mercado | Aumento de rendimento nas avaliações. |
| Melhoria de atitude | Os alunos se sentem mais motivados |

Gregor Novak (1999), na universidade de Indiana, EUA, com colaboradores, imaginou um sistema de aplicação na sala de aula para o conceito intitulado *Just-in-Time Teaching*, conhecido no Brasil como Ensino sob Medida.

O método de Ensino sob Medida (EsM) estipula momentos de interação professor/aluno antes da aula, com o objetivo de apresentar o conteúdo privilegiando os assuntos em que os alunos tiveram mais dificuldades, reduzindo o tempo de exposição e, ao mesmo tempo, aumentando a qualidade das exposições. Conforme a Figura 3, o aluno deve receber um material de leitura/atividade antes da aula e apresentar, a partir de um direcionamento, as dificuldades ao professor antes da aula sobre o assunto, para que o professor possa preparar as atividades que ajudem a sanar as dificuldades específicas.

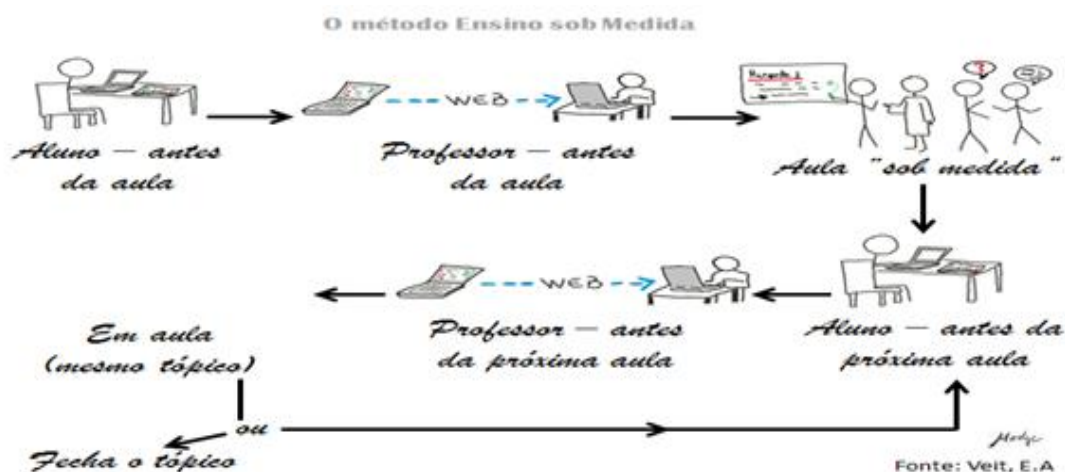


Figura 3: Esquema representativo da dinâmica do método EsM. Desenhos por Madge Bianchi (IFC – Campus São Bento do Sul, SC).

Assim, o método, conforme enfatizam Oliveira, Veit e Araújo (2015, p. 185), colabora para o desenvolvimento da habilidade de “trabalho em grupo entre os estudantes e a capacidade de comunicação oral e escrita”, proporcionando as condições para que os alunos assumam responsabilidades pela sua própria aprendizagem e “aumentando a retenção de conhecimento dos conteúdos a longo

prazo”. Em seu relato de experiência, os autores fazem uma síntese de como se pode proceder ao uso do EsM:

O desenvolvimento do EsM se dá através de tarefas preparatórias para as aulas. Pelo método tradicional de ensino, usualmente o professor gasta muito tempo em aula explicando conceitos simples que o aluno poderia compreender sozinho com alguma leitura prévia. Para otimizar o tempo de sala de aula, o EsM prevê que o professor indique, com algum tempo de antecedência, um material para ser estudado pelos alunos, que pode ser, por exemplo, um capítulo de um livro-texto, alguma referência na internet ou um material de autoria do próprio docente. Após o estudo desse material, focado nos tópicos mais importantes a serem discutidos em aula, os alunos devem responder eletronicamente, dentro de um prazo estipulado pelo professor, algumas questões conceituais, que compõem aquilo que Araujo e Mazur (2013) denominam de Tarefa de Leitura.

As respostas dos alunos às tarefas preparatórias estabelecem um valioso *feedback* para o professor ajustar e organizar sua aula, focando nas principais dificuldades manifestadas pelos alunos (NOVAK et al., 1999; MAZUR, 1997). Mas isso não é feito em uma aula tradicional, em que o professor é o centro das atenções. Pelo contrário, a aula é composta de vários momentos com atividades diversas, tais como: minixposições orais por parte do professor (10-15 min) intercaladas com demonstrações; exercícios com planilhas eletrônicas; atividades “mãos na massa” em minilaboratórios, etc. As respostas dos alunos às tarefas preparatórias são discutidas pelo professor ao longo da aula, tanto nas exposições dialogadas quanto nas atividades realizadas pelos próprios alunos. (OLIVEIRA; VEIT; ARAÚJO, 2015, p. 185-186)

Mais à frente, no capítulo 4, apresentamos a experiência da aplicação do método, que se revelou uma boa forma de fazer com que o aluno estude os conteúdos, uma das maiores dificuldades que o processo de aprendizagem enfrenta.

O sistema de Ensino sob Medida não substitui o professor ou a aula, pelo contrário, busca otimizar o tempo de exposição de aula aproveitando os conhecimentos prévios de seus alunos, direcionando os estudos dos alunos fora de sala de aula e incentivando a interação dos alunos para atingir as metas estabelecidas através das atividades propostas pelo professor. Não se pode confundir este método com aulas à distância. O professor fará uso de atividades para casa, atividades *on-line*, mas de forma alguma estas atividades substituirão as aulas presenciais, pois o principal propósito é melhorar o tempo de exposição, proporcionando mais qualidade ao trabalho do professor.

3.2 Instrução pelos Colegas (IpC)

“*Peer Instruction*” tem como tradução literal o termo “Instrução por Pares”, porém é conhecido por Instrução pelos Colegas, pois a tradução ao pé da letra poderia induzir ao equívoco de considerar que o método deve ser aplicado com os alunos em dupla. Este método ativo gera e estimula um momento de interação em que todos participam da aula.

O método foi criado por Eric Mazur, também na década de 90, e está difundido pelo mundo, originalmente pensado para turmas iniciais da graduação que chegavam a tal estágio acadêmico com muita dificuldade em interpretar os fenômenos e relacioná-los com a teoria. Após anos de trabalho e aplicação, Mazur escreveu o livro *Peer Instruction, a revolução da aprendizagem ativa*, MAZUR(2015), um tipo de “manual” de seu método, que já foi traduzido, além do português, para o chinês, coreano, francês, espanhol, tcheco e turco. Outras traduções estão em andamento.

Em apresentação à edição brasileira do citado manual, o próprio Mazur (Mazur, p. vii) cita a importância de se ensinar fazendo perguntas em vez de ficar apenas falando. O físico Charles W. Misner, especialista em relatividade geral e cosmologia, diz que “Se os métodos *Peer Instruction* fossem amplamente adotados, poderia haver uma melhora significativa em disciplinas importantes e com número elevado de alunos” (Mazur, 2015, p. ix). A especialista em educação, mais precisamente em ensino de ciências, Sheila Tobias, fala sobre a abordagem do prof Eric Mazur, (Mazur, 2015, p. xi):

“(…) os professores necessitam de um auxílio que melhore o aprendizado e ao mesmo tempo propicie uma experiência melhor de ensino. A abordagem do Prof. Eric Mazur é, na essência, um auxílio deste tipo. Sua *Peer Instruction* oferece uma forma extraordinária e interativa de ensinar física, enfatizando a compreensão, (...)a abordagem do Prof. Mazur envolve ativamente os estudantes no processo de ensino, tornando a física significativamente muito mais acessível a eles.”

O método é constituído de alguns passos:

1) O professor define quais os conceitos são necessários para a construção do conhecimento de determinado assunto.

2) Elabora ou seleciona testes conceituais para verificar o conhecimento de cada conceito. Nesta etapa é importante que:

2.1) seja cobrado, em cada questão, apenas um conceito por vez;

2.2) tenha alternativas adequadas;

2.3) não seja de simples memorização;

2.4) a solução não deva ser de simples substituição em fórmulas;

2.5) não deva ser nem muito fácil, nem muito difícil;

2.6) não contenha expressões de sentido ambíguo.

Exemplo:

Uma mulher segura uma bola de boliche em uma posição fixa. O trabalho que ela faz na bola

I) Depende do peso da bola

II) Não pode ser calculado sem mais informações

III) É igual a zero

3) Após um tempo para elaboração da solução pelo aluno, o professor pede que o aluno informe sua resposta em sistema de votação simultânea. Todos devem informar a sua resposta ao mesmo tempo. Para isso podemos utilizar três formas de votação: os *clickers*, os *flashcards* ou a própria mão.

Os *clickers* são dispositivos eletrônicos ligados ao computador do professor, fornecendo de imediato a estatística de respostas. Este mecanismo inibe o compartilhamento de respostas entre os alunos e, também, impede que um aluno induza a resposta do outro. Para nossa realidade em sala de aula, hoje, não parece

muito viável utilizar devido ao alto custo e os vários problemas que temos por falta ou manutenção de equipamentos em nossas escolas.

Os *flashcards* são cartões coloridos com as alternativas, uma de cada cor, que o aluno levanta ao apresentar a resposta. O professor tem acesso visual com diferenciação de cor, o que facilita estimar o número de acertos da turma em relação à questão. Os alunos podem ver as respostas dos outros, por isso devemos ter o cuidado de estimular a resposta individual, pois o objetivo não é acertar por acertar e sim responder o que realmente acha que é, para, enfim, verificar o que sabe de fato.

Utilizar a própria mão é a forma mais prática e não apresenta custo nenhum, as alternativas são adaptadas para que sejam numéricas e o aluno levanta a quantidade de dedos igual ao valor que representa a alternativa que julga ser correta. Porém, como desvantagem, os alunos podem sofrer influência vendo a resposta do colega.

4) Com a primeira votação feita, o professor terá uma estatística de acertos da turma e deverá seguir por um caminho que dependerá desta estatística.

4.1) se a minoria da turma acertar a resposta da questão (menos de 30%), o professor deverá fazer uma exposição sobre o conceito e propor mais questões sobre ele.

4.2) se houver de 30% a 70% dos alunos acertando a resposta da questão, o professor proporciona um momento de interação em que um aluno deve explicar ao seu colega o seu argumento para marcar tal alternativa. Espera-se que os alunos que acertaram consigam convencer os outros da resposta.

Após o período de dois ou três minutos de discussão, o professor sugere uma nova votação.

4.3) se houver um acerto da maioria (acima de 70%), o professor apresenta e discute a solução. A partir daí, será apresentada uma nova questão que poderá ser sobre o mesmo conceito ou sobre um novo conceito, conforme o professor avaliar a necessidade.

Este método pode ser resumido neste esquema apresentado na Figura 4.

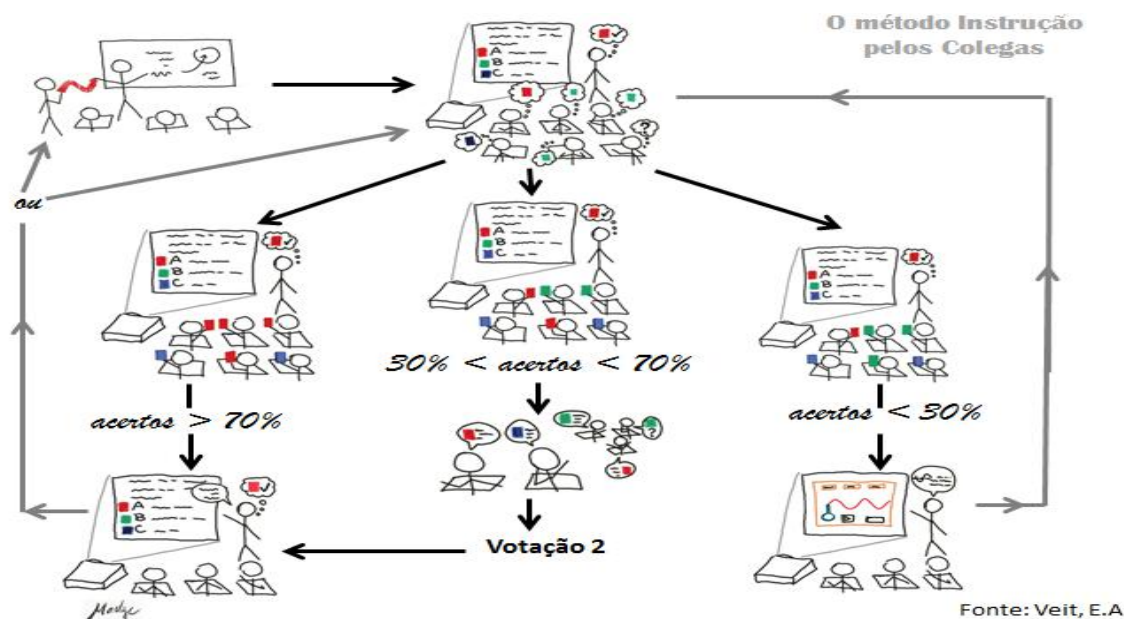


Figura 4. Esquema representativo da dinâmica do método IpC. Desenhos por Madge Bianchi (IFC – Campus São Bento do Sul, SC).

O método IpC oferece aos alunos uma oportunidade de desenvolver seus conhecimentos sem a necessidade de uma exposição direta do adolescente perante à turma, aumentando sua autoestima e impedindo qualquer constrangimento em relação às suas dificuldades individuais. A atmosfera de discussão é interessante para eles, competitiva e divertida, pois os adolescentes costumam ter apreço pela interação, pela criação de laços e pela competição.

3.3 Complementariedade dos métodos EsM e IpC

Os dois métodos apresentados, quando aplicados em conjunto, são complementares entre si.

O EsM é um método que incentiva o estudo pelo aluno em casa, fora da sala de aula. O aluno ativa uma estrutura cognitiva prévia através da leitura do material

indicado e da resolução de testes de leitura que eles respondem antes da aula. Com a base da estrutura ativada, através da discussão integrante do método Instrução pelos Colegas (IpC), os alunos trabalham cada conceito e desenvolvem o aprendizado. Interagem e contribuem entre si e com o professor para uma nova estrutura cognitiva. Como se vê, a linguagem é determinante para a ampliação dos conceitos iniciais, para a aprendizagem significativa de fato.

O que percebemos é que conseguimos desafiar o aluno a aprender. O efeito causado pelas dúvidas da leitura é evidente. O aluno já entra em sala de aula motivado para as discussões, normalmente com a expectativa de esclarecer os conceitos e receber as explicações. Há uma reavaliação das concepções prévias estabelecidas e, ao ter acesso a novas perspectivas e responder as questões conceituais, consegue refletir as noções iniciais e direcionar seu raciocínio para a interpretação compartilhada nos contextos específicos da matéria de ensino.

Podemos dizer que a complementariedade entre os métodos contribui fortemente para a própria configuração da aprendizagem significativa proposta por Ausubel e Novak e reforçada pelo modelo de Gowin e pela concepção sociointeracionista de Vygotsky. Os métodos ativos em questão, inicialmente por meio do EsM, levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, propõem o uso de subsunçores para a ancoragem dos conhecimentos, evitando que a aprendizagem se dê de modo unicamente mecânico. Com a IpC, a partir principalmente da interação pela linguagem, procuram proporcionar a aprendizagem com base na expressão dos alunos e supervisão do professor. O provável resultado final será a aprendizagem em linguagem mais acessível ao aluno e carregada de sentido, portanto, não arbitrária, significativa.

Não há dúvidas de que todo o processo requer a perspicácia do professor em reconhecer os momentos em que precisará interferir de alguma maneira para que as discussões não se percam, deixando de lado o propósito da sequência didática. Mais importante ainda, cabe ao professor manter os alunos envolvidos no processo, já que, conforme defendem Ausubel, Novak e Gowin, os alunos precisam manifestar predisposição para a aprendizagem significativa. Precisamos, portanto, garantir a atmosfera ideal para que haja o envolvimento e a necessária predisposição, o que

não deixa de ser um dos nossos desafios e, neste contexto, os métodos ativos têm se mostrado uma ferramenta bastante eficaz.

Capítulo 4

A experiência didática

4.1 Preparação e desafios

Esta fase é a mais demandante, precisamos preparar todo material que será utilizado de forma que tenhamos uma sequência potencialmente significativa. É neste momento em que todo planejamento e estratégia são estruturados.

No nosso projeto, passamos por desafios reais que acontecem no dia a dia de todos os professores: a falta de tempo, as semanas de avaliação, os projetos interdisciplinares e eventos. Situações que fogem ao planejamento do professor. Nossa aplicação passou por dois momentos bem interessantes: o de conhecimento de ferramentas e da efetiva aplicação dos métodos combinados.

4.1.1 EsM: testando ferramentas de interação com os alunos

Nosso primeiro passo foi verificar o nível de entendimento dos métodos pelo próprio professor, buscar formas e testar a interação *online* que seria feita com os alunos.

Em julho de 2015, participamos da Escola CBPF para professores, Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio, PROFCEM, parte integrante das atividades da X Escola do CBPF. O projeto tem como objetivo apresentar a física aos professores do ensino médio na sua dimensão essencialmente experimental, com uma ênfase em tópicos de Física Moderna, como

a Relatividade e a Mecânica Quântica. Neste evento foi dada a oportunidade ao Prof Dr. Andre Ary Leonel (UFSC), cursista, de nos apresentar uma ferramenta de rede social chamada LAIFI. Trata-se de uma rede de interação em que as postagens são visualizadas em “árvore”, podendo o professor criar um grupo, controlar se o aluno acessou, quantas vezes acessou e suas contribuições na rede.

Todos os trabalhos que serão descritos foram aplicados junto a turmas do segundo ano do Ensino Médio, do Instituto Federal Fluminense, *campus* Cabo Frio, no curso de ensino médio integrado ao técnico de petróleo e gás.

Foi feito o acesso à plataforma e uma discussão foi criada através de um vídeo da experiência de Millikan sobre a descoberta do elétron. Esta experiência foi de muita importância no desenvolvimento da física e foi escolhida como forma de dar uma visão experimental à eletrostática e fazer uma introdução à ideia de quantização de cargas. Além disso, avançamos nas discussões para a Física Moderna. Em seguida, desenvolvemos o conteúdo do eletromagnetismo com algumas postagens dos alunos e discussão de vídeos, sempre envolvendo alguma prática e aplicações, para complementar a sala de aula.

Os alunos, através da lista de e-mails, foram convidados a se cadastrar na rede e foram abertos alguns temas de discussão sobre os quais os alunos deveriam opinar. A participação não era obrigatória, tinha caráter complementar às aulas, porém um pequeno bônus foi oferecido na avaliação.

O trabalho foi bastante satisfatório, a ferramenta se mostrou muito interessante, porém já notamos que, se fosse um aplicativo para celular, o cadastramento e o acesso seriam mais fáceis e rápidos.

Nas postagens, os alunos eram motivados a dissertar com base em perguntas norteadoras que levavam os alunos à reflexão, fazendo com que o desenvolvimento em sala de aula fosse facilitado, pois todos os alunos têm acesso a todas as discussões.

O visual da plataforma é bem interessante, dá uma ideia de linha do tempo das participações e pode servir, inclusive, como registro de atividades do professor. Os alunos podem receber *links* para vídeos, interagir e navegar com facilidade, podendo até revisar a matéria quando precisar, tendo ali os registros dos conteúdos trabalhados, conforme podemos ilustrar na Figura 5.

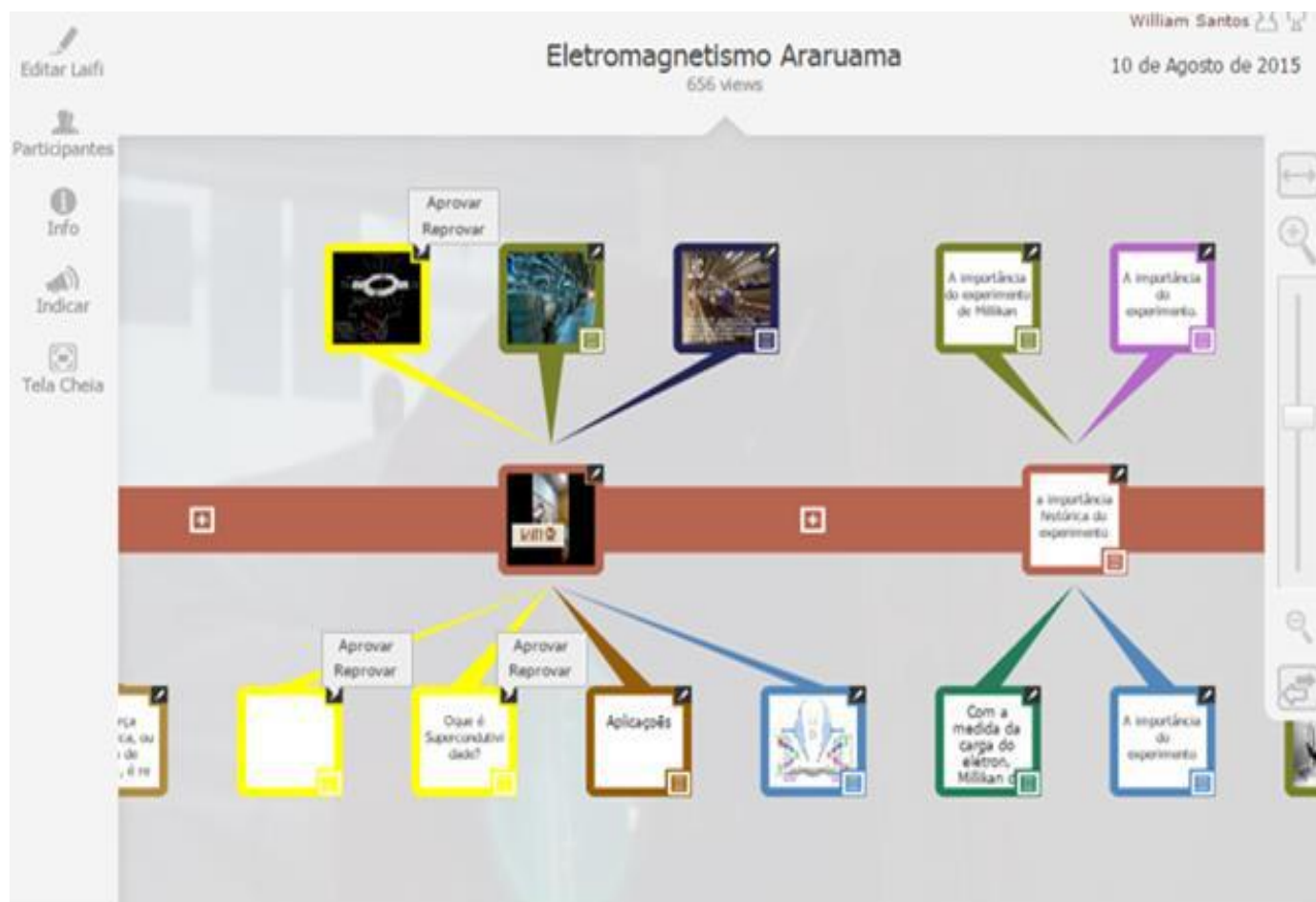


Figura 5. Visual da plataforma LAIFI.

Uma vantagem é que algumas postagens abrem a possibilidade de monitoramento, podendo o professor aprová-las ou reprová-las. Estas postagens foram feitas pelos alunos e o professor avalia se estão no contexto da discussão ou não. Os comentários referentes às postagens aprovadas são livres e uma discussão é criada até que se esgote ou se atinja o objetivo.

Segue um exemplo, na Figura 6, de discussão com um questionamento do aluno. Todos podem visualizar estas discussões e, inclusive, opinar.

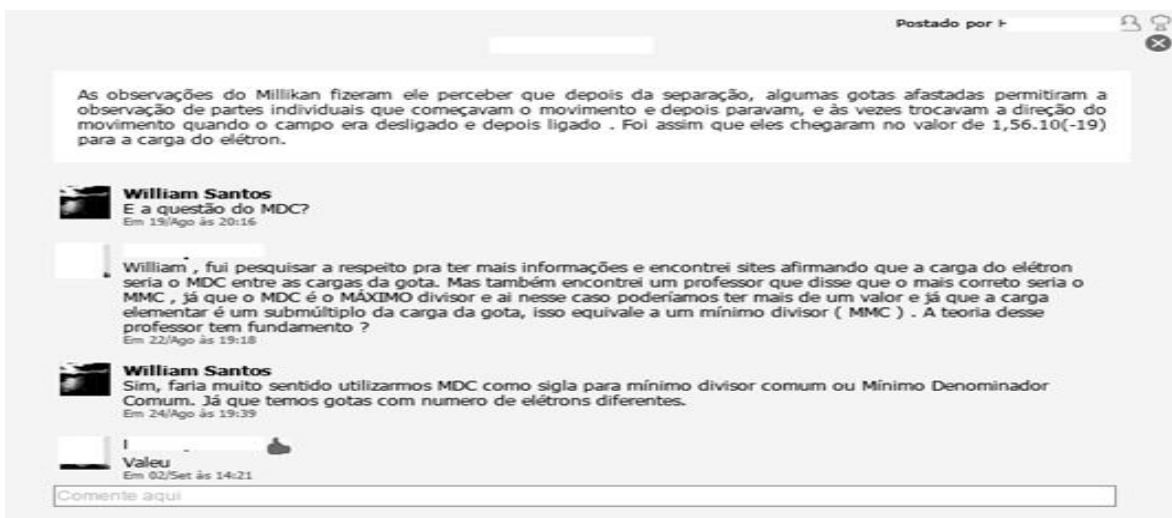


Figura 6. Fragmento ilustrativo de discussão pré-aula na rede *LAIFI*

Este primeiro momento foi extremamente interessante, entretanto, com a impossibilidade de usar a ferramenta nas aulas, já que a escola não oferecia acesso a *internet* na sala de aula, sentimos a falta de ler algumas discussões com a turma. Além disso, por não ser um aplicativo, a visualização pelo celular é muito limitada.

Não há dúvida de que a experiência foi muito rica, demonstrando um potencial muito grande desta ferramenta para sala de aula, todavia poderá ser ainda mais eficiente se passar a ser um aplicativo.

Num outro momento, já querendo começar a aplicação do método Instrução pelos Colegas (IpC), no final de 2015, foi solicitado aos alunos de uma nova turma do segundo ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico de Petróleo e Gás, do Instituto Federal Fluminense que se cadastrassem na plataforma LAIFI. Eram 35 alunos que ficavam na instituição em período integral, das 7h 20min às 18h20min, quase todos os dias.

Neste momento, gostaríamos que a ferramenta fosse utilizada como parte da aula, de forma obrigatória, e o fato de não ser um aplicativo se mostrou relevante. Muitos alunos tiveram dificuldade de se cadastrar, obrigando o professor a dispendir muita energia, uma vez que, independente da ferramenta, era necessário garantir que todos estejam conectados e possam receber o material que será disponibilizado.

Como comentado anteriormente, as nossas aulas retornaram na primeira semana de dezembro e tivemos quinze dias apenas para cadastrar e motivar a participação. Após este momento, ficamos trinta dias de férias. Voltamos em janeiro com três semanas de aula antes do carnaval, e definimos que seria estabelecida a conexão com os alunos através do *e-mail* da turma.

A ferramenta de *e-mail* de turma é muito prática, posto que todos alunos têm acesso a uma só conta do Gmail, mais conhecida por “e-mail da turma”, então podemos enviar arquivos ou links de vídeos, simulações ou outros materiais para baixar.

Entretanto, mandar as atividades por *e-mail* causou uma dificuldade que foi a de receber os *feedbacks* individualmente. Sem a possibilidade de interação prévia entre os alunos, perdemos a ideia de discussão e, assim, o desenvolvimento do assunto antes da aula poderia ter sido mais aprofundado e, também, um possível controle sobre quem e o quanto pensou no assunto foi perdido.

Pensando um pouco mais em ferramentas de interatividade, acreditamos que tal dificuldade não será impedimento para aplicação dos métodos ativos de aprendizagem. Existem inúmeras ferramentas que podem criar uma rede social de interação. Dentre as existentes, a mais conhecida e utilizada no dia a dia é o *Facebook*, que preferimos não usar, porque pensamos que poderia gerar uma distração, já que o grupo de trabalho estaria misturado a muitas outras atividades e de todo tipo. Também pensamos no *WhatsApp*, que não utilizamos, mas experiências com desenvolvimento de projetos na escola têm mostrado que, se não for a melhor, é a ferramenta mais fácil e de rápida resposta para se trabalhar. Através dela, podem ser formados grupos, enviar arquivos, vídeos ou links, e interagir com facilidade, apesar de se misturar com grupos pessoais. Outro aspecto positivo é que é linear e não tem o apelo visual que a plataforma *Facebook* apresenta, no entanto, além de ser informal e de difícil registro do trabalho.

Deixamos claro que não é objetivo deste trabalho fazer análise dos dispositivos citados, até porque sabemos que as tecnologias virtuais estão avançando e ganhando novas aplicabilidades a cada dia. Este foi apenas um relato

de nossa experiência que vivenciamos e pudemos observar durante o nosso trabalho, sendo necessário buscar outras referências para aprofundar o assunto.

Ainda nesta turma, alguns meses depois, já em março de 2016, fizemos uma aplicação de um material de leitura. Como este material de leitura pode ser escolhido pelo professor, dentro do seu planejamento, e pode ser de qualquer natureza, escolhemos um texto de aprofundamento sobre as leis de Kirchhoff e relato os detalhes desta escolha e dos detalhes desta aplicação nos parágrafos abaixo.

O tema escolhido levou em consideração a sequência do conteúdo e, também, a relativa complexidade do tema para a maioria dos alunos do ensino médio e, ainda, o fato de ser muito pouco cobrado em concursos deste nível de ensino. Tais características permitiam que se fizesse um trabalho paralelo às atividades de sala e se verificasse o nível de compreensão que os alunos teriam com a leitura prévia.

Escolhemos um texto na mídia eletrônica, disponibilizado pelo Prof. Dr. Rodrigo Souza, do curso de Eletromecânica do IFSUL, com 10 páginas, sendo 3 ½ páginas apresentando as duas leis de Kirchhoff, 3 exercícios resolvidos passo a passo ocupando 4 ½ páginas e uma lista de exercícios com 12 questões similares aos exemplos apresentados.

Enviamos, em *pdf*, para o e-mail da turma, ao qual todos tinham acesso. Na Figura 7, apresentamos nosso primeiro contato:

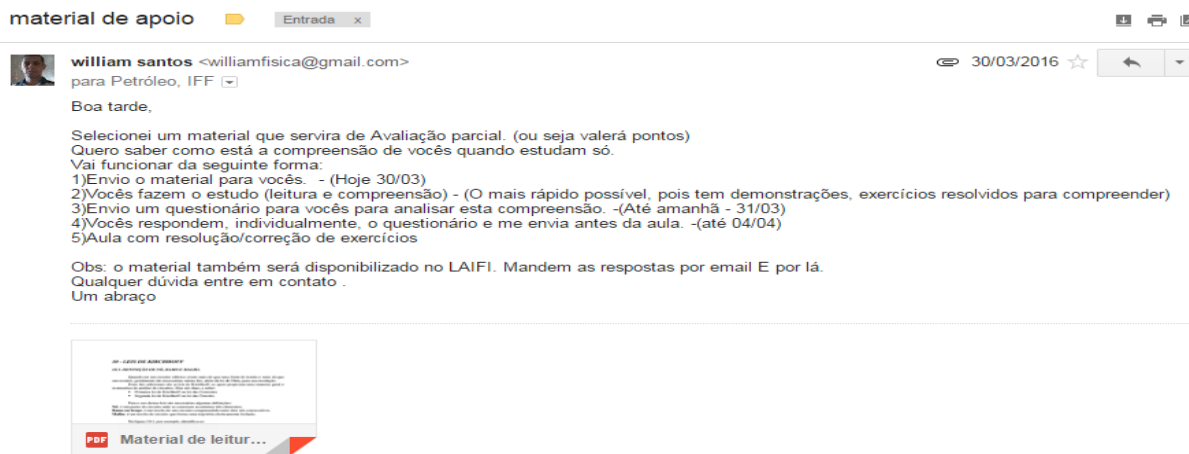


Figura 7. E-mail com instruções para a turma.

Nosso objetivo não era a resolução dos 12 exercícios. Apresentamos um cronograma de interação. O material foi disponibilizado dia 30 de março e a aula seria dada em 06 de abril. Eles teriam que enviar, antes da aula, um questionário sobre o material de leitura até 04 de abril. Este questionário foi montado de acordo o material de leitura e buscando verificar se os alunos tinham conhecimento de conceitos que foram estudados anteriormente, como princípios de conservação, por exemplo, destacado na Figura 8.

- 1)Qual tempo de estudo tem dedicado a esta disciplina fora da instituição?
- 2)Sobre o material indicado pelo professor, consegue identificar o tema do material? Qual é?
- 3)Sobre as leis apresentadas, **associe a primeira lei a um princípio de conservação** de massa, de carga elétrica, de energia ou da quantidade de movimento) .
- 4) **Associe a segunda lei a um principio de conservação.**
- 5)É possível aplicar as leis num circuito simples em que não há nós?
- 6)Um circuito tem quatro nós. Quantas equações independentes podemos obter aplicando a lei dos nós?
- 7)Se aplicar a lei de Kirchhoff em um circuito, um estudante obtém valor negativo da corrente em determinado ramo que contém um gerador. Esse elemento do circuito continuará sendo um gerador quando o estudante inverter o sinal da corrente?
- 8)Observando os exemplos 10.1, 10.2, 10.3, é possível resolver alguma questão proposta? Por que?

Figura 8. Questionário sobre o material de leitura.

Os resultados desta experiência não foram medidos de forma quantitativa, por não ser obrigatório naquele momento. Não foram recebidas respostas de todos alunos. Reservamos um tempo de aula para discutir o questionário e o material. Como resultado, podemos afirmar que os alunos que participaram desta atividade gostaram bastante e, durante a leitura, buscaram outras fontes de informação para tirar suas dúvidas e tentar resolver, também, as questões do próprio material.

4.1.2 Aprendendo o método IpC

Retornando ao ano de 2015, iniciamos nossos testes para aplicação do método IpC em sala de aula.

Para aplicação deste método, é necessário que estejamos bastante atentos aos dois passos básicos: Planejamento e Execução.

No primeiro momento, precisamos juntar o seu domínio sobre o assunto com seu conhecimento pedagógico e traçar uma estratégia para atingir o objetivo de que o aluno aprenda de forma significativa.

De uma forma geral, devemos lembrar que, de acordo com o modelo “triádico” de Gowin (MOREIRA, 1999, p. 177), o professor, os materiais educativos disponibilizados e o aluno devem ter uma relação em que compartilhem significados. Em uma das descrições deste modelo, Moreira (1999, p. 178) afirma que “Em uma situação de ensino, o professor atua de maneira intencional para mudar significados da experiência do aluno, utilizando materiais educativos do currículo.” Neste sentido, cabe ao professor, de acordo com o material disponibilizado ou com uma sondagem, reconhecer a estrutura de conceitos prévios do aluno, fato facilitado pela utilização do método EsM.

Resolvemos trazer questões conceituais e aplicar na turma. Houve uma preocupação especial: alguns professores do ensino médio com quem conversamos

tinham receio de como os alunos iriam reagir durante a dinâmica. Perguntávamos então se levariam a sério a votação das respostas, se seriam fiéis ao seu conhecimento, se não seriam influenciados pelos colegas e, por fim, se não transformariam a aula numa grande brincadeira. Confessamos que nos sentimos um pouco inseguros e ansiosos em relação a todas estas questões.

Primeiramente selecionamos os conceitos mais importantes do assunto a ser trabalhado e com alguma exposição oral, sem material de leitura prévia, aplicamos as questões e propusemos a votação das respostas. As questões trabalhadas estarão compondo Anexo 3 deste trabalho, neste capítulo apresento algumas como forma de ilustrar como foi desenvolvida esta etapa do trabalho.

Assunto: Circuitos elétricos

Conceito abordado: Numa associação em série, a intensidade de corrente é a mesma por todo o circuito.

Subsunçor: Leis de Ohm.

Questão 1

Fonte: Mazur, 2015, p. 198

- Considere dois resistores idênticos conectados em série (um atrás do outro). Se houver corrente elétrica circulando através da combinação, a corrente no segundo resistor será:
 - 1. igual à
 - 2. metade da
 - 3. menor (mas não necessariamente metade) do que a corrente no primeiro resistor.

Resposta: 1. Não há perda nem ganho de carga quando a corrente passa pelo primeiro resistor.

Esta questão foi apresentada após o trabalho inicial com a Lei de Ohm e com as características da associação em série. Não houve cobrança de leitura prévia. Chegando à sala de aula, nós explicamos que os alunos teriam 30 segundos para pensar e responder individualmente levantando os dedos, indicando o número da alternativa. Tivemos que, antes de iniciarmos, sensibilizar a turma sobre a importância da autoavaliação e sobre o nosso interesse pela resposta honesta de cada um, de modo a percebermos o quanto cada um de fato sabia. Não interessava o acerto ou erro propriamente. Este diálogo com a turma foi muito importante e os alunos entenderam que deviam responder todos ao mesmo tempo para que não fossem influenciados por outras respostas.

A dinâmica mostrou que alguns alunos enxergavam, até aquele momento, a corrente elétrica como um movimento de partículas que seriam impedidas de passar pelo condutor por causa da presença de um elemento de resistência. Mesmo com um índice de acertos alto, por volta dos 70%, resolvemos deixar acontecer a discussão entre pares, para que se habituassem com a dinâmica. Ao final, uma nova votação foi feita e o resultado foi muito próximo de 100%. Reforçamos, porém, que num circuito elétrico em que os elementos estão associados em série a corrente que surge, causada por uma diferença de potencial, é igual em todos os elementos. Isto também aconteceria se as resistências fossem diferentes. Sobre este tipo de associação, podemos citar conceitos importantes:

1. “A corrente elétrica dispõe de um único caminho através do circuito. Isso significa que a mesma corrente percorre cada um dos dispositivos elétricos do circuito.
2. Essa corrente enfrenta a resistência do primeiro dispositivo, a resistência do segundo e a do terceiro também, de modo que a resistência total do circuito à corrente é a soma das resistências individuais que existem ao longo do circuito.
3. A corrente no circuito é numericamente igual à voltagem fornecida pela fonte dividida pela resistência total do circuito. Isso está de acordo com a lei de Ohm.
4. A voltagem suprida pela fonte é igual à soma das “quedas de voltagem” individuais em todos os dispositivos. Isso é consistente com o fato de a energia total fornecida ao circuito ser igual à soma das energias fornecidas a cada dispositivo.
5. A queda de voltagem em cada dispositivo é proporcional à sua resistência – a lei de Ohm se aplica separadamente a cada um deles. Isso segue do fato de mais energia ser dissipada quando uma corrente atravessa uma grande resistência do que quando passa por uma pequena resistência.

É fácil ver qual é maior desvantagem de um circuito em série: se um dos dispositivos falhar, a corrente deixará de existir no circuito inteiro. (...)” (HEWITT, 2015, p. 443)

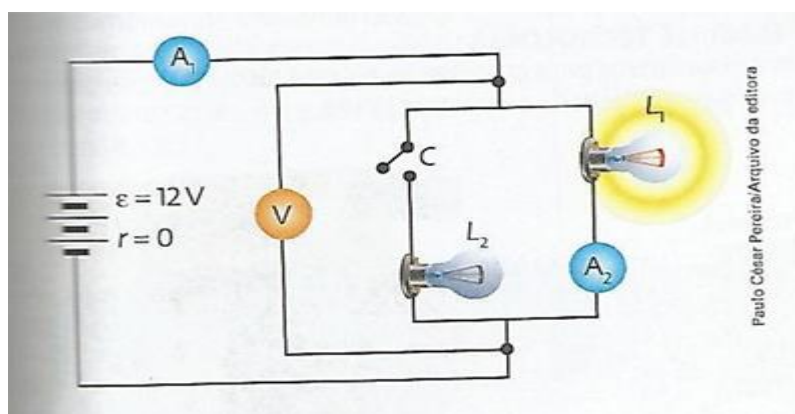
Para o aluno, concretizar estes conceitos não é tão simples e, normalmente, julgam que memorizá-los é a única opção. Esperamos que o material apresentado e as discussões em sala possam cumprir a função de influenciar “modificações relevantes nos atributos da estrutura cognitiva.” (MOREIRA, 1999, p. 152), reduzindo a necessidade da mecanização do aprendizado. Não custa reiterar que esses conceitos “alternativos”, errôneos no contexto da disciplina, costumam ser reforçados pela experiência diária do aluno e se mostram resistentes a mudanças, como já vimos em Ausubel e Novak.

O trabalho com esta questão levou cerca de três minutos e outras questões foram propostas em sequência, para aprimorarmos a dinâmica. Uma questão foi bem interessante de se trabalhar e serve como exemplo de como podemos adaptar as questões e ganhar tempo na preparação das aulas. Apresentamos a questão original e as adaptações que fizemos.

Questão original

Observe com atenção o circuito apresentado na figura. Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , responda:

- A leitura de V aumenta, diminui ou não se altera?
- A leitura de A_2 aumenta, diminui ou não se altera?
- A leitura de A_1 aumenta, diminui ou não se altera?



Fonte: Física contexto & aplicações : ensino médio / Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares – 1. ed. – São Paulo: Scipione, 2013. Vol. 3, página 167.

As adaptações nesta questão são necessárias, porém de simples execução.

Observamos primeiramente que a questão não apresenta alternativas e que cobra vários conceitos (leitura do voltímetro e leitura de amperímetro em circuitos com associação em paralelo), perdendo, assim, as características para que seja um bom teste conceitual (MAZUR, 2015. p. 28). Logo, conseguimos modificar a questão utilizando os itens cobrados nela e, durante a aplicação, consideramos que as lâmpadas, L_1 e L_2 , eram idênticas.

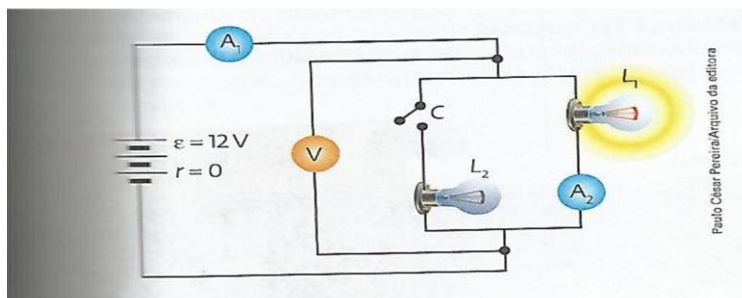
Questão 2-a

Assunto: Circuitos elétricos

Conceito: Numa associação de resistores elétricos em paralelo, a tensão é a mesma em todos os ramos do circuito.

Subsunção: Leis de Ohm.

- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , a leitura do voltímetro V :



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

Resposta: 3. Não se altera, pois numa associação em paralelo a diferença de potencial é a mesma em todos os dispositivos já que estão ligados nos mesmos pontos do circuito.

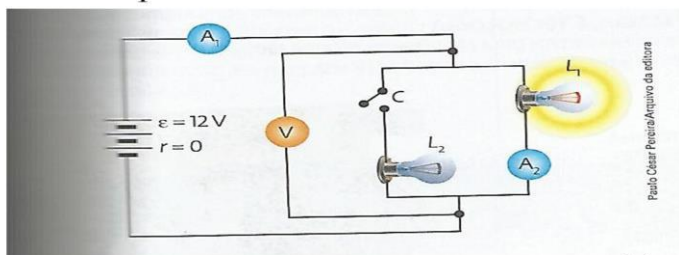
Questão 2-b

Assunto: Circuitos elétricos

Conceito: A intensidade de corrente é a razão entre a tensão fornecida ao dispositivo e a resistência do dispositivo.

Subsunçor: Leis de Ohm.

- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , a leitura do Amperímetro A_2 :



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

Resposta: 3. Não se altera, pois a resistência é uma propriedade do dispositivo, logo não muda e a voltagem fornecida, por ser uma associação em paralelo, também não muda.

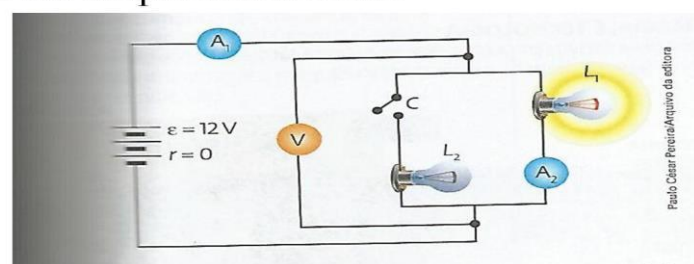
Questão 2-c

Assunto: Circuitos elétricos

Conceito: Numa associação de resistores elétricos em paralelo, a corrente se distribui pelos ramos do circuito.

Subsunçor: Leis de Ohm.

- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , a leitura do amperímetro A_1 :



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

Resposta: 1. Aumenta, pois surgirá uma corrente em L_2 e este aumento se dá pelo fato da resistência equivalente do circuito diminuir.

No trabalho com estas questões, ganhamos experiência na aplicação dos testes e os alunos puderam discutir muitas dúvidas das quais não se davam conta. Como complemento a estas aulas, montamos um circuito misto e pudemos medir, com noção de erros experimentais, algumas tensões utilizando um multímetro. De certa forma, em função da própria necessidade surgida na dinâmica, ampliamos um pouco a noção conceitual.

Esta sequência foi interessante para os alunos, pois, num período aproximado de quinze minutos, pensamos e discutimos as características básicas das associações de resistores. Para associação em paralelo, tivemos o cuidado de trabalhar as suas principais características:

1. “Cada dispositivo conecta os mesmos pontos A e B do circuito. A voltagem, portanto, é a mesma através de cada dispositivo.
2. A corrente total no circuito se divide entre os vários ramos paralelos. A lei de Ohm se aplica separadamente a cada ramo.
3. A corrente total no circuito é igual à soma das correntes em seus ramos paralelos. Esta soma é igual à corrente na bateria ou em outras fontes de voltagem.
4. Quando o número de ramos paralelos aumenta, a resistência total do circuito *diminui*. A resistência total diminui a cada caminho adicionado entre dois pontos quaisquer do circuito. Isto significa que a resistência total do circuito é menor do que a resistência de qualquer um de seus ramos.” (HEWITT, 2015, p. 444)

Com mais esta etapa de testes, começamos os registros. Os resultados destas aplicações foram apenas qualitativos e os quantitativos não puderam ser medidos. Estes resultados serão discutidos com mais cuidado no capítulo 5, porém já havíamos conseguido uma aprovação do método pela maioria dos alunos.

4.2 Combinando os métodos ativos

Após as experiências apresentadas, reunimos material e nos preparamos para registrar os resultados. Com o calendário de 2015 encerrado, iniciamos o trabalho com uma nova turma, a terceira na qual aplicamos os métodos. Agora, já estávamos mais habituados com o processo.

A metodologia do trabalho foi definida da seguinte forma: aplicar um teste inicial em duas turmas do segundo ano do ensino médio, ambas do ensino médio integrado ao técnico de petróleo e gás. Em uma das turmas, não faríamos a dinâmica de votação e discussão das questões conceituais nem cobraríamos questionário do material de leitura, porém forneceríamos os mesmos materiais. Sabemos que cada turma reage de uma forma ao material apresentado e gostaríamos de ter um parâmetro real para nossa pesquisa. Resolvemos, também, seguir o cronograma das aulas sem que os alunos soubessem que existiam métodos sendo analisados. Naturalmente, dentro da ética profissional, nenhuma turma seria privilegiada em relação ao atendimento, material, número de aulas e esforços para que todas as dúvidas fossem sanadas.

Por conveniência, chamaremos as turmas de A e B. A turma A com um total de 33 alunos e a turma B, 27 alunos. Nem todos alunos foram considerados nos resultados, pois alguns faltaram à aplicação de pelo menos um teste e não houve segunda chamada para estes.

Segue um esquema, Tabela 2, com um resumo das características das turmas e algumas informações sobre como trabalhamos com elas.

Tabela 2. Identificação das turmas em que aplicamos os métodos combinados.

| | | | | |
|--|--|---------------------|---|---|
| Instituição: Instituto Federal Fluminense – campus Cabo Frio. | | | | |
| Curso: Ensino médio integrado ao curso técnico em petróleo e gás. | | | | |
| Escolaridade: 2º ano do ensino médio | | | | Ano letivo: 2016 |
| | Número de alunos que participaram | Faixa etária | Metodologia aplicada | Conteúdo e atividades |
| Turma A | 28 alunos de um total de 33 alunos | 15 – 18 anos | Métodos EsM e Ipc combinados. | <p>Trabalho e energia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material de leitura; • Exposição curta; • Resolução e discussão de Testes conceituais • Apresentação de Vídeo |
| Turma B | 25 alunos de um total de 27 alunos | 15 – 18 anos | Metodologia convencional: exposição e resolução de exercícios | <p>Trabalho e energia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposição no quadro • Resolução de listas de exercícios; • Apresentação de Vídeo |

Além destas informações, os alunos responderam um breve questionário para que se tenha um perfil socioeconômico com a intenção de criar um parâmetro sobre o tipo de aluno com quem trabalhamos. Do total de alunos que respondeu ao questionário 70% tinham 17 anos de idade 15% tinham 16 anos e os outros 15% tinham 18 anos, sendo 60% do total do sexo masculino. Em relação à formação, 55% cursaram ensino fundamental em escola pública. Quando perguntados sobre o tempo de estudo semanal fora da instituição, 40% declararam estudar entre 6h e 10h, 55% estudam no máximo 2 horas por semana e 5% estudam até 4 horas semanais. Sobre os aspectos socioeconômicos, 75% dos alunos moram em casa própria e 60% dos alunos declararam ter uma renda familiar de até cinco salários mínimos.

As aulas seguiram um cronograma, que apresentamos, resumidamente, na Tabela 3.

Tabela 3. Cronograma de aulas pra experiência e registro de aplicação dos métodos ativos.

| Período (3 aulas semanais de 50 min) | Turma A (métodos ativos) | Turma B (sem os métodos ativos) |
|---|--|---|
| Semana 1 – 30/05/2016 a 03/06/2016 (início do ano letivo) | Apresentação do plano de trabalho | Apresentação do plano de trabalho |
| Semana 2 – 06 a 10/06/2016 | Pré-teste / Envio do material de leitura | Pré-teste Envio do material de leitura |
| Semana 3 – 13 a 17/06/2016 | Aplicando IpC e EsM | Aula tradicional |
| Semana 4 – 20 a 24/06/2016 | Aplicando IpC e EsM / Resolução de problemas | Aula tradicional |
| Semana 5 – 27/06/2016 a 01/07/2016 | Pós-teste | Pós-teste |

Entendemos que o prazo poderia ser maior, pois, paralelo ao planejamento, teríamos reuniões pedagógicas e projetos da instituição. Não estendemos o cronograma, pois em meados de julho, acontece um grande projeto do curso de petróleo e gás, o *PetroIFF*, evento que é divulgado, principalmente pelas redes sociais. Neste projeto, o aluno fica uma semana sem aulas em seu horário normal. Estas são substituídas por palestras, cursos e oficinas, com foco na formação profissional do aluno. O projeto é organizado pelos próprios alunos, sob supervisão da coordenação.

Para manter um resultado fiel à realidade, não foi possível registrar com fotos ou vídeos as aulas, pois o ambiente não poderia ser influenciado. A presença de câmeras poderia criar uma ansiedade nos alunos e uma das condições definidas era que os alunos não percebessem algo diferente, apenas pensassem que fosse uma forma do professor trabalhar. Esta condição deveria evitar expectativas e, assim, os alunos mostrariam com mais clareza o que absorveram nas aulas. Os testes foram aplicados sem aviso prévio.

Na semana 1, os alunos voltavam de férias e a instituição faz uma semana de recepção de novos alunos com a participação dos alunos antigos. Assim, fizemos a apresentação do conteúdo para o mês de junho de 2016, correspondente ao capítulo 12 do livro adotado na instituição, com os tópicos a serem trabalhados:

- 1) Conceito de energia;
- 2) Conceito de trabalho;
- 3) Trabalho de uma força constante;
- 4) Trabalho de uma força variável;
 - Trabalho da força elástica.
- 5) Teorema da energia cinética;
- 6) Energia potencial
 - Energia potencial gravitacional

- Teorema da energia potencial
- Energia potencial gravitacional

7) Energia Mecânica

Na semana 2, chegamos à sala de aula com o pré-teste para aplicar, um formulário de questões envolvendo todo este conteúdo (Anexo 1). Um total de 13 questões objetivas de múltipla escolha e 1 questão para julgar itens como verdadeiros ou falsos. Das 13 questões objetivas, 2 questões envolvem trabalho de força constante, 3 questões envolvem forças variáveis, com análise gráfica, 2 questões envolvem energia cinética, 1 questão envolve a energia elástica e 5 questões envolvem transformações de energia. Na última questão temos 10 itens com conceitos abordando todo assunto.

O teste aplicado não era totalmente conceitual, em muitas questões os alunos precisavam utilizar as fórmulas de trabalho e energia, fazer cálculo de área e interpretar gráficos. A característica de não ser totalmente conceitual atende ao nosso objetivo de verificar se realmente a compreensão dos fenômenos facilitam a resolução de problemas e a aprendizagem. Consideramos um teste com nível bom de cobrança que exigirá dos alunos uma boa base de conhecimentos para responder. Tudo dependerá do efeito que terá o material de leitura e o comprometimento dos estudantes.

Para a Peer Instruction ser bem-sucedida, é necessário que o livro e as aulas expositivas desempenhem papéis diferentes dos que costumam exercer em uma disciplina convencional. Primeiro, as tarefas de leitura do livro, realizadas antes das aulas, introduzem o material. A seguir, as aulas expositivas elaboram o que foi lido, esclarecem as dificuldades potenciais, aprofundam a compreensão, criam confiança e fornecem exemplos adicionais. Finalmente o livro serve de referência e guia de estudo. (Mazur, 2015, p. 10)

Os alunos ficaram muito ansiosos e foi necessário um diálogo deixando bem claro que aquele teste deveria ser resolvido sem grandes pretensões sobre a quantidade de acertos e que a sua função seria cumprida se cada um fosse honesto e tentasse interpretar e responder pelo conhecimento que possuía até então. Sobre as questões que exigiam conhecimento de fórmulas, deixamos à vontade os alunos que não quisessem responder. Falamos que o mais importante é que gostaríamos,

depois de um tempo, de aplicar outro teste com mesmo assunto e verificar, junto com eles, se houve um ganho de conhecimento sobre o assunto. A conversa foi boa, percebemos que os alunos ficam muito tensos quando são avaliados por provas ou testes e tentamos com o diálogo tirar um pouco do nervosismo. Os alunos entenderam a proposta e os resultados serão discutidos no próximo capítulo desta dissertação.

O livro adotado, *Física aula por aula*, (BARRETO & XAVIER), utilizado para material de leitura, apresenta o conteúdo bem contextualizado, com muitas ilustrações, textos de apoio e exercícios para cada sessão do livro, o que permite ao aluno fixar cada conceito apresentado, de forma gradativa. Assim avaliamos que seria um bom material de leitura.

Para o primeiro contato fora da sala de aula, digitalizamos e mandamos para o e-mail da turma apenas e pedimos que fizessem leitura até o tópico 4 do livro didático (Trabalho de uma força variável), com as recomendações necessárias para trabalharmos sem atropelos.

Como na primeira experiência, receber as respostas e dúvidas por e-mail individualmente nos deu trabalho e, também, perdemos a interação do aluno antes da aula. Uma boa solução, se quisermos continuar enviando material por e-mail, é criar um e-mail da disciplina em que todos tenham a senha. Apesar de gerar a possibilidade de se ter cadastros feitos pelos alunos em sites que não são desejados, todos poderiam ler e criar uma discussão.

Acreditamos que devemos insistir em buscar uma ferramenta ideal para interação antes da aula. Muitos conceitos da física estão presentes no cotidiano e estão presentes na estrutura cognitiva do aluno de maneira incompleta ou incorreta, como conceitos “alternativos”, usando o termo de Moreira (1999). Assim, a estratégia de recorrermos a uma ferramenta de interação e ao debate, como fizemos na experiência anterior utilizando a rede LAIFI, pode corrigir muitas interpretações ou direcionar o aluno a informações que vão auxiliar numa aprendizagem mais significativa, de fato.

Para este trabalho, a discussão seria muito útil, pois o conceito de energia é de difícil definição. O material disponibilizado não traz uma definição direta para esta grandeza física. Sobre o conceito, propõe:

A necessidade de sobrevivência, o poder de transformação e a capacidade de realização do ser humano levaram-no a desenvolver tecnologias para explorar, de diferentes maneiras, os vários tipos de energia.

A palavra **energia** é muito usada em nosso cotidiano, mas não é fácil defini-la como uma grandeza física. E, talvez seja o conceito mais importante da Física, sendo aplicado em diversas áreas. (BARRETO & XAVIER, 2013, p.183)

A partir daí, apresenta, na página, fotos de placas solares, pinguins mergulhando do alto de uma pedra de gelo e desenvolve o exemplo de uma situação, ilustrada, de um homem praticando rapel em cachoeira.

Hewitt, em seu livro *Física conceitual*, primeiramente, define a grandeza física *trabalho* para só então falar sobre energia. Ele a define como: “Esse “algo” que torna um objeto capaz de realizar trabalho” (HEWITT, 2015, p. 113), e abre uma observação numa seção que ele nomeia “*psc*” (para seu conhecimento) dizendo:

O conceito de energia era desconhecido de Isaac Newton e sua existência era ainda fonte de debates na década de 1850. Embora familiar, a energia é de difícil definição, por que ela é tanto uma “coisa” quanto um processo – semelhante tanto a um pronome quanto a um verbo. Percebemos a energia nas coisas apenas quando ela está sendo transferida ou transformada. (HEWITT, 2015, p. 113) (grifo do autor)

E segue a apresentação das formas de energia mecânica.

Pesquisamos mais algumas obras utilizadas para o ensino médio, e tanto a *Física contexto e aplicações, Vol 1*, de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, como *Os fundamentos da Física 1* de Ramalho, Nicolau e Toledo, primeiro apresentam o conceito de trabalho para depois apresentar o conceito de energia, assim como Hewitt.

No livro *Física ciência e tecnologia, vol 1*, Torres, Nicolau, Toledo e Penteado, também adotado na instituição, após uma introdução sobre as formas de energia, desenvolvem um pouco mais o assunto

Mas, afinal, o que é energia?

Apesar de energia ser um dos conceitos mais abrangentes e relevantes em todas as áreas das ciências, ela começou a atrair a atenção dos cientistas apenas no final do século XVIII e por volta de 1850 sua existência ainda era motivo de debates.

Podemos afirmar que o Universo, e tudo que nele existe, é uma combinação de matéria e energia.

A matéria é constituída de átomos e moléculas, possui massa e ocupa determinado volume no espaço; logo, percebemos sua presença. Entretanto, o mesmo não ocorre com a maior parte das formas de energia.

Apesar de a energia nos ser familiar, é difícil conceitua-la, pois ela sempre está relacionada a um processo. Pessoas, objetos e lugares possuem energia, mas geralmente observamos a presença dessa energia em processos de transferência ou de transformação.

De forma simplificada, podemos afirmar que um corpo possui energia se é capaz de provocar mudança em si mesmo ou em sua vizinhança. (TORRES, NICOLAU, TOLEDO & PENTEADO, 2013, p. 218)

O conceito de trabalho está intimamente ligado ao conceito de energia. Tem-se por definição de trabalho o esforço exercido sobre algo que fará sua energia variar, ou seja, o processo em que percebemos energia de um objeto é exatamente o trabalho do corpo. O trabalho representa uma transformação de energia.

Ter consciência de como a compreensão de um conceito pode interferir no aprendizado de outro é fundamental para acreditarmos e levarmos o nosso trabalho a ter um resultado significativo.

Podemos adiantar que, se não fizermos esse trabalho de analisar o fenômeno e suas grandezas, toda esta discussão fica esquecida e o aluno faz da física do ensino médio uma mera substituição de fórmulas. Não que elas não sejam importantes, mas sem conhecer a essência do fenômeno, a fórmula passa a ser uma expressão sem sentido que o aluno vai decorar para os exames.

Recebemos o *feedback* dos alunos até o dia 12 de junho, um dia antes da aula. As perguntas eram bem simples, (Anexo 2), não exigiam domínio de conteúdo. Como essa primeira experiência serviu também para explicarmos como gostaríamos que fosse a resposta, estando associada aos resultados, discutiremos as respostas também no capítulo seguinte.

Na semana 3, iniciamos a aplicação efetiva do método na turma A e, quanto ao material de apoio, podemos dizer que já fez diferença. As duas turmas receberam

o material de leitura. A turma A tinha um questionário a responder e enviar enquanto que a turma B, não. Quando chegamos à turma B, pouquíssimos tinham acessado e lido o material, enquanto que, na turma A, a grande maioria tinha lido para responder ao material. O tempo de exposição na turma B foi muito mais necessário e cansativo do que na turma A.

Vamos nos concentrar no relato das atividades na turma em que aplicamos os métodos e os dados comparativos ficam para uma próxima seção. Nessa semana, seguimos os passos de desenvolvimento do IpC. Fizemos uma breve exposição dos temas, concentrando os esforços no item 4.

- 1) Conceito de energia
- 2) Conceito de trabalho
- 3) Trabalho de uma força constante
- 4) Trabalho de uma força variável

-Trabalho da força elástica

Na exposição, chamamos a atenção para o que passou despercebido. Iniciamos nossa exposição pela análise de movimento harmônico simples, em que pudemos analisar a transformação de energia e a variação de força durante o deslocamento. Após, voltamos ao conceito intrínseco ao trabalho realizado, ou seja, a transferência de energia. A exposição foi feita num tempo aproximado de quinze minutos.

Para nos auxiliar, utilizamos um vídeo⁴, de 2min 54s, que, apesar de estar em italiano, mostra uma animação do sistema e possibilita a análise nas extremidades e no ponto central do movimento.

Com esta animação, conforme ilustramos na Figura 9, pudemos observar o vetor força, trabalhando para quem não conhecia ou não se lembrava da Lei de Hooke. Aproveitamos para discutir o conceito de energia. Mais para frente, aprofundando o assunto, esboçamos um gráfico, sem supor valores e relacionamos o

⁴ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4qn6Ao-bxg0> acesso em 12 de junho de 2016.

resultado do cálculo da área do gráfico com a relação matemática que eles viram no livro como energia potencial elástica.

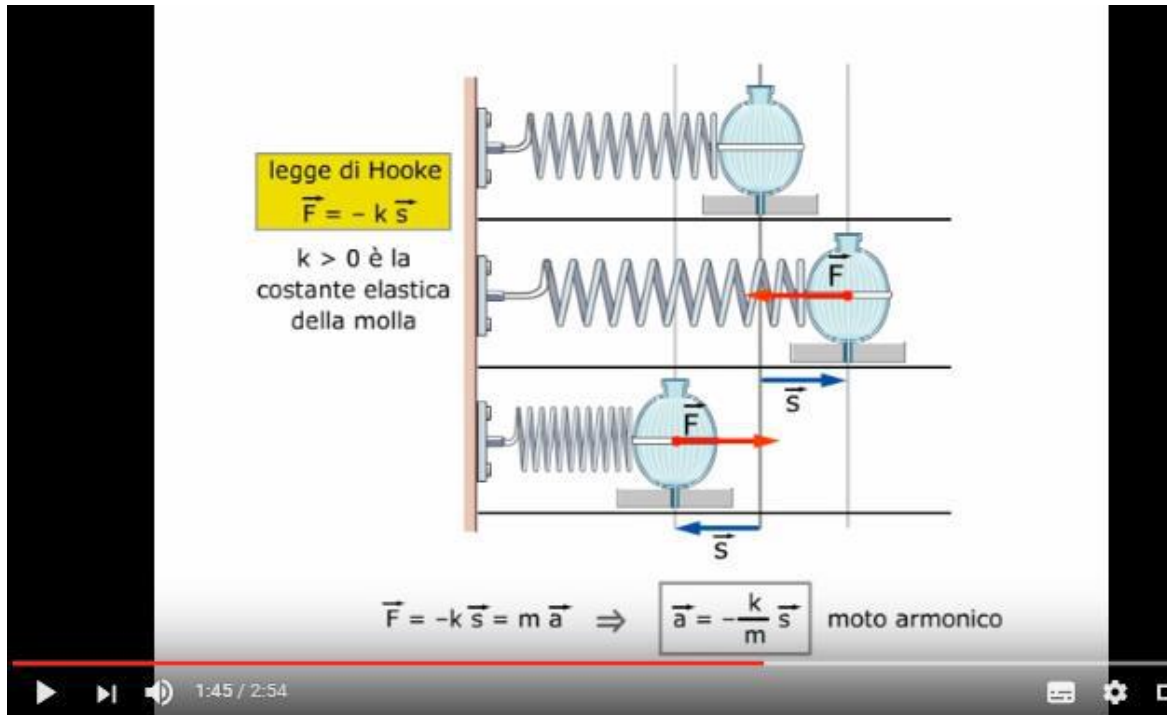


Figura 9. Apoio para exposição do exemplo de força variável.

Quando o aluno lê um livro didático de física, o que ele procura são as fórmulas relacionadas àquele assunto, procurando olhar os exemplos de exercícios resolvidos para seguir o modelo. O nosso aluno de hoje é mecanizado pela necessidade de guardar fórmulas, o que o incomoda muito, pois se vê na obrigação, que entende como única, de memorizar fórmulas.

As aulas na turma em que seguimos o modo convencional foram baseadas em resoluções de exercícios e os alunos se preocupavam em perguntar de acordo com os problemas que iam surgindo nos livros, como inicialmente na turma A. Eles estavam preocupados em quantas fórmulas teriam que memorizar e nós preocupados em trazer atividades e demonstrações que os fizessem pensar no fenômeno. Na turma A, em que utilizávamos o IpC, o pensar no fenômeno estava acontecendo naturalmente a cada vez que surgia o momento de discussão. A cada

vez que um colega tentava explicar o porquê de sua resposta, a física visitava a mente dos alunos.

Trataremos das atividades das semanas 4 e 5 no capítulo em que apresentaremos os resultados. De modo resumido, na semana 4, cobramos a leitura e as respostas e fizemos a apresentação referente aos itens restantes, na turma A, de acordo com os métodos EsM e IpC. Nesta turma, avançamos tanto de forma conceitual como em desenvolvimento de cálculos e achamos necessário ter, nesse período, ao menos duas aulas para resolução de exercícios com utilização de fórmulas e cálculos de uma maneira geral. Na semana 5, aplicamos os pós-testes (Anexo 1). Foram testes iguais para as duas turmas, sem que nenhuma delas tivesse sido informada previamente. O desempenho foi analisado com os alunos e detalharemos no Capítulo 5.

Capítulo 5

Resultados e Discussões

5.1 Pré e Pós-testes

Como não poderia ser diferente, na aplicação do pré-teste tivemos resultados com baixo índice de acertos e uma probabilidade grande de marcações aleatórias de alternativas, os chamados “chutes”. Com a aplicação do teste pós-teste sendo constituído das mesmas questões (Anexo 1), as turmas ficaram muito motivadas a fazer as atividades, pois não lembravam o que tinham respondido e queriam comparar suas respostas. Queriam realmente saber se tinham melhorado e aprendido a resolver, sem precisar “chutar”.

Ressaltamos que os resultados apresentados são reais, sem manipulação de respostas e uma condição foi obedecida rigorosamente: os alunos não sabiam que o teste seria aplicado e, muito menos, que o pré-teste seria reaplicado. Sempre pensaram que fariam uma prova ao final do bimestre, como estavam acostumados, por ser regra da instituição.

Nosso interesse é determinar se houve diferença no ganho de aprendizagem na turma em que aplicamos os métodos EsM e IpC combinados que justifique a divulgação dos métodos em escolas parceiras e a inclusão deste tema na formação do professor de física, seja na licenciatura, nos programas de formação continuada ou até no currículo de especialização (pós-graduação).

Para justificar, fizemos a análise e comparação dos testes aplicados.

5.1.1 Questões objetivas

No pré-teste os alunos ficaram muito tensos, preocupados com avaliação, e só ficaram mais calmos quando souberam que os pontos de avaliação seriam utilizados no critério de participação, o que facilitou a aplicação.

No pré-teste, das 13 questões objetivas tivemos os seguintes resultados:

Turma A (métodos ativos): Média de 18,9% de acertos;

Turma B (convencional) = Média de 24,5% de acertos.

Neste momento, alguns alunos tinham noção do conteúdo, pois haviam estudado no 9º ano do ensino fundamental e tinham uma ideia superficial referente a algum trabalho que tinham feito no 1º ano do ensino médio. Deveriam ter tido este conteúdo no 1º ano, no ano anterior, o professor tinha adoecido e teríamos que repor este conteúdo no início do 2º ano do ensino médio. A maioria dos alunos não lembravam dos conceitos fundamentais deste assunto.

A primeira análise que fizemos, com o pós-teste aplicado, foi com as 13 questões objetivas e nos deu um resultado muito interessante, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Análise das porcentagens de acertos após um mês de aula.

| | Pré-teste (% de acertos) | Pós-teste (% de acertos) | Ganho no índice de acertos |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Turma A (EsM e IpC) | 18,9 | 30 | 11,1% |
| Turma B (convencional) | 24,5 | 32 | 7,5% |

Considerando que os alunos não haviam se preparado para o teste, acreditamos que este aumento representa um ganho de aprendizagem, o que ficou guardado com o aluno após as aulas. É certo que, se os alunos fossem avisados, os resultados seriam mais elevados, porém o resultado apresentado satisfaz o nosso propósito.

Um dado que obtivemos tornou esta análise muito mais interessante:

Dos 25 alunos que fizeram os dois testes na turma B (convencional), 8 alunos diminuíram a quantidade de acertos e na turma A(EsM e IpC), com 28 alunos resolvendo os dois testes, apenas 1 aluno reduziu a quantidade de acertos nas questões objetivas

Este dado aponta para a maior confiança e mais segurança na compreensão das questões. Apesar de não termos medido o nível de confiança dos alunos, acreditamos que na turma A os alunos estavam mais certos das respostas.

Não podemos afirmar com certeza a causa deste resultado, mas, por hipótese, atribuímos este resultado ao fato de a turma na qual aplicamos os métodos ter demonstrado mais interesse e motivação ao fazer as atividades. Além de, nas aulas, pedir mais testes conceituais para que tivessem possibilidade de convencer seus colegas. É característica dos jovens desta idade, 14 aos 17 anos, gostar de interagir e debater ideias. Por isso acreditamos que os métodos aplicados também interferem nas atitudes dos alunos e no seu comportamento diante da disciplina e o seu uso contribui para a motivação dos alunos.

5.1.2 Questões do tipo verdadeiro (V) ou falso (F)

Nestas questões, apresentadas no pré e pós-testes (Anexo 1), foram abordados conceitos que surgiram nas aulas e no material de leitura.

Na Tabela 5, fazemos uma análise, item por item, de quantos alunos acertaram no pré-teste e no pós-teste. Vamos apresentar os dados em porcentagem, para facilitar a compreensão e conclusões.

Tabela 5. Análise de acertos dos itens V ou F dos testes.

| Item | Acertos Turma A (%) | | | Acertos Turma B (%) | |
|----------------------------|---------------------|------|--|---------------------|------|
| | Pré | Pós | | Pré | Pós |
| 1 | 57 | 68 | | 63 | 50 |
| 2 | 46 | 64 | | 41 | 41 |
| 3 | 39 | 57 | | 54 | 41 |
| 4 | 50 | 50 | | 59 | 41 |
| 5 | 86 | 96 | | 82 | 82 |
| 6 | 39 | 75 | | 46 | 82 |
| 7 | 32 | 75 | | 41 | 82 |
| 8 | 64 | 54 | | 54 | 50 |
| 9 | 68 | 61 | | 41 | 46 |
| 10 | 71 | 89 | | 59 | 91 |
| Média (soma/10) | 55,2 | 68,9 | | 54 | 60,6 |
| Ganho | 13,7% | | | 6,6% | |

Este resultado confirma o que já era esperado, pois o que os métodos ativos buscam é dar uma base conceitual para o aluno, e a comparação entre as duas turmas mostra que os métodos são efetivos neste aprendizado.

5.1.3 Aprofundando a análise

Os testes são constituídos principalmente por questões conceituais, mas também possuem questões de cálculo e memorização. Entre elas destacamos algumas questões:

Fazendo uma volta completa (um loop-the-loop). Um carro em um parque de diversões se desloca sem atrito ao longo do trilho indicado na figura abaixo. Ele parte do repouso no ponto A situado a uma altura h acima da base do círculo. Considere o carro como uma partícula. Qual é o menor valor de h para que o carro atinja o topo do círculo sem cair?

- a) $R/2$
- b) R
- c) $3R/2$
- d) $2R$
- e) $5R/2$

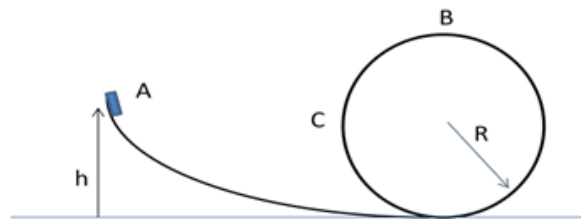


Figura 10. Questão 11 do teste. Questão considerada de memorização, pois foi resolvida em aula anterior.

Para resolver a questão, apresentada na Figura 10, o aluno precisaria dispender um esforço grande, pois é considerada trabalhosa pelos alunos do ensino médio, porém não lhes foram cobrados cálculos, nem conhecimento efetivo. A função desta questão era verificar a simples memorização, já que esta questão constava no livro didático e foi resolvida no quadro, apenas como exposição. Gostaríamos de saber se uma questão, com alguma complexidade, envolvendo os conceitos e fórmulas sobre energia mais informações sobre resultante centrípeta, poderia ser memorizada ou, ao menos, o resultado dela. Será que uma questão complexa, resolvida passo a passo, com bastante calma, poderia ficar na memória do aluno e de alguma forma se transformar em aprendizado futuramente?

Imaginávamos que, pelo trabalho que deu para resolver, todos lembrariam. Mas não foi bem o que aconteceu. Vamos ver o número de acertos, em porcentagem, desta questão no teste pós-aula:

| | | | |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Turma A | 50% da turma acertou | Turma B | 14% da turma acertou |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|

Primeiro achávamos que todos acertariam por ter sido resolvida no quadro. Poderíamos achar coerente que a turma B, que trabalhou com mais exercícios de resolução, teria uma maior facilidade de lembrar a resposta.

Deste resultado, só podemos lançar uma hipótese: os alunos, convencionalmente, decoram soluções. Os alunos que seguiram debatendo e fazendo leitura de material, com cobrança de *feedback*, memorizaram muito mais a resposta da questão. Assim, pode-se em verdade entender que, continuando o trabalho, aqueles conceitos trabalhados podem vir a se transformar em conhecimento.

As próximas questões, Figura 11, deixam ainda mais evidente que o rendimento nos testes surpresa da turma que seguiu os métodos combinados foi superior. Selecionamos questões que exigiam do aluno não só que soubesse o conceito ou que precisasse decorar fórmula. Montamos um teste em que o aluno precisaria pensar em como encaixar o conceito, lembrar o que significavam e aplicar seu conhecimento adquirido ou a base formada para resolvê-lo.

Um bloco de gelo é largado do topo de um plano inclinado, enquanto um segundo bloco de gelo é largado de uma mesma altura. Qual o bloco que chega ao solo com maior velocidade?

- a) o que deslizou;
- b) o que caiu em queda livre;
- c) ambos;

Quando uma partícula de 4,0 kg está pendurada por uma mola de massa desprezível que obedece à lei de Hooke, a mola se alonga de 2,0 cm. Quando trabalho é necessário realizar por um agente externo para alongar a mola de 4,0 cm da sua posição de equilíbrio?

- a) 1,6 J
- b) 0,4 J
- c) 0,2 J
- d) 3,2 J
- e) 0,8 J

Figura 11 - Questões 9 e 10, respectivamente, dos testes aplicados à turma

A questão 9 é conceitual. Foram utilizados blocos de gelo para que o aluno eliminasse os atritos e foi informado que, para o teste, a resistência do ar seria desprezível. Fizemos como é comum no ensino médio, portanto, os alunos já estavam habituados. É uma questão considerada simples.

A questão 10 envolve um pequeno cálculo. Lembramos que o exemplo da mola e seu estudo em movimento harmônico foram desenvolvidos nas aulas. A diferença é que, para turma em que aplicamos os métodos, a exposição foi breve, por volta de quinze minutos e, para a turma convencional, trabalhamos a exposição e a resolução de exemplos, utilizando o quadro branco. Vejamos, na Tabela 6, como foram os avanços dos alunos em relação a essas duas questões.

Tabela 6. Análise de questão conceitual e questão que necessita de cálculos.

| | Acertos – Questão 9 | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-------|
| | Pré-teste | Pós-teste | Ganho |
| Turma A (EsM e IpC) | 18% | 57% | 39% |
| Turma B (convencional) | 50% | 50% | 0% |
| | Acertos – Questão 10 | | |
| Turma A (EsM e IpC) | 25% | 57% | 32% |
| Turma B (convencional) | 27% | 50% | 23% |

Mazur (2015, p. 5-7) relata uma experiência em que apresentou duas questões envolvendo circuitos elétricos. Na questão 1, o aluno teria que interpretar, conceitualmente, como seria o funcionamento de três lâmpadas, ao ligar uma chave.

Na questão 2, o aluno tinha um circuito composto por duas malhas em que teriam que utilizar as leis Kirchhoff e escrever um sistema de duas equações. Mazur (2015, p. 6) comenta que muitos físicos apontariam a questão conceitual como a mais fácil, o que acaba não se confirmando em turmas de ensino convencional. Mazur se refere ao *score* atingido em relação às questões. Segundo ele, 39% dos estudantes se saíram bem pior na questão conceitual e, na questão convencional, apenas 9% se saíram pior. O autor afirma que essa tendência se confirmaria em muitos outros testes de características semelhantes.

Os nossos resultados mostram que na questão conceitual os alunos da turma B, com ensino convencional, tinham mais conhecimento no pré-teste, porém, estatisticamente, não houve evolução. Por outro lado, os alunos da turma A obtiveram uma melhora relevante.

Na questão que exige cálculo, acreditamos que só vale a pena analisar os resultados do pós-teste, pois no pré-teste as respostas têm pouca confiabilidade. Percebemos que o resultado é muito parecido, mas, ainda assim, a turma A consegue ter um desempenho ligeiramente superior, demonstrando que um número maior de alunos aprendeu.

5.1.4 Análise qualitativa

Mazur (2015, p. 21) fala sobre a importância da motivação para que o método IpC tenha sucesso:

É improvável que os estudantes aceitem passivamente uma mudança no formato das aulas expositivas. Eles estão acostumados a aulas expositivas tradicionais e terão dúvidas se o novo método poderá ajudá-los a obter melhor desempenho (isto é, obter uma nota melhor na disciplina). Como a colaboração plena dos estudantes é essencial para o sucesso do método do *Peer Instruction*, é importante motivar os estudantes assim que possível.

Esse autor também cita que utiliza questionários de entrada para saber quais são as expectativas dos alunos quanto à disciplina e os utiliza para motivar seus alunos a atingi-las. Ao final de quatro semanas aplica outro questionário e faz uma

análise sobre o andamento das aulas, o que ele pode melhorar e quais expectativas poderiam ainda ser atendidas. No nosso caso, resolvemos utilizar um questionário depois da sequência didática trabalhada, para que os alunos avaliassem os procedimentos. Desta forma, teríamos uma noção do que poderíamos melhorar em nossas estratégias, com base no ponto de vista deles.

No pós-teste incluímos um questionário para que os alunos avaliassem a disciplina qualitativamente. O questionário era composto de perguntas livres, muito parecidas com as utilizadas por Mazur (2015, p. 23) com seus alunos na Universidade de Harvard:

- 1) De que **mais gosta** nesta disciplina? O que mais te faz aprender nas aulas?
- 2) De que **menos gosta** nesta disciplina? O que não acrescenta em seu aprendizado?
- 3) Se você pudesse mudar algo nesta disciplina, o que faria? O que te faria aprender ou se dedicar mais?

As respostas foram livres e vários fatores puderam ser registrados.

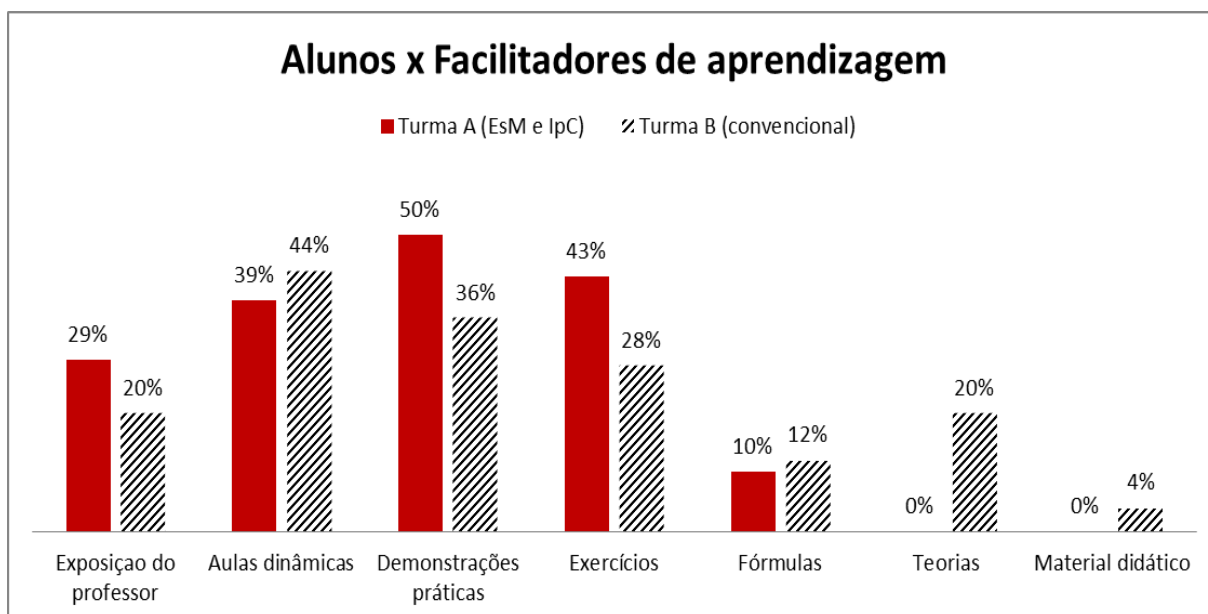


Figura 12 - Análise qualitativa. Facilitadores de aprendizagem. Estatística com base na quantidade de alunos que responderam aos testes.

O gráfico da Figura 12 foi criado com base nas respostas dos alunos em relação ao que funciona como facilitador para a sua aprendizagem. Nota-se que os alunos envolvidos com a Instrução pelos Colegas se interessam por demonstrações práticas que podem complementar as aulas e, inclusive, creem que elas ajudariam muito na dinâmica das aulas. Ressalto também que a turma A citou mais vezes, como favorável, a exposição do professor em sala de aula, o que mostra que as exposições curtas são mais agradáveis ao aluno. Na turma B, um número menor de alunos citam exercícios como algo favorável.

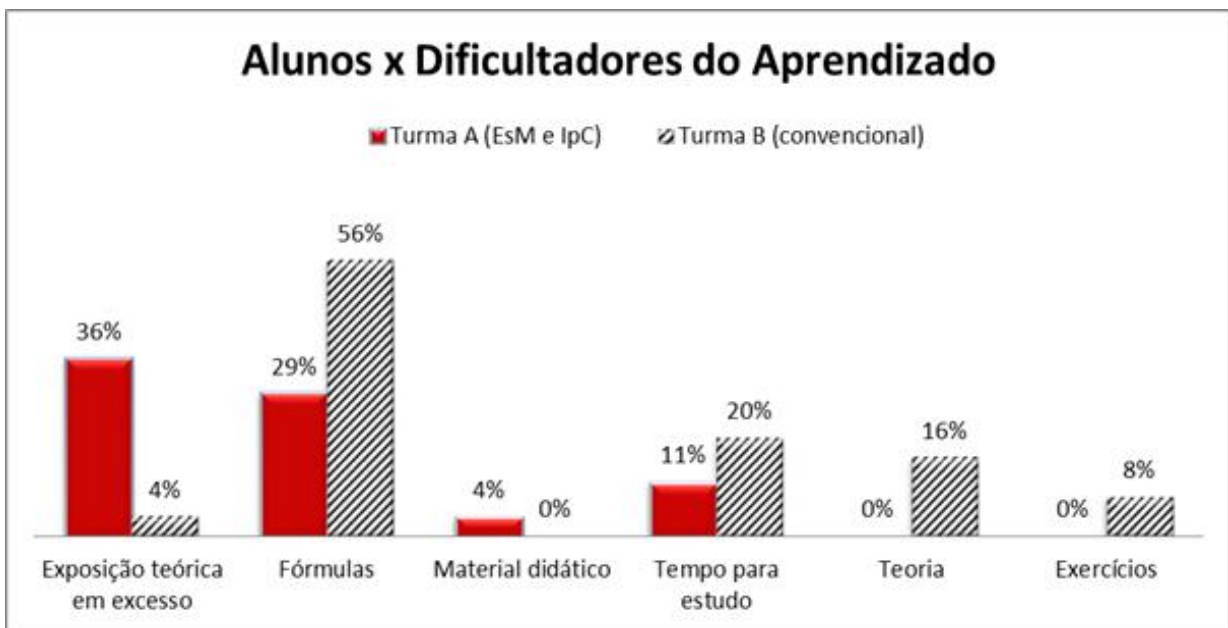


Figura 13 - Análise qualitativa. Dificultadores do aprendizado. Estatística com base na quantidade de alunos que responderam aos testes.

No gráfico da Figura 13 apresentamos o que os alunos disseram em relação ao que eles não gostam na disciplina. Nestas perguntas em que os alunos foram solicitados a responder sobre o que interfere negativamente no ensino, muitos não quiseram ou não souberam apontar um motivo específico. Muitos avaliaram ser um problema da física e, simplesmente, eles que teriam que estudar mais. Mesmo com toda dificuldade, a memorização de fórmulas apareceu com principal dificultador para se aprender física. A turma A citou que, quando a exposição teórica é longa, eles se perdem e não conseguem entender.

Capítulo 6

Produto Educacional

Um dos resultados deste trabalho é um guia (ver Apêndice) com o passo a passo para desenvolver as dinâmicas dos métodos e dicas para sua utilização imediata pelo professor. Este material produzido, que chamamos de “Aprendizagem Ativa de Física no Ensino Médio: guia prático para o professor”, poderá ser distribuído em escolas da região, principalmente na rede pública. Além desta divulgação, o guia poderá ser usado como objeto de programas de formação continuada em projeto de extensão que será submetido no Instituto Federal Fluminense – *campus* Cabo Frio.

A aplicação deste produto se justifica pela necessidade de transformação no ensino de física. Como vimos no corpo deste trabalho, os métodos ativos podem auxiliar na formação do indivíduo para a vida que, o que significa, conforme Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias (PCNEM - PCN+):

- saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir;
- enfrentar problemas de diferentes naturezas;
- participar socialmente, de forma prática e solidária;
- ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e,
- especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado. (PCN+, p.9)

O PCN+ ainda ressalta a necessidade de se buscar novos métodos de ensino:

Uma formação com tal ambição exige métodos de aprendizado compatíveis, ou seja, condições efetivas para que os alunos possam:

- comunicar-se e argumentar;
- defrontar-se com problemas, compreendê-los e enfrentá-los;
- participar de um convívio social que lhes dê oportunidades de se realizarem como

cidadãos;

- fazer escolhas e proposições;
- tomar gosto pelo conhecimento, aprender a aprender.

Mais especificamente sobre física, os PCNEM apontam várias questões para reflexão do professor em relação à necessidade de novas práticas de ensino em nossa realidade (PCN+, p.56-57):

Não é, entretanto, suficiente sinalizar a direção a seguir e explicitar a mudança de rumos desejada em relação ao ensino de Física que vinha sendo praticado. Entre o discurso e as novas práticas há um longo percurso.

De certa forma, a sinalização efetuada pelos PCNEM é explícita quanto ao que não conduz na direção desejada e vem sendo percebido com clareza pelos professores. O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média.

Por outro lado, frente a tantas solicitações, dimensões e recomendações a serem simultaneamente contempladas, os professores têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer.

Logo, este produto educacional atende à necessidade de buscar novas práticas, além de ter o potencial de criar um espaço de interação entre colegas professores. Pode ser uma oportunidade para se refletir, de uma forma geral, sobre o ensino de física nesta região, criando pontes, nas plataformas de interação, por exemplo, para se discutir os métodos ativos apresentados e experiências que possam melhorar o ensino.

O guia apresenta a origem dos métodos, nas páginas 4 e 5 fazemos uma apresentação geral do Ensino sob Medida e do Instrução pelos Colegas dando uma ideia de como se dá a sua dinâmica e os resultados que proporcionam.

A seguir, nas páginas 6 e 7, informamos quais procedimentos adotamos para o método EsM fazendo os comentários que julgamos necessários para o bom entendimento de cada passo e, em seguida, páginas 8 e 9, temos uma seção com dicas úteis para uma boa aplicação e apresentamos um exemplo de um teste de leitura utilizado na nossa experiência.

Na página 10 iniciamos a apresentação do IpC com pontos importantes para o planejamento de aula utilizando este método. Então, seguimos informando os procedimentos passo a passo, sempre fazendo comentários para esclarecer e ajudar o professor em cada passo.

Uma das preocupações que surge quando explicamos o método IpC é em relação ao tempo que levamos em todo seu procedimento, por isso, no nosso guia também apresentamos uma tabela, na página 14, com o tempo aproximado que utilizamos na aplicação de uma questão conceitual. Independente do tempo total, na prática, percebemos que o tempo de aula foi muito bem utilizado e vale a pena oferecer este tempo ao aluno para pensar sobre as questões.

Como nosso produto tem a pretensão de ser um guia rápido, na página 15 apresentamos referências para aquele professor que desejar se aprofundar e conhecer melhor experiências de aplicação dos métodos. Estas referências apresentam:

- O livro do Prof. Eric Mazur, *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa*, que já está traduzido para o português, que pode ser adquirido em várias livrarias *on-line*. O livro conta como aplicar os métodos de forma mais aprofundada e apresenta muitas questões que foram usadas por ele em turmas de física básica na Universidade de Harvard, EUA.
- Apresenta um *link* para o material que explica o que seria o Ensino sob Medida. A página não está traduzida, mas, com um pequeno esforço, teremos boas informações e dicas sobre este método.
- Um artigo, assinado por Vagner Oliveira, Eliane Angela Veit e Ives Solano Araújo, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, em que se conta uma experiência de aplicação dos métodos.
- Um documentário, produzido pelo Prof. Vagner Oliveira, que relata a aplicação citada no artigo citado no item anterior.

- Uma apresentação da Prof. Madge Bianchi, autora de algumas imagens presentes no produto. Esta apresentação aconteceu no Simpósio Nacional de Ensino de Física, em janeiro de 2015.

Para encerrar o produto apresentamos algumas questões conceituais que utilizamos em nossa experiência que servirá de exemplo para o professor que quiser montar e utilizar outras. Além disso, deixamos o nosso contato para quem tiver dúvidas, precisar de informações ou contribuições. Após a divulgação, pretendemos criar um grupo na *web* para trocar experiências de aplicação que possam ajudar os professores de todo território nacional.

Esperamos que o produto possa, realmente, auxiliar os professores que se interessarem a desenvolver estes métodos e adaptá-los à nossa realidade. Sabemos que é de extrema importância o domínio de ferramentas pedagógicas pelo professor e defendemos que os métodos ativos se apresentem como mais uma ferramenta que o professor possa utilizar em sua prática.

Capítulo 7

Conclusões

Como em toda profissão, precisamos nos atualizar sempre e enfrentar as situações adversas que surgem. O ensino de física, há muito tempo, convive com problemas. Sabemos que no mundo de hoje as informações circulam quase que instantaneamente pelas redes sociais e que estão disponíveis para grande parte da população. Podemos tirar proveito disso.

Nesse sentido os métodos apresentados cumprem seu papel de integrar o que o aluno estuda com o que é apresentado na sala de aula. Com o Ensino sob Medida, o professor pode orientar os estudos que seus alunos com atividades propostas para serem resolvidas fora de sala. Estas atividades indicam ao professor quais assuntos devem ser trabalhados em aula, criando um envolvimento de seu aluno com a aula.

A aplicação demonstrou que os métodos são efetivos em sua proposta. Foi muito surpreendente a rapidez com que surgiram os primeiros resultados. Um resultado que não conseguimos medir, mas podemos registrar, é a motivação que os alunos ganharam. Criaram expectativas pela aula de física. Perguntavam se teria mais questões conceituais para responder e participar da votação. Além disso, pesquisavam além do material de leitura para poder explicar aos seus colegas.

Os nossos registros de resultados quantitativos compreendem apenas um mês de aulas, mas os efeitos foram extraordinários tanto quantitativa como qualitativamente. Inclusive, procuramos comparar os nossos resultados com os iniciais de Mazur (2015) que fez um registro da evolução do ganho de aprendizagem de suas turmas ao longo de alguns anos (Tabela 7)

Tabela 7: Resultados das turmas para o ganho de aprendizagem dos alunos da Universidade de Harvard. (MAZUR, 2015, p. 16)

| Método de ensino | ano | antes | após | ganho |
|-------------------------|------------|--------------|-------------|--------------|
| Convencional | 1990 | 70% | 78% | 8% |
| Peer Instruction | 1991 | 71% | 85% | 14% |
| | 1993 | 70% | 86% | 16% |
| | 1994 | 70% | 88% | 18% |
| | 1995 | 67% | 88% | 21% |

Tendo a tabela de resultados de Mazur como parâmetro, que também aplicou um pré-teste, antes das aulas, e um pós-teste após as aulas. A turma convencional do Prof. Mazur, com seus testes, atingiu um ganho de 8%, enquanto a nossa turma atingiu, em média geral, 7,5%. A sua primeira turma envolvida no método apresentou 14% de ganho e, a nossa, 11%. Observamos que os nossos resultados foram satisfatórios e há uma grande possibilidade de atingirmos o mesmo sucesso atingido em Harvard na evolução (progressão) de ganhos de aprendizagem com o aprimoramento da prática didática.

Como mostram os resultados de Mazur, os métodos ativos são aprimorados pelo professor a cada ano e cada vez mais rapidamente. Acreditamos que o mesmo pode acontecer com nossos jovens do ensino médio. Precisam compreender os fenômenos físicos como eles são, fazendo a leitura da natureza e pensando a física não como um problema e sim como solução.

Acreditamos, através dos resultados apresentados, que os métodos Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC) combinados podem ajudar muito na melhoria do ensino de física. Sabemos que alguns problemas de física estão além da sala de aula, mas, para a sala de aula, os métodos ativos constituem uma importante ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem.

Entendemos que o nosso produto educacional, resultado de nossas experiências, tem potencial para motivar outros professores a experimentar os métodos ativos. O guia apresentado é um subsídio para a divulgação do Ensino sob Medida e da instrução pelos Colegas, uma aplicação que poderá ser aperfeiçoada a partir das experiências de outros professores. E este é o nosso objetivo após a conclusão desta etapa. Buscar melhorias em alguns pontos que precisam de ajustes, como exemplo, o processo de interação. Sabemos que há muitas ferramentas que podem ser usadas e vamos trabalhar para escolher a mais eficiente neste processo.

Como perspectiva de desenvolvimento deste trabalho esperamos submeter um projeto de extensão à nossa instituição, IFF – *campus* Cabo Frio, RJ – em que pretendemos fazer parcerias com escolas públicas da região para divulgar os métodos e criar um grupo de interação para desenvolvimento deles. Neste grupo, a intenção é, dentre outros aspectos, discutir a melhor forma para interagir com o aluno e contribuir com um banco de questões conceituais sobre os assuntos da física no ensino médio. A ideia é que tenhamos equipes de trabalho que desenvolvam questões sobre determinados assuntos, com uma atenção especial à Física Moderna, o que poderá atender a uma das necessidades dos professores da rede pública.

Referências

ALVARENGA, Beatriz A. ; MÁXIMO, Antônio R.L. , Física contexto & aplicações : ensino médio, 1º ano – 1 ed – São Paulo: Scipione, 2013.

BARRETO, Benigno F. ; XAVIER, Claudio S. , Física Aula por Aula: Mecânica: 1º ano – 2. Ed. – São Paulo : FTD, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

CBPF, Escola, Programa PROFCEM, Disponível em: <<http://mesonpi.cat.cbpf.br/escola2015/?pgn=ProgramaPROFCEM>>, acesso em 01 de dez. de 2016.

CUSTÓDIO, Fausto L. ; BARROSO, Marta Feijó, TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA: Apresentação e análise dos itens, disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Fausto_Custodio/testes_conceituais_Fausto_Custodio.pdf , acesso em 20 de maio de 2016.

DENES, Madson, O que é Just in Time, Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/carreira/o-que-e-just-in-time/21936/> . Acesso em 3 de janeiro de 2017.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. ; tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12 ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

MAZUR, Eric. *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa*. Tradução: Anatólio Laschuk. – Porto Alegre: Penso, 2015

MAZUR, Eric. Ensinar é apenas ajudar a aprender. Universidade de Harvard: 2003. *Gazeta da Física*, vol. 26, fascículo 1, p. 18-22, jan. 2003. Entrevista concedida a C. Fiolhais e C. Pessoa. Disponível em: <<http://www.gazetadefisica.spf.pt/magazine/article/684/pdf>>, acesso em 15 de dez. de 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

NOVAK, G. M. et al. Just-in-Time Teaching: blending active learning whit web technology. [S.l.] 1999. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, p. 188.

NOVAK, G. M.; MIDDENDORF, J. What works - A Pedagogy (Just-In-Time Teaching). 2004. Disponível em: <http://www.pkal.org/documents/novak_just-in-time-teaching.pdf>, acesso em: 19 jul. 2016.

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAÚJO, Ives Solano. *Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 1, p. 180-206, abr. 2015.

OSTERMANN, Fernanda e CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. *Teorias da Aprendizagem*. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> > acessado em 15/12/2016.

PROJETO ACESSA FÍSICA, vídeo Os curiosos – Experimento de Millikan, MEC Ministério da Educação e MCT Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <http://177.71.183.29/acessa_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Experimento-de-Millikan>, acesso em 10 de dez. de 2016.

SANTOS, Antonio Carlos F. , *Página eletrônica curso de Física I*. 2016. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~toni/fisical.pdf>>, acesso em 20 de maio de 2016.

SILVEIRA, Cristiano B., Just in time: conceito, definição e objetivos, Em página eletrônica de uma empresa da indústria: <http://www.citisystems.com.br/just-in-time-conceito-significado> , acesso em 01 de dezembro de 2016.

SOUZA, Rodrigo, *Leis de Kirchhoff*, IFSUL Pelotas. Disponível em: <<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~rodrigossouza/lib/exe/fetch.php?id=cefet&cache=cache&media=lk.pdf>>, acesso em 15 de dez de 2016.

TORRES, Carlos Magno A. [et. al.], *Física: Ciência e Tecnologia – 1º ano – 3 ed.* São Paulo : Moderna, 2013.

VYGOTSKY, Lev S. *A formação da mente*. 2 ed. Brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

Anexo 1

Pré e Pós-Testes

Fonte: Questões selecionadas do material disponibilizado pelo Prof Antonio Carlos F. dos Santos (UFRJ) em sua página eletrônica. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~toni/fisical.pdf>, acesso em 20 de maio de 2016.

TRABALHO e ENERGIA

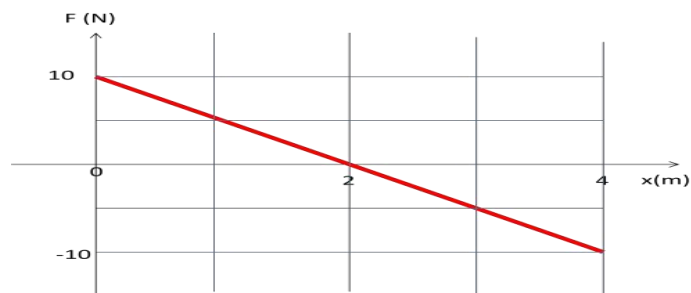
1) Trabalho realizado por uma força constante. Um aluno pega uma caixa que está sobre uma mesa e a coloca no chão. Considere que o trabalho total realizado pelo aluno é W . Pode-se concluir que

- a) $W = 0$
- b) $W > 0$
- c) $W < 0$

2) Trabalho realizado por uma força constante. Um objeto de massa igual a 2,0 kg move-se sobre uma mesa horizontal sem atrito em um movimento circular uniforme. O raio do círculo é de 0,75 m e a força centrípeta é de 10,0 N. O trabalho realizado por esta força enquanto o objeto se move durante a metade de uma revolução completa é

- a) 0 J
- b) 10,0 J
- c) 3,75 J
- d) 7,5 J

Figura para as questões 3, 4 e 5.



3) Uma partícula de 2,0 kg que se move ao longo do eixo x experimenta a força representada na figura abaixo. O trabalho entre as posições $x = 0$ m e $x = 2$ m é

- a) () 20 J
- b) () - 20 J
- c) () 10 J
- d) () - 10 J
- e) () 0 J

4) Com base na mesma figura, o trabalho entre $x = 2$ m e $x = 4$ m é

- a) 20 J
- b) - 20 J
- c) 10 J
- d) - 10 J
- e) 0 J

5) Ainda com base na figura acima, o trabalho entre $x = 1$ e $x = 3$ m é

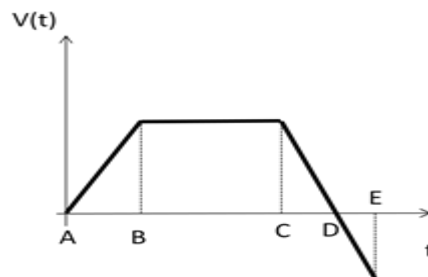
- a) 20 J
- b) - 20 J
- c) 10 J
- d) - 10 J
- e) 0 J

6) Uma partícula de 20 g está se movendo para esquerda a 30 m/s. Quanto trabalho deve ser realizado sobre ela para fazê-la se mover para a direita a 30 m/s?

- a) 18 J
- b) -18 J
- c) 9 J
- d) - 9J
- e) 0 J

7) Uma única força atua sobre uma partícula em movimento retilíneo. O gráfico da velocidade desta partícula em função do tempo é mostrado na figura abaixo. Considerando os quatro intervalos de tempo $t(A \rightarrow B)$, $t(B \rightarrow C)$, $t(C \rightarrow D)$, $t(D \rightarrow E)$, respectivamente nesta ordem, a opção que diz se o trabalho realizado pela força sobre a partícula é positivo (+), negativo (-) ou nulo (0) é:

- a) () +, 0, +, -
- b) () +, 0, +, +
- c) () +, +, +, -
- d) () +, +, -, -
- e) () +, 0, -, +



8) Um tijolo é largado de uma dada altura. Um segundo tijolo, pesando o dobro do primeiro, também cai da mesma altura. Quando o segundo tijolo atinge o solo ele tem:

- a) a metade da energia cinética do primeiro;
- b) a mesma energia cinética do primeiro;
- c) o dobro da energia cinética do primeiro;
- d) quatro vezes a energia cinética do primeiro;

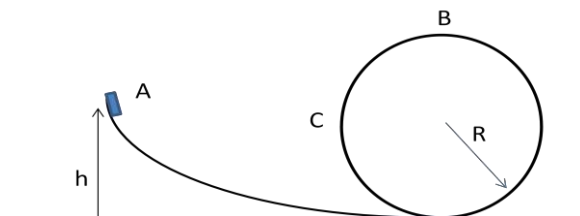
9) Um bloco de gelo é largado do topo de um plano inclinado, enquanto um segundo bloco de gelo é largado de uma mesma altura. Qual o bloco que chega ao solo com maior velocidade?

- a) o que deslizou;
- b) o que caiu em queda livre;
- c) ambos;

10) Quando uma partícula de 4,0 kg está pendurada por uma mola de massa desprezível que obedece à lei de Hooke, a mola se alonga de 2,0 cm. Quando trabalho é necessário realizar por um agente externo para alongar a mola de 4,0 cm da sua posição de equilíbrio?

- a) 1,6 J
- b) 0,4 J
- c) 0,2 J
- d) 3,2 J
- e) 0,8 J

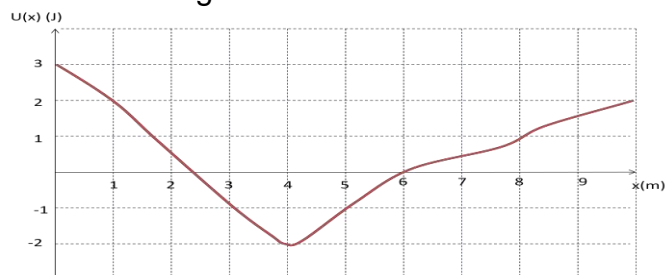
11) Fazendo uma volta completa (um loop-the-loop). Um carro em um parque de diversões se desloca sem atrito ao longo do trilho indicado na figura abaixo. Ele parte do repouso no ponto A situado a uma altura h acima da base do círculo. Considere o carro como uma partícula. Qual é o menor valor de h para que o carro atinja o topo do círculo sem cair?



- a) $R/2$
- b) R
- c) $3R/2$
- d) $2R$
- e) $5R/2$

12) Uma partícula move-se ao longo do eixo x através de uma região em que a energia potencial $U(x)$ varia conforme ilustrado abaixo. A partícula tem uma energia mecânica constante de 4,0 J. Qual o valor da energia cinética em $x = 4$ m?

- a) 2 J
- b) 3 J
- c) 4 J
- d) 5 J
- e) 6 J



13) Ainda sobre o gráfico da questão anterior, qual o trabalho da força entre $x = 1$ e $x = 8$?

- a) 1J
- b) - 1J
- c) 0J
- d) 2J

14) Forças conservativas x forças não-conservativas: indique verdadeiro (V) ou falso (F)

- () Um força para a qual o trabalho realizado não é independente da trajetória chama-se força não conservativa
- () O atrito é uma força conservativa
- () É possível definir uma energia potencial associada a uma força não-conservativa.
- () A energia do sistema E_{sist} é a soma da energia mecânica E_{mec} com a energia térmica ($E_{sist} = E_{mec} + E_{term}$)
- () A energia pode ser transferida para um sistema realizando-se trabalho sobre ele
- () A energia potencial é uma função da velocidade da partícula
- () A energia potencial é uma função da posição da partícula
- () A energia pode ser transformada, dentro do sistema, entre cinética (K), potencial (U) e térmica (E_{term}). Este processo altera a energia do sistema.
- () Se $\Delta E_{mec} = 0$ então o trabalho das forças não conservativas é nulo.
- () A energia de um sistema isolado é conservada

15) Questionário (Procure responder pensando no seu aprendizado e nas aulas que você assistiu neste período)

15.1) De que mais gosta nesta disciplina? O que mais te faz aprender nas aulas?

15.2) De que menos gosta nesta disciplina? O que não acrescenta em seu aprendizado?

15.3) Se você pudesse mudar algo nesta disciplina, o que você faria? O que te faria aprender ou se dedicar mais?

Anexo 2

Tarefa de Leitura (EsM)

Estas questões foram utilizadas para direcionar a leitura do material para aplicação do método EsM, são questões abertas em que não cobramos diretamente o conteúdo do material, mas abre a possibilidade do aluno pensar sobre o assunto antes da aula.

Tema: Trabalho e Energia

Seguem orientações:

1) Leiam todo o texto.

2) Respondam:

a)O texto é dividido em ordens 1, 2, 3 e 4. Aponte em qual item você teve maior dificuldade de compreensão.

b)Você teve alguma dúvida específica?

c)Qual(is) característica(s) do texto mais ajudaram na compreensão:

() a linguagem

() as figuras

() exemplos

() exercícios resolvidos

() outros: _____

Tema: Leis de Kirchhoff

Questionário sobre material disponibilizado

- 1) Qual tempo de estudo tem dedicado a esta disciplina fora da instituição?
- 2) Sobre o material indicado pelo professor, consegue identificar o tema do material? Qual é?
- 3) Sobre as leis apresentadas, associe a primeira lei a um princípio de conservação (de massa, de carga elétrica, de energia ou da quantidade de movimento) .
- 4) Associe a segunda lei a um princípio de conservação.
- 5) É possível aplicar as leis num circuito simples em que não há nós?
- 6) Um circuito tem quatro nós. Quantas equações independentes podemos obter aplicando a lei dos nós?
- 7) Se aplicar a lei de Kirchhoff em um circuito, um estudante obtém valor negativo da corrente em determinado ramo que contém um gerador. Esse elemento do circuito continuará sendo um gerador quando o estudante inverter o sinal da corrente?
- 8) Observando os exemplos 10.1, 10.2, 10.3, é possível resolver alguma questão proposta? Por que?
- 9) Como você avalia este material, você conseguiu compreender o assunto? (Justifique)
- 10) Qual foi sua maior dificuldade em relação ao material? (por exemplo: linguagem muito técnica, está muito avançado em relação ao seu nível de compreensão, está mal escrito, poderia ter mais exemplos, entre outros)

Anexo 3

Testes Conceituais (IpC)

Fontes:

- MAZUR, Eric. *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa*. Tradução: Anatólio Laschuk. – Porto Alegre: Penso, 2015
- Fausto Lima Custódio & Marta Feijó Barroso, TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA: Apresentação e análise dos itens, disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Fausto_Custodio/testes_conceituais_Fausto_Custodio.pdf , acesso em 20 de maio de 2016.
- HEWITT, Paul G. Física Conceitual. ; tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12 ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015. (com adaptações)
- Física contexto & aplicações : ensino médio / Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares – 1. ed. – São Paulo: Scipione, 2013. Vol. 3.

Tema: Trabalho e Energia

I) Uma mulher segura uma bola de boliche em uma posição fixa. O trabalho que ela faz na bola

- 1) Depende do peso da bola
- 2) Não pode ser calculado sem mais informações
- 3) É igual a zero

II) Considere que a Lua descreve uma trajetória circular em torno da Terra, sendo o raio desta circunferência igual a $3,84 \times 10^5$ m. A força que a Terra exerce sobre a Lua é dirigida sempre para a direção do centro da circunferência. Assinale a opção correta:

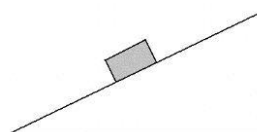
- 1) O trabalho realizado sobre a Lua pela força gravitacional da Terra é sempre nulo.
- 2) O trabalho realizado sobre a Lua pela força gravitacional da Terra é sempre positivo.
- 3) O trabalho realizado sobre a Lua pela força gravitacional da Terra é sempre negativo.

III) Durante a aula de educação física, ao realizar um exercício, um aluno levanta verticalmente um peso com sua mão, mantendo, durante o movimento, a velocidade constante. Pode-se afirmar que o trabalho realizado pelo aluno é:

- 1) positivo, pois a força exercida pelo aluno atua na mesma direção e sentido oposto ao do movimento do peso.
- 2) zero, uma vez que o movimento tem velocidade constante.
- 3) negativo, pois a força exercida pelo aluno atua na mesma direção e sentido oposto ao do movimento do peso

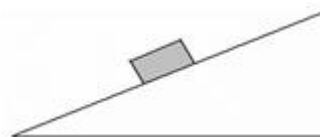
IV) O bloco da figura desce espontaneamente o plano inclinado com velocidade constante, em trajetória retilínea. Desprezando-se qualquer ação do ar, durante esse movimento, atuam sobre o bloco

- 1) duas forças.
- 2) três forças
- 3) nenhuma força atua, pois a velocidade é constante.
- 4) apenas uma força



V) O bloco da figura desce espontaneamente o plano inclinado com velocidade constante, em trajetória retilínea. Desprezando-se qualquer ação do ar, durante esse movimento,

- 1) duas forças realizam trabalho.
- 2) só uma força realiza trabalho.
- 3) três forças realizam trabalho.
- 4) nenhuma força realiza trabalho, pois a velocidade é constante.



VI) Quando você realiza um trabalho positivo sobre uma partícula, sua velocidade

- 1) aumenta
- 2) diminui
- 3) permanece a mesma
- 4) é necessária mais informação sobre como foi feito o trabalho

VII) Um modelo de carro com velocidade três vezes maior do que a de outro do mesmo tipo possui uma energia cinética que é

- 1) a mesma que o do outro.
- 2) três vezes maior.
- 3) nove vezes maior.

VIII) Dois carros são erguidos simultaneamente a uma mesma altura numa oficina. Se um deles tem três vezes mais massa que o outro, podemos afirmar que sua energia:

- 1) a mesma que o outro
- 2) três vezes maior
- 3) nove vezes maior

IX) A energia cinética de um martelo bate-estacas quando ele sofrer um decréscimo de 10 kJ na energia potencial será:

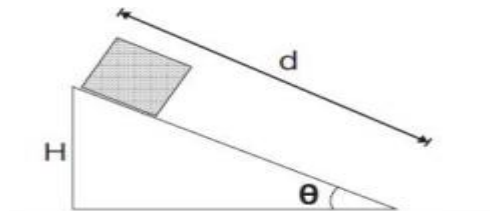
- 1) 0 kJ
- 2) 5 kJ
- 3) 10 kJ

X) Se derrarmos um pouco de areia seca em uma lata que possua tampa. Se sacudirmos a lata vagorosamente por um minuto ou mais, a temperatura:

- 1) Não muda
- 2) Diminui
- 3) Aumenta

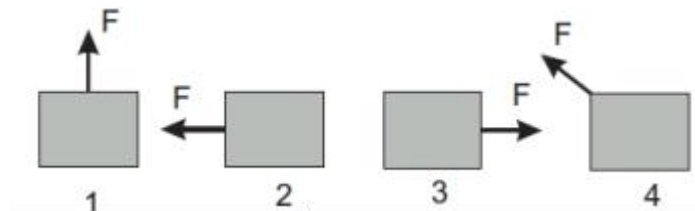
XI) Um objeto desce um plano inclinado de um ângulo θ . O trabalho da força normal de contato com a superfície quando ele percorre uma distância d plano abaixo, vale:

- 1) Zero
- 2) Mgd
- 3) $-mgd\sin\theta$



XII) Nas figuras a seguir as forças têm intensidades iguais e o objeto sofre deslocamentos horizontais iguais para a direita. Em qual caso o trabalho da força F será motor?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



XIII)Dois objetos A e B, sendo a massa de B duas vezes maior que a massa de A, são abandonados de uma mesma altura. Imediatamente antes de tocar o solo o objeto B possui:

- 1) Duas vezes mais energia cinética que o objeto A.
- 2) A mesma energia cinética que o objeto A.
- 3) Metade da energia cinética do objeto A.
- 4) Quatro vezes mais energia cinética que o objeto A.

Tema: Circuitos, Geradores e Leis de Kirchhoff

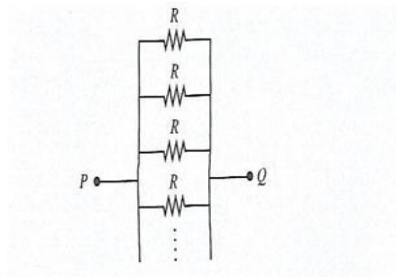
I)

- Considere dois resistores idênticos conectados em série (um atrás do outro). Se houver corrente elétrica circulando através da combinação, a corrente no segundo resistor será:
 - 1. igual à
 - 2. metade da
 - 3. menor (mas não necessariamente metade) do que a corrente no primeiro resistor.

II)

- No circuito paralelo mostrado abaixo, quando resistores idênticos R são acrescentados, a resistência total entre os pontos P e Q

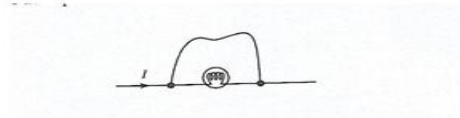
1. Aumenta
2. Permanece a mesma.
3. diminui



III)

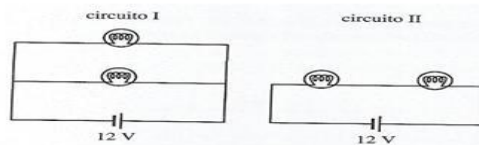
• Carga circula através de uma lâmpada de filamento. Suponha que um fio seja conectado à lâmpada. Quando o fio é ligado:

- 1. Toda a carga continuará circulando através da lâmpada.
- 2. metade da carga circulará através do fio e a outra metade continuará circulando através da lâmpada.
- 3. toda a carga circulará através do fio.
- 4. nenhuma acima.



IV)

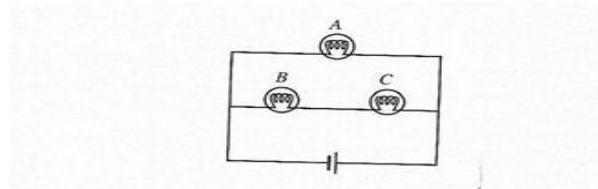
• Se as quatro lâmpadas de filamento da figura forem idênticas, qual circuito produzirá mais luz?



- 1. I
- 2. As duas emitem a mesma quantidade de luz.
- 3. II

V)

• Todas as três lâmpadas de filamento do circuito têm a mesma resistência. O brilho das lâmpadas B e C juntas, em comparação com o brilho da lâmpada A, é



- 1. maior
- 2. o mesmo
- 3. a metade

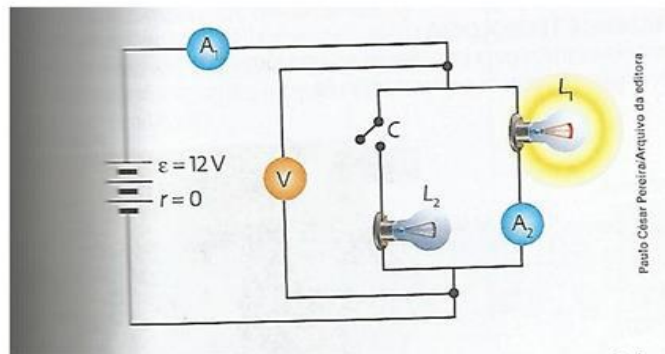
VI)

- Uma bateria de F.e.m. E , tem resistência interna desprezível e está ligada a uma resistência externa R . Examinando a equação do circuito, o que acontece com a corrente elétrica se R for ligada em série :

- 1. corrente aumenta
- 2. corrente diminui
- 3. corrente não se altera

VII)

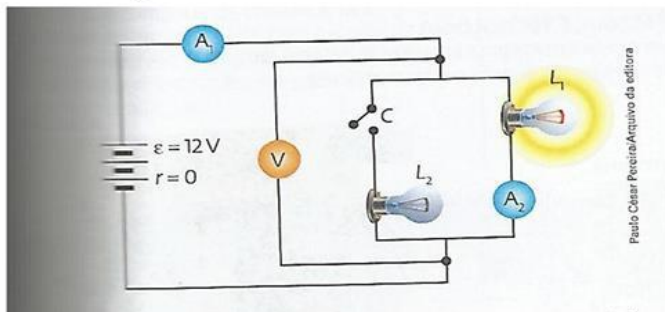
- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , a leitura do voltímetro V :



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

VIII)

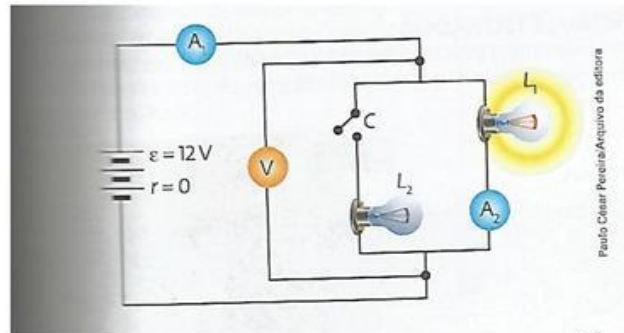
- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L_2 , a leitura do Amperímetro A_2 :



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

IX)

- Ligando-se a chave C para acender a lâmpada L2, a leitura do amperímetro A1:



- 1. aumenta
- 2. diminui
- 3. não se altera

X) Considerando as leis de Kirchhoff das malhas e a lei de Kirchhoff dos nós, responda à(s) próxima(s) questão(ões):

Se na entrada do nó de um circuito entrarem três correntes, respectivamente, de 1 A, 2 A e 3 A, e saírem quatro correntes, em que a soma de duas das correntes (I_1 e I_2) que saem é igual ao dobro da soma das outras duas correntes (I_3 e I_4) que saem, é CORRETO afirmar:

- 1) $(I_1 + I_2) = 3 \text{ A}$
- 2) $(I_1 + I_2) = 1/6 \text{ A}$
- 3) $(I_3 + I_4) = 1 \text{ A}$
- 4) $(I_1 + I_2) = 4 \text{ A}$

XI) Considerando as leis de Kirchhoff das malhas e a lei de Kirchhoff dos nós, responda à(s) próxima(s) questão(ões):

Se dois resistores estiverem em paralelo entre si e entre uma fonte de tensão, é CORRETO afirmar:

- 1) A corrente total é a soma das correntes que passam pelos resistores.
- 2) A tensão é diferente para cada resistor.
- 3) A corrente total passa pelos dois resistores.
- 4) Se os dois resistores forem iguais, as correntes que passam por eles é diferente.

Apêndice

Aprendizagem Ativa de Física no Ensino Médio: guia prático para o professor