

UMA METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA ENSINO DE MATEMÁTICA DISCRETA UTILIZANDO LINGUAGENS FUNCIONAIS

Simone C. Mendes

Instituto de Informática e PPGC da UFRGS
Caixa Postal 15064 91501-970 Porto Alegre – RS - Brasil

E-mail: scm@inf.pucrs.br

Tiarajú A. Diverio,

Dalcídio M. Claudio

Instituto de Informática e PPGC da UFRGS
Caixa Postal 15064 91501-970 Porto Alegre – RS - Brasil

E-mail: diverio@inf.ufrgs.br

ABSTRACT

This paper presents an alternative methodology of development for the discipline of Discrete Mathematics offered to courses in the area of computation. It explores the availability of new teaching tools and programming languages. It is proposed here the utilization of the functional language as first language, parallel to the procedural language, which is traditionally seen as the first programming paradigm worked in the courses. It proposes the utilization of the programming in his development, analyzes the new skills developed by the student and evaluates the consequences of this alternative in the discipline and in the course as a whole.

keywords: *Functional Programming, Discrete Mathematics, Computer in Education*

RESUMO

Este artigo propõe uma metodologia alternativa de desenvolvimento da disciplina de Matemática Discreta oferecidas a cursos da área de computação, explorando a disponibilidade de novas ferramentas de ensino e linguagens de programação. Dessa forma, busca-se incentivar e propiciar um ambiente no qual o aluno possa alcançar melhores resultados de forma a contribuir na aplicação criativa e construtiva de seus conhecimentos. É proposta a utilização da linguagem funcional como primeira linguagem, paralelamente à linguagem procedimental, tradicionalmente tida como o primeiro paradigma de programação trabalhado nos cursos. A abordagem alternativa, enfim, realiza um estudo sobre os métodos tradicionalmente utilizados na disciplina e o desempenho dos alunos na outra metodologia, propondo a utilização da programação em seu desenvolvimento, analisando as novas habilidades desenvolvidas pelo aluno e avaliando os reflexos desta alternativa na disciplina e no curso como um todo.

Palavras-chave: *Programação Funcional, Matemática Discreta, Computador na Educação*

1 INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento da tecnologia tem desencadeado novos desafios no ensino em geral. Sua utilização tem sido vista como um forte elemento para apoio da construção do conhecimento, permitindo assim que o professor assuma um novo papel, agora, também, como mediador e facilitador da aprendizagem do aluno.

Algumas disciplinas da área matemática encontram dificuldades em utilizar ferramentas computacionais no desenvolvimento de seus conceitos e o índice de aproveitamento nessas disciplinas não tem sido satisfatórios, como ocorre, por exemplo, na de Matemática Discreta, a qual é essencial à formação dos egressos dos cursos da área de computação e informática, como visto em universidades do Rio Grande do Sul.

Deseja-se, então, uma metodologia alternativa de desenvolvimento da disciplina de Matemática Discreta oferecidas a cursos da área de computação, explorando a disponibilidade de novas ferramentas de ensino e linguagens de programação. Dessa forma, busca-se incentivar e propiciar um ambiente no qual o aluno possa alcançar melhores resultados de forma a contribuir na aplicação criativa e construtiva de seus conhecimentos.

2 MATEMÁTICA E COMPUTAÇÃO

O desenvolvimento da computação gera um ambiente propício para o surgimento de novas tecnologias educacionais. Tais ferramentas acabaram por valorizar o processo de aprendizagem do aluno e inovar a didática utilizada pelo professor.

A integração da tecnologia ao ensino ocorre em tempos diferentes nas mais diversas áreas. O ensino da Matemática, em especial, o de Matemática Discreta para cursos de graduação da área de computação no Brasil, ainda não encontrou uma forma de incorporar ferramentas computacionais ao desenvolvimento de conceitos de fundamental importância para a formação do aluno dessa área. É comum que os alunos de computação realizem as disciplinas de matemática de maneira forçada, como uma obrigação que devem cumprir, principalmente pelo fato de não verem aplicações diretas ou indiretas do conteúdo em sua futura vida profissional, muito menos como um conhecimento necessário e essencial ao restante do curso.

É rotineiro que eles curse as disciplinas da área matemática como se fossem independentes do restante do curso, sem terem a oportunidade de experimentar uma aprendizagem na qual seja explicitada a relação intrínseca entre a matemática e a programação.

A Matemática é usada em muitas áreas da Ciência da Computação, em aplicações que incluem especificação de programas, estruturas de dados, análise e implementação de algoritmos e *correctness*, entre outros. Os computadores, por sua vez, podem auxiliar a tornar a matemática mais fácil de ser compreendida e usada, tornando termos matemáticos executáveis, conceitos abstratos mais concretos, e através do uso de ferramentas computacionais tais como verificadores de provas matemáticas.

A Matemática proporciona ferramentas fundamentais para qualquer disciplina científica, e é essencial à programação, pois auxilia o estudante a raciocinar acerca da implementação dos programas. E a programação, por sua vez, vem sendo utilizada desde seu surgimento para a resolução de problemas matemáticos. Porém, atualmente, os cursos de matemática são ministrados de maneira separada dos de programação, e pouco se utilizam da segunda para reforçar e estimular o aprendizado dos conceitos matemáticos.

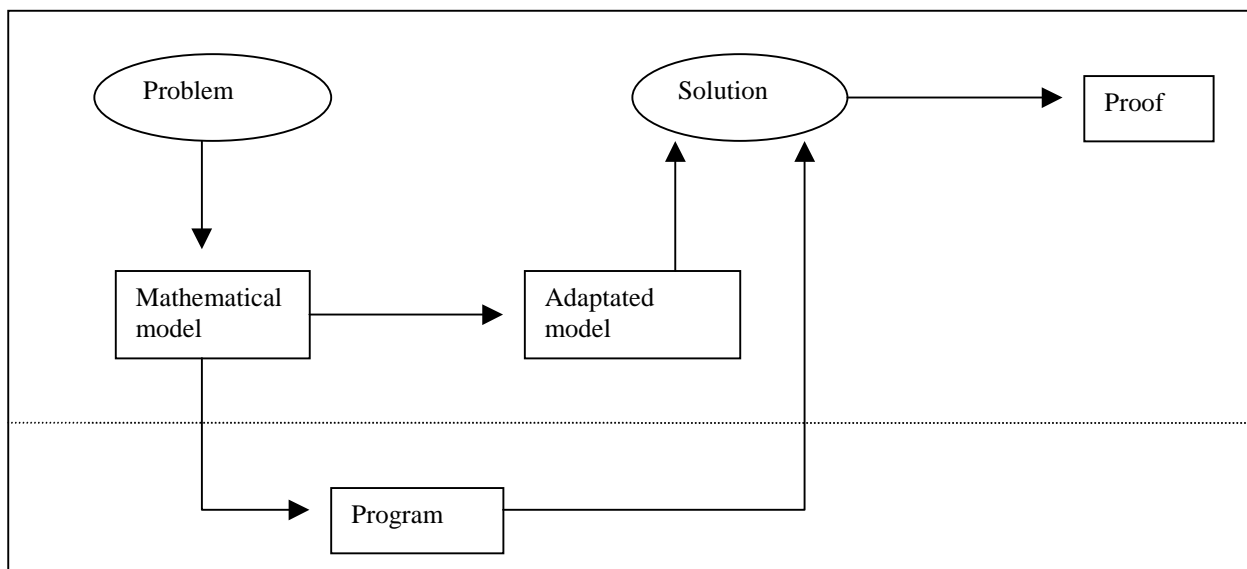


Figura 1 – Processo de resolução de um problema através da implementação em uma linguagem de programação [5]

As soluções dos problemas matemáticos podem ser desenhadas e implementadas no computador, como se ele fosse o lápis e o papel tradicionalmente utilizados para tanto. Essa nova maneira de se chegar à solução modifica o procedimento como um todo, sem, no entanto, descaracterizá-lo. O processo tradicional, de acordo com Rosa [5], é aquele que cria um modelo matemático partindo do problema, e a seguir gera um modelo transformado que o conduzirá à solução, sobre a qual será realizada a prova para finalmente obter-se o problema solucionado. Ao se integrar a programação a este modelo, tem-se um novo processo, no qual o modelo matemático é implementado obtendo-se a solução por meio do computador. Para assegurar a validade desta solução deve-se, então, demonstrar a equivalência entre os modelos, o que assegura que a solução obtida pelo programa é correto. Esse novo modelo, através do qual é ilustrado o processo de resolução de problemas sob o enfoque algorítmico dos conceitos matemáticos e o enfoque das características funcionais de uma linguagem de programação, a ser analisada mais adiante e que indica ser a mais adequada para tanto, está representado na Figura 1.

É importante que o aluno adquira o hábito, desde o início do curso, a especificar e resolver problemas e resolvê-los utilizando o computador e um método matemático para raciocinar acerca deles, de maneira que os estudantes tenham uma visão do processo integrado representado na Figura 1 através da metodologia da aplicação de uma linguagem como formalismo no qual são programadas as soluções de determinados problemas.

3 ESTADO DA ARTE DA DISCIPLINA DE MATEMÁTICA DISCRETA

A disciplina de Matemática Discreta está presente nos cursos da área de computação e informática de acordo com as Leis de Diretrizes e Bases do Ministério de Educação e Cultura do Brasil [1]. De acordo com esse documento, a disciplina é pré-requisito fundamental para diversas outras que seguem nos semestres posteriores, tais como programação, computação e algoritmos, arquitetura de computadores, compiladores, banco de dados e inteligência artificial. Tal evidência reforça o fato de que seus conteúdos devem ser trabalhados de forma geral e abrangente, desenvolvendo os raciocínios pertinentes, a fim de que os estudantes possam ter uma forte base no momento em que cursarão as demais disciplinas do curso.

Apesar da disciplina ser essencial para o restante do curso, atualmente esta não está obtendo o sucesso desejado. Os índices de aprovação constatados nas duas principais universidades gaúchas, no período entre 1998 e 2000, são considerados insatisfatórios perante sua importância. Os dados abaixo demonstram o desempenho dos alunos que cursaram a disciplina nessas universidades.

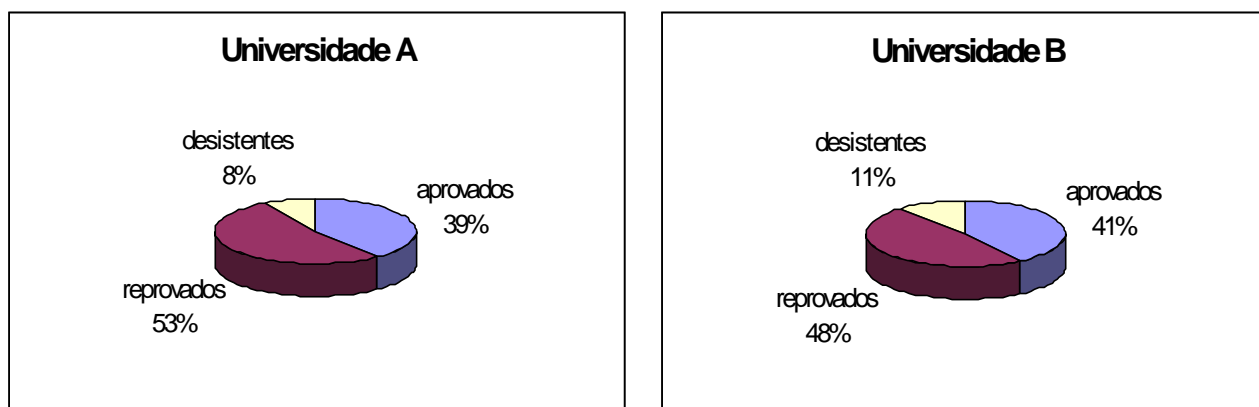


Figura 2 – Desempenho dos alunos em Matemática Discreta – período: 1998 a 2000 (Mendes, [10])

Atualmente ela é ministrada de maneira tradicional, através de aulas teórico-expositivas e da realização de trabalhos e provas escritas. Percebe-se, por tanto, a necessidade de buscar nos paradigmas de programação uma alternativa, através da utilização de uma linguagem funcional.

4 UTILIZAÇÃO DE UMA LINGUAGEM FUNCIONAL

A utilização de uma linguagem funcional como ferramenta de apoio ao desenvolvimento de conteúdos de matemática discreta permite expressar naturalmente a linguagem matemática, provar com facilidade propriedades sobre os programas e provar a equivalência entre o modelo e a implementação.

A linguagem funcional possui raciocínio semelhante ao necessário para o desenvolvimento dos conteúdos de matemática discreta, ou seja, é muito similar à utilizada nos formalismos matemáticos. Esse fato permite que a linguagem utilizada seja introduzida de maneira natural no curso, sem exigir esforços extras dos alunos para aprenderem outra sintaxe de programação.

Por exemplo, seja o Teorema $P \wedge Q \rightarrow P$. Sua prova pode ser realizada de maneira tradicional e utilizando uma a linguagem funcional. A maneira tradicional de prová-lo é através da utilização das regras de inferência da lógica proposicional, estruturando-a em forma de árvore, como pode ser observado na Figura 3.

Regra 1: $\wedge EL$: eliminação do “e” (\wedge) à esquerda
 Regra 2: $\rightarrow I$: introdução da implicação (\rightarrow)

$$\frac{P \wedge Q \{ \wedge EL \}}{P} \{ \rightarrow I \}$$

$$P \wedge Q \rightarrow P$$

Figura 3 – Prova do teorema de maneira tradicional

A prova realizada utilizando-se a linguagem de programação funcional, como por exemplo, a linguagem Haskell, permite que o aluno aplique as mesmas regras necessárias para a prova demonstrada na figura anterior ao mesmo tempo em que trabalha os conceitos de programação funcional. Desta forma, ele concretiza a integração entre os conceitos desenvolvidos em aula e a programação. A prova do mesmo Teorema utilizando uma linguagem funcional para tanto está representada na Figura 4.

```

provaRegra :: Prova
provaRegra =
  Impl
    (AndEL
      (Assume (And P Q))
      P),
    (Imp (And P Q) P)
  
```

Figura 4 – Prova do teorema utilizando a metodologia alternativa

Com base nestes fatos, foi desenvolvida e proposta, através de um trabalho de mestrado, uma metodologia alternativa para o ensino de Matemática Discreta (Mendes, [10]) que objetiva a utilização de uma linguagem funcional no desenvolvimento dos conceitos da disciplina. O trabalho tem por base um protótipo, no qual foram elaboradas bibliotecas na linguagem Haskell que implementam algumas provas de teoremas, recursão e indução matemática, tendo como modelo a proposta de Hall [7]. O conjunto do trabalho resulta na proposição de uma nova metodologia que culmina com uma reestruturação da disciplina como um todo e seus reflexos na própria disciplina e no restante do curso de graduação. Os resultados da aplicação dessa nova metodologia, bem como o fato de seus resultados serem promissores no que se refere à sua validação, podem ser constatados em Mendes ([10]).

Através da utilização do provador de teoremas, por exemplo, o aluno desenvolve diversas habilidades paralelas pois, além de necessitar ter conhecimento das regras de lógica proposicional, ele deve saber aplicá-las para realizar a implementação correta da prova, ao mesmo tempo em que desenvolve habilidades de programação em uma linguagem bastante similar à utilizada por ele na prova. A Figura 5 ilustra algumas das habilidades desenvolvidas paralelamente quando a programação é utilizada como ferramenta no auxílio do aprendizado de conceitos matemáticos.

Ao se integrar programação ao modelo de resolução de um problema, como por exemplo a utilização de uma linguagem funcional, ao invés de apenas um processo ser realizado, qual seja a prova de teoremas, são desencadeados vários processos paralelos que desenvolvem diversas habilidades importantes e necessárias aos estudantes dos cursos de computação. Sem a integração, ocorre um processo básico que é a interação do aluno com os conceitos matemáticos., como, no caso do exemplo das Figuras 3 e 4, através da utilização das regras da lógica proposicional para realizar a prova tradicional do Teorema.

A integração da programação à prova do Teorema desencadeia três novas habilidades, que somadas à descrita no processo tradicional, são:

1. Interação com os conceitos da disciplina: o aluno realiza a aprendizagem de conceitos fundamentais na disciplina;

2. *Aplicação dos conceitos de lógica na implementação*: para implementar a solução da prova, o aluno deve ter conhecimento dos conceitos (1) e, então, aplicá-los na implementação da prova;

3. *Desenvolvimento de habilidades de lógica de programação*: ao mesmo tempo em que pensa em uma solução para realizar a implementação da prova, ele realiza atividades de raciocínio lógico necessários à programação;

4. *Aprendizagem da programação utilizando o paradigma funcional*: devido ao fato da sintaxe da linguagem funcional ser semelhante à linguagem matemática, o aluno aprende a programar utilizando o paradigma funcional sem muitas dificuldades.

As habilidades geradas quando da utilização da metodologia alternativa estão ilustradas na Figura 5.

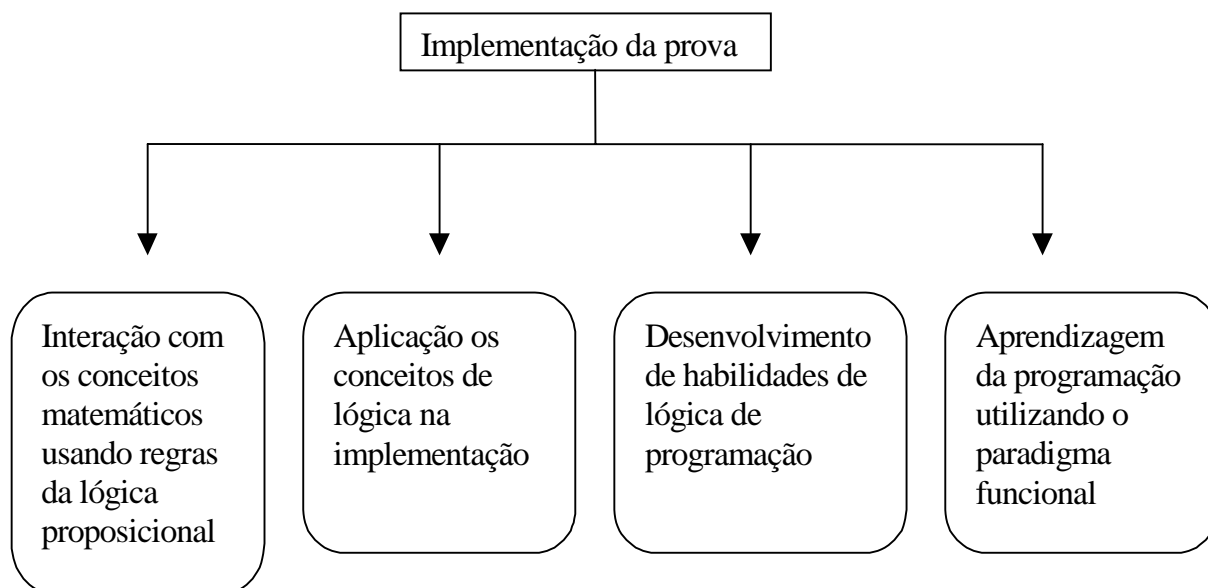


Figura 5: habilidades desenvolvidas na implementação de uma prova

5 LINGUAGEM FUNCIONAL COMO PRIMEIRA LINGUAGEM

A primeira linguagem ensinada nos cursos da área de computação e informática nas principais universidades do Rio Grande do Sul é uma a linguagem procedimental. Suas características não permitem trabalhar conceitos de lógica, teoria dos conjuntos e demonstrações com a mesma facilidade que, por exemplo, uma linguagem funcional permite.

As linguagens funcionais, como a linguagem Haskell, possuem como principal característica a reprodução da linguagem matemática, pois nesse paradigma os programas são formados exclusivamente por funções, o que justifica sua denominação. O programa principal é uma função que recebe dados de entrada como argumentos e produz um resultado, tal qual o aluno raciocina matematicamente quando está solucionando um problema no papel.

O ensino de uma linguagem funcional no primeiro semestre do curso auxilia o processo de aprendizado dos conceitos de matemática discreta, principalmente pelo fato de essas linguagens possuírem a mesma sintaxe utilizada na Matemática.

Dessa forma, ter-se-ia a situação de ensino representada pela Figura 6. A figura ilustra as habilidades desenvolvidas em cada uma das metodologias, as linguagens utilizadas como primeira linguagem do curso e o desempenho obtido e/ou esperado dos alunos.



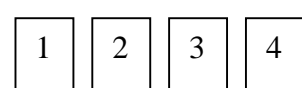

MATEMÁTICA DISCRETA	Habilidades Desenvolvidas	Desempenho do aluno	Linguagem Procedimental	Abordagem Tradicional
				
			Linguagem Procedimental e Linguagem Funcional	Abordagem Alternativa

Figura 6 – Utilização da metodologia alternativa: linguagem funcional como primeira linguagem

6 CONCLUSÕES

A utilização de uma linguagem de programação funcional na disciplina de matemática discreta, oferecida no primeiro semestre dos cursos de graduação da área de computação proporciona uma metodologia alternativa de ensino. Metodologia essa que permite ao aluno aplicar e construir de forma criativa as habilidades de interação com os conceitos da disciplina, aplicação destes na implementação, desenvolvimento de habilidades de lógica de programação e aprendizagem da programação sob o enfoque do paradigma funcional, como demonstrado na Fig. 6.

A união da matemática com o paradigma de programação funcional permite também ao estudante desenvolver conceitos de matemática discreta, que são de fundamental importância na sua formação, sem perceber que está, ao mesmo tempo, desenvolvendo conceitos de programação funcional, os quais apenas são trabalhados em semestres mais avançados do curso.

A utilização da programação funcional como ferramenta para o desenvolvimento construtivo e aplicado dos conceitos teóricos, não exige esforços extras para a compreensão de sua sintaxe de programação, pois seus programas são formados exclusivamente por funções. Assim, os raciocínios necessários para ambas atividades são semelhantes, o que proporciona a amigável integração da matemática discreta com a programação funcional.

Finalmente, deve-se utilizar toda tecnologia educacional disponível para proporcionar ao aluno um ambiente de aprendizado que o distancie das aulas árduas e aparentemente sem aplicações para seu futuro profissional. Deve-se, enfim, permitir que ele utilize todo seu potencial e seu entusiasmo nas atividades que possuem como objetivo principal o aprendizado do aluno.

REFERÊNCIAS

- [1] DIRETRIZES curriculares das áreas de computação e informática. Brasília. Disponível em: <http://www.mec.gov.br/Sesu/diretriz.shtm> . Acesso em 12 jun.2000.
- [2] CLAUDIO, D.M.; DIVERIO, T.A , TOSCANI, L.V. **Fundamentos da matemática computacional**. Porto Alegre, RS. D.C.Luzzatto. Ed. 1987.
- [3] GLASER, H.; HANKIN, C.; TILL, D. **Principles of functional programming**. Prentice Hall International. 1984. 252p.
- [4] GUEZZI C.; JAZAYERI, M. **Programming language concepts**. New York: John Wiley. 1997. 427p.
- [5] ROSA, S.; CIRIGLIANO, G. Ensayo sobre Matemática aplicada a Computación. In: VII CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COMPUTACIÓN, 1999, Asunción, Paraguay. **Anais...** Asunción, 1999. 141p. p.18-27.
- [6] HASKELL. **A gentle introduction to haskell, Version 1998**. Disponível em <http://www.haskell.org/tutorial/intro.html>. Acesso em 20 mai.2000
- [7] HALL, C.; O'DONNELL, J. **Discrete mathematics using a computer**. Springer, 1ª ed. jan. 2000.
- [8] BEHAR, P. **Psicologia cognitiva & aprendizagem computadorizada**. Porto Alegre. PGCC da UFRGS. 1992. 65p. Trabalho Individual II n.299.
- [9] MENEZES, P. F. Blauth; TOSCANI, L. V.; DIVERIO, T. A.; RIBEIRO, L.; ZENI, L. C.; GONZALEZ, M. M. Proposta de Plano Pedagógico para a Matéria Matemática In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM INFORMÁTICA, Curso: Qualidade de Cursos de Graduação da Área de Computação e Informática, WEI 2000, Curitiba, **Anais...**, Curitiba: Champagnat , 2000. p. 65 -102.
- [10] MENDES, S.C. **Aplicações do Paradigma Funcional no Ensino de Matemática Discreta**. Porto Alegre. PGCC da UFRGS. 2001. Dissertação de Mestrado.