

Análise de metodologia baseada no sistema de ensino individualizado de Keller aplicada em um curso introdutório de eletromagnetismo

(*Analysis of methodology based on Keller's personalized system of instruction applied to an introductory course of electromagnetism*)

Danilo T. Alves^{1,2,3}, Sandro A.V. de Souza²,
Sílvio C.F. Pereira Filho^{2,3} e Wallace de Sousa Elias²

¹*Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil*

²*Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil*

³*Edukanet, Belém, PA, Brasil*

Recebido em 16/11/2009; Aceito em 7/10/2010; Publicado em 29/3/2011

Uma das metodologias de ensino individualizado mais usadas e documentadas na década de 70 foi o Sistema Personalizado de Instrução (SPI) de Fred Keller. Diversas pesquisas sobre essa metodologia foram publicadas, as quais proveram extensa evidência empírica de seus resultados positivos. Apesar disso, a aplicação desse sistema de ensino entrou em declínio a partir da década de 80. Dentre as razões para tal declínio, podemos destacar o maior esforço requerido para a elaboração de cursos utilizando essa metodologia e para o provimento de *feedback* sistemático ao desempenho dos alunos, assim como o surgimento de críticas a ela devido à abordagem comportamentalista de Keller. Mesmo sendo fundamentais para a aprendizagem, o estímulo à postura ativa do estudante, o respeito ao ritmo individual de aprendizagem, as avaliações formativas e o provimento de *feedback* sistemático ao aluno continuam frequentemente fora das salas de aula. Uma estratégia para suprir tais carências é o ensino individualizado. Neste trabalho, propomos várias modificações ao SPI de Keller visando uma metodologia viável de ser empregada em um curso introdutório de eletromagnetismo para estudantes de física da Universidade Federal do Pará. Dentre estas modificações, destacamos: (i) o emprego de avaliações semanais, e não em todas as aulas; (ii) a correção das avaliações e provisão de *feedback* feitas pelo professor, e não pelos monitores; e (iii) a manutenção parcial de aulas expositivas. Com base em uma avaliação incluindo parâmetros mensuráveis, obtivemos indícios de que, apesar das modificações introduzidas, a aplicação dessa metodologia permitiu obter vários dos resultados positivos comuns na aplicação do SPI de Keller.

Palavras-chave: ensino de física, ensino individualizado, Fred Keller, eletromagnetismo.

One of individualized teaching methods used and documented in the 70's was Fred Keller's Personalized System of Instruction (PSI). Several papers about this methodology were published, providing an extensive empirical evidence of PSI's positive results. Nonetheless its employment has declined starting in the 80's. Among the reasons for this decline, we may emphasize the greater effort required to the development of such courses using this methodology as compared to other methodologies and the provisioning of a systematic feedback on students' performance, as well as the criticisms on Keller's behaviorist approach. Despite being critical to learning, the stimulus to student's active posture, respect for individual learning rhythm, the formative assessments and the provisioning of systematic feedback to students still take place outside the classroom. One strategy to counter such deficiencies is individualized instruction. In this paper, we propose several modifications to Keller's SPI seeking a feasible methodology to be applied in an introductory course of electromagnetism for students of Physics of Universidade Federal do Pará. Among these modifications, we highlight: (i) the use of weekly assessments, but not in every lecture; (ii) the correction of assessments and feedback providing made by teachers and not teaching assistants; and (iii) the partial maintenance of the expositive classes. Despite the modifications inserted, based on an evaluation which included measurable benchmarks, we have indications that the application of this methodology yielded several of those positive results common to the implementation of Keller's SPI.

Keywords: physics teaching, individualized instruction, Fred Keller, electromagnetism.

¹E-mail: danilo@ufpa.br.

1. Introdução

“*Feedback* é fundamental para a aprendizagem, mas oportunidades de *feedback* são relativamente escassas em salas de aula. Estudantes podem receber notas em testes e trabalhos, mas estas são avaliações que ocorrem ao fim de projetos. O que são necessárias são avaliações formativas, as quais proveem ao estudante oportunidades para revisar e melhorar a qualidade do seu pensamento e de sua compreensão” [1]. Uma estratégia para prover *feedback* sistemático e individualizado, respeito ao ritmo próprio e estímulo à postura ativa do aluno é o ensino individualizado. Este foi “talvez o movimento educacional mais popular dos anos 70” [2]. A denominação *ensino individualizado* refere-se a uma classe de estratégias de ensino que procura atender às diferenças entre os estudantes [3]. Nos anos 60, uma dessas estratégias de ensino ficou conhecida como o Sistema Personalizado de Instrução (SPI) de Fred Keller [4].

Segundo Keller [4], o objetivo de um curso baseado no SPI é permitir que o aluno progrida em ritmo próprio do início ao fim do curso, sem ser retardado nem forçado a avançar quando não estiver preparado. Dentre as características que distinguem o SPI dos Sistemas Tradicionais Expositivos (STE) de ensino - caracterizados por aulas predominantemente expositivas e avaliações aplicadas de forma idêntica para todos os estudantes, com objetivo predominante de classificá-los - podemos citar (ver Refs. [4–6]): (i) Divisão do conteúdo em pequenas unidades de informação que se sucedem numa ordem lógica definida, sendo que o aluno precisará mostrar o domínio completo de cada unidade através de avaliação. O aluno só avança para a unidade seguinte se demonstrar domínio completo da atual; (ii) As avaliações possuem caráter mais formativo. Se o aluno não for aprovado na avaliação correspondente a uma dada unidade (cujo resultado é obtido imediatamente após a conclusão), ele pode tentar outras vezes, pois nenhuma medida é tomada contra ele devido a não aprovação na avaliação; (iii) As avaliações podem ser realizadas durante todos os horários regulares de aula, bem como em horários extras. Há também uma avaliação final, onde se verifica todo o trabalho do aluno no período do curso, e em geral consiste de questões já respondidas nas avaliações anteriores; (iv) Existência de um número máximo de questões nas quais o aluno pode falhar em uma avaliação. Se o aluno falhar em um número de questões menor que o limite permitido, ele será reavaliado somente nas questões em que falhou - no caso do aluno ter falhado em mais questões que o limite permitido, ele será informado de que não está preparado para a avaliação e deverá repeti-la em outra oportunidade; (v) A faixa de 25 a 30% da nota final do aluno é baseada na avaliação final, o restante da nota final é referente ao número de unidades completadas com êxito; (vi) As palestras (ou aulas expositivas) são mi-

nistradas somente quando os alunos demonstram estar prontos para apreciá-las, sendo que nenhuma avaliação é baseada nelas e os estudantes não são obrigados a comparecer a elas. Assim, as aulas expositivas têm papel motivacional apenas, e não de fontes de informações essenciais para o avanço nas unidades do curso; (vii) O papel do monitor (geralmente escolhido dentre os alunos que já foram aprovados no curso, anteriormente) passa a ser fundamental, sendo conferida a este a tarefa de fornecer a um grupo de alunos o material de estudo, esclarecer as dúvidas gerais que surgem do estudo do material fornecido, bem como verificar se as respostas desses alunos nas avaliações estão satisfatórias ou não, provendo-os de *feedback* imediato sobre seus desempenhos; (viii) O papel do professor deixa de ser o de transmissor do conhecimento, e passa a ser de suporte às atividades dos alunos e dos monitores. Especificamente: selecionar todo o material de estudo usado no curso; organizar e definir a apresentação desse material; elaborar as avaliações; fazer a avaliação final do progresso de cada aluno; treinar e supervisionar a atividade dos monitores; (ix) Ênfase dada à palavra escrita na comunicação entre professores e alunos, no sentido de que os materiais de aprendizagem, bem como instruções de como usar o material são passados aos alunos em forma de textos.

O SPI foi aplicado pela primeira vez em meados da década de 60, mas depois da publicação do artigo *Goodbye, Teacher...* (“Adeus, Mestre...”) [4], o interesse sobre esse sistema aumentou acentuadamente [7]. Baseado na psicologia comportamental, o SPI enfatiza a maximização do reforçamento positivo e a minimização do negativo no contexto escolar [3]. Algumas das ideias por trás das características fundamentais apresentadas pelo SPI de Keller são as seguintes: (i) As avaliações feitas pelo estudante são corrigidas e devolvidas a ele imediatamente, pois, segundo Skinner “quando uma avaliação somente é corrigida e devolvida depois de horas ou dias, o comportamento do aluno não se modifica apreciavelmente” [8]; (ii) Devido ao reforçamento que o resultado das avaliações podem ocasionar ao estudante, o material didático é dividido em unidades de informação que possibilitem a avaliação do estudante ao término de cada uma destas, reforçando-se com maior frequência o comportamento do estudante de buscar o domínio integral de cada unidade; (iii) A possibilidade de poder refazer, quantas vezes forem necessárias, a avaliação de uma unidade de estudo na qual o estudante não alcançou o rendimento suficiente para avançar para a unidade seguinte, permite ao estudante perceber que não ser bem-sucedido na avaliação não é um “acontecimento totalmente mau” [4], pois esta situação pode se configurar como oportunidade adicional para o refinamento da compreensão do estudante a respeito da unidade de estudo, o que pode reforçar o comportamento de buscar alcançar o domínio do conteúdo e de ser bem sucedido na avaliação seguinte; (iv) O papel

do professor é de facilitar e motivar a aquisição de conhecimento do aluno. O monitor auxilia o professor, atuando como um fornecedor de reforço aos estudantes quando este verifica, imediatamente, as avaliações deles, valorizando, através desta interação, o aspecto social e pessoal do processo educacional [4].

O que viria a ser o SPI foi apresentado e aplicado primeiramente por Keller na *Columbia University* em 1963 e a partir de então foi aplicado, com algumas alterações, na Universidade de Brasília (UNB) em 1964. No período de outubro de 1965, a UNB passou por uma profunda crise durante a ditadura militar então vigente no Brasil, ocasião na qual mais de 200 professores (90% do corpo docente da época) pediram demissão, o que acarretou na dissolução do grupo responsável pela implantação do método na UNB [9]. Também em 1965, Keller continuou ampliando e testando o sistema - na *Arizona State University* e no *Center for Personalized Instruction* (CPI) na *Georgetown University*, o qual possuía um periódico dedicado à pesquisa do SPI chamado *Journal of Personalized Instruction* -, obtendo resultados cada vez mais satisfatórios [4]. Ausubel, Novak e Hanesian [2] citando a pesquisa de Taveggia [10] também apontam que “em geral os cursos do *Keller Plan* são superiores a outras formas de ensino”. No ano de 1976, o número de publicações sobre o método chegou a três mil [5]. A pesquisa sobre o SPI foi centralizada na *Georgetown University*, que patrocinou conferências, workshops e publicava sobre o método, havendo nessa época suporte financeiro para esses fins [7]. Em relação ao ensino de física, várias aplicações do SPI foram registradas na literatura tanto no Brasil [3, 11–13], quanto no exterior [14, 15]. Em 1976, Kulik (ver Ref. [5]), mostra que de 400 artigos sobre o SPI comparando-o com cursos tradicionais, 398 deles mostram que o índice de aprendizagem e a opinião dos alunos sobre a metodologia foram favoráveis ao SPI. Kulik [16], em artigo de revisão sobre o plano proposto por Keller, aponta para os seguintes resultados: (i) Em todos os artigos publicados, estudantes avaliaram o método de Keller de modo mais favorável do que o método tradicional expositivo; (ii) Ritmo próprio e interação com monitores são vistos como características do método Keller preferidas pelos estudantes; (iii) Vários pesquisadores reportaram taxas de abandono acima da média em cursos utilizando método Keller; (iv) Em estudos publicados, o desempenho dos alunos em exames finais de cursos utilizando o método Keller era normalmente igual ou superior se comparados ao desempenho de alunos matriculados em curso no modelo do método tradicional expositivo; (v) Estudantes quase invariavelmente reportaram que aprendiam mais através do SPI do que em cursos expositivos tradicionais, e quase sempre utilizaram mais tempo e esforço em cursos no método Keller.

No início dos anos 80, entretanto, o financiamento para pesquisas relacionadas ao SPI acabou, e o CPI foi

desativado [7]. De acordo com Moreira [5], após a desativação do CPI verificou-se um decréscimo no número de cursos baseados no SPI, bem como do número de publicações. Sobre as causas do declínio do método, destacam-se os seguintes pontos [5]: (i) A quantidade de esforço inicial necessário para se construir um curso baseado no SPI é grande em comparação ao STE. Por exemplo, a preparação de materiais tais como: resumos, manuais, listas de exercícios, decisões sobre o tamanho e a qualidade dos conteúdos, etc.; (ii) A possível resistência por parte dos professores e educadores no momento de optarem pela implantação do SPI, devido à mudança do papel do professor de transmissor do conhecimento para orientador do estudo desenvolvido pelo aluno; (iii) Progresso acadêmico em função do ritmo do aluno e não do calendário escolar.

Vale ressaltar que, segundo Fox [6], a ineficiência na melhoria da aprendizagem e desempenho dos alunos não está entre os fatores que contribuíram para o declínio da utilização do SPI, uma vez que outras pesquisas mostraram que o SPI é eficiente nestes aspectos.

A logística para dar *feedback* sistemático aos alunos também pode representar uma dificuldade adicional, pois: (i) Exige correção sistemática de avaliações e discussões com os alunos sobre seus erros, indicando caminhos para melhorias. No SPI isto é feito por monitores, mas nem sempre eles estão disponíveis; (ii) Em cursos de física as avaliações típicas podem requerer cálculos relativamente longos, ricos em detalhes, cujas correções podem requerer uma demanda de tempo considerável para a análise de todo o desenvolvimento das resoluções, o que se torna um dificultador ao provimento de resultado imediato. Além destes fatores, este declínio também esteve relacionado ao surgimento de outras concepções de educação ao final dos anos 70, juntamente com uma série de críticas à abordagem comportamentalista aplicada à educação (ver, por exemplo, as Refs. [17, 18]).

Por outro lado, as novas tecnologias da informação e comunicação e a prática crescente de educação a distância apontam para alterações na postura do aluno e no papel do professor que se aproximam daquelas propostas pelo SPI. Em adição, é possível usar o computador para auxiliar o professor na preparação dos materiais, implementar as avaliações, prover resultados, bem como tornar toda a informação mais acessível aos estudantes [19]. Recentes trabalhos têm relatado aplicações do SPI baseadas em ferramentas computacionais [20–23], fazendo adaptações do SPI para o ambiente virtual. Neste contexto, o atual momento histórico parece favorecer uma retomada de metodologias de ensino baseadas no SPI e de adaptações que incluam ainda os avanços nas ferramentas computacionais para ensino e aprendizagem.

O presente trabalho analisa uma metodologia de ensino individualizado baseada no SPI de Keller, aplicada

em um curso introdutório de eletromagnetismo para estudantes do terceiro semestre letivo do curso de física da Universidade Federal do Pará. Não foi possível a aplicação do SPI no formato proposto por Keller [4] devido as características da disciplina e da UFPA no momento da execução do curso. Dessa forma, foram necessárias algumas modificações (descritas na Seção 2.1.) que foram feitas visando preservar algumas características fundamentais do SPI mas que levaram em conta os seguintes fatores: (i) As avaliações típicas da disciplina envolvem cálculos relativamente longos, ricos em detalhes, cuja correção requer tempo e experiência por parte do corretor; (ii) Ausência de alunos qualificados (aptos a corrigirem as avaliações dando imediato retorno aos alunos) e com tempo livre (estarem disponíveis durante as aulas semanais do curso para interação com os alunos do curso) para assumir a monitoria nos moldes propostos por Keller (situação na UFPA); (iii) Calendário acadêmico do semestre letivo com prazo rigoroso para início e fim das aulas, bem como para envio de conceitos ao Departamento de Registro e Controle Acadêmico da Universidade (situação na UFPA); (iv) Ausência de tempo para preparação de um material didático específico para o referido curso, incluindo roteiros de estudo (situação do professor da disciplina antes do início do curso).

Nesta pesquisa, buscamos dar resposta para os seguintes questionamentos: (i) Quais as potencialidades do SPI para o ensino de física nas universidades? (ii) Quais resultados são obtidos quando, na tentativa de tornar a aplicação do SPI mais viável ao contexto mencionado acima, são introduzidas modificações na estrutura original proposta por Keller?

Dessa forma, o presente trabalho descreve as adaptações feitas, a aplicação do curso e a pesquisa de opinião realizada com os alunos a fim de verificar os resultados do SPI modificado. Mostraremos que, apesar das adaptações introduzidas, há indícios de que a aplicação da metodologia resultante é capaz de alcançar alguns dos resultados positivos descritos na literatura (ver, por exemplo, Ref. [16]) por conta da aplicação do SPI de Keller.

2. O curso e sua metodologia

O curso de física fundamental III, no qual o método em questão foi aplicado, aborda o conteúdo introdutório de Eletromagnetismo e é usualmente direcionado a alunos do terceiro semestre letivo do curso de física da UFPA. A aplicação descrita no presente trabalho ocorreu durante o primeiro semestre letivo de 2007, tendo como professor Danilo Teixeira Alves (professor da UFPA) e como monitores Sílvio Carlos F. Pereira Filho (na ocasião mestrando em educação em ciências e matemáticas - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas - PPGECM/UFPA) e Wallace de Sousa Elias (na ocasião estudante de

graduação em Física da UFPA, aprovado na mesma disciplina no semestre letivo anterior). Sílvio Carlos tinha a função de colaborar na aplicação das avaliações e Wallace Elias atuava em esclarecer dúvidas e auxiliar na solução de exercícios fora dos horários de aula.

Em termos de conteúdo, foi traçado um programa de ensino objetivando a aprendizagem da aplicação da Análise Vetorial e Cálculo à descrição da teoria eletromagnética e resolução de problemas. A proposta consistiu em separar conceitos e técnicas fundamentais envolvendo as ferramentas matemáticas das aplicações destas ferramentas aos campos elétrico e magnético. Então, em vez de seguir a proposta usual de agrupar os conteúdos do curso em uma parte relacionada com o campo elétrico, e outra com campo magnético, juntando estes campos no final do curso (vide, por exemplo, Ref. [24]), no curso em questão os conteúdos foram agrupados em torno das ferramentas matemáticas. Assim sendo, o conteúdo foi organizado em quatro partes maiores (etapas), estando estas subdivididas em partes menores (passos), totalizando 12 passos:

Etapa 1

Passo 1: Ferramenta matemática: análise vetorial.

Passo 2: Campo eletrostático.

Passo 3: Campo magnetostático.

Passo 4: Forças e torques em campos magnéticos.

Etapa 2

Passo 5: Ferramenta matemática: fluxo de um campo vetorial e teorema da divergência.

Passo 6: Fluxo do campo eletrostático e Lei de Gauss.

Passo 7: Fluxo do campo magnetostático.

Etapa 3

Passo 8: Ferramenta matemática: integral de linha de um campo vetorial e teorema da Stokes.

Passo 9: Energia e potencial eletrostático.

Passo 10: Lei de Ampère e potencial vetor magnético.

Etapa 4

Passo 11: Corrente de deslocamento e lei de Faraday.

Passo 12: Conjunto das equações de Maxwell e equação da onda eletromagnética.

A proposta foi de que, por exemplo, o aluno, após estudar a ferramenta matemática no Passo 1 (Etapa 1), partisse para aplicações dessa a problemas envolvendo tanto campos elétricos como magnéticos nos passos 2, 3 e 4. Portanto, o conteúdo do passo inicial de cada uma das Etapas 1, 2 e 3 consiste em uma ferramenta matemática, sendo que os passos iniciais de cada etapa correspondem a todas as ferramentas matemáticas necessárias para o curso. Já a Etapa 4 não apresenta ferramenta matemática nova, apenas aplicações mais avançadas.

2.1. Metodologia de interação dos alunos com professores, monitores e conteúdo

O conteúdo acima, tal como está apresentado, poderia ser trabalhado com os estudantes de diversas maneiras. Buscou-se, entretanto, uma metodologia de trabalho que estimulasse o aluno a tomar maior controle e iniciativa em relação ao seu próprio aprendizado, tirando-o da postura de apenas ouvinte em sala de aula e permitindo-o progredir em seu próprio ritmo. Nesse contexto, o SPI de Keller foi uma alternativa encontrada. Entretanto, conforme razões mencionadas na Seção 1, várias adaptações foram necessárias, resultando numa variante do SPI com as seguintes características: (i) As avaliações só podiam ser realizadas em algumas das aulas regulares do curso. Das três aulas semanais (segunda, quarta e sexta-feira), uma (a de segunda-feira) era inteiramente dedicada à realização da avaliação completa; outra (na sexta-feira) servia para que uma parcela dos alunos que tinha falhado em até 25% da avaliação completa, refizesse-a com base nas mesmas questões onde houve falhas (avaliação complementar); (ii) A avaliação final foi suprimida devido ao tempo que ela consumiria (elaboração, execução e correção), de modo que o conceito final foi baseado totalmente no número de unidades completadas com êxito; (iii) Havia 16 avaliações disponíveis, limitadas pelo calendário acadêmico da universidade; (iv) As aulas expositivas tradicionais tinham como objetivo, além do seu caráter motivacional, dar uma visão geral sobre o conteúdo, prover um roteiro de estudo, bem como resolver exercícios. Elas tiveram considerável espaço: uma aula (na quarta-feira) era expositiva; outra (na sexta-feira) servia como aula expositiva para a parcela dos alunos que não estavam realizando a avaliação complementar (neste caso, na sexta-feira os alunos eram separados em duas salas, uma para cada atividade). Todas as aulas expositivas poderiam ser assistidas, não dando exclusividade a um determinado grupo que já estivesse pronto para apreciá-las, como no SPI. (v) Devido ao caráter das avaliações, as quais eram completamente discursivas envolvendo desenvolvimento de cálculos, e da ausência de monitores aptos a fazer as correções, as mesmas eram corrigidas pelo próprio professor e devolvidas, em geral, na aula expositiva seguinte (quarta-feira). Já a avaliação complementar da sexta-feira, tinha seu resultado divulgado em geral no mesmo dia ou no dia seguinte. (vi) O papel dos dois monitores foi drasticamente reduzido às atividades de auxiliar na implementação das avaliações em sala de aula e reunir com os alunos uma vez por semana, fora do horário de aula, para resolver exercícios e esclarecer dúvidas.

Desse modo, podemos destacar as características que mais diferenciam a presente metodologia daquela definida no SPI de Keller: (i) A presença de aulas expositivas sem o exclusivo caráter motivacional; (ii) A

diminuição drástica da participação dos monitores; (iii) A realização das avaliações em horários e dias determinados; (iv) Mudança da relação do professor com alunos e monitores; (v) Supressão da avaliação final, mudando assim o critério da nota final que passa a não depender mais desta.

Uma vez, então, que coube ao professor sozinho a tarefa de corrigir as avaliações, não foi feita mais do que uma avaliação completa por semana. Nesse mesmo contexto, a avaliação final foi suprimida. As aulas expositivas foram mantidas, tendo como uma das razões a ausência de tempo para a elaboração de um material específico, contendo instruções claras sobre o conteúdo, ideias-chave e roteiro de estudo, o que resultou na necessidade de fazê-lo verbalmente.

Foi escolhido como livro-texto principal a Ref. [25], em virtude das seguintes características: (i) Apresentava de modo sucinto os pontos fundamentais da teoria; (ii) Utilizava abordagem baseada na notação vetorial e no cálculo, dentro da proposta do professor; (iii) Apresentava problemas resolvidos e problemas sugeridos com respostas, o que poderia permitir ao aluno mais independência em trabalhar sozinho.

2.2. Definição do conceito “Regular”

Outra questão fundamental foi como definir o perfil do aluno com mínimo desempenho para ser considerado aprovado (conceito “Regular”). No contexto do SPI, a questão pode ser formulada ainda da seguinte forma: “qual o conteúdo mínimo no qual o aluno deveria mostrar domínio para ser aprovado no curso?”. A resposta encontrada pelo professor da disciplina foi que “o conteúdo mínimo deveria ser aquele, a partir do qual o estudante poderia sozinho, após o curso, estudar com relativa facilidade os tópicos que ele não concluiu no tempo regular do curso”. O conceito regular, portanto, seria dado ao aluno que tivesse mostrado domínio sobre todas as ferramentas matemáticas fundamentais, e numa parte significativa de aplicações dessas ferramentas à teoria eletromagnética. Nesse contexto, o aluno seria aprovado com os conceitos REGULAR, BOM e EXCELENTE ao ter obtido no mínimo a aprovação, respectivamente, nos seguintes passos:

Passo 8 = Conceito REGULAR
Passo 10 = Conceito BOM
Passo 11 = Conceito EXCELENTE

Ressaltamos aqui que, ao obter o conceito REGULAR, o aluno obteve aprovação em relação ao aprendizado do conteúdo correspondente a todas as ferramentas matemáticas fundamentais.

3. Metodologia da pesquisa

Nesta seção descrevemos a pesquisa de opinião realizada com os alunos ao final do curso. A pesquisa foi

realizada com base num questionário de múltipla escolha e com base na coleta de opiniões expressas livremente pelos alunos, pelo professor e pelos monitores. Os alunos não se identificavam em qualquer um desses documentos. A fim de evitar possíveis tendências nos resultados da pesquisa de opinião, os alunos foram divididos em dois grupos, e cada grupo respondeu a um tipo de questionário, ambos abordando o mesmo tema. Metade da turma respondeu um questionário (questionário tipo 1) onde o estudante avaliava a metodologia aplicada tomando como referência o STE (que assumimos que o aluno já conhecia bem devido a sua experiência acadêmica). A outra metade da turma respondeu um questionário (questionário tipo 2) onde o estudante avaliava o STE tomando como referência a metodologia aplicada. A correlação de ambos os questionários é a seguinte: se, por exemplo, no questionário tipo 1 estava escrito “Em relação ao STE, o SPI respeita o ritmo próprio do aluno...”, no questionário tipo 2 estava escrito “Em relação ao SPI, o STE respeita o ritmo próprio do aluno...”. Notemos que, tanto nos questionários como no decorrer do curso, a sigla SPI foi utilizada para nomear a metodologia de ensino utilizada (adaptada), e não a metodologia original de Keller. Os itens dos questionários foram elaborados de acordo com a escala Likert [26]. Cada item foi construído com afirmações sobre características típicas observadas no SPI documentadas na literatura (por exemplo, as mencionadas na Ref. [4]) além de outras que julgamos importantes para complementar nossa análise. As afirmações utilizadas em cada item comparavam a metodologia aplicada no curso com o STE (novamente enfatizando que assumimos que cada estudante que respondeu o questionário já havia vivenciado bastante a aplicação do STE para compará-lo com a metodologia aplicada). As questões abordaram os seguintes assuntos: aprendizagem, hábito de estudo, o papel das aulas expositivas, postura em relação ao conteúdo do curso, avaliação, satisfação diante da aprendizagem, estresse, interação entre os alunos e a metodologia de ensino adotada. Um exemplo de questão objetiva relacionada ao questionário tipo 1 é: “Em relação ao STE, o SPI respeita o ritmo próprio do aluno de forma: (a) Muito maior; (b) Maior; (c) Igual; (d) Menor; (e) Muito menor”. As questões como um todo estão descritas (juntamente com as respostas dadas pelos alunos) na seção 4.2.

No questionário também foi disponibilizado um espaço livre para que os estudantes registrassem, discursivamente, suas opiniões acerca da metodologia, do professor e da bibliografia adotada, sob o seguinte comando: “Neste espaço você pode expressar suas opiniões, críticas e sugestões ao sistema SPI utilizado no curso. Estas críticas podem ser estendidas à atuação do professor, à bibliografia ou outro aspecto prático do curso”. Essas informações, juntamente com o registro da evolução temporal da turma e dos conceitos

finais obtidos pelos estudantes, foram utilizadas para enriquecer a análise das informações objetivas levantadas através do questionário, conforme apresentado na seção 4.2.

4. Resultados e análises

4.1. Evolução temporal da turma

As Figs. 1 a 4 mostram a evolução dos 28 alunos nos passos, a cada semana do curso. As barras verticais indicam o número de alunos em cada passo do curso no início de cada semana. Assim sendo, na Fig. 1 podemos observar todos os 28 alunos iniciando o curso no passo 1 no início da segunda semana, na qual houve a primeira das avaliações semanais. Nesta avaliação, 5 alunos alcançaram 100% de aproveitamento e puderam avançar para o passo seguinte. Na terceira semana, 5 alunos iniciaram a semana no passo 2 e os restantes no passo 1. Começa então a se configurar a heterogeneidade da evolução da turma.

Os alunos que, na décima segunda semana, ainda se encontravam no passo 3 ou anteriores (vide Fig. 3) não teriam mais possibilidades de aprovação no curso devido ao tempo restante não ser suficiente para estes alcançarem o passo 8 (correspondente ao conceito regular para aprovação no curso).

Na décima sétima semana, última semana de avaliações (vide Fig. 4), os alunos que obtiveram aprovação nos passos 8 ou 9 foram aprovados com conceito REGULAR.

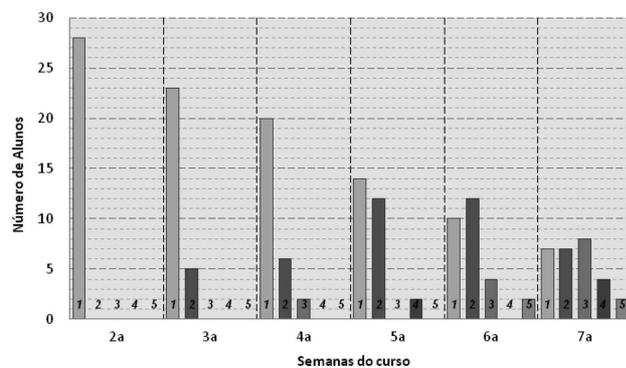


Figura 1 - Evolução temporal da turma da segunda semana (quando começaram as avaliações) a sétima semana de curso. No eixo vertical está registrado o número de alunos. No eixo horizontal estão indicadas as semanas, separadas entre si por linhas verticais tracejadas. Os números em itálico indicam os passos. Assim sendo, por exemplo, na quarta semana vemos 20 alunos no passo 1, seis alunos no passo 2, 2 alunos no passo 3 e nenhum aluno nos passos 4 e 5.

A evolução da turma mostra seu grau de heterogeneidade, com a observação de vários ritmos diferentes de aprendizagem. A máxima heterogeneidade dos alunos em relação às etapas do curso ocorreu na décima primeira semana (vide Fig. 2), quando houveram alunos em 8 passos distintos. Se sistematicamente aplicado, o método poderia mostrar o ritmo

médio da turma e auxiliar no planejamento de cursos futuros.

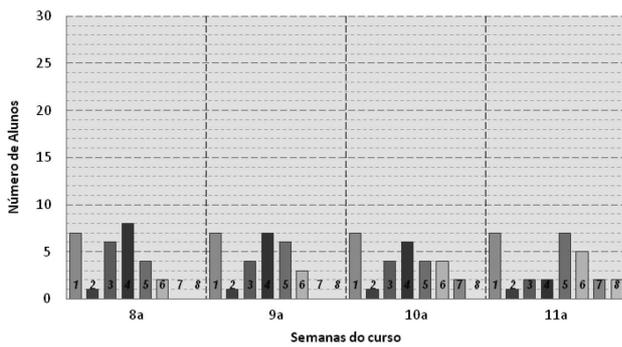


Figura 2 - Evolução temporal da turma da oitava a décima primeira semana de curso. Os números em itálico indicam os respectivos passos.

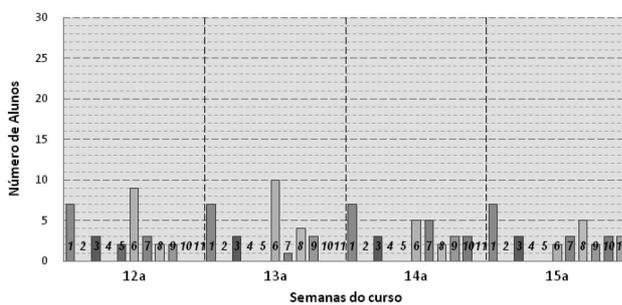


Figura 3 - Evolução temporal da turma da décima segunda até a décima quinta semana de curso. Os números em itálico indicam os respectivos passos.

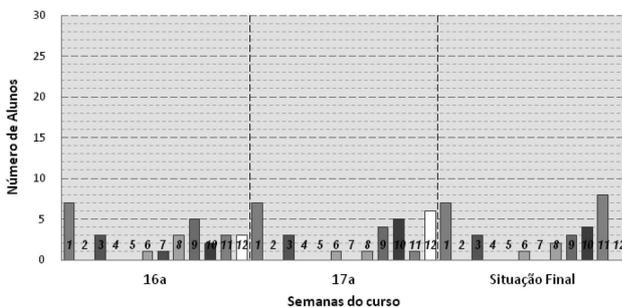


Figura 4 - Evolução temporal da turma da décima sexta semana até a situação final do curso. Os números em itálico indicam os respectivos passos.

Esta foi a situação final de aprovação no curso (vide “Situação final” mostrada na Fig. 4): 11 alunos reprovados (conceito INSUFICIENTE); 5 alunos aprovados com conceito REGULAR, sendo que 2 finalizaram o curso alcançando o passo 8, e 3 alcançando o passo 9; 4 alunos aprovados com conceito BOM (alcançaram o passo 10); 8 alunos aprovados com conceito EXCELENTE (alcançaram o passo 11). Nenhum dos alunos aprovados alcançou, no período regular do curso, o passo 12. Vale ressaltar aqui que o método reproduziu outra característica do SPI de Keller: a distribuição de notas inversa da habitual [4], visto que dentre os alunos aprovados a maioria obteve conceito excelente.

4.2. Pesquisa de opinião

A pesquisa de opinião foi feita na última semana do curso, a qual foi respondida por 22 alunos (do total de 28 estudantes). Da parcela de alunos que responderam a pesquisa de opinião, 77,27% foram aprovados e 22,73% reprovados. Dentre os aprovados, 33,36% obtiveram o conceito EXCELENTE, 18,18% o conceito BOM e 22,73% o conceito REGULAR.

A pesquisa de opinião foi executada através dos questionários tipo 1 e tipo 2 (vide Seção 3). Para analisar as respostas dos estudantes a estes questionários, foi feita a correlação de respostas dos mesmos, de modo que, responder “Muito maior” a questão 1 no questionário tipo 1 é equivalente a responder “Muito menor” a questão de mesmo número no questionário tipo 2. Apenas nas questões 18 a 20 a correlação de respostas foi direta (as respostas equivalentes eram as mesmas em ambos os tipos de questionários).

As seguir mostramos os resultados da pesquisa de opinião em cada grupo de questões.

Questão 1 - Sobre a aprendizagem: *Em relação ao STE, o SPI respeita o ritmo próprio do aluno de forma:* Muito maior: 31,82%; Maior: 45,45%; Igual: 9,09%; Menor: 9,09%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que 77,27% dos alunos responderam que a metodologia aplicada respeitou o ritmo próprio de aprendizagem de cada aluno de forma maior ou muito maior, em comparação ao STE. Isto indica que a metodologia aplicada pode ser capaz de reproduzir um dos resultados obtidos com a aplicação do SPI de Keller: respeito maior do ritmo próprio de cada indivíduo [4, 16]. Observamos que 77,27% é exatamente a porcentagem dos alunos aprovados que responderam ao questionário. Por outro lado, a porcentagem dos que escolheram que o respeito ao ritmo próprio é igual, menor ou muito menor, foi de 22,73%, exatamente a porcentagem dos alunos que receberam conceito insuficiente e responderam à pesquisa. Devido ao anonimato, não podemos ter certeza de que o grupo de alunos reprovados compõe integralmente estes 22,73%. Mas, supondo que de fato tenham sido os alunos reprovados os que apontaram que o método aplicado respeita o ritmo próprio do aluno de modo igual, menor ou muito menor do que o STE, acreditamos que isto aponte para a necessidade de ajustes na metodologia de modo a atender ao ritmo próprio desse grupo de alunos. Esta suposição pode ser reforçada pela exposição feita por um dos alunos que, ao se declarar desistente, afirmou: “O que me desanimou foi observar os meus colegas passando para os próximos passos e eu não ter acompanhado o ritmo.” Ou ainda vale registrar o comentário de outro estudante: “No meu caso, como passei várias vezes fazendo o passo 1, esperava que tivesse um auxílio personalizado, algo que não ocorreu”.

Questão 2 - Sobre a aprendizagem: *Em relação ao STE, o SPI exige para cada tópico estudado, uma*

compreensão dos conceitos: Muito maior: 27,27%; Maior: 45,45%; Igual: 22,73%; Menor: 0,00%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que 72,72% dos alunos responderam que a metodologia aplicada exigiu uma compreensão maior ou muito maior dos conceitos, em relação método tradicional. Acreditamos que isso se deve ao fato de que, no método utilizado, cada avanço para o passo seguinte requer que o aluno tenha total êxito na avaliação anterior. Estes resultados indicam que a metodologia aplicada pode reproduzir outro dos resultados obtidos com a aplicação do SPI: exigir do estudante maior compreensão dos conceitos básicos [4].

Questão 3 - Sobre o hábito de estudo: *Em relação ao STE, o SPI exige do aluno uma regularidade dos hábitos de estudo:* Muito maior: 50,00%; Maior: 50,00%; Igual: 0,00%; Menor: 0,00%; Muito menor: 0,00%.

Vê-se que 100% dos alunos responderam que a metodologia aplicada exige uma regularidade dos hábitos de estudo maior ou muito maior. Esta opinião independeu dos alunos terem sido aprovados ou não. Isto parece indicar que o método aplicado pode reproduzir outro dos resultados obtidos com a aplicação do SPI: maior regularidade nos hábitos de estudo [4]. Um dos alunos fez o seguinte comentário: “O fato de fazer o aluno estudar para vencer 100% das provas, cria a responsabilidade de toda semana estudar, o que não ocorria no método tradicional”.

Questão 4 - Sobre o hábito de estudo: *Em relação ao STE, o SPI exige do aluno, considerando todo o curso, um tempo total de estudo:* Muito maior: 54,55%; Maior: 36,36%; Igual: 4,55%; Menor: 0,00%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que 90,91% dos alunos responderam que a metodologia aplicada requer um tempo total de estudos maior ou muito maior, ou seja, requer um maior engajamento, o que também foi observado no SPI [16]. Por outro lado vale mencionar o comentário de um estudante: “O método é bom, mas tem, a meu ver, um problema: no SPI o aluno tem que dedicar um tempo muito grande para estudar sozinho, já que o professor vai apenas orientá-lo. E para pessoas que precisam trabalhar, não tem todo esse tempo disponível”. A necessidade de maior engajamento, para esse estudante, foi vista como um problema.

Questão 5 - Sobre as aulas expositivas: *Em relação ao STE, o aluno no SPI depende das aulas expositivas em grau:* Muito maior: 4,55%; Maior: 13,64%; Igual: 13,64%; Menor: 59,09%; Muito menor: 9,09%.

Vê-se que quase 68,18% dos estudantes acharam que a dependência da aula expositiva no método aplicado é menor do que no STE. Necessariamente, isso não significou fator positivo para todos, como podemos ver na declaração do aluno na questão anterior. Outro aluno viu de forma positiva a diminuição da dependência das

aulas expositivas: “A presença de um professor somente para o auxílio de questionamentos é algo que simboliza que o aluno tem plenas condições de aprender as mais variadas coisas sozinho”.

Questão 6 - Sobre as aulas expositivas: *Em relação ao STE, do aluno no SPI é exigido um grau de participação nas aulas expositivas:* Muito maior: 13,64%; Maior: 18,1%; Igual: 18,18%; Menor: 31,82%; Muito menor: 18,18%.

Vê-se que houve um resultado equilibrado entre os estudantes que manifestaram opinião de que a metodologia aplicada exige um grau de participação nas aulas expositivas (o quanto o aluno tem que se envolver na aula ou prestar atenção) menor ou muito menor, e os que acharam que a participação necessária é igual, maior, ou muito maior do que o STE. Esse resultado necessita de dados complementares que possam esclarecer o que os alunos entendem por “participação na aula”, pois alguns podem entendê-la como frequência nas aulas enquanto outros podem entendê-la como participação nas discussões com o professor durante a aula.

Questão 7 - Postura em relação ao conteúdo: *Em relação ao STE, o aluno no SPI desenvolve curiosidade pelos pormenores do conteúdo do curso, num grau:* Muito maior: 13,64%; Maior: 22,73%; Igual: 50,0%; Menor: 13,64%; Muito menor: 0,00%.

Vê-se que a maioria (63,64%) dos alunos que responderam à pesquisa, indicou que o método utilizado não aumentou a curiosidade sobre os detalhes dos assuntos ministrados no curso, em relação ao STE. Levando em conta que o material (livro-texto) foi no mesmo estilo do usualmente adotado em cursos do STE, isto pode estar indicando que o desenvolvimento da curiosidade pode estar mais relacionado ao material de ensino ou a algum outro fator didático. Em outras palavras, se, por exemplo, o livro-texto adotado é confuso, monótono, não capaz de despertar o interesse do aluno pelo assunto, pode ser que a sistemática de *feedback* ao aluno provida pela metodologia aplicada, ou pelo próprio SPI, seja pouco eficaz no estímulo da curiosidade.

Questão 8 - Postura em relação ao conteúdo: *Em relação ao STE, no SPI a sensação que o aluno tem de domínio do conteúdo é:* Muito maior: 22,73%; Maior: 63,64%; Igual: 13,64%; Menor: 0,00%; Muito menor: 0,00%.

Vê-se que 83,37% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, a sensação de domínio obtida é maior ou muito maior do que no sistema tradicional, enquanto que 13,64% responderam que é igual e 0% de que é menor ou muito menor. Ou seja, o aluno se sente no domínio daquilo que estudou e aprendeu com o uso do método. Este resultado provavelmente está relacionado com a necessidade de o aluno mostrar 100% de domínio em cada avaliação, o que é uma característica bem diferenciada em relação às avaliações do STE. Um aluno fez a seguinte afirmação: “Seria muito interessante se o método fosse aplicado em

todas as físicas, seja Física I, II, III ou IV, uma vez que o aluno sairia sem dúvida alguma de um curso desse tipo com muito conhecimento teórico da disciplina ministrada.”

Questão 9 - Sobre a avaliação: *Em relação ao STE, no SPI a frustração do aluno diante de um insucesso numa avaliação é, em geral:* Muito maior: 13,64%; Maior: 9,09%; Igual: 22,73%; Menor: 45,45%; Muito menor: 9,09%. Vê-se que cerca de 54% dos alunos afirmaram que a frustração diante do insucesso numa avaliação, no contexto no método aplicado, é menor ou muito menor do que no STE. Este resultado deve ser originado no fato de que o insucesso em uma das avaliações, no contexto da metodologia aplicada no curso (e também no SPI), não implica em punição, mas sim em uma oportunidade adicional para o aprimoramento da compreensão em determinado conteúdo a partir do *feedback* recebido, o que possibilitará ao aluno obtenção de melhores resultados na avaliação seguinte. Um dos alunos destaca que: “O método utilizado, no geral, pareceu ser mais produtivo. O método, da forma como foi utilizado, permitiu maior chance para que os alunos obtivessem melhores conceitos no curso devido às chances extras para realizar as provas”.

Questão 10 - Sobre a avaliação: *Em relação ao STE, no SPI a satisfação do aluno diante de um sucesso numa avaliação é, em geral:* Muito maior: 27,27%; Maior: 18,18%; Igual: 27,27%; Menor: 22,73%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que houve certo equilíbrio entre as opiniões em relação ao sentimento de sucesso numa avaliação no contexto do método aplicado, se comparado ao STE.

Questão 11 - Sobre a avaliação: *Em relação ao STE, no SPI o grau de ansiedade do aluno diante de uma avaliação é, em geral:* Muito maior: 18,18%; Maior: 9,09%; Igual: 18,18%; Menor: 36,36%; Muito menor: 18,18%.

Vê-se que para 54,44% dos alunos o grau de ansiedade diante de uma avaliação na metodologia usada foi menor ou muito menor, em comparação com o STE.

Questão 12 - Sobre a avaliação: *Em relação ao STE, o SPI tende a avaliar o estudante com um grau de precisão:* Muito maior: 45,45%; Maior: 45,45%; Igual: 4,55%; Menor: 4,55%; Muito menor: 0,00%.

Vê-se que 90,90% dos alunos responderam que a metodologia aplicada avalia o estudante com um grau de precisão maior ou muito maior do que o STE. Esse grau de precisão ao qual os alunos se referem, está relacionado aos 100% de aproveitamento em cada avaliação que deve ser obtido para avançar no curso, assim como, na divisão maior dos detalhes do conteúdo em unidades e na quantidade de avaliações para o global.

Questão 13 - Sobre a avaliação: *No SPI, refazer a avaliação de um dos passos (ou parte dela), na qual o estudante não obteve sucesso, é um procedimento que:* Ajuda muito o aprendizado: 54,55%; Ajuda o aprendizado: 45,45%; É indiferente ao aprendizado: 0,00%;

Atrapalha o aprendizado: 0,00%; Atrapalha muito o aprendizado: 0,00%.

Vê-se que 100% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, refazer a avaliação completa, ou uma complementar, na qual o estudante não obteve sucesso, é um procedimento que ajuda ou ajuda muito o aprendizado. Este é um resultado muito expressivo, visto que mesmo os estudantes reprovados que responderam à pesquisa manifestaram esta opinião.

Questão 14 - Sobre a satisfação diante da aprendizagem: *Em relação ao STE, no SPI a satisfação do aluno diante da aquisição de conhecimento durante o curso é, em geral:* Muito maior: 27,27%; Maior: 27,27%; Igual: 40,91%; Menor: 0,00%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que 54,54% dos alunos responderam que tiveram mais satisfação em obter conhecimento pelo método aplicado, em relação ao STE. É possível que este resultado seja reflexo da regularidade de estudo que a metodologia requer.

Questão 15 - Sobre o estresse: *Em relação ao STE, no SPI o grau de estresse do aluno durante o curso, é em geral:* Muito maior: 40,91%; Maior: 40,91%; Igual: 9,09%; Menor: 4,55%; Muito menor: 4,55%.

Vê-se que 81,82% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, o grau de estresse durante o curso é maior ou muito maior do que no sistema tradicional. A regularidade maior nos estudos conduzida pelo método (questão 3) e o tempo maior de estudo (questão 4) podem estar relacionados a esse estresse. Além disso, no STE o aluno pode passar semanas sem ser avaliado, podendo distanciar-se dos estudos. Na metodologia aplicada, o aluno fica conectado permanentemente e, mesmo com a opção de não fazer avaliações por várias semanas seguidas, ou de fazer as avaliações apenas como exercícios, sem punições, o estudante sabe que está desperdiçando chances. Além disso, o aluno que deixa de fazer uma avaliação, ou tem que repetir um passo, acompanha em “tempo real”, semana após semana, a evolução de colegas para os passos seguintes. Com isso, acreditamos que o estresse gerado pelo insucesso se torna mais frequente, enquanto no STE as diferenças de resultados são percebidas em poucas avaliações espaçadas. Nesse contexto, é válido registrar o comentário de um dos estudantes: “O estresse era também um obstáculo. Lembro, certa vez, que eu estava no passo 1 e não conseguia passar; eu cheguei a tratar mal um dos membros de minha família devido ao meu insucesso”.

Questão 16 - Sobre a percepção e correção dos erros: *Em relação ao STE, o aluno no SPI percebe e corrige seus erros, com frequência:* Muito maior: 54,55%; Maior: 45,45%; Igual: 0,00%; Menor: 0,00%; Muito menor: 0,00%.

Vê-se que 100% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, o estudante percebe

e corrige seus erros com frequência maior ou muito maior do que no STE. Este é um resultado muito expressivo, visto que mesmo os estudantes reprovados que responderam à pesquisa manifestaram esta opinião. Isto, provavelmente, está relacionado com dois fatores: o maior grau de precisão na avaliação (apontado na questão 12), e o requisito de o aluno ter que fazer nova avaliação enquanto ainda não tiver obtido 100% de aproveitamento. Um dos alunos destaca: “Diminuir a margem para menos de 100% de acerto nas avaliações, fará com que o aluno passe sem corrigir erros que irão ser prejudiciais em outras horas.”

Questão 17 - Sobre a interação entre os alunos: *Em relação ao STE, os alunos no SPI interação entre si, em relação ao conteúdo, num grau:* Muito maior: 40,91%; Maior: 31,82%; Igual: 9,09%; Menor: 9,09%; Muito menor: 9,09%.

Vê-se que 72,73% dos alunos responderam que, no contexto da metodologia aplicada, a interação entre os alunos ocorre de modo maior ou muito maior do que no STE. Este é outro resultado marcante. Uma vez que existem mais avaliações, regularidade nos hábitos de estudo (questão 3) e mais tempo investido no estudo (questão 4), acreditamos que naturalmente surjam maior quantidade de questionamentos, dúvidas e necessidade de resolver exercícios, o que implicaria em troca de informação e cooperação entre os estudantes em relação ao conteúdo do curso. Apesar das características de ensino individualizado na metodologia adotada no curso, isto não significou tendência a isolamento dos sujeitos envolvidos. Pelo contrário, parece que a metodologia aplicada estimula novas interações, à medida que tende a aproximar estudantes que estão trabalhando para vencer um mesmo passo, sendo que a cada semana essa configuração de estudantes pode se alterar.

Questão 18 - Sobre a metodologia de ensino: *Num semestre letivo do curso de física, o número de disciplinas ministradas com metodologia baseada no SPI deveria ser:* Mais que três: 0,00 %; Três: 18,18%; Duas: 40,91%; Uma: 18,18%; Zero: 22,73%.

Vê-se que 77,27% dos alunos responderam que ao menos uma e no máximo três disciplinas por semestre letivo deveriam ser ministradas com a metodologia em questão.

Questão 19 - Sobre a metodologia de ensino: *Caso você viesse a ministrar um curso, você adotaria o modelo de SPI implementado no curso de Física Elementar III como metodologia de ensino?* Sim: 13,64%; Sim, mas com alterações: 68,18%; Não: 18,18%.

Vê-se que 81,82% dos alunos responderam que, caso viessem a ministrar um curso, adotariam a metodologia em questão. No entanto 68,18% responderam que fariam isso com alterações. Algumas sugestões dos estudantes apontam quais alterações seriam essas: (i) “as duas formas de avaliação (STE e a metodologia do curso), não devem ser sobrepostas ao mesmo momento,

em disciplinas diferentes, é claro, pelo fato de haver uma incompatibilidade na disponibilidade, por parte dos alunos em concentrar a atenção necessária no método empregado, cuja atenção é bastante considerável em comparação ao STE. Por isso, necessitaria de algumas modificações para não influenciar o desempenho do aluno em outras matérias”; (ii) “ter um estoque de avaliações, pois provas muito parecidas levam os alunos a decorar as soluções.”; (iii) “realização das provas complementares em horário diferente da aula de exercícios, possibilitando que os alunos estejam presentes em ambas”; (iv) os alunos consideraram a bibliografia inadequada de modo praticamente unânime. Eles apontaram as características para esta inadequação: estar escrita em inglês dificultando a leitura; ser muito abstrata; ser difícil de obter, entre outras.

Questão 20 - Sobre a metodologia de ensino: *Finalizando, em relação ao STE, você avalia o SPI como:* Muito melhor: 27,27 %; Melhor: 59,09%; Equivalente: 9,09%; Pior: 0,00%; Muito pior: 4,55%.

Vê-se que no balanço geral, 86,36% dos alunos responderam que a metodologia aplicada é melhor ou muito melhor que no STE.

4.3. Observações do professor e monitor

Foi realizada uma entrevista com o professor que aplicou a metodologia. Suas observações indicam que o método adotado estreita a relação aluno-professor. Entretanto, a aplicação do método ainda requer muito mais investimento de tempo do que o STE. De suas observações, também pode-se destacar que: (i) O grau de conhecimento que o professor passa a ter de cada aluno é muito superior ao que se tem no STE, o que ocorre através das correções sistemáticas e discussões com os alunos sobre os erros e acertos em cada avaliação; (ii) Com o decorrer das atividades, a sala de aula tornou-se cada vez mais um local onde dificilmente se encontram alunos que não estavam envolvidos com alguma atividade de avaliação, ou em discussões sobre o assunto entre si, ou com o professor, ou seja, a participação dos alunos em sala de aula teve um aumento considerável (outro relato que coincide com o feito por Keller [4]); (iii) Os estudantes passaram a requerer, cada vez mais, *feedbacks* mais rápidos sobre o resultado das avaliações; (iv) O grau de trabalho em termos de elaboração e correção de avaliações - o que na presente metodologia foi feito integralmente pelo professor - foi suficientemente grande, em comparação com o STE, para que dificilmente esta metodologia seja adotada por outros professores.

Foram as seguintes as observações do monitor (W. Elias): (i) Dos 17 dias possíveis para a monitoria (quintas-feiras), o monitor esteve disponível em 10 desses dias; (ii) 25% dos alunos matriculados frequentaram as aulas de monitoria com regularidade, uma vez que essa frequência não era obrigatória; (iii) Para

o monitor, a maior dificuldade dos estudantes foi em relação ao Passo 1, que foi um dos passos mais discutidos nas atividades de monitoria; (iv) Durante o avanço dos alunos no decorrer do curso, a procura pela monitoria foi diminuindo bruscamente.

As observações da monitoria, juntamente com os gráficos das Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4 (seção 4.1.) evidenciam que, em média, a turma não iniciou o curso com o conhecimento matemático necessário - especificamente conceitos básicos de análise vetorial - para avançar no curso. Para boa parte dos alunos, foram necessários quase 2 meses para alcançarem o conhecimento matemático que já era esperado ao iniciarem o curso. Isto aponta para uma falha na formação dos alunos que participaram desta pesquisa. Além de uma questão específica da UFPA, as metodologias de ensino individualizado podem prover um perfil da turma, de sua evolução, pontos fortes e fracos, de modo muito mais detalhado do que no STE.

5. Considerações Finais

O método aqui analisado utilizou menos avaliações do que o proposto no plano original de Keller e concentrou no professor a missão de avaliar cada estudante, sendo que ambas as coisas implicam naturalmente numa diminuição significativa da taxa de *feedback* dada a cada estudante, se comparado ao esquema de Keller. Mesmo com tais alterações, acreditamos que os resultados obtidos dão indícios de que a metodologia de ensino individualizado aqui descrita pode trazer aos alunos benefícios similares aos obtidos pelo plano de Keller, bem como foi aprovado pela maioria dos estudantes envolvidos.

O que parece ser importante, em primeira ordem, é prover *feedback* sistemático através de avaliações formativas, requerendo do estudante desempenho ótimo em cada uma destas, com possibilidade de refazer, sem punições, as avaliações em que não obtiver sucesso. Vale ressaltar que refazer a avaliação na qual o estudante não obteve sucesso é um procedimento que ajuda ou ajuda muito o aprendizado, na opinião de 100% dos estudantes envolvidos. Também pode, e deve, ser adicionada uma variedade de ações e metodologias complementares visando auxiliar o estudante a obter desempenho ótimo em cada passo, estimular sua curiosidade e utilizar no processo seus conhecimentos prévios, bem como deve ser dada atenção especial ao material didático a ser utilizado.

Do ponto de vista de execução, se não houver monitores disponíveis para prover *feedback* sistemático, o professor pode assumir tal tarefa, sendo necessárias adaptações para tal. Na presente experiência houve uma diminuição no número de avaliações em relação ao SPI. Entretanto, a metodologia adotada ainda gerou sobrecarga para o professor, de modo que novas adaptações ainda são necessárias. Tais adaptações

podem levar em conta o uso de novas tecnologias para criar mecanismos que facilitem a elaboração e correção das avaliações, principalmente em disciplinas onde as avaliações envolvem longos cálculos a serem verificados. Adaptações e investigações são necessárias ainda para dar conta do maior nível de estresse apontado pelos estudantes, bem como para dar suporte diferenciado aos estudantes que se travam no processo, sem conseguir avançar nos passos propostos.

Os autores agradecem aos professores Romariz S. Barros, Thiago Dias Costa e Licurgo P. de Brito pelas valiosas discussões, sugestões e pela leitura deste trabalho. Os autores ainda agradecem ao professor Olavo F. Galvão pelas discussões. O presente trabalho recebeu suporte financeiro do CNPQ e da FAPESPA.

Referências

- [1] J.D. Bransford, A.L. Brown and R.R. Cocking, *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School* (The National Academies Press, Washington, 1999).
- [2] D.P. Ausubel, J.D. Novak e H. Hanesian, *Psicologia Educacional* (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980), 2ª ed.
- [3] M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Física* **3**, 157 (1973).
- [4] F.S. Keller, *Journal of Applied Behavior Analysis* **1**, 79 (1968).
- [5] M.B. Moreira, *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva* **6**, 73 (2004).
- [6] E.J. Fox, in: *Evidence-Based Educational Methods*, edited by D.J. Moran and R.W. Malott (Elsevier Academic Press, San Diego, 2004), p. 201-221.
- [7] J.G. Sherman, *Journal of Applied Behavior Analysis* **25**, 59 (1992).
- [8] B.F. Skinner, *Tecnologia do Ensino* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1972).
- [9] J.C. Todorov, *Ciência e Comportamento Humano* (Associação Brasileira de Psicoterapia e Medicina Comportamental, São Paulo, 2009). Disponível em <http://www.abpmc.org.br/boletim/todorov.pdf>, acesso em 10 de novembro de 2009.
- [10] T.C. Taveggia, *American Journal of Physics* **44**, 1028 (1976).
- [11] P.C. Bezerra e L.C. Gomes, *Revista Brasileira de Física* **3**, 39 (1973).
- [12] P.C. Bezerra, L.C. Gomes e J.M. Filho, *Revista Brasileira de Física* **4**, 175 (1974).
- [13] P.H. Dionísio e M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Física* **5**, 131 (1975).
- [14] B.A. Green, *American Journal of Physics* **39**, 764 (1971).
- [15] C.P. Friedman, *American Journal of Physics* **40**, 1602 (1972).
- [16] J.A. Kulik, C.L. Kulik e K. Carmichael, *Science* **183**, 379-383 (1974).

- [17] I.B. Goulart, *Psicologia da Educação* (Editora Vozes, Petrópolis, 2005), 12^a ed.
- [18] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente*. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>, acesso em 14/11/2009.
- [19] D.W. Brooks, D.E. Nolan e S. Gallagher, *Journal of Science Education and Technology* **12**, 183 (2003).
- [20] J.J. Pear e D.E. Crone-Todd, *Journal of Applied Behavior Analysis* **32**, 205 (1999).
- [21] T.L. Martin, J.J. Pear e G.L. Martin, *Journal of Applied Behavior Analysis* **35**, 427 (2002).
- [22] S.A. de Moura, *Projeto de Recuperação Paralela da Matemática Básica através da Utilização de Objetos de Aprendizagem Multimídia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, UFRJ, Rio de Janeiro (2005).
- [23] H.Q. Liu, *Development of an Online Course Using a Modified Version of Keller's Personalized System of Instruction*. Dissertation Doctor of Philosophy In Curriculum and Instruction, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg (2003).
- [24] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica* (Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1997).
- [25] J.A. Edminister, *Eletromagnetismo* (Coleção Schaum, São Paulo, 1980).
- [26] Web Center for Social Research, *Likert Scaling*, disponível em <http://www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php>. Acesso em 12/12/2007.