



## ANÁLISE DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO UTILIZADA NAS DISCIPLINAS DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS II DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA – DEQ/UEM

Oswaldo C. Motta Lima – [oswaldo@deq.uem.br](mailto:oswaldo@deq.uem.br)

José Miguel Müller – [jmu@deq.uem.br](mailto:jmu@deq.uem.br)

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química

Av. Colombo 5790, Bl. D-90

Tel.: (0xx44) 261-4759 ; Fax: (0xx44) 263-3440

87020-900 – Maringá, PR

**Resumo:** *O conhecimento e a aplicação dos conceitos que envolvem as Operações Unitárias das Indústrias Química e de Alimentos são de fundamental importância na formação dos futuros engenheiros. Dentro deste contexto, este trabalho pretende fazer uma análise da metodologia que vem sendo seguida na avaliação do desempenho dos alunos quanto à fixação do conteúdo das disciplinas de Operações Unitárias II dos cursos de Engenharia Química, nos últimos quatro anos, e Engenharia de Alimentos, no último ano letivo. A abordagem utilizada tem como motivação a importância dos conceitos abordados e a dificuldade de uma avaliação adequada do grau de aprendizado dos alunos, já que os diferentes tópicos (diferentes Operações Unitárias) discutidos ao longo do curso estão relacionados a cálculos extensos e trabalhosos, associados à busca de diferentes informações relevantes à solução dos problemas apresentados e/ou propostos. Esta característica dos problemas envolvendo as diferentes Operações Unitárias (binômio tempo/esforço) acarreta em sérias dificuldades no momento de se avaliar os alunos, pois fica difícil propor questões mais aprofundadas, e que demandariam um maior tempo de resolução, em uma prova manuscrita convencional. A metodologia que vem sendo utilizada e uma discussão dos resultados obtidos até o momento são apresentadas neste trabalho.*

**Palavras-chave:** *Operações Unitárias, Avaliação, Metodologia de Avaliação*

### 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento e a aplicação dos conceitos que envolvem as Operações Unitárias das Indústrias Química e de Alimentos são de fundamental importância na formação dos futuros engenheiros. Na Universidade Estadual de Maringá (UEM), estas Operações Unitárias estão inseridas no Projeto Pedagógico dos cursos de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos alocados no Departamento de Engenharia Química (DEQ). O sistema atual de ensino na UEM é estruturado na forma de seriado anual, sendo este assunto oferecido pelo DEQ por meio de duas disciplinas para cada curso, com 102 h/aula: Operações Unitárias I e II, para o quarto ano do curso de Engenharia Química (EQ) e Operações Unitárias para Indústria de Alimentos I e II, para o terceiro ano do curso de Engenharia de Alimentos (EA).

Dentro deste contexto, são objetos de estudo neste trabalho as disciplinas de Operações Unitárias II e Operações Unitárias para Indústria de Alimentos II, cujas ementas trazem os seguintes tópicos: Destilação; Absorção; Extração Líquido-Líquido e Sólido-Líquido; Adsorção; Trocadores de Calor; Evaporadores; Cristalização; Umidificação e Secagem, sendo acrescidos, para o curso de Engenharia de Alimentos, os tópicos de Desidratação e Liofilização.



A abordagem dos tópicos das ementas das duas disciplinas observa as diferenças próprias de cada formação (EQ ou EA), contextualizando-as com materiais e/ou situações próprias a cada área de atuação.

## **2. RECURSOS DISPONÍVEIS**

Ambas as disciplinas possuem páginas (“web pages”) na rede do DEQ, com acesso via internet ([www.deq.uem.br](http://www.deq.uem.br)), disponibilizando, aos acadêmicos, apostilas desenvolvidas pelos professores e material de interesse sobre os diferentes tópicos das disciplinas, além de softwares desenvolvidos por empresas, outras instituições de ensino e no próprio departamento.

As disciplinas também estão inseridas em um Projeto de Ensino (MOTTA LIMA, 2002), cujo objetivo é sua permanente atualização e, atualmente, têm, sob a coordenação dos autores deste artigo, alunos dos cursos de Engenharia Química, de Alimentos e Mecânica, auxiliando na elaboração de material e softwares didáticos para as disciplinas.

Desde o período letivo de 2000, EQ, e no de 2002, EA, as disciplinas vêm tendo o auxílio de monitores no primeiro semestre (alunos do 5º ano EQ, que saem para estágio no 2º semestre).

## **3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

### **3.1 Introdução e critério de avaliação das disciplinas**

No curso de Engenharia Química, a disciplina de Operações Unitárias II vem sendo ministrada pelo primeiro autor de forma ininterrupta desde 1999, sendo a forma de avaliação aqui proposta implementada em sua primeira versão neste mesmo período letivo. Para o curso de Engenharia de Alimentos, a disciplina de Operações Unitárias para Indústria de Alimentos II foi ofertada pela primeira vez no ano letivo de 2002 (o curso foi iniciado em 2000), sendo implementada, pelo segundo autor, a mesma forma de avaliação utilizada na Engenharia Química.

O critério de avaliação das disciplinas consiste de provas bimestrais. Desta forma, a nota final do acadêmico é a média das quatro provas realizadas durante o ano. Para ser aprovado, a referida média deve ser maior ou igual a 6,0 (seis). Caso não seja alcançada, o acadêmico tem uma oportunidade única de exame, onde a nota obtida, somada a média obtida nas provas, deve perfazer uma nova média superior a 5,0 (cinco) para ser aprovado.

Em ambas as disciplinas, procurou-se organizar as operações unitárias a serem estudadas conforme uma seqüência lógica de interação entre elas, resultando na seguinte distribuição dos tópicos envolvidos ao longo dos bimestres: BM 1 - Destilação (binária e multicomponente) ; BM 2 - Absorção, Extração Líquido-Líquido e Sólido-Líquido ; BM 3 - Adsorção, Trocadores de Calor, Evaporadores ; BM 4 - Cristalização, Umidificação, Secagem (além de Desidratação e Liofilização, para EA).

### **3.2 Contextualização da proposta de avaliação**

Pode-se observar que os tópicos previstos nas ementas das duas disciplinas representam operações unitárias que, na sua maioria, são de grande complexidade e cujos cálculos envolvidos, além de trabalhosos, são de difícil resolução (FOUST et al., 1982 ; GEANKOPLIS, 1993 ; McCABE et al., 2001). Desta forma, fica difícil a elaboração de provas que possam cobrir de forma adequada o conteúdo dos tópicos abordados naquele bimestre (extrapolariam, em muito, o tempo de prova disponível), prejudicando a devida avaliação do seu aprendizado pelos alunos.

Neste contexto, a metodologia de avaliação que vem sendo utilizada desde 1999 na EQ, e 2002 na EA, se mostra de acordo com algumas das sugestões expostas em FELDER (1997b), WOODS (1998), FELDER e BRENT (1999) e FELDER et al. (2000), e contempla cada operação unitária estudada com pelo menos um exercício, elaborando-os de forma a obter um nível de

complexidade que permita ao professor não só uma melhor exploração dos conteúdos envolvidos, como, também, uma melhor avaliação do grau de aprendizado dos tópicos abordados.

Os exercícios elaborados desde a implantação da metodologia proposta têm procurado observar um ou mais dos aspectos listados a seguir:

- busca de informações relevantes à solução dos problemas, tais como: propriedades das substâncias/correntes envolvidas (físico-químicas, térmicas, de transporte, etc.) ; dados de equilíbrio de fases ; equações para o cálculo de coeficientes de transferência de calor e/ou massa ; dados de projeto/construção de equipamentos ; etc. ;
- construção dos diagramas pertinentes à solução gráfica dos problemas, quando for o caso, ou utilização adequada de diagramas prontos obtidos da literatura ;
- solução gráfica dos problemas por mais de uma abordagem/metodologia conhecida, de modo a comparar seus resultados ;
- uso de diferentes abordagens, metodologias ou estratégias para solução algébrica/numérica dos problemas. Solução iterativa dos problemas, quando for o caso ;
- integração gráfica e/ou numérica como ferramenta de cálculo ;
- escolha e utilização adequada de softwares didáticos e/ou comerciais no apoio à solução dos problemas (disponibilizados a partir da página WEB das disciplinas).

Os exercícios são estruturados conforme os mesmos conteúdos das provas bimestrais (acima), ficando então com a tarefa de proporcionar uma maior complexidade no estudo dos tópicos abordados, e permitindo, desta forma, a elaboração de provas mais compactas, mais objetivas e, principalmente, mais curtas (FELDER, 1997a ; WOODS, 1998).

Os exercícios são resolvidos em grupo, tendo-se procurando, até o momento, distribuir os acadêmicos das turmas uniformemente em quatro grupos. Inicialmente (1999-EQ), um único exercício era proposto bimestralmente para todos os grupos, sendo entregue apenas o do grupo. Em seguida, 2000-EQ, cada integrante do grupo deveria entregar o seu, de próprio punho. A partir dos anos letivos de 2001-EQ e 2002-EA, cada grupo passou a receber seu próprio exercício, mantendo-se a entrega individual de cada integrante.

A data de entrega da lista vem sendo usualmente a data da prova bimestral, não sendo, entretanto, obrigatória a entrega por todos os integrantes do grupo, i. e., o aluno pode optar por não se beneficiar da pontuação devida ao exercício, sem prejuízo na sua nota final do bimestre.

### **3.3 Aspectos a serem pontuados**

#### ***A formação dos grupos***

Concordando com FELDER et al. (2000), é importante que os grupos sejam formados de forma heterogênea e a mais aleatória possível para reforçar a necessidade de interação entre os alunos, procurando-se evitar a composição de grupos já pré-estabelecidos no âmbito da turma. Esta estratégia visa também mostrar aos acadêmicos que a interação com pessoas que não fazem parte do seu círculo de amigos será importante na sua atividade profissional.

#### ***A resolução da lista de exercícios pelos alunos***

O grau de complexidade dos exercícios propostos faz com que a interação entre professor, acadêmico e monitor da disciplina seja aumentada. Além disso, os exercícios permitem uma melhor assimilação do conteúdo dos tópicos abordados naquele bimestre e de funcionam como motivação e preparação para a avaliação correspondente (FELDER et al.,2000).

#### ***Envolvimento do professor***

Há uma maior interação com os alunos, inclusive este é um dos objetivos dos exercícios, bem como uma maior carga de atividades para o professor, desde a elaboração das listas até a sua respectiva correção e pontuação.

### 3.4 Forma de pontuação

A pontuação máxima obtida em de cada lista bimestral de exercícios é de 3,0 (três) pontos, sendo esta acrescida proporcionalmente à nota obtida na prova, resultando na nota bimestral final do acadêmico por meio da relação:

$$NF = ((10 - NE) * NP / 10) + NE \quad (1)$$

Onde: NF é a nota bimestral final, NE é a nota do exercício (0-3 pontos) e NP, a nota da prova (0-10 pontos). Desta forma, a nota final do aluno naquele bimestre será o resultado obtido a partir da Equação 1.

Por exemplo, o acadêmico que tenha obtido dois pontos na lista de exercícios e venha a tirar na prova uma das seguintes notas: 2,0; 5,0 ou 8,0, terá sua nota acrescida de 1,6; 1,0 e 0,4 pela forma de pontuação proposta, perfazendo uma nota final de 3,6; 6,0 ou 8,4, respectivamente. Pode-se notar que, quanto maior a nota da prova, menor a contribuição do exercício à nota final do aluno. Este fato diz respeito a que, por princípio, o objetivo maior do exercício está no aprendizado e que, neste contexto, tem-se verificado que, ao longo dos anos avaliados, aqueles alunos que discutem e resolvem os exercícios fazem boas provas, tirando boas notas.

Caso o acadêmico tenha optado por não entregar a lista de exercícios, sua nota final do bimestre em questão será apenas a nota da prova (NE = 0, na Equação 1).

## 4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação dos resultados obtidos com a metodologia proposta tem sido positiva, pois para disciplinas que apresentam um conjunto extenso e variado de tópicos, o desempenho dos acadêmicos tem se mostrado bastante satisfatório.

A Tabela 1 traz os resultados do processo de avaliação das disciplinas de Operações Unitárias II (EQ) e Operações Unitárias para Indústria de Alimentos II (EA) para os períodos letivos relacionados.

Tabela 1 - Resultados do processo de avaliação - EQ e EA

Processo de Avaliação		Engenharia Química				Eng. Alimentos
		1999	2000	2001	2002	2002
BM 1	ME (NA)	2,10 (31)	1,40 (23)	1,90 (32)	1,85 (35)	2,24 (27)
	MP	4,74	5,45	7,43	7,16	5,41
	MF BM	5,80	6,09	7,89	7,62	6,34
	MF – MP	1,06	0,64	0,46	0,46	0,94
BM 2	ME (NA)	2,24 (31)	2,40 (8)	2,23 (32)	2,07 (34)	1,67 (26)
	MP	6,02	5,03	5,53	5,77	2,46
	MF BM	6,80	5,46	6,50	6,55	3,65
	MF – MP	0,78	0,43	0,97	0,78	1,19
BM 3	ME (NA)	1,88 (31)	1,64 (18)	2,49 (25)	2,54 (37)	1,36 (25)
	MP	6,34	6,28	7,75	6,50	3,27
	MF BM	6,97	6,68	8,12	7,37	4,10
	MF – MP	0,65	0,40	0,37	0,87	0,83

Tabela 1 - Resultados do processo de avaliação - EQ e EA (Continuação)

Processo de Avaliação		Engenharia Química				Eng. Alimentos
		1999	2000	2001	2002	2002
BM 4	ME (NA)	1,42 (31)	1,78 (20)	2,62 (26)	1,69 (37)	1,06 (25)
	MP	5,25	6,44	7,18	6,47	5,30
	MF BM	5,88	6,87	7,72	7,11	5,77
	MF – MP	0,63	0,43	0,54	0,64	0,47
Anual	ME (NA)	1,91 (31)	1,69 (17)	2,28 (29)	2,04 (36)	1,60 (26)
	MP	5,59	5,80	6,97	6,47	4,11
	MF	6,36	6,27	7,56	7,16	4,97
	MF – MP	0,77	0,47	0,59	0,69	0,86

Legenda: ME – média dos exercícios      NA – número de alunos que entregou o exercício  
 MP – média da prova bimestral      MF – média final bimestral  
 (MF – MP) – acréscimo na nota final devido à pontuação dos exercícios

A Tabela 2 traz o resultado do desempenho dos acadêmicos (índices de aprovação por média, total e de reprovação) nas disciplinas dos cursos de EQ, a partir de 1999, e EA, no ano letivo de 2002.

Tabela 2 - Desempenho dos acadêmicos nas disciplinas - EQ e EA

Desempenho dos Acadêmicos		Engenharia Química				Eng. Alimentos
		1999	2000	2001	2002	2002
Total de Alunos		32	24	33	37	27
Aprovados por Média	NA	23	17	31	34	5
	%	71,88	70,83	93,94	91,89	18,52
Alunos em Exame	NA	9	7	2	3	22
	%	28,12	29,17	6,06	8,11	81,48
Aprovados no Exame	NA	6	5	1	1	17
	%	18,75	20,83	3,03	2,70	62,96
Total de Aprovados	NA	29	22	32	35	22
	%	90,63	91,67	96,97	94,59	81,48
Reprovados	NA	3	2	1	2	5
	%	9,37	8,33	3,03	5,41	18,52

Legenda: NA - número de alunos no item em questão  
 % - percentagem dos alunos em relação ao seu total

A análise dos dados da Tabela 1 para a EQ mostra, de um modo geral, que os bimestres 2 e 3 foram os de pior e melhor desempenho dos acadêmicos, respectivamente, e uma melhora significativa no desempenho do primeiro bimestre. O quarto bimestre tem se mostrado sujeito à situação vivida pelos alunos ao final do ano letivo, uma vez que, por exemplo, alguns já podem

ter logrado aprovação com as 3 primeiras notas. Este fato está acordo com o ponto de vista dos autores, que classificam os bimestres em 2, 4, 1 e 3, por seu grau de dificuldade.

Para disciplina de Operações Unitárias II (EQ), a análise das Tabelas 1 e 2 indica claramente um melhor desempenho dos acadêmicos nos dois últimos anos letivos, conforme resumido na Tabela 3, que traz uma análise comparativa dos biênios de 1999/2000 e 2001/2002.

Esta melhora estaria associada às mudanças introduzidas na forma de implementação dos exercícios a partir do ano letivo de 2001 e que levou a um maior envolvimento dos alunos com os exercícios propostos (e a ME maiores na sua pontuação), refletindo, tanto no seu desempenho nas provas e MF bimestrais, quanto, por conseguinte, nas médias anuais finais (ME, MP e MF) e nos índices de aprovação.

Considerando que 2002 foi o primeiro ano da disciplina do curso de EA, somente é possível comparar seus resultados com os obtidos para as turmas da EQ. Pode-se notar, pela Tabela 1, que o desempenho foi pior em todos os bimestres e, conseqüentemente, nos índices de aprovação (Tabela 2). A presença das duas disciplinas de operações unitárias, fenômenos de transporte e termodinâmica em um mesmo ano do curso (3<sup>o</sup>), pode ter contribuído para este desempenho, sugerindo a possibilidade de se adotar estratégias que venham a melhorá-lo.

Tabela 3 - Comparação de desempenho entre os biênios 1999/2000 e 2001/2002 (EQ)

Resultados dos Biênios Avaliados	Engenharia Química	
	1999/2000	2001/2002
Total de Alunos	56	70
ME (%)	1,83 (86)	2,15 (93)
MP	5,70	6,72
MF	6,32	7,36
MF – MP	0,62	0,64
Aprovados por Média (%)	71,36	92,92
Alunos em Exame (%)	28,64	7,08
Total de Aprovados (%)	91,15	95,78
Reprovados (%)	8,85	4,22

Legenda: ME – média dos exercícios      % - percentagem dos alunos em relação ao seu total  
 MP – média da prova bimestral      MF – média final bimestral  
 (MF – MP) – acréscimo na nota final devido à pontuação dos exercícios

A metodologia de avaliação utilizada ainda necessita de aperfeiçoamentos, podendo-se citar os seguintes aspectos:

- agilização da correção/avaliação dos exercícios pelos professores ;
- procurar trabalhar com um número de 3 a 4 (no máximo 5) acadêmicos por grupo (FELDER e BRENT, 1999 ; FELDER et al., 2000), de modo a aumentar a interação e o rendimento dos alunos, o que provavelmente irá acarretar em um maior número de grupos (e exercícios), com maior carga de trabalho para os professores ;
- uma maior conscientização e envolvimento dos acadêmicos na resolução dos problemas propostos, uma vez que ainda existem alunos dentro dos grupos que apenas copiam os exercícios, pouco (ou, mesmo, não) participando do processo de discussão e solução.

Como a metodologia seguida e os critérios utilizados apresentam um caráter dinâmico, pretende-se melhorá-los continuamente. As possibilidades devem apontar para caminhos que venham a aumentar a participação e a interação entre os alunos (FELDER et al., 2000 ; WOODS,



2000 ; FELDER e BRENT, 2003), permitindo que haja um melhor desempenho na avaliação realizada ao final de cada bimestre.

As perspectivas para o próximo período letivo contemplam também:

- uma interação mais efetiva dos monitores das disciplinas ;
- uma maior integração com as atividades realizadas no projeto de ensino citado anteriormente.

## 5 CONCLUSÕES

A metodologia de avaliação proposta permitiu que os acadêmicos utilizassem, de uma forma mais efetiva, o tempo dedicado ao estudo dos diferentes tópicos das disciplinas de Operações Unitárias II (EQ) e Operações Unitárias para Indústria de Alimentos II (EA), resultando numa maior assimilação dos seus conteúdos e num melhor desempenho no processo de avaliação.

Outro aspecto positivo a ser colocado, na opinião dos autores, é a interação permitida através dos grupos formados, proporcionando não só um maior envolvimento entre os acadêmicos, como, também, com os professores e os cursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELDER, R.M. Tips on quantitative tests. **Emphasis on Teaching and Learning**, N.C. State University, November, p. 7-9, 1997a.

FELDER, R.M. Beating the numbers game: effective teaching in large classes. 1997 ASEE Annual Conference, Milwaukee-WI, June, 1997b. Disponível em <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Largeclasses.htm>

FELDER, R.M. ; BRENT, R. How to improve teaching quality. **Quality Management Journal**. v. 6, n. 2, p. 9-21, 1999.

FELDER, R.M. ; BRENT, R. Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria. **Journal of Engineering Education**. January 2003, p. 7-25, 2003.

FELDER, R.M. ; WOODS, D.R. ; STICE, J.E. ; RUGARCIA, A. The future of engineering education. II. Teaching methods that work. **Chem. Engr. Education**. v. 34, n. 1, p. 26-39, 2000.

FOUST, A.S. ; WENZEL, L.A. ; CLUMP, C.W. ; MAUS, L. ; BRYCE ANDERSEN, L. **Princípios de Operações Unitárias**, 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1982.

GEANKOPLIS, C. **Transport Processes and Unit Operation**, 3<sup>rd</sup> Edition. Prentice-Hall Intern. Editions, 1993.

McCABE, W.L. ; SMITH, J.C. ; HARRIOTT, P. **Unit Operation of Chemical Engineering**, 6<sup>th</sup> Edition. New York: McGraw-Hill companies, Inc., 2001.

MOTTA LIMA, O.C. **Atualização e Modernização das Disciplinas de Operações Unitárias do Departamento de Engenharia Química**. Projeto de Ensino - DEQ/UEM, 2002.

WOODS, D.R. Three trends in teaching and learning. **Chem. Engr. Education**. Fall 1998, p. 296-301, 1998.

WOODS, D.R. ; FELDER, R.M. ; RUGARCIA, A. ; STICE, J.E. The future of engineering education. III. Developing critical skills. **Chem. Engr. Education**. v. 34, n. 2, p. 108-117, 2000.



## BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia - março/2002. Acessado em junho/2003. <http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/resolucao/1102Engenharia.doc>

RUGARCIA, A. ; FELDER, R.M. ; WOODS, D.R. ; STICE, J.E. The future of engineering education. I. A vision for a new century. **Chem. Engr. Education**. v. 34, n. 1, p. 16-25, 2000.

## ANALYSIS OF THE EVALUATION METHODOLOGY USED IN THE UNIT OPERATIONS II DISCIPLINES OF THE CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT – DEQ/UEM

**Abstract:** *The knowledge and the application of the concepts involving the Chemical and Food Industries Unit Operations are of fundamental importance in the future engineers' formation. Inside this context, this work brings an discussion of the methodology that is being followed in the evaluation of the students' performance related to the fixation of the content of the Unit Operations II disciplines of the courses of Chemical Engineering, in the last four years, and Food Engineering, in the last scholar year. The motivation for the proposed methodology was the importance of the studied concepts and the difficulty to evaluate the degree of the students' learning, since the different topics (different Unit Operations) discussed along the course are related to extensive calculations, associated to the search of different information to the solution of the problems presented and/or proposed. This characteristic of the problems involving the different Unit Operations (time/hard work) brings serious difficulties in the moment of evaluating the students, because it is difficult to propose deepened subjects, and that would demand in larger times of resolution, in a conventional hand-written test. The methodology for the students' evaluation and a discussion of the results obtained until now are presented in this work.*

**Key-words:** *Unit Operations, Evaluation, Evaluation methodology*