

MODELOS PRECÁRIOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE MINIMIZAÇÃO DE FUNÇÕES BOOLEANAS UTILIZANDO MAPAS DE KARNAUGH

Mário Roberto da Silva (IGCE-UNESP)
Fátima Aparecida Soares (GPEM-UNESP)

EIXO 6: Formação de professores para o ensino superior.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas digitais utilizando linguagem de descrição de "Hardware" representa um grande salto tecnológico e estabelece um novo paradigma no desenvolvimento de "Hardware".

O estudo do impacto do ensino desta nova tecnologia é justificado, principalmente no período de transição quando a tecnologia antiga continua a ser ensinada, por não estar ultrapassada e a contraposição das duas tecnologias em um mesmo momento pode implicar em dificuldades na motivação dos alunos para o aprendizado da tecnologia antiga.

Embora tenhamos optado pela não utilização da linguagem de descrição de "Hardware", o impacto gerado pelo uso de lógica reconfigurável em nossos laboratórios didáticos foi significativamente positivo ao permitir a elaboração de sistemas mais complexos devido ao aumento do número de portas lógicas disponíveis.

Igual impacto foi produzido ao se usar o "software" fornecido com os kits de desenvolvimento para gerar rapidamente os protótipos a partir de projetos em diagramas esquemáticos, que puderam receber maior atenção dos alunos.

Apesar do uso da linguagem de descrição de "hardware" facilitar o desenvolvimento de sistemas digitais ainda mais complexos, ao deslocar a atenção do aluno das atividades de projeto e implementação para as atividades de concepção, esse recurso dispensa o uso das técnicas de minimização de funções booleanas, que são importantes para o refinamento do raciocínio lógico e para a compreensão de conceitos a elas subjacentes, que parece não estar sendo atingida, dada a grande dificuldade dos alunos na execução das tarefas de minimizações de funções booleanas com o uso de mapa de Karnaugh.

Neste contexto, o ensino de desenvolvimento de sistemas digitais por meio de linguagem de descrição de "hardware" apresenta riscos, pois contribui para que os alunos menosprezem estas antigas técnicas.

Esta preocupação com a eventual precocidade no ensino da linguagem de descrição de "hardware" adquire importância ainda maior em uma disciplina na qual se faz uma revisão prática de tais técnicas, que embora antigas não são obsoletas.

A partir destas considerações, o presente artigo tem como objetivo inicial mensurar o insucesso dos alunos na tarefa de minimização de funções booleanas utilizando a técnica de mapas de Karnaugh, porém com instrumentos que permitam uma análise mais aprofundada do processo de interação dos alunos com esse objeto de conhecimento e consequentemente dos motivos deste expressivo insucesso.

MATERIAIS E MÉTODO

A sala de aula da disciplina “Microprocessadores I” foi usada como laboratório da pesquisa e o objeto de estudo foi o próprio processo de ensino aprendizagem das técnicas de minimização de funções booleanas.

Esta disciplina é oferecida na sequência recomendada do curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Unesp de Rio Claro - período diurno - no quarto semestre, porém a introdução do estudo destas técnicas de minimização de funções booleanas é feita na disciplina “Lógica para Computação” oferecida no primeiro semestre, sendo retomado no segundo semestre na disciplina “Organização de Computadores”.

O estudo utilizou-se de experiências de ensino constituídas de um problema resolvido individualmente e posteriormente proposto a pequenas equipes de alunos que se empenharam de forma participativa na solução.

O instrumento de registro dessas experiências foi uma câmera de filmagem, que permitiu uma análise mais apurada dos procedimentos e interações complexas verbais ou não verbais entre os membros da equipe.

Nessa análise repetitiva, permitida pelo recurso de rápido avanço e retrocesso do registro áudio-visual coletado pela Câmera, pôde-se observar nuances nas ações, comunicações e comportamentos que ocorrem simultaneamente, impossíveis de serem percebidas pelo observador em tempo real. Outros recursos típicos desta mídia, como câmera lenta e zoom, se somaram para facilitar tais análises.

De modo a evitar erros que comprometessem demasiadamente a utilidade dos registros audiovisuais, houve uma preparação para o experimento por meio de testes preliminares da disposição física dos alunos para melhor captar o som, pois a comunicação oral entre os alunos é o principal dado a ser coletado.

Além do registro sonoro, foi importante a captação das imagens de todo o processo de produção do registro escrito, pois na folha de papel onde é feito este registro aparece somente a solução final do problema e não todos os passos intermediários que eventualmente foram apagados pelos alunos.

Para o registro audiovisual, optou-se por dispor os 3 alunos da equipe lado a lado, defronte de uma mesa sobre a qual foi posicionado a folha de papel à frente do aluno do centro, escolhido pelo grupo para a função de escriba.

A câmera foi posicionada, então, atrás do ombro oposto à mão por ele utilizada para a escrita. Esse posicionamento da câmera evitou a dispersão da atenção sem comprometer a qualidade sonora.

Para o experimento em questão foi escolhido um problema de quatro variáveis a ser solucionado por meio do uso do método de minimização utilizando o mapa de Karnaugh. Este problema é classificado como não completamente especificado, pois não eram especificadas as saídas para 3 combinações de entradas.

O experimento foi realizado na condição de um pré-teste aplicado no primeiro dia de aula. O problema, a princípio solucionado individualmente, foi posteriormente submetido às equipes que foram instruídas a discutir a solução do problema de forma participativa e o consenso deveria ser transcrito pelo escriba na folha de resposta. Desta forma, os participantes deveriam externar os seus raciocínios por meio da apresentação de argumentos.

Durante a realização do experimento, o pesquisador que acompanhava atrás da câmera, fazia algumas poucas interrupções na forma

de perguntas, visando resgatá-los para o atendimento às instruções de que deveriam apresentar seus argumentos.

Na sequência da realização do experimento, o pesquisador fez intervenções na forma de três aulas teórico-expositivas: a primeira versando sobre redução e minimização de expressões booleanas; a segunda específica sobre o método de minimização de Karnaugh e a última sobre o método de QuineMcCluskey, apresentado de forma comparativa com o método de Karnaugh, destacando as semelhanças e diferenças entre eles. Ao final dos períodos letivos foram realizados pós-testes com iguais complexidades.

Estas investigações foram conduzidas durante 3 anos consecutivos com adaptações entre eles, em função de resultados observados nos anos anteriores, que indicavam a conveniência de se abandonar procedimentos ou incluir outros. Deste modo, os resultados observados não são apresentados aqui na forma de tabelas para não induzir comparações inadequadas, que serão evitadas pela apresentação destes resultados obtidos a cada ano, acompanhados no texto das condições adaptadas em que foram obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao apresentarem o método de minimização de Karnaugh, com muita frequência os textos didáticos evidenciam inicialmente a identificação dos maiores grupos possíveis de combinações de variáveis com o intuito de representar estes grupos com o menor número de variáveis, o que se mostra adequado à solução de problemas completamente especificados, porém, inadequado à solução de problemas não completamente especificados.

Tais textos apresentam essa nova classe de problemas que incluem saídas irrelevantes para determinadas combinações de variáveis de entrada, alertando apenas que estas saídas podem e devem ser assumidas com os valores convenientes, de modo a minimizar a expressão booleana sem, no entanto, apresentar um método para atribuição destes valores convenientes.

Derivar um método a partir desta indicação exigiria que todas as possíveis combinações entre estas saídas irrelevantes, assumindo os dois valores possíveis “verdadeiro” ou “falso”, fossem testadas antes de se escolher a que representa a forma mínima. Por exemplo, se tivéssemos 3 combinações de entradas com saídas irrelevantes teríamos que aplicar o método 8 (2^3) vezes seguidas para depois optar pela solução mais simplificada.

MENSURAÇÃO DO INSUCESSO DOS ALUNOS

Transcorridas 10 semanas, contadas a partir da aplicação do pré-teste, no ano de 2004, realizou-se um pós-teste com a inclusão de uma questão de mesma complexidade em uma prova regular da disciplina.

No pré-teste individual, aplicado a 30 alunos, constatou-se um índice de sucesso de apenas 10%, e destes 3 alunos, 2 não reproduziram este acerto quando repetiram a tarefa em grupo, o mesmo ocorrendo no pós-teste e o terceiro aluno, embora tenha acertado a questão no pós-teste, não foi o responsável pelo acerto da equipe (revelado pelo registro áudio-visual), resultado alcançado apenas por 2 equipes, dentre as 10 formadas.

Apesar desta técnica já ter sido apresentada aos alunos desde o primeiro semestre do curso e revista no semestre seguinte, após as intervenções, apenas 17 alunos (54,8%) obtiveram sucesso no pós-teste.

Da análise preliminar dos registros audiovisuais, constatou-se que 8 das 10 equipes analisadas (incluindo as duas únicas que obtiveram sucesso) apresentaram "tamanho maior de grupo" como critério adotado para a escolha dos grupos que fariam parte da resposta.

Uma das equipes sugeriu que o critério deveria ser o maior número de grupos de combinação de variáveis, em completo desacordo com o preconizado, de que a solução tenha o menor número de grupos e estes dos maiores tamanhos possíveis sem, no entanto aumentar o número de grupos.

Outra equipe propôs ainda o agrupamento de dois termos em uma diagonal no mapa de Karnaugh e cinco equipes, apresentaram dúvida sobre a possibilidade de serem considerados grupos com 3 termos sem apresentar os argumentos corretos que descartassem esta possibilidade.

Por fim, não entendendo terem implementado um método de minimização, 3 equipes tentaram, após escrever a expressão, simplificá-la ainda mais.

A principal constatação é que nenhuma equipe buscou identificar os grupos essenciais de combinação de variáveis, o que justifica o baixo índice de sucesso. Estes grupos essenciais são os únicos (do maior tamanho possível) a agrupar determinada combinação de entrada que tem como saída o valor verdadeiro e merece esta designação "essencial", pois todas estas combinações devem fazer parte da solução.

Em 2005, o pós-teste foi aplicado após 16 semanas de aula na forma de uma questão de minimização de função booleana embutida em uma questão de máquinas sequenciais. Esta modificação dificultou a análise, mas se observou que apenas 12 (44,4%) dos 27 alunos mostraram conhecimento acertado sobre a minimização.

No pré-teste individual, aplicado neste ano a 21 alunos, constatou-se um índice de sucesso de apenas 23,8%, sendo que destes 5 alunos, 1 não reproduziu este acerto quando repetiu a tarefa em grupo.

Da análise dos registros audiovisuais, constatou-se que 4 das 7 equipes analisadas apresentaram tamanho maior do grupo como critério adotado para a escolha dos grupos que fariam parte da resposta.

Novamente, uma das equipes sugeriu que o critério deveria ser o maior número de grupos na solução e 2 outras propuseram o agrupamento de dois termos em uma diagonal no mapa de Karnaugh. Em 4 equipes, apareceu a dúvida sobre a possibilidade de serem considerados os grupos com três termos sem, no entanto, apresentar os argumentos corretos que descartassem esta possibilidade.

Assim como em 2004, não entendendo terem implementado um método de minimização, 3 equipes do ano de 2005 tentaram, após escrever a expressão, simplificá-la ainda mais.

A principal constatação foi, novamente, que nenhuma equipe buscou identificar os grupos essenciais, o que justifica o baixo índice de sucesso.

Neste ano de 2005, solicitou-se também aos alunos que descrevessem o método de minimização de Karnaugh. Foram realizadas 24 descrições e todas frustraram as expectativas, tornando possível apenas a análise a partir de seus fragmentos.

Muitos alunos não conseguiram sequer especificar requisitos que deveriam ser atendidos pela solução, quais sejam, que a solução devesse ter o menor número de grupos e estes devessem ser do maior tamanho possível e quase todos não viram na identificação dos grupos essenciais a abordagem inicial para atender o requisito de que a solução deveria ter o menor número de grupos.

Apenas 3 alunos citaram a palavra 'essencial', erroneamente 2 alunos disseram que deveriam evitar repetições de termos nos agrupamentos e 9 alunos afirmaram que os grupos deveriam ter os maiores tamanhos possíveis, sem especificar o mais importante, que estes grupos deveriam ser em menor número possível, o que foi feito apenas por 3 alunos. Outro aluno apontou o contrário, que a solução deveria ter maior número de grupos possíveis, em completo desacordo com o preconizado.

Em 2006 foram aplicados pré-testes individuais a 22 alunos, observando-se apenas 4 acertos, o que representa um índice de sucesso de apenas 18,2%. Após as intervenções, 14 alunos (60,9%) obtiveram sucesso no pós-teste, realizado 13 semanas após o pré-teste.

Este índice apurado no pós-teste aumentou em comparação com os anos anteriores e pode ser parcialmente justificado pela abordagem dada nas intervenções, quando foram comunicadas as conclusões parciais do pesquisador sobre os motivos do insucesso sistemático dos alunos nos resultados dos pré-testes.

Estes expressivos resultados negativos apurados nesta investigação estão em concordância com o resultado do ENAD aplicado em 2005 pela primeira vez a área de informática. A questão de número 60 (Brasil 2005) poderia ser resolvida aplicando-se a técnica com o uso de um mapa de Karnaugh completamente especificado de 3 variáveis com apenas uma combinação de variáveis de entrada resultando uma saída falsa (maxtermo).

Na referida questão, nossos alunos ingressantes obtiveram 12,5% de acerto e os concluintes alcançaram o índice de 19,4%. Estes índices estão abaixo do zero técnico de 20%, que seria obtido se as respostas fossem distribuídas aleatoriamente entre as 5 alternativas de múltipla escolha.

Os resultados de nossos alunos não estão distantes dos resultados nacionais de 16,8% entre os ingressantes e 20,0% entre os concluintes, o que indica ser este um problema de amplitude nacional (BRASIL, 2006)

MOTIVOS DO INSUCESSO DOS ALUNOS

Como já foi dito, é frequente que os textos didáticos apresentem modelos adequados à solução de problemas completamente especificados, porem não superam a interinidade destes modelos quando Introduzam problemas não completamente especificados

A apresentação de modelos precário e provisórios constitui em um ponto de partida para que os alunos superem estes modelos, construindo o conhecimento a partir de conhecimentos já apropriados anteriormente, o que confere maior significação ao novo conhecimento.

A necessária superação de modelos precários apresenta dificuldades, como alertado por Köhler (1931 apud ORTEGA Y GASSET 1960), que concluiu a partir de suas investigações sobre a inteligência dos chimpanzés, que *“Dissociar ideas cuestas mucho más que asociarlas...”* (p 86), Esta conclusão foi corroborada pelo testemunho de um aluno ao ser solicitada sua opinião sobre os motivos que explicariam as dificuldades dos estudantes ao resolver problemas de minimização de funções booleanas a partir do método de Karnaugh, ao afirmar que *“a dificuldade de muitos alunos seria que nós já aprendemos de um modo. Ter que modificar esse. . diria, esquecer como a gente aprendeu para reaprender como se faz, é difícil, aí tenta lembrar como fazia ...”*.

Esta dificuldade para desaprender, isto é, superar modelos precários indica a conveniência de preterir o ensino-aprendizagem destes modelos que deveriam ser usados apenas se o educando não tivesse

condições atuais de se apropriar do modelo mais adequado. Porém, para Toffler (apud ROSENBERG, 2002) "O analfabeto do Século XXI não será aquele que não conseguir ler ou escrever, mas aquele que não puder aprender, desaprender e, por fim aprender de novo" (p. 3).

A habilidade de desaprender é, então, algo que deve ser desenvolvida pelo ensino/aprendizagem de modelos precários desde que seja garantida sua superação, sob o risco de, não o fazendo, perpetuar o modelo precário ainda que não adequado a solução dos novos problemas que se apresentam.

A resposta das abordagens educacionais. a escala de Anderson e Krathwohl (2001) que é uma revisão da Taxionomia de Objetivos Educacionais de Bloom (1956), organiza os objetivos e os Comportamentos cognitivos de acordo com a seguinte hierarquia:

LEMBRAR ENTENDER APLICAR ANALISAR AVALIAR CRIAR

A partir do testemunho de aluno percebe-se uma transposição do nível "entender" sem o suficiente envolvimento com este nível passando precocemente do nível "lembrar" para a nível "aplicar" que se restringe, desta forma a um ato automática. Tal trajetória poderia ser adotada de forma deliberada, desde que se retomasse ao nível "entender" permitindo a significação do conhecimento pelo aluno.

Transcorrido o intervalo temporal que separa a disciplina anterior do pré-teste, relata este aluno, que as ações de seus colegas ficam concentradas no nível lembrar, na tentativa de solucionar o problema de minimização que lhe foi apresentado, quando deveria, a partir de fatos essenciais relacionados ao conhecimento recriar o método.

No esforço de lembrar como se aplica o método estes alunos têm seu sucesso comprometido por lapsos de memória que os levam a resultados errôneos. O processo de ensino-aprendizagem deveria, então, ter objetivos que permitissem alcançar níveis na escala de Anderson e Krathwohl mais próximos possíveis do "criar".

CONCLUSÃO

Em função da preocupação com a eventual precocidade no ensino da linguagem de descrição de "hardware" buscou-se mensurar o insucesso dos alunos na tarefa de minimização de funções booleanas e para isso foi proposta, no primeiro dia de aula de cada um dos 3 anos compreendidos pela pesquisa um mapa de Karnaugh não completamente especificado de quatro variáveis obtendo-se um índice médio de acerto de apenas 16,4%. Justifica-se este índice pelo fato de que os alunos de modo geral, não buscaram identificar os grupos essenciais e 70,6% das equipes apresentaram tamanho maior do grupo como critério adotado para a escolha dos grupos que fariam parte da resposta.

Observou-se que é frequente nos textos didáticos a presença de modelos precários adequados à solução de problemas completamente especificados, porém estes textos não superam a interinidade destes modelos quando introduzem problemas não completamente especificados.

Embora a dificuldade em superar modelos precários indique a conveniência de preterir o ensino/aprendizagem destes modelos, essa é uma habilidade que deve ser desenvolvida, não com a apresentação de um modelo na sua forma elegante e pronta e sim situando o aluno em uma perspectiva histórica que perpassa pela superação de modelos precários e provisórios, buscando sempre a compreensão e não um automatismo.

O processo de ensino/aprendizagem deve, então propiciar a criação de saberes por meio de análises que identifique a essência destes conhecimentos, fugindo de aplicações automáticas que se apóiam última instância em memorizações.

REFERÊNCIAS.

ANDERSON, L W , KRATHWOHL. A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York; Longman, 2001.

BRASIL Ministério da Educação. Exame Nacional de Desempenho de Estudantes: Relatório de curso - computação Brasília. DF, 2005 32 p. Disponível em:
<http://inep.gov.br/download/enade/2005/PR_computacao.pdf> Acesso em: 26 outubro 2006,

BRASIL Ministério da Educação. Exame Nacional de Desempenho de Estudantes: prova - computação - Unesp Rio Claro-SP, Brasília. DF, 2006 25 p. Disponível em:
<<http://enade/2005.inep.gov.br/pdf/4000563564390bachareladocienciasdacomputacao.pdf>> Acesso em: 26 outubro 2006,

BLOOM, B., ENGLEHART, M.; FURST, E.; HILL, W, ; KRATHWOHL, D. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals Handboo I: Cognitive domain ,New York; Longman 1956.

KOHLER W. L' intelligence des singes superieurs, Paris: F Alcan, 1931, 319p.

ORTEGA Y GASSSET, J. La rebelion de las masas. 34. ed. Madri: Revista de Occidente, 1960. 354p.

ROSENBERG, M. J. R-Learning: implementando com sucesso aprendizado on-line na sua empresa. São Paulo: Makron Books, 2002.