

Abordagem construtivista integrando o ensino, a pesquisa e a aplicação à realidade: o caso da pós-graduação em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba

Constructivist approach integrating teaching, research and application to reality: the case of the graduate program in Environmental Sciences of UNESP Sorocaba

Enfoque constructivista integrando enseñanza, investigación y aplicación a la realidad: el caso de postgrado en Ciencias Ambientales de UNESP Sorocaba

Adriano Bressane, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), *campus* de Sorocaba. E-mail: adrianobressane@ymail.com.

Gerson Araujo de Medeiros, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e professor assistente doutor da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Sorocaba. E-mail: gerson@sorocaba.unesp.br.

Admilson Irio Ribeiro, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e professor assistente doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), *campus* de Sorocaba. E-mail: admilson@sorocaba.unesp.br.

Afonso Peche Filho, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e pesquisador científico nível VI do Instituto Agronômico de Campinas. E-mail: afonsopeche@gmail.com.

Resumo

A integração entre o ensino e a pesquisa e a posterior divulgação dos resultados junto à sociedade, no contexto da pós-graduação, são um desafio que emerge do desenvolvimento de abordagens pedagógicas de caráter interdisciplinar. O objetivo deste trabalho é o de apresentar uma experiência pedagógica construtivista desenvolvida a partir de estudos de caso, envolvendo disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Unesp, em Sorocaba, São Paulo. Essa experiência, realizada nos anos de 2013 e 2014, teve como desdobramentos as discussões sobre como abordar os estudos de caso, o levantamento de dados primários, a elaboração de referencial bibliográfico, a comunicação e a discussão com a comunidade e o encaminhamento de soluções para o poder público, contribuindo para a formação dos alunos e o seu engajamento com os problemas ambientais regionais.

Palavras-chave: Problematização. Interdisciplinaridade. Ciências Ambientais.

Abstract

The integration of teaching and researching and the later dissemination of results to society, in the graduate context, are challenges that emerge from the development of pedagogical approaches with an interdisciplinary character. The aim of this paper is to present a constructivist pedagogical experience, developed from case studies and involving the disciplines of the Graduate Program in Environmental Sciences at UNESP, in the city of Sorocaba, Brazil. This experience, carried out from 2013 to 2014, consisted of the development of discussions on how to approach the case studies, the collection of primary data, the preparation of bibliographic references, the communication and discussion with the community, and the forwarding of solutions to the government, thereby contributing to the formation of students and their engagement with regional environmental problems.

Keywords: Problematization. Interdisciplinarity. Environmental Sciences.

Resumen

La integración entre la enseñanza y la investigación y la posterior difusión de los resultados con la sociedad, en el contexto del postgrado, son un desafío que emerge del desarrollo de enfoques pedagógicos de carácter interdisciplinario. El objetivo de este trabajo es presentar una experiencia pedagógica constructivista desarrollada a partir de estudios de caso, involucrando las disciplinas del Programa de Posgrado en Ciencias Ambientales de la UNESP, en la ciudad de Sorocaba, São Paulo, Brasil. Esa experiencia, llevada a cabo entre 2013 y 2014, tuvo como evolución los debates sobre cómo abordar los estudios de caso, la recolección de datos primarios, la preparación de las referencias bibliográficas, la comunicación y el diálogo con la comunidad y encaminamiento de soluciones al poder público, contribuyendo a la formación de los estudiantes y su compromiso con los problemas ambientales de la región.

Palabras clave: Problematización. Interdisciplinariedad. Ciencias Ambientales.

Introdução

A indissociabilidade entre o ensino e a pesquisa e sua aplicação à realidade, por meio da divulgação dos resultados para a sociedade, constitui um princípio constitucional e uma abordagem imprescindível para uma formação crítica e humanística (ARROYO; ROCHA, 2010; MOITA; ANDRADE, 2009). Entretanto, essa abordagem ainda representa um dos maiores desafios das universidades brasileiras (SILVA, 2011).

Nesse contexto, a abordagem construtivista pode representar uma alternativa, como estratégia pedagógica, para aproximar a universidade e a sociedade, favorecendo a população, ao mesmo tempo em que contribui para a construção do conhecimento e a formação profissional (MARTINS et al., 2012; ROTGANS; SCHMIDT, 2011; PINHO et al., 2010).

A problematização, como alternativa ao modelo tradicional de ensino caracterizado pela fragmentação do conhecimento, pode favorecer a transformação da teoria e do conhecimento universitário em soluções práticas para os problemas reais do cotidiano social (GARUTTI; SANTOS, 2004; MARION, 2001; JAPIASSU, 1976).

O modelo tradicional de ensino, centralizado no professor e constituído de disciplinas dissociadas, pode implicar a memorização de informações e a assimilação de conteúdos desconexos, que comprometem o processo educativo e a atuação profissional (MACHADO, 2012; GERALDES; ROGGERO, 2011; TEÓFILO; DIAS, 2009; FREIRE, 1978).

Como alternativa, o modelo construtivista se apoia na concepção de uma educação problematizadora, por meio da qual se fomentam a avaliação da realidade e a respectiva atuação (ação-reflexão) na busca por soluções (PINHO et al., 2010; CÓRIA-SABINI, 2003). Dessa forma, a abordagem construtivista do conhecimento não favorece apenas o aluno em sua formação e o desempenho acadêmico decorrente da práxis, mas também contribui para a sociedade ao engajá-lo no enfrentamento e na resolução de problemas reais (MARTINS et al., 2012; KUENZER, 1985). Esse aspecto é de particular interesse quando considerada a área de ciências ambientais, devido a sua característica interdisciplinar, associada ao forte caráter social vinculado às questões ambientais contemporâneas.

Para isso, a problematização integra um grupo de metodologias construtivistas baseadas na Aprendizagem por Descoberta (*Discovery Learning*), que também inclui a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning*) e a Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning*), entre outras (PRINCE; FELDER, 2006).

Assim, a aplicação desses métodos no ensino superior tem sido desenvolvida em uma ampla variedade de disciplinas, como na Engenharia (KIRKMAN et al., 2004), na Geografia (SPRONKEN-SMITH et al., 2008), na Física (ABELL, 2005), na Química (BALL et al., 2004) e na Medicina (HOULDEN et al., 2004), entre outras.

Nas Ciências Ambientais, por meio da problematização, o construtivismo pode assumir relevância ainda maior ao impulsionar a extensão universitária e a interdisciplinaridade, ações necessárias à compreensão da realidade e à resolução de questões que requerem a cooperação entre várias disciplinas (MALHEIROS et al., 2013; PHILIP JUNIOR et al., 2013). Além disso, o interesse da sociedade pelas questões ambientais, especialmente quando problemas regionais são tratados, estudados, transmitidos e discutidos com a população, torna a abordagem construtivista uma ferramenta de formação e de engajamento do estudante de pós-graduação no contexto regional, tornando-o também um agente social de transformação.

Logo, o objetivo deste trabalho é o de apresentar uma experiência de integração entre ensino, pesquisa e aplicação à realidade, por meio da difusão dos resultados para a sociedade, e o encaminhamento das soluções aos executores e tomadores de decisão para sua prática. Essa experiência foi desenvolvida em 2013 e 2014, envolvendo professores e alunos das disciplinas Gestão Ambiental e Recuperação de Áreas Degradadas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PGCA) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), *campus* de Sorocaba/SP.

Metodologias construtivistas: uma breve revisão

Como mencionado anteriormente, a problematização faz parte de um grupo de metodologias construtivistas. Nesse contexto, a Aprendizagem por Descoberta (*Discovery Learning*) abrange um conjunto de estratégias, entre as quais estão a problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004).

No entanto, embora tais metodologias tenham em comum a ênfase na participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, existem aspectos que as diferenciam e que buscaremos ilustrar citando algumas experiências de aplicação no Brasil e no exterior.

Apesar de ser observado o uso equivocado dos termos “problematização” e “Aprendizagem Baseada em Problemas” (*Problem-Based Learning* – PBL) para fazer referência a uma mesma proposta, trata-se de estratégias pedagógicas distintas (BERBEL, 1998). A problematização, desenvolvida na experiência relatada neste estudo, consiste em uma estratégia dedicada ao ensino de determinados temas de uma ou mais disciplinas, predeterminados no seu conteúdo programático. Para isso, uma alternativa seria o método do Arco de Maguerez, sendo uma experiência de sua aplicação também relatada por Prado et al. (2012), na formação de profissionais na área de saúde.

Por sua vez, a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) trata-se de uma proposta metodológica que direciona toda a organização curricular, incluindo a concepção dos conteúdos programáticos e planos de ensino de modo integrado.

No caso da problematização, as questões são formuladas pelos alunos a partir da observação da realidade, diferentemente de como ocorre na PBL, em que os problemas são pré-elaborados por uma comissão e posteriormente apresentados aos alunos. Nesse sentido, a problematização é uma alternativa adotada pelo professor responsável pela disciplina; enquanto a PBL é uma opção compartilhada por todo o corpo acadêmico, docente e administrativo envolvido no curso.

Na literatura internacional podem ser encontradas experiências de aplicação do método PBL nas áreas de Medicina (BARROWS, 1996), Contabilidade (HANSEN, 2006) e Engenharia (HADGRAFT; HOLECEK, 1995). No Brasil, outros exemplos são descritos por Soares (2008) e por Ribeiro e Mizukami (2005), para cursos de Ciências Contábeis e de Educação em Engenharia, respectivamente.

Uma abordagem semelhante é a Aprendizagem Baseada em Projeto (*Project-Based Learning*). Nesse caso, há uma ênfase no desenvolvimento de projetos como ferramentas de ensino-aprendizagem (MITCHELL et al., 2009; BARRON, 1998; BLUMENFELD, 1991). O uso de projetos com essa finalidade pode variar, indo de uma abordagem disciplinar (ou multidisciplinar), tal como ocorre na

problematização, à orientação de todo o currículo do curso, como acontece na Aprendizagem Baseada em Problemas, discutida anteriormente. Para tanto, os alunos são organizados em grupos aos quais é proposto o desenvolvimento de um projeto formulado pelo professor. Nesses grupos, os alunos podem assumir o papel de peritos que trabalham em conjunto para atingir os objetivos do projeto, sob a supervisão dos professores, que atuam como instrutores.

Uma maior flexibilidade e autonomia na estratégia pedagógica, assim como a participação ativa dos alunos desde a formulação dos problemas, foram as principais vantagens que motivaram a escolha do método de problematização para o desenvolvimento da experiência relatada neste trabalho.

Materiais e métodos

A abordagem construtivista empregada neste estudo foi baseada na problematização, que envolveu um conjunto de ações relacionadas ao desenvolvimento da situação-problema, à determinação dos conhecimentos necessários, à pesquisa, à análise, à síntese, à comunicação, à avaliação e à construção do saber (JUSTICE et al., 2002).

Para isso, o desenvolvimento da problematização como estratégia pedagógica integrada à realidade, associando o ensino, a pesquisa e a aplicação à realidade, por intermédio da difusão e da discussão do conhecimento gerado em eventos junto à comunidade, apoiou-se no método do Arco de Magueréz. Por meio desse método foram desenvolvidas cinco etapas principais:

- observação da realidade, mediante a qual ocorre a formulação do problema pelos alunos sob a supervisão dos professores;
- reflexão sobre as causas do problema, com foco na identificação dos aspectos essenciais a serem estudados para a sua compreensão e solução (pontos-chave);
- teorização, estudo mediante a pesquisa, a coleta e a análise de dados e informações relacionados aos pontos essenciais e diversas fontes e meios de acesso;

- desenvolvimento de propostas para resolver o problema a partir do conhecimento adquirido na teorização (hipóteses de solução); e
- aplicação à realidade, o que transcende o exercício intelectual, abrangendo a divulgação e a discussão com a comunidade envolvida, e o encaminhamento das soluções aos executores e tomadores de decisão para sua prática.

Essas etapas foram executadas de forma interdisciplinar, envolvendo disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Unesp, principalmente os componentes curriculares relacionados às disciplinas de Gestão Ambiental (GA) e Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), organizadas em duas fases principais: uma prévia e outra executiva.

A fase prévia envolveu as ações de planejamento, como o estudo, pelo corpo docente, da possibilidade de uma abordagem interdisciplinar e a identificação de atividades conjuntas. Esse planejamento foi desenvolvido tendo como base o estudo dos conteúdos programáticos, quando se buscou definir áreas que pudessem constituir um objeto de estudo comum.

Para o estudo sobre a possibilidade de uma abordagem interdisciplinar entre disciplinas do programa, foram realizadas reuniões de professores, nas quais se constatarem alternativas em dois níveis de interação: (1) abordagem integrada, por meio de aulas conjuntas, com a participação de todos os professores na regência do conteúdo das disciplinas envolvidas; e (2) abordagem cooperativa: por intermédio de aulas disjuntas, porém com algumas atividades e objetos de estudo em comum. Assim, ficou estabelecido que as disciplinas de GA e RAD fossem desenvolvidas por meio da abordagem integrada e que ambas ainda buscassem a interdisciplinaridade com as demais disciplinas a partir da abordagem cooperativa.

Nesse viés, no ano de 2013, foram definidas duas propostas de trabalho no contexto da abordagem integrada, articuladas entre os professores das disciplinas GA e RAD. A primeira era relacionada à

gestão de recursos hídricos, por meio de um diagnóstico ambiental da bacia do rio Jundiá-Mirim; a segunda teve como objetivo a proposição de um plano de recuperação para uma área degradada pela atividade de mineração, situada na mesma bacia.

Uma terceira proposta, desenvolvida no contexto de uma abordagem cooperativa, era relacionada à análise das causas da degradação na Represa de Itupararanga, na cidade de Votorantim, inserida na região de Sorocaba. Essa proposta integrou as disciplinas Gestão Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas, Limnologia (LIM), Processamento Digital de Imagens (PDI) e Lógica Fuzzy (LFU). Em 2014, não foi possível realizar o estudo na represa de Itupararanga, pois o período de seca severa na região impossibilitou o uso de barco para a coleta de informações. Nesse ano, realizaram-se novamente estudos na bacia do rio Jundiá-Mirim e na área degradada por mineração em Jundiá/SP, integrando as disciplinas GA e RAD.

Encerrando a fase de planejamento, as propostas foram apresentadas pelos docentes aos alunos do programa em um seminário pré-matrícula, visando subsidiar a escolha das disciplinas que cursariam, bem como orientar a preferência da inscrição em ambas as disciplinas (GA e RA), para otimizar a interdisciplinaridade pretendida.

A fase executiva envolveu as ações de implantação da proposta, como a preparação dos alunos, a apresentação do conteúdo programático, a definição de estudos de caso, a proposição e a programação das ações, o desenvolvimento das atividades, o relato e o encaminhamento dos resultados (soluções).

Com o início do período letivo, a primeira aula das disciplinas GA e RAD foi destinada à preparação dos alunos, esclarecendo-os sobre os propósitos da abordagem construtivista, sobretudo quanto à postura que seria adotada pelos professores e o que se esperava como conduta dos discentes no contexto da metodologia de problematização.

Uma característica do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, devido ao seu aspecto interdisciplinar, é a heterogeneidade

de formação dos discentes. Em 2013, 14 alunos cursaram as disciplinas GA e RAD, sendo quatro engenheiros ambientais (29% do total), três biólogos (22% do total), dois engenheiros agrônomos (14% do total), dois administradores de empresas (14% do total), um biotecnólogo (7% do total), um matemático (7% do total) e um cientista ambiental (7% do total). Já em 2014, 19 alunos se matricularam em GA e RAD, predominando biólogos, com sete discentes (37% do total), seguidos de três químicos (16% do total), três administradores de empresas (16% do total), dois gestores ambientais (11% do total), um engenheiro ambiental (5% do total), um engenheiro de pesca (5% do total), um biotecnólogo (5% do total) e um enfermeiro (5% do total).

Tal heterogeneidade levou à necessidade de se organizar uma série de seminários nas disciplinas GA e RAD, nos quais cada aluno fez uma apresentação de aproximadamente 30 minutos sobre a sua área de pesquisa. Esses seminários permitiram que se avaliassem as vocações individuais e a potencialidade de trabalho coletivo da turma de discentes. Acrescente-se aí o papel de capacitação coletiva dessa atividade, pois diferentes visões e abordagens sobre as questões ambientais puderam ser discutidas. Um exemplo dos desdobramentos dessa capacitação coletiva foi a apresentação sobre macroinvertebrados bentônicos e sua relação com a degradação ambiental dos recursos hídricos, a qual, posteriormente, gerou uma proposta de trabalho voltado para a bacia do rio Jundiá-Mirim e para a represa de Itupararanga.

Os seminários foram iniciados após a apresentação do conteúdo programático de ambas as disciplinas, quando se promoveu uma discussão buscando a aproximação desse conteúdo com a realidade das áreas objeto de estudo.

Para isso, foram demandadas visitas técnicas de campo, em um total de seis, tanto em 2013 quanto em 2014. A primeira visita serviu para conhecimento da realidade da bacia do rio Jundiá-Mirim, desde as suas cabeceiras, em Jarinu e Campo Limpo Paulista, até a sua foz, no reservatório de abastecimento de Jundiá. Essa visita foi uma das mais importantes, pois permitiu aos alunos a identificação dos

problemas *in loco*; fomentou a discussão entre discentes e professores e o entendimento, por eles, das abordagens de investigação a serem desenvolvidas na bacia hidrográfica, balizando a escolha das metodologias a serem utilizadas.

Baseados nas discussões promovidas durante as aulas presenciais, realizaram-se, nas duas visitas posteriores, as coletas de campo e a análise de paisagem (FRANÇA et al., 2014).

As três últimas visitas foram dedicadas ao diagnóstico para a elaboração do plano de recuperação de uma área de mineração degradada, sendo a primeira delas direcionada ao entendimento dos processos de degradação e à identificação dos problemas. As demais foram dedicadas ao levantamento e à discussão dos métodos em campo.

Assim, as propostas de análises foram planejadas com base em um cronograma para o desenvolvimento das atividades, o qual foi executado ao longo do semestre letivo. Deve-se ressaltar que as propostas de análises foram delineadas coletivamente, durante as aulas presenciais, tendo como base as vocações, as capacidades e o entendimento coletivo dos participantes das disciplinas. Nesse contexto, naturalmente, desenvolveram-se lideranças firmadas na formação e na linha de pesquisa à qual cada estudante estava vinculado, valorizando-se, dessa forma, o caráter multidisciplinar dos envolvidos.

Nas atividades desenvolvidas durante a proposta de abordagem cooperativa relacionada ao diagnóstico ambiental da represa de Itupararanga, realizou-se um levantamento. Para tanto, usou-se um barco para navegar no reservatório e coletar parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água; também foram recolhidas amostras de solo das margens do reservatório, e feito o registro fotográfico da ocupação do entorno para posterior análise de imagens. Essa atividade envolveu diretamente os alunos das seguintes disciplinas: Gestão Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas, Limnologia e Processamento Digital de Imagens. Posteriormente, as informações coletadas foram também analisadas na disciplina Lógica Fuzzy.

Finalmente, os resultados alcançados foram divulgados de diferentes maneiras. Em 2013, no início do desenvolvimento dessa abordagem metodológica, a divulgação foi realizada na forma de artigos elaborados pelos alunos em grupos de duas a quatro pessoas. Esses artigos, que integraram um livro de memórias (RIBEIRO; MEDEIROS, 2013) disponibilizado para consulta, foram apresentados na forma de pôster em eventos que contaram com a participação de representantes do poder público, visando ao encaminhamento das soluções construídas.

No ano de 2014, além da elaboração do livro de memórias (RIBEIRO; MEDEIROS, 2014), realizou-se um evento de caráter extensionista, com membros da comunidade do município de Jundiaí, quando se apresentaram e se discutiram os resultados da avaliação dos recursos hídricos da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

Resultados e discussão

Observação da realidade e formulação dos problemas de estudo

Como resultado da etapa de observação da realidade, obteve-se uma caracterização preliminar das áreas objeto de estudo (Figura 1). Dessa forma, além de informações de base que compõem seu diagnóstico ambiental, foram identificados aspectos críticos e a respectiva formulação dos problemas.

Por meio do levantamento de dados disponíveis, da identificação das fontes de consulta e dos meios de acesso, essa atividade contribuiu para o desenvolvimento dos alunos, que exercitaram a integração de conhecimentos, o senso crítico e as habilidades de pesquisa, elementos fundamentais para sua atuação profissional, além de um engajamento no que se refere à realidade regional.

Entre as áreas de estudo selecionadas para o desenvolvimento da abordagem cooperativa, está a represa de Itupararanga, situada na bacia do Alto Sorocaba, região com grande proporção de remanescentes



Fonte: Acervo pessoal de Gerson Araujo de Medeiros.

Figura 1. Visita de observação da realidade na bacia do rio Jundiaí-Mirim

Com expressivo volume de água, a represa abastece cerca de 1 milhão de pessoas, ou aproximadamente 63% da população do entorno da bacia (CONCEIÇÃO; SARDINHA; NAVARRO, 2011). Entretanto, essa represa está inserida na região que tem apresentado o menor índice de redução de carga poluidora no estado de São Paulo nos últimos anos e é a terceira em quantidade de áreas contaminadas (IPT, 2008).

Por sua vez, a bacia do Rio Jundiaí-Mirim, selecionada para o desenvolvimento da abordagem integrada, situa-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, abrangendo uma área de 11.750 hectares distribuídos em três municípios paulistas: Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista (SSRH, 2012).

Trata-se, portanto, de uma área estratégica, principalmente por fornecer quase a totalidade da água consumida no município Jundiaí/SP. Entretanto, a pressão exercida pela expansão urbana tem provocado o surgimento e o agravamento de problemas ambientais

que poderão comprometer esse abastecimento (FENGLER et al., 2015). Com base no conhecimento sobre as áreas, alunos e docentes responsáveis pelas disciplinas formularam os seguintes problemas que nortearam o desenvolvimento dos conteúdos programáticos das disciplinas envolvidas: (a) como desenvolver um diagnóstico do cenário atual da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim que possa subsidiar as tomadas de decisão necessárias à gestão sustentável do seu território? (b) como recuperar uma área degradada por mineração situada na bacia de modo que possa voltar a desempenhar funções ambientais de acordo com o uso futuro pretendido? (c) que fatores podem estar comprometendo a capacidade da represa de Itupararanga de proporcionar o abastecimento hídrico para fins de consumo pela população da bacia do Alto Sorocaba? (d) como comunicar os resultados levantados e promover sua discussão com a comunidade envolvida? Tais questões foram tratadas de forma sequencial durante o segundo semestre letivo de 2013 e de 2014.

No final de agosto do ano de 2013, iniciaram-se os estudos com base na abordagem cooperativa relacionada ao diagnóstico da represa de Itupararanga. Nesse mesmo ano, a partir do início de setembro, realizaram-se as discussões e os trabalhos referentes à abordagem integradora, por meio dos levantamentos na bacia do rio Jundiaí-Mirim. Já no mês de outubro, tiveram início, no Instituto Agrônomo, em Jundiaí/SP, as discussões e os levantamentos da área degradada por mineração. Finalmente, em novembro de 2013, o quarto problema foi trabalhado, por meio da organização de um evento e de uma mostra dos trabalhos desenvolvidos ao longo do semestre.

Em setembro de 2014, foi trabalhada, exclusivamente, a abordagem integradora das disciplinas, por meio das propostas relacionadas ao diagnóstico da bacia do rio Jundiaí-Mirim, e, em outubro, o plano de recuperação da área degradada. Em novembro do mesmo ano, houve a comunicação dos resultados do diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Jundiaí-Mirim para a população de Jundiaí por meio de evento também realizado no Instituto Agrônomo.

Portanto, além de contribuir para formação dos alunos, o desenvolvimento dessa etapa da estratégia construtivista colaborou para a identificação e o enfrentamento de problemas socioambientais relevantes nas áreas estudadas, tornando-se uma experiência de associação entre o ensino e a pesquisa, com o comprometimento de divulgação dos resultados e de discussão com a comunidade envolvida nas regiões de Sorocaba e Jundiaí, área de abrangência do PGCA.

Identificação de pontos-chave e teorização para análise dos problemas

Na etapa seguinte, nas disciplinas de GA e RAD, foram formados grupos de trabalho (GT) multidisciplinares, compostos por alunos com diferentes formações acadêmicas, para reflexão sobre as possíveis associações entre suas áreas de pesquisa, teses e dissertações, com pontos essenciais para a compreensão e a solução dos problemas formulados. Desse modo, apesar de as abordagens de investigação biológicas serem lideradas por biólogos, houve a participação de alunos de outras formações, como administradores e engenheiros. No caso de levantamentos envolvendo amostragens de parâmetros químicos da água, a liderança natural era exercida pelos discentes com formação afim, como biotecnólogos e químicos, todavia, pela heterogeneidade de formações dos grupos, promoveu-se também o entendimento de outros profissionais, incluindo engenheiros, enfermeiros e gestores ambientais, em um trabalho de pesquisa colaborativo.

Finalmente, cada GT apresentou uma proposta de como poderia colaborar na pesquisa, mediante a coleta e a análise de dados relacionados aos pontos-chave (teorização), resultando no planejamento de ações a serem executadas, tais como: levantamento da legislação aplicável; levantamento e análise de imagens e dados cartográficos; levantamento e análise de dados documentais; procedimentos de análise de parâmetros de qualidade da água; procedimentos de análise de parâmetros de qualidade do solo; procedimentos de análise dos fragmentos florestais.

Desenvolvimento das propostas: ações de apoio para as hipóteses de solução

Para apoiar as hipóteses de solução, as ações propostas na etapa anterior foram executadas. Nesse sentido, tais ações podem ser organizadas em dois conjuntos principais: (1) análises em campo, *in situ*; e (2) levantamento de dados para tratamento e análise, *ex situ*.

Entre os trabalhos *in situ*, destaca-se análise da paisagem, que constitui um diagnóstico ambiental expedito, baseado na percepção visual dos alunos que atuaram em campo como observadores avaliando parâmetros de qualidade ambiental, como severidade, magnitude e importância de impactos identificados nos meios físico, antrópico e biológico (FRANÇA et al., 2014).

No conjunto das análises *ex situ*, foi realizada a coleta de diversos parâmetros, como dimensionamento de estruturas hidráulicas, vazão, cor, turbidez, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total, clorofila, pesticidas, metais, cloretos, microinvertebrados, coliformes totais e fecais, fertilidade do solo, granulometria, impedância mecânica, perfilometria, porosidade e velocidade de infiltração, entre outros.

Esse expressivo número de parâmetros proporcionou aos alunos contato direto com diversos procedimentos com os quais muitos não estavam familiarizados, aproximando-os da realidade profissional. Entre os referidos parâmetros, alguns ainda precisaram ser tratados em laboratório para que pudessem ser interpretados, o que constituiu uma outra prática que contribuiu expressivamente com o desenvolvimento de habilidades e competências. Parte dos levantamentos resultou em artigos relacionados ao uso de indicadores biológicos para a avaliação do impacto da degradação dos recursos hídricos (BEGHELLI; POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2014; BEGHELLI et al., 2015), sendo uma forma de divulgação dos resultados para a comunidade acadêmica.

Como resultado final, foi gerado um diagnóstico bastante abrangente das áreas de estudo, composto de indicadores importantes

e que, portanto, representa um instrumento de gestão para o poder público. Assim, obteve-se a construção de conhecimento aplicado e benefícios para a formação acadêmica, reforçando a importância da abordagem desenvolvida quanto à associação entre ensino, pesquisa e interação com a comunidade envolvida.

O diagnóstico de 2013 subsidiou aquele realizado em 2014, quando, a partir de um conhecimento prévio da realidade da bacia do rio Jundiaí-Mirim, pôde-se aumentar o plano de amostragem e identificar outras áreas críticas.

Aplicação à realidade: comunicação à sociedade e encaminhamento de soluções

Considerando que a aplicação à realidade constitui uma etapa de caráter governamental ou que transcende a atividade e o exercício acadêmico, esta foi desenvolvida mediante o encaminhamento dos resultados alcançados como subsídios para os tomadores de decisão, gestores e profissionais que atuam na execução das soluções propostas.

Para isso, em 2013, foram realizados eventos, como o III Encontro de Gestão de Impactos Ambientais na Agricultura e o *workshop* Integração de Saberes Ambientais, nos quais os alunos apresentaram os resultados por meio de *banners* e seminários para a comunidade e representantes do poder público. Para ampliar a divulgação desses resultados, ainda foi publicado um livro de memórias (RIBEIRO; MEDEIROS, 2013).

No ano de 2014, o IV Encontro de Gestão de Impactos Ambientais na Agricultura, realizado no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), em Jundiaí, promoveu uma dinâmica de discussões intitulada “A bacia hidrográfica como matriz da gestão de impactos ambientais na agricultura” (Figura 2). Nessa dinâmica, foram apresentados para a comunidade de Jundiaí e com ela discutidos os resultados dos levantamentos realizados pelos alunos do PGCA na bacia do rio

Jundiaí-Mirim. Nesse evento, consubstanciou-se uma oportunidade de comunicar à sociedade os resultados de uma pesquisa engajada com as questões ambientais de regiões de abrangência do PGCA – no caso da bacia do rio Jundiaí-Mirim, uma região com problemas de escassez de água, tanto em qualidade como em quantidade.

Os pós-graduandos discutiram com a população os aspectos relacionados ao uso e à ocupação do solo da bacia e seus impactos sobre a qualidade da água, como a concentração de cloretos, carbono orgânico total e dissolvido, coliformes fecais, fósforo total, nitrogênio total, índice de estado trófico, sólidos totais e turbidez.



Fonte: Acervo pessoal de Gerson Araujo de Medeiros.

Figura 2. IV Encontro de Gestão de Impactos Ambientais na Agricultura, em Jundiaí/SP

A dinâmica de ocupação da bacia tem levado à mudança do uso do solo; como reflexo, configura-se um quadro de degradação da qualidade da água, quadro potencializado pela transposição do rio Atibaia.

Assim, a experiência construtivista descrita nesse estudo alcançou sua finalidade de integrar o ensino e a pesquisa, produzindo resultados que poderão apoiar decisões dos governantes, como a definição das ações necessárias, subsidiando sua efetiva aplicação

na resolução dos problemas constatados na realidade analisada. Acrescente-se a oportunidade de se levarem à sociedade os resultados de um estudo integral e interdisciplinar sobre a sustentabilidade de um sistema ecológico com desdobramentos sociais, caso da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim. Tal abordagem contribuiu para a formação dos pós-graduandos, tornando-os atores sociais no processo de discussão e de entendimento dos desdobramentos das questões ambientais da bacia.

Nesse sentido, entre as hipóteses de solução, foram apresentadas propostas para os principais pontos críticos avaliados por meio do diagnóstico para subsidiar a gestão sustentável da bacia.

Em relação ao problema dedicado à área de mineração desativada (Figura 3), para que sejam reativadas funções ambientais compatíveis com o uso futuro pretendido, os grupos de trabalho elaboraram um plano de recuperação da área degradada (PRAD), abrangendo medidas de reconstrução topográfica, correção do solo e recomposição da vegetação.



Fonte: Acervo pessoal de Gerson Araujo de Medeiros.

Figura 3. Levantamento em área degradada por mineração na bacia do rio Jundiaí-Mirim

Deve-se acrescentar que essa proposta de PRAD apresentou uma interação com a disciplina Lógica Fuzzy, consubstanciada pelo artigo de Bressane et al. (2015). Essa interação ilustra o fato de que, no contexto construtivista, a fronteira entre as abordagens integradora e cooperativa pode ser tênue, revelando o seu aspecto dinâmico.

Da mesma forma, o caráter de difusão dos resultados da experiência desenvolvida na represa de Itupararanga também foi trabalhado. Nesse contexto, abordou-se a questão relacionada à identificação dos fatores que poderiam estar comprometendo a capacidade da represa de proporcionar o abastecimento hídrico.

Para isso, mediante as observações em campo, as avaliações de qualidade da água e as análises por imagens orbitais, os grupos de trabalho comunicaram que a agropecuária e os empreendimentos imobiliários situados nas margens da represa constituem as principais causas de degradação, com destaque para: loteamentos que desconsideram critérios ambientais em sua implantação (tratamento de esgotos, manejo adequado do solo e desmatamentos); uso intensivo de irrigação; utilização indiscriminada de agrotóxicos, e falta de zoneamento territorial que discipline uso e ocupação do solo.

Considerações finais

O desenvolvimento da experiência construtivista descrita neste estudo aproximou o meio acadêmico de situações reais, por meio de atividades em que os estudantes simularam sua atuação profissional e proporcionaram resultados com benefícios diretos para a sociedade, concretizando a indissociabilidade entre ensino e pesquisa e sua aplicação à realidade.

Assim, foi promovida uma aplicação prática do conhecimento teórico proporcionado pelas diferentes disciplinas que interagiram por meio de uma abordagem integrada, interdisciplinar e cooperativa, condicionando os alunos a uma postura ativa e engajada, ao exercitar habilidades técnicas e competências comportamentais.

Nesse sentido, foi trabalhado o senso crítico sobre a aplicabilidade da pesquisa acadêmica na solução dos problemas da sociedade, fortalecendo a importância do estreitamento entre as práticas de ensino e pesquisa, com desdobramentos extensionistas.

A atuação dos alunos em casos reais, por meio de grupos, exercitou o trabalho em equipe e a comunicação interpessoal, a proatividade, a liderança e a cooperação entre os seus, assim como as práticas de campo e os ensaios laboratoriais possibilitaram aprimorar habilidades como o manuseio de equipamentos de coleta e análise dos dados.

O contato com a sociedade durante a realização dos trabalhos e com os representantes do poder público no encaminhamento das soluções proporcionou reflexões e o debate sobre questões políticas e culturais, ampliando a visão e a perspectiva dos alunos para questões que superaram a natureza técnica dos problemas enfrentados.

Além dessas vantagens, com efeitos significativos sobre a formação dos alunos, a problematização ainda se mostrou satisfatória por não demandar transformações estruturais, políticas ou curriculares. Assim, esse aspecto foi muito favorável ao desenvolvimento da problematização como estratégia pedagógica, razão pela qual pode ser considerada uma alternativa importante no contexto da pós-graduação.

Logo, acredita-se que a experiência construtivista apresentada possa contribuir com a finalidade de fortalecer o relacionamento entre o ensino e a pesquisa e a extensão universitária, o que, além de ser uma exigência constitucional para as universidades públicas, representa uma estratégia para formar profissionais e cidadãos para atender as demandas da sustentabilidade pela sociedade contemporânea.

Recebido em 26/02/2015

Aprovado em 13/04/2015

Referências

ABELL, S. University science teachers as researchers: Blurring the scholarship boundaries. **Research in Science Education**, v. 35, n. 2, p. 281-298, 2005.

ARROYO, D. M. P.; ROCHA, M. S. P. M. L. Meta-avaliação de uma extensão: estudo de caso. **Revista Avaliação**, v. 15, n. 2, p. 135-161, 2010.

BALL, D. B. et al. Research, teaching, and professional development at a comprehensive university. **Journal of Chemical Education**, v.81, p.1796-1800, 2004.

BARRON, B. Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. **Journal of the Learning Sciences**, v. 7, n. 3, p. 271-311, 1998.

BARROWS, H. S. Problem-based Learning in medicine and beyond: a brief overview . In: WILKERSON, L.; GIJSELAERS, W. H. (Eds.). **Bringing Problem-based Learning to higher education**. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1996. p. 3-12.

BEGHELLI, F. G. S. et al. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiaí-Mirim - SP - BR. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 2015. (prelo).

BEGHELLI, F. G. S.; POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. First occurrence of the exotic Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in the Jundiaí-Mirim River Basin, SP, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 402-403, 2014.

BERBEL, N. A. N. Problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998.

BLUMENFELD, P. C. et al. Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3, p. 369-398, 1991.

BRESSANE, A. et. al. Aplicação do processo analítico hierárquico na construção de um sistema fuzzy de apoio ao planejamento do uso futuro na recuperação de áreas degradadas: estudo de uma cava mineral na Serra do Japi. **Revista Geociências**, v. 34, n. 1, p. 88-102, 2015.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINA, D. S; NAVARRO, G. R. B. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual da bacia do Alto Sorocaba. **Química Nova**, v. 34, n. 4, p. 610-616, 2011.

CÓRIA-SABINI, M. A. A aplicação de teorias psicológicas ao planejamento e avaliação do processo de ensino-aprendizagem. **Revista psicopedagogia**, v. 20, n. 62, p. 162-172, 2003.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 780-788, 2004.

FENGLER, F. H. et al. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p. 402-408, 2015.

FRANÇA, L. V. G. et al. Modelagem Fuzzy Aplicada à Análise da Paisagem: Uma proposta para o diagnóstico ambiental participativo. **Fronteiras: Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 3, n. esp., p. 124-141, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

GARUTTI, E. A.; SANTOS, S. R. A interdisciplinaridade como forma de superar a fragmentação do conhecimento. **Revista de Iniciação Científica da FCC**, v. 4, n. 2, p. 187-197, 2004.

GERALDES, M. A. F.; ROGGERO, R. Educação e diversidade: demandas do capitalismo contemporâneo. **Educação e Sociedade**, v. 32, n. 115, p. 471-487, 2011.

HADGRAFT, R.; HOLECEK, D. V. Towards total quality using problem-based learning. **International Journal of Engineering Education**, v.11, n. 1, p. 8-13, 1995.

HANSEN, J. D. Using problem-based learning in accounting. **Journal of Education for Business**, Minnesota, v. 81, n. 4, p.221-224, 2006.

HOULDEN, R. L. et al. Medical students' perceptions of an undergraduate research elective. **Medical Teacher**, v. 26, n. 7, p. 659-661, 2004.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Plano de bacia dos rios Sorocaba e Médio Tietê**. São Paulo: IPT, 2008.

JAPIAUSSI, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JUSTICE, C. et al. A grammar for inquiry: Linking goals and methods in a collaboratively taught social sciences inquiry course. In: STLHE – Society for Teaching and Learning in Higher Education (Org.). **The Alan Blizzard Award Paper: The Award Winning Papers**. Windsor: McGraw-Hill Ryerson, 2002. p. 2-13.

KIRKMAN, A. G. et al. The challenge of implementing an inquiry-guided approach in a highly technical curriculum. In: LEE, V. S. (Ed.). **Teaching and learning through inquiry: a guidebook for institutions and instructors**. Raleigh: Stylus, 2004. p. 143-56.

KUENZER, A. **A Pedagogia da Fábrica: as relações de produção e a educação do trabalhador**. São Paulo: Cortez, 1985.

MACHADO, M. L. B. Formação profissional e modernização no Brasil (1930-1960): uma análise à luz das reflexões teórico-metodológicas de Lucie Tanguy. **Educação e Sociedade**, v. 33, n. 118, p. 97-114, 2012.

MARION, J. C. **O ensino da contabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTINS, J. C. A. et al. A experiência clínica simulada no ensino de enfermagem: retrospectiva histórica. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 25, n. 4, p. 619-625, 2012.

MALHEIROS, T. F. et al. Os desafios do tema sustentabilidade no ensino da pós graduação. **Revista Brasileira de Pós Graduação**, v. 10, n. 21, p. 537-552, 2013.

MITCHELL, S. et al. The negotiated project approach: Project-based learning without leaving the standards behind. **Early Childhood Education Journal**, v. 36, n. 4, p. 339-346, 2009.

MOITA, F. M. G. S. C.; ANDRADE, F. C. B. Ensino-pesquisa-extensão: um exercício de indissociabilidade na pós-graduação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 41, p. 269-393, 2009.

PHILIPPI JUNIOR, A. et al. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Pós Graduação**, v. 10, n. 21, p. 509-533, 2013.

PINHO, S. T. et al. Método situacional e sua influência no conhecimento tático processual de escolares. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 16, n. 3, p. 580-590, 2010.

PRADO, M. L. et al. Arco de Charles Maguerez: refletindo estratégias de metodologia ativa na formação de profissionais de saúde. **Escola Anna Nery**, v. 16, n.1, p. 172-177, 2012.

PRINCE, M. J.; FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006.

RIBEIRO, A.; MEDEIROS, G. A. (Orgs.). **Memórias do workshop de integração de saberes ambientais**. Sorocaba: Unesp *Campus Sorocaba*, 2013.

_____. **Memórias do II workshop de integração de saberes ambientais**. Sorocaba: Unesp *Campus Sorocaba*, 2014.

RIBEIRO, L. R. C.; MIZUKAMI, M. G. N. Problem-based learning: a student evaluation of implementation in postgraduate engineering education. **European Journal of Engineering Education**, v. 30, n.1, p. 137-149, 2005.

ROTGANS, J. I.; SCHMIDT, H. G. The role of teachers in facilitating situational interest in an active-learning classroom. **Teaching and Teacher Education**, n.1 v. 27, p. 37-42, 2011.

SILVA, R. N. Importância, desafios e perspectivas da extensão universitária. **Revista em Extensão**, v. 10, n. 2, p. 204-206, 2011.

SOARES, M. A. **Aplicação do método de ensino Problem-Based Learning (PBL) no cursode Ciências Contábeis**: um estudo empírico. 2008. 214f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis)– Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2008.

SPRONKEN-SMITH, R. et al. Where Might Sand Dunes be on Mars? Engaging Students through Inquiry based Learning in Geography. **Journal of Geography in Higher Education**, v. 32, n.1, p. 71-86, 2008.

SSRH – Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. **Guia do sistema paulista de recursos hídricos**. 2. ed. São Paulo: SSRH, 2012.

TEÓFILO, T. J. S.; DIAS, M. S. A. Concepções de docentes e discentes acerca de metodologias de ensino-aprendizagem. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 13, n. 30, p. 137-151, 2009.