



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

TECNOLOGIA DE ENSINO PARA NÍVEL SUPERIOR DE CONCEITOS “PBL” PARA ECOLOGIA INDUSTRIAL

Lílian Marques Silva – lilla-marques@uol.com.br

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158 – Travessa 3
05508900 - São Paulo - SP

Eik Tenório – eikten@uol.com.br

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba
Av. Engenheiro Carlos Reinaldo Mendes, 2015
18013-280 – Sorocaba – São Paulo

Marco Antônio Fakri – marcofakri@ig.com.br

Faculdade de Tecnologia de Tatuí
Praça Adelaide B. Guedes, 01
18270-000 – Tatuí – São Paulo

Resumo: *Este trabalho visa verificar a compreensão do ensino obtida durante o curso de Laboratório de Saneamento ministrado através do método de Ensino da Ecologia Industrial com a utilização de uma ferramenta importante, o ensino de resolução de problemas (PBL). Este objetiva a compreensão da importância de fenômenos, conceitos e técnicas relacionadas a análises físico-químicas e biológicas em águas como: cor, turbidez, dureza, condutividade, pH, alcalinidade, cloretos, resíduos sólidos, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, cloro, ferro, manganês, DBO, DQO, sulfetos, óleos e graxas, coliformes, etc. Avaliando a retenção dos conhecimentos obtidos através de duas avaliações práticas que, para serem solucionadas necessitam de conceitos teóricos fornecidos eletronicamente no início do curso.*

Palavras-chaves: *Ecologia Industrial, Ensino por Resolução de Problemas (PBL), saneamento ambiental.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de novas técnicas didáticas através de programas aplicados na área de engenharia surgiram para auxiliar o professor no processo de ensino.

Segundo JELIWSKY (1991) a aplicação da Ecologia Industrial, entre outras coisas, preconiza a existência de um produtor primário, ou seja, um fornecedor em grande escala de co-produtos. Assim, este conceito é aplicado facilmente em sistemas pequenos, como por

exemplo, laboratórios didáticos. Segundo MESSIAS (2005), a Educação Ambiental, de modo geral, ainda não faz uso de uma ferramenta poderosa, que é o ensino por resolução de problemas (PBL – *problem based learning*), que permitirá aos alunos não só obter os resultados, mas também consultar, pesquisar, criar conteúdos audiovisuais e simular problemas como os que ocorrem na vida real que são exemplificados por AZEVEDO (1991) e REBOUÇAS (1999). Este modo de ensino, por sua vez permite uma visão sistêmica do objeto de estudo sendo esta muito importante para o ensino na área ambiental. Todo esta metodologia de ensino não tem como intenção diminuir o trabalho do professor, mas sim, melhorar a capacidade do docente de repassar o conhecimento.

Portanto, foi o objetivo deste trabalho verificar se os conceitos poderiam ser aplicados em um laboratório didático utilizando o PBL.

2. PERFIL DO PROFISSIONAL

A disciplina de Laboratório de Saneamento é uma das matérias do curso de Introdução à Hidráulica e ao Saneamento Ambiental oferecido na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP).

Tem-se como meta do curso formar profissionais intitulados de Tecnólogos em Hidráulica e Saneamento Ambiental, capacitados em atuar na preservação ambiental (solo, água e ar), em campos de obras hidráulicas (tubulações, galerias, canais etc.), obras de saneamento e instalações prediais. Dentre muitos autores, VILLELA (1973) descreve em detalhes as aplicações dos estudos referentes à água.

Estes profissionais deverão estar em condições de realizar um planejamento, projetando, construindo, fiscalizando, operando e realizando manutenção em sistemas de: abastecimento de água, assim como propôs REBOUÇAS (1999); tratamento e disposição de esgoto, descrito por ARAUJO (2000) e AZEVEDO (1991), por exemplo; drenagem de águas pluviais; coleta e tratamento de lixo, de acordo com a SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO (1991). Podendo ainda, projetar e implantar instalações prediais, canais, barragens pequenas, proteção contra incêndio e atuando, também, no setor administrativo como, por exemplo, controle do recebimento e emprego de materiais utilizados em tais instalações. Devido ao conhecimento obtido em laboratório durante o curso, estes profissionais também poderão prestar serviços junto a laboratórios dedicados ao controle de qualidade das águas de abastecimento e de esgoto (como controle dos lançamentos de efluentes domésticos e industriais em corpos d' água), ter participação ativa junto a programas de controle do meio ambiente, equipes de análise e controle de impacto ambiental. Graças a sua ampla grade curricular está apto a realizar vistorias, avaliações e laudos técnicos, dentro de seu campo profissional. Podendo, ainda, exercer o ensino e à pesquisa tecnológica.

3. METODOLOGIA

A disciplina escolhida tem como conteúdo programático o ensino de análise de água, o que demandava uso intenso de reagentes, além de alto impacto ambiental, pelo descarte de resíduos. A Universidade Federal de Santa Catarina tem um programa de gestão ambiental completo.

A metodologia adotada no curso de Laboratório de Saneamento é o estudo de caso e o piloto usado foi uma disciplina em fase de implantação. Esta disciplina não sofreu nenhuma alteração até o presente momento, porém, conforme forem surgindo novos objetivos de estudos e novas normas as devidas alterações serão feitas.

Os alunos ao se maticularem na disciplina ficam cientes, entre outras coisas, que o método de ensino, mesmo sendo uma matéria obrigatória, é um pouco diferente do

tradicional, ensino por resolução de problemas (PBL) e tendo como objetivo final era tornar-se “emissão zero”. Esta matéria não necessita de pré-requisitos específicos para ser cursada. Na matrícula os alunos recebem um CD que contém a ementa, plano de ensino, todas as aulas (teóricas – teoria, e práticas – experiências a serem realizadas) e referências (artigos, *sites* com normas ambientais etc). Ao receberem este CD os alunos também recebem recomendações de como usá-lo ficando cientes que deverão realizar leitura prévia das aulas.

Antes das aulas práticas são passadas as normas de segurança para trabalhar no laboratório.

3.1 Regras de Segurança de Laboratório

O laboratório é um local onde há um grande número de equipamentos e reagentes que possuem os mais variados níveis de toxidez. Devido a tais riscos faz-se necessária a leitura e compreensão do Manual de Regras Básicas de Segurança para Laboratórios assim como descreve a UFSC (1998). Este é um local bastante vulnerável a acidentes, desde que não se trabalhe com as devidas precauções. Abaixo, são apresentados alguns cuidados que devem ser observados para a realização das aulas práticas, de modo a minimizar os riscos de acidentes. Há a necessidade de que os alunos complementem essas regras e se inteirem das operações de emergência em caso de acidente, junto a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

3.1.1 Laboratório

O Laboratório de Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologias de São Paulo apresenta um grande volume de conteúdo puramente químico, ou seja, envolvendo conceitos e/ou procedimentos químicos. Portanto, torna-se fundamental respeitar as regras de segurança.

Este é equipado com fotos que facilitam a localização rápida em sua parte interna. Nestas fotos é possível localizar os equipamentos de segurança, tais como, chuveiro e lava olhos, a descrição de rótulos, regras de segurança e de manipulação para reagentes químicos, e a localização da capela e destilador. Os alunos são orientados para que leiam os manuais de Segurança e de Coleta de Resíduos antes de entrarem no laboratório.

Desta forma é facilitada a locomoção tanto para realização das experiências, como para rápida movimentação em casos de acidentes.

3.1.2 Antes da Aula Prática

É necessário que os alunos estudem os conceitos teóricos envolvidos, e que leiam o roteiro da aula e tirem todas as dúvidas antes de começar as experiências. O aluno deve obter as propriedades químicas, físicas e toxicológicas dos reagentes a serem utilizados, e a forma de prevenir e contornar os possíveis acidentes causados por eles. Maiores detalhes a respeito de reagentes químicos podem ser encontrados no Guia escrito por Moita (1995). Geralmente, essas instruções são encontradas no próprio rótulo do reagente ou no catálogo do fabricante (por exemplo, *Merck Index*). É importante localizar as saídas do laboratório, extintores de incêndio, chuveiro, lava-olhos, armário de pronto-socorro, o telefone mais próximo, e ter anotados os telefones do bombeiro e do pronto socorro.

3.1.3 Durante a Aula Prática

Laboratório é um local de trabalho sério; onde, brincadeiras devem ser evitadas, principalmente, aquelas que dispersem tanto sua atenção, quanto de seus colegas. Deve-se trabalhar com calma, atenção e responsabilidade, ou seja, ser metódico. Estar sempre atento e respeitar as principais regras de segurança são itens fundamentais. O cuidado e a aplicação das medidas de segurança dentro de um laboratório é responsabilidade de cada indivíduo; cada um deve precaver-se contra perigos devido a seu próprio trabalho e ao dos outros. É importante consultar o professor sempre que houver dúvidas ou ocorrer algo inesperado ou anormal. Para maior segurança, deve-se usar avental de algodão, com comprimento na altura dos joelhos e, de preferência, de mangas longas. Não deve-se fumar, comer ou beber dentro do laboratório. Fazer apenas a experiência prevista; qualquer atividade extra não deve ser realizada sem a prévia consulta ao professor. Não cheirar, tocar ou provar qualquer reagente. É importante lembrar que a contaminação ocorre por inalação e/ou ingestão e/ou absorção pela pele na maioria dos casos. Nunca deixar o bico de *Bunsen* aceso quando não estiver usando. Não usar substâncias inflamáveis próximas a chama. Trabalhar com cuidado com substâncias tóxicas e corrosivas, como ácidos, álcalis e solventes. Todo material tóxico e/ou que exale vapor deve ser usado na capela. Antes de usar algum tipo de reagente deve-se ler com atenção o rótulo do frasco de reagente para certificar-se que é o frasco certo. Todo frasco contendo reagentes, amostras e soluções devem ser devidamente etiquetados (identificação do material, do responsável e data) para que outras pessoas possam saber o histórico daquele reagente. Não contaminar os reagentes, voltando o reagente não utilizado ao frasco original ou usando espátulas e pipetas sujas ou molhadas. Reagentes incompatíveis devem ser armazenados afastados para que não ocorra, em caso de um acidente, reações perigosas. Experimentos em andamento devem apresentar anotações indicando o procedimento em caso de acidente para que providências cabíveis possam ser tomadas imediatamente após o acidente. Não utilizar material de vidro quebrado, rachado ou com defeito, principalmente, para aquecimento ou em sistemas com vácuo. Não deixar a vidraria ou qualquer equipamento quente sobre a bancada sem o devido aviso. Enxugar e lavar qualquer local onde cair reagente. O laboratório deve estar sempre limpo e arrumado, corredores e saídas desobstruídos, chão e bancadas secas. Nunca deve-se jogar papéis, fósforo ou qualquer sólido na pia. Reagentes não tratados ou insolúveis não devem ser jogados na pia. Solventes clorados e não clorados devem ser armazenados em frascos separados. As mangueiras e conexões em geral são causas freqüentes de acidentes. Estas devem ser verificadas constantemente para prevenir vazamentos.

3.2 Estrutura do Curso

Este curso é totalmente aplicado em laboratório e tendo carga horária de 4 horas por semana, num total de 72 horas por semestre, resultando em 18 semanas de aulas. Porém, a não administração do tempo de aula bem explorada haverá necessidade de que os alunos fiquem após o horário de aula para o término da experiência do dia. A disciplina é realizada em laboratório recém equipado com equipamentos novos de forma a proporcionar aos alunos a experiência de manipular equipamentos modernos. Havendo apenas a necessidade de troca de reagentes entre laboratórios devido a pequena quantidade requerida para as experiências realizadas.

O curso tem como objetivo maior mostrar aos alunos que o papel de um laboratório analítico é fornecer dados qualitativos e quantitativos, a ser usados em tomada de decisão. Para que estas decisões sejam tomadas da forma mais adequada os alunos devem saber identificar a importância dos valores qualitativos e quantitativos, ou seja, dados que devem

descrever exatamente as características e as concentrações dos constituintes presentes nas amostras submetidas ao laboratório.

Necessitam saber correlacionar os dados obtidos e as definições prévias para tomadas de decisão, isto é, nas análises de águas residuárias, os dados de laboratório podem definir o tipo de estação de tratamento, o *status* das etapas no processo do tratamento, e a carga final liberada nos corpos d'água.

Devem avaliar tomadas de decisão técnicas, como, decisões quanto às mudanças de processo, modificações da planta ou mesmo na construção de uma nova unidade que podem ser baseadas nos resultados das análises do laboratório. E, também, devem avaliar tomadas de decisão no setor financeiro, onde os custos financeiros, sozinhos, já são razões significativas para o cuidado extremo na análise.

3.2 Estrutura das Aulas

As aulas são desenvolvidas no Laboratório de Química e Saneamento, com uma preleção inicial abordando os procedimentos básicos, abordagem teórica sobre os parâmetros a serem analisados e a realização do respectivo ensaio. No primeiro dia da aula do curso é feita uma apresentação do professores e colegas de salas. Tal apresentação tem como propósito verificar quais as expectativas dos alunos com relação ao curso e mapear o perfil da sala para adequar o método de ensino de acordo com a “bagagem” de conhecimento que os alunos tem. Também é exposto o conteúdo programático da disciplina, da metodologia de ensino, do critério de avaliação e da bibliografia recomendada. Tal apresentação, também, serve para os alunos terem idéia a respeito do seu professor e de seus colegas de salas criando, assim, um relacionamento de equipe.

Os alunos, após a realização dos ensaios, discutem os resultados obtidos gerando um relatório onde serão descobertas soluções e possíveis melhorias durante os ensaios.

As aulas são divididas em duas partes: os primeiros 20 minutos são utilizados para uma rápida explicação da teoria, chamada de fase de compreensão, necessária para realização da experiência do dia; o restante, 3 horas e 40 minutos, para realização da experiência.

3.3 Avaliação

Durante o curso os alunos devem entregar relatórios semanais onde serão descritas as experiências e avaliados por duas provas práticas, sendo a primeira aplicada na 10^a semana de aula e a 2^a no último dia de aula (18^a semana de aula).

As avaliações refletiram a proposta inicial onde se mostraram suficientes para avaliar a capacidade do aluno de propor ecossistemas industriais de forma bastante profissional.

3.4 Monitoração

A monitoração durante o semestre é efetuada pelo estagiário com o intuito de avaliar aspectos econômicos – tais como, gastos de insumos e produção de resíduos – e aspectos cognitivos dos alunos, tais como a atitude pró-ativa e de prevenção de poluição, pensamento sistêmico ect.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Até o momento a disciplina foi ministrada para duas turmas que atingiram a média esperada mostrando grande interesse na área. A avaliação inicial da disciplina demonstrou, também, a troca de reagentes entre laboratórios solucionou o problema da quantidade excessiva vendida de reagentes evitando a criação de estoques grandes e de difícil manipulação. Assim, parcerias com outros laboratórios permitiram, através de trocas, evitar a compra de quantidades muito pequenas de reagentes.

Especialmente a água utilizada para análise, assim com outros principais resíduos, é reciclável. Dos resíduos não recicláveis, as soluções aquosas são as mais comuns e estão em maiores quantidades; sendo assim, a construção de um sistema simples de tratamento de efluentes permitiu que estas fossem tratadas e a água recicladas.

Os resíduos sólidos produzidos foram inertizados pelo aquecimento em *mufla*, o que permitiu a fabricação de blocos que são usados para análise de lixiviação, na mesma disciplina, mas em semestre subsequente, exemplo de reuso de resíduos sólidos. O maior ganho obtido na tecnologia de ensino ambiental foi à formação dos alunos, profissionais capacitados para solucionar problemas gerando o mínimo de resíduos possível. Com um total de 18 aulas a partir da segunda aula já é possível observar atitudes pró-ativas, com por exemplo, o aluno montar sua própria experiência, prevenção de poluição, capacidade para selecionar material reciclável etc.

Desde o início notou-se atitudes que corroboram com a meta da disciplina, atitudes de conscientização ambiental: alunos interessados em trazer problemas ambientais para serem resolvidos, além de atuarem na forma de equipes auto-gerenciadas. É importante observar que a maioria das soluções, inclusive para tratamentos de resíduos, foram encontradas pelos alunos.

5. CONCLUSÃO

Estes estudos de caso demonstraram a utilização dos conceitos tecnologia de ensino de ecologia industrial em conjunto com o método de ensino de resolução de problemas (PBL) o que permite obter a conscientização ambiental e favorecer a formação do raciocínio sistêmico nos alunos.

Nota-se que há uma grande procura desta disciplina, porém esta possui número fixo de alunos, questão de espaço em laboratório e manuseio de equipamentos, o que demonstra que o método de ensino desta é favorável. Mesmo que para matricular-se neste curso não haja necessidade de pré-requisitos específicos, as turmas possuem experiências de caráter prático de forma a aplicá-las durante as aulas enriquecendo-as com fatos reais.

Torna-se relevante observar que este estudo também indicou que, mesmo sem a existência de um produtor primário, é possível ter ecossistemas industriais na hora da obtenção da matéria-prima e também emissão zero, desde que os co-produtos originários em uma turma sejam utilizados no semestre posterior.

Agradecimentos

À Prof^ª Dra. Maria Lúcia Pereira da Silva pelas informações sobre o seu método de ensino.

Ao Laboratório de Química e Saneamento Ambiental da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, Roberto, NUVOLARI, Ariovaldo. **O caminho do esgoto: da coleta ao tratamento.** (no prelo) 2000.
- AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Manual de saneamento de cidades e edificações.** São Paulo: PINI, 229p. 1991.
- **Coleta de Resíduos Líquidos de Laboratório**, disponível em <http://www.cga.ufsc.br>
- JELIWISKY, L. W. et al, *Industrial Ecology: Concepts and Approches*, AT&T Bell Laboratories, Meuray Hill, National Academy of Science, Washington, DC, 1991.
- **Manual e Regras Básicas de Segurança para Laboratórios**, Universidade Federal de Santa Catarina, Coordenadoria de Gestão Ambiental – GR, Florianópolis, 1998.
- MESSIAS, T. C., Cardoso, C. O., Silva, M. L. P. **Ensino da Ecologia Industrial por “PBL” em um Laboratório de Ensino Superior. Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo.** Anais do 7º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica. ISSN 1518-9082. BT/19. São Paulo, pág. 23. Outubro de 2005.
- MOITA NETO, J. M. e Moita, G. Ciaramella. **Guia do Estudante de Química**, All Chemy, - Série Beta, 1995.
- **Página da Faculdade de Tecnologia de São Paulo**, disponível em <http://www.fatecsp.br>. Curso de Introdução a Hidráulica e Saneamento Ambiental.
- REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil.** São Paulo: Escrituras. 717p. 1999
- Secretaria Nacional de Saneamento. Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do IBAM (Inst. Bras. de Adm. Municipais) **O que é preciso saber sobre limpeza urbana.** Ministério da Ação Social - 1991
- VILLELA, S. M. e MATOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: MacGraw Hill, 1973.

EDUCATION'S TECHNOLOGY TO SUPERIOR LEVEL OF CONCEPT BY "PBL" FOR INDUSTRIAL ECOLOGY

Abstract: *This paper is focused on the verification of teaching's understanding obtained during the Sanitation's Laboratory Course given by Industrial Ecology teaching methodology by using an important tool, "teaching by problem's resolution (PBL)". This paper intends to understand the importance of phenomenons, concepts and techniques related to physico-chemical and biological analysis in water such as: color, hardness, conduction, pH, chlorine, residue solids, dissolved oxygen, consumed oxygen, iron, DBO, DQO, oil etc. This work also evaluates the understanding's retention obtained by two practice tests which, to be solved, need theoretical concept given dynamically since the beginning of the course.*

Key-words: *Industrial Ecology, teaching by problem's resolution (PBL), sanitation environmental.*