



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE BACIAS URBANAS: UMA ATIVIDADE INTEGRADA

Sueli do C. Bettine – subettine@puc-campinas.edu.br

Abimael Cereda Júnior – abimael.cereda@puc-campinas.edu.br

Regina M. Longo – regina.longo@puc-campinas.edu.br

Antonio C. Demanboro – demanboro@puc-campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Ambiental.

Rodovia D. Pedro I, km 136 – Parque das Universidades.

CEP – 13089-900 – Campinas – São Paulo

***Resumo:** O curso de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas tem em seu currículo uma disciplina denominada Planejamento Ambiental cuja prática pedagógica inovadora ocorre a partir do desenvolvimento de um trabalho integrado e os resultados obtidos, desde o ano de 2007, são apresentados neste trabalho. O conteúdo programático da disciplina Planejamento Ambiental é desenvolvido de maneira a resgatar os conteúdos introduzidos pelas disciplinas presentes nos períodos anteriores do curso a partir de atividade prática de diagnóstico ambiental de uma bacia urbana, tendo como suporte a disciplina de Geoprocessamento, presente no mesmo período do curso. Tal atividade propicia aos estudantes aplicar, ampliar e integrar conhecimentos de geologia, hidrologia, biologia, química, solos, climatologia, cartografia, saneamento, transportes, sócio-economia, entre outros. Os resultados oriundos do diagnóstico ambiental da área investigada – bacia urbana - são representados através de ferramentas de Geoprocessamento, tendo por base os conceitos de escala próprios desta área do conhecimento. O resultado final da atividade é o estabelecimento de cenários para a área objeto de estudo com propostas factíveis para melhoria das condições de vida da população que ali reside.*

***Palavras-chave:** Engenharia ambiental, Atividade integrada, Bacia urbana.*

1. INTRODUÇÃO

As questões ambientais são complexas e envolvem, no seu equacionamento e na sua solução, a cooperação entre diversos atores cujos saberes advêm de diferentes disciplinas.

A engenharia ambiental é uma área do conhecimento que busca a organização e articulação dos vários conhecimentos científicos com a finalidade de planejamento do uso sustentável dos recursos (BETTINE, 2008). A eficácia da prática interdisciplinar no diagnóstico e na resolução de problemas é produto da integração de saberes, habilidades, métodos e técnicas particulares de diferentes especialidades (LEFF, 2001). Assim, é importante que se estabeleça uma prática multidisciplinar no desenvolvimento dos currículos dos cursos de engenharia ambiental.

Realização:



Organização:





A oportunidade do desenvolvimento de conteúdos de forma integrada, no curso de graduação em engenharia ambiental da PUC-Campinas, ocorre, especialmente, na disciplina Planejamento Ambiental cujo desenvolvimento se dá em conjunto com as disciplinas Geoprocessamento, Manejo de Ecossistemas Florestais, Poluição Atmosférica e Saneamento, todas oferecidas no sétimo período do curso.

Os conceitos de diagnóstico e prognóstico ambiental são aplicados em bacias urbanas com o objetivo de melhoria da qualidade de vida da população residente na área utilizando-se como arcabouço metodológico-prático os conhecimentos adquiridos em Geoprocessamento, sendo os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) o ferramental computacional que concretiza (ou permite) a integração entre diversos níveis escalares e de variáveis. Assim, amparado na definição central de um SIG, este foi adotado não somente como ferramental cartográfico síntese, mas como forma do aluno alcançar o pensar espacial.

Tal diagnóstico necessita de conceitos anteriormente introduzidos e do resgate de conhecimentos das áreas de geologia, pedologia, hidrologia, biologia, topografia, ecologia, estatística, química sanitária, física, entre outros, conhecimentos estes já adquiridos pelos estudantes do curso nos semestres anteriores, além do levantamento de dados, tratamento, análise, interpretação e proposta de soluções, envolvendo fatores físico-territoriais e socioeconômicos.

2. ATIVIDADE INTEGRADA

A primeira etapa para o desenvolvimento da atividade integrada proposta na disciplina de Planejamento Ambiental, é a escolha da unidade de planejamento ambiental, a partir de conceitos de área, escala e tempo, como por exemplo, a bacia hidrográfica como unidade de investigação dos alunos. Tal escolha é discutida pelos docentes das disciplinas de Planejamento Ambiental e de Geoprocessamento, em função das características de uso e ocupação do solo, tamanho, localização, e oportunidade de obtenção de dados.

Nos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010 foram escolhidas duas micro bacias urbanas nas quais está inserido o *Campus I* da Universidade, onde grande parte da área deste Campus drena para micro-bacia do córrego da Fazenda Santa Cândida e uma parcela significativa drena para a bacia do ribeirão das Pedras; ambas sub-bacias do Ribeirão das Anhumas, um importante afluente do Rio Atibaia, cuja bacia hidrográfica é componente da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos número 05 do estado de São Paulo. Tal escolha permitiu que os estudantes tivessem um contato mais direto e imediato com a área, uma vez que circulam por ela no seu cotidiano.

A segunda etapa da preparação da atividade integrada é elencar as atividades a serem desenvolvidas pelos alunos e o respectivo cronograma. Esta etapa considera os conteúdos que os estudantes já tiveram no curso, aqueles que deverão ser introduzidos, bem como aqueles que podem ser desenvolvidos de forma integrada através das disciplinas presentes no período.

A atividade integrada é denominada Diagnóstico Ambiental de Micro-bacia Urbana. Para seu desenvolvimento, os estudantes são organizados em equipes e cada equipe elege um coordenador, cujo papel é o de distribuir e organizar as tarefas, além de cuidar para que as mesmas sejam cumpridas dentro do prazo, relatando seu desenvolvimento à docente da disciplina de Planejamento Ambiental. A cada equipe é solicitada a elaboração de um diagnóstico das condições ambientais da bacia e o estabelecimento de cenários para a região,



de tal forma que a contribuição de cada equipe se estabeleça na forma de propostas para melhoria das condições ambientais e de qualidade de vida da população que vive na área.

O primeiro produto que os estudantes desenvolvem refere-se à delimitação da micro-bacia objeto de estudo e as condições de uso e ocupação do solo, conforme retratado nas Figuras 1a e 1b. Observa-se que tais produtos cartográficos são resultado de cartas topográficas, imagens de satélite, aerofotogrametria, do conhecimento e desenvolvimento de habilidades em Análise Espacial de dados geográficos com a utilização de ferramentas de geoprocessamento, como, por exemplo, receptores GPS de navegação e Sistemas de Informações Geográficas, bem como, de intensas campanhas de campo empreendidas pelos grupos de alunos. É possível perceber, ainda, que a qualidade e o detalhamento das informações representadas nas Figuras 1a e 1b são decorrentes da criatividade e articulação de cada grupo de trabalho, permitindo que o produto apresentado seja objeto de discussão quanto às formas corretas e mais adequadas de representação como, por exemplo, a ausência de sistema de referência e projeção da Figura 1a.

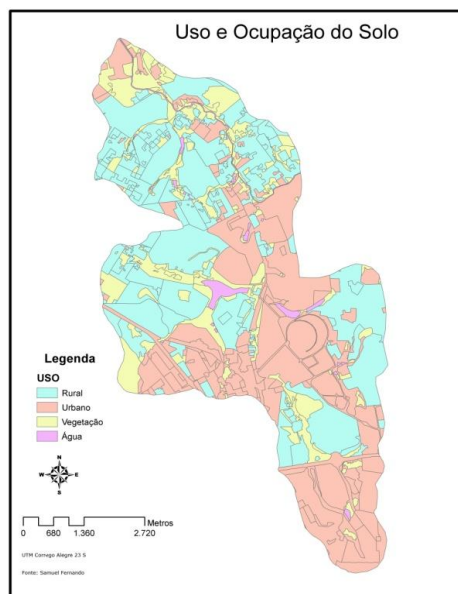
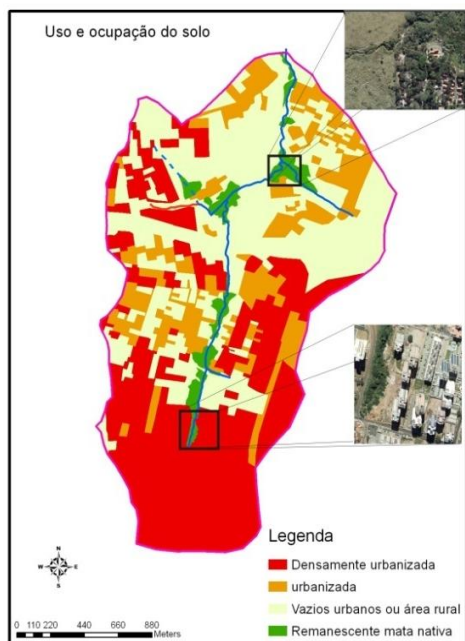


Figura 1a – Bacia do córrego Santa Cândida Figura 1b – Bacia do ribeirão das Pedras
Figura 1 – Mapas de uso e ocupação do solo nas bacias estudadas

3. A PRÁTICA MULTIDISCIPLINAR

O trabalho de Diagnóstico Ambiental da micro-bacia urbana, desenvolvido pelos estudantes, deve considerar seus componentes físico, biótico e antrópico.

No levantamento do meio físico considera-se:

- Geologia e Pedologia – caracterização e avaliação geológica da área de toda a bacia, identificação de áreas suscetíveis ao movimento de massas e ao desenvolvimento de processos erosivos; elaboração de mapa geológico e identificação dos pontos de observação



de campo em base cartográfica, registro fotográfico dos perfis do solo nas encostas escavadas dos cursos d'água, coleta de amostras de solo e realização de análise granulométrica e teor de matéria orgânica em vários pontos da bacia.

- Recursos hídricos superficiais – identificação dos tributários e das ações antrópicas de desperenização e canalização; coleta de amostras de água no curso d'água principal em vários pontos e análise das características físicas, químicas e bacteriológicas das amostras; avaliação da disponibilidade hídrica aplicando-se método de regionalização hidrológica.
- Recursos hídricos subterrâneos – avaliação da disponibilidade hídrica subterrânea em função da formação rochosa; identificação de poços rasos presentes na área e respectivas localizações georreferenciadas na bacia.
- Clima – caracterização micro climática considerando-se as temperaturas máximas, mínimas e média anual, totais pluviométricos máximos e mínimos, número médio de dias com chuva, umidade do ar e insolação.
- Uso e ocupação do solo – elaboração de mapa temático de uso e ocupação do solo, compreendendo as coberturas vegetais existentes; identificação das áreas com diferentes graus de adensamento urbano, das áreas de proteção ambiental, das áreas degradadas e com descarte de resíduos; levantamento das diretrizes municipais para a região.

No levantamento do meio biótico considera-se:

- Flora - informações históricas sobre culturas e atividades desenvolvidas anteriormente na área (práticas de manejo, exploração da vegetação nativa); pesquisa sobre remanescentes de vegetação nativa existente; descrição da cobertura vegetal identificando os tipos e estágios de regeneração/degradação de matas remanescentes buscando o entendimento quanto aos processos antrópicos presentes; realização de inventário florístico com o objetivo de identificar possíveis espécies ameaçadas de extinção.
- Fauna – identificação de trechos considerados ecologicamente sensíveis e de provável ocorrência de fauna, através de campanhas de campo ao amanhecer e entardecer com registro fotográfico; diálogo com população residente próxima às áreas sensíveis em busca de informações sobre a presença de mamíferos; observação da avifauna através de binóculo e busca de vestígios como penas e fezes; registro fotográfico dos répteis a partir da observação direta visual; indicação das interações fauna/flora e da importância no equilíbrio ecológico no que diz respeito à riqueza de espécies, abundância e distribuição, territorialidade, fonte de abrigo e alimentos, corredores e polinização.

No levantamento do meio antrópico considera-se:

- Mobilidade Urbana - Sistema viário, transporte e trânsito através da avaliação da segurança e fluidez dos sistemas; identificação de fluxos/volumes nas vias principais; localização de pólos de incremento no fluxo de veículos e sua correlação com poluição atmosférica e sonora; avaliação da disponibilidade de transporte coletivo para os vários bairros que compõem a área de estudo.
- Sócio-Economia - mapeamento dos principais equipamentos públicos e privados de saúde, de serviços, de cultura, lazer e de turismo, que dentro ou no entorno da área possam servir de suporte à qualidade de vida para a população; levantamento do nível sócio-econômico da população dos bairros que compõem a bacia hidrográfica a partir da identificação dos tipos de habitação presentes e respectivo padrão (apartamentos, residências, condomínios, chácaras, cortiços, sub-habitação, favelas, ocupações); identificação das várias atividades de comércio e indústrias presentes na área.



- Sistema de Abastecimento de água e esgotamento sanitário - grau de cobertura da área com abastecimento de água e coleta de esgotos; qual o destino dos efluentes líquidos coletados pela concessionária dos serviços de saneamento e dos não coletados.

- Resíduos sólidos – levantamento da área de cobertura de coleta dos resíduos, sua periodicidade e programas de coleta seletiva; identificação dos grandes geradores de resíduos e o respectivo destino dos mesmos; levantamento dos serviços de varrição e poda.

4. RESULTADOS

A partir do desenvolvimento das atividades de diagnóstico e planejamento ambiental do objeto de estudo, são integradas várias áreas do conhecimento, cujos exemplos são indicados a seguir.

Relacionando-se os conhecimentos de geologia, pedologia, hidrologia e processos de ocupação urbana, os alunos puderam avaliar a relação entre o uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica do córrego no que se refere às questões quantitativas e qualitativas. Puderam, ainda, correlacionar os conhecimentos advindos da química e da biologia quando, ao realizarem experimentos em laboratórios, obtiveram resultados sobre as características da água do córrego principal. Para obtenção desses resultados, especificamente nos trabalhos desenvolvidos, foi necessária coleta de amostras e, portanto, a programação de campanhas de campo, considerando as respectivas normas técnicas quanto à coleta e armazenagem das mesmas.

A Figura 2 é o registro desta atividade sendo realizada por uma das equipes.



Figura 2 - Coleta de amostra de água no córrego da Fazenda Santa Cândida

Para o levantamento da cobertura vegetal existente e seu respectivo estágio de regeneração/degradação, os estudantes puderam relacionar conhecimentos de botânica e, ainda, buscar legislações específicas da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a saber: a Resolução Conama n.º.10 de 1993, que trata dos parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão da Mata Atlântica, e a resolução



SMA no. 48 de 2004, que trata das espécies ameaçadas de extinção no estado de São Paulo. O resultado deste trabalho foi apresentado na forma de relatório fotográfico, onde cada espécie pode ser identificada, como na Figura 3, além de georreferenciada e, também, apresentado de forma geral, quanto à existência de mata remanescente, conforme apresentado nas Figuras 4a e 4b.



Figura 3 - Paineira-rosa (*chorisia speciosa*)

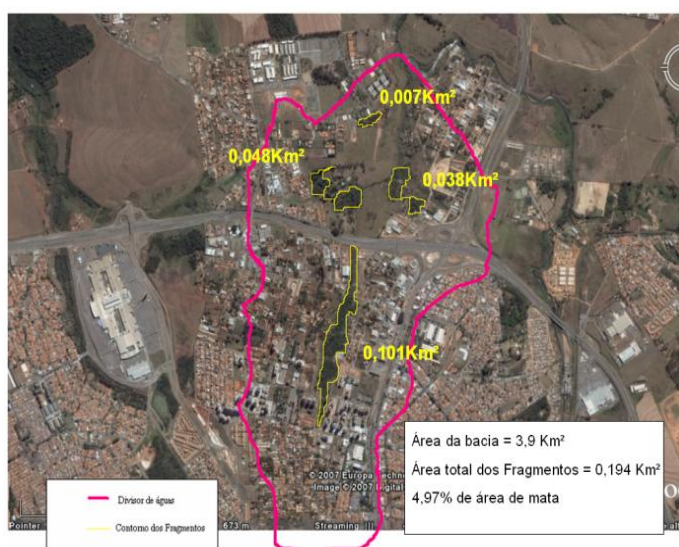


Figura 4a – Bacia do córrego Faz. Santa Cândida

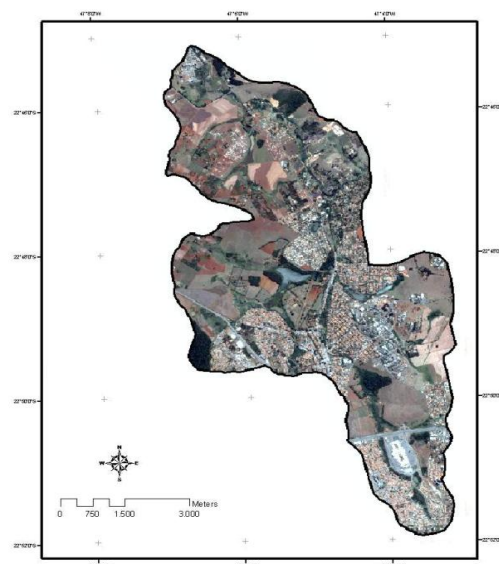


Figura 4b – Bacia ribeirão das Pedras

Figura 4 - Localização dos fragmentos de mata nas bacias



Observa-se que para um mesmo tipo de informação, no exemplo da Figura 4 - fragmentos de mata na micro-bacia - os grupos de alunos puderam representá-la de maneira diferente (Figura 4a e Figura 4b), com maior ou menor grau de detalhamento da informação, utilizando diversas bases referenciais e várias formas de representação das informações, de maneira a destacar determinados parâmetros na própria figura (Figura 4a) ou de sintetizá-los (Figura 4b) remetendo ao texto a descrição dos mesmos, observando a qualidade desejada para o diagnóstico ambiental da área.

Como proposta de melhoria das condições ambientais da bacia, diversos grupos propuseram, por exemplo, a recuperação da mata ciliar e a implantação de áreas verdes (praças públicas) em locais da(s) bacia(s) que estão abandonados pelo poder público e servem para descarte clandestino de entulho, como registrado pelos alunos e mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Descarte de entulho na bacia do córrego Faz. Santa Cândida

O descarte de entulho e lixo nas áreas não ocupadas foi uma situação recorrente encontrada nas bacias estudadas, levando os alunos a sugerirem que o poder público implante campanhas de conscientização e atue na fiscalização dos locais utilizados, clandestinamente, como bota-fora. A partir de entrevistas realizadas com moradores nas áreas das bacias - uma estratégia de coleta de dados primários - identificou-se a falta de informação, por parte de 83% da população, quanto ao programa de coleta seletiva implantado pela Prefeitura Municipal e presente nos bairros das duas micro-bacias há alguns anos. Mesmo desconhecendo tal programa, parte dos moradores realiza a segregação do lixo e destina os recicláveis a catadores particulares.

Também a análise do tipo de solo presente na(s) bacia(s) indicada através da Figura 6 possibilitou aos estudantes identificarem áreas suscetíveis ao movimento de massas, permitindo a identificação das áreas mais apropriadas à ocupação urbana e aquelas mais adequadas ao uso agrícola.



Figura 6 a



Figura 6 b



Figura 6 c

Figura 6 – Análise de solo - plasticidade (6a – no campo, 6b e 6c no Laboratório de Solos)

Com as amostras de solos, coletadas em vários pontos da área e a realização de ensaios no Laboratório de Solos, os alunos puderam identificar o potencial de aproveitamento dos solos de algumas áreas para utilização como solo-cimento na construção civil. Foi possível, também, indicar o tipo de fundação mais adequada às edificações nessas áreas, correlacionando conhecimentos de geotecnia e materiais de construção.

Os estudantes puderam, ainda, observar via imagens de satélite e campanhas de campo que a ocupação urbana, nas duas bacias, desenvolveu-se de montante para jusante, agravando os processos erosivos e refletindo-se no curso d'água principal na forma de assoreamento do(s) seu(s) baixo(s) curso.

Quanto às condições relativas a sócio-economia das áreas estudadas, os alunos relacionaram os tipos de edificação presentes ao poder aquisitivo da população, além de realizar pesquisa nas imobiliárias para avaliar o valor dos imóveis para compra/venda e aluguel e o perfil dos moradores. Uma das equipes realizou sobrevôo, com avião de pequeno porte, como forma de registrar os vários tipos de edificações existentes e correlacioná-las ao poder aquisitivo da população residente na área (Figura 7).



Figura 7 – Panorâmica aérea do terço superior do córrego Faz. Santa Cândida



Ao investigarem as questões de mobilidade urbana na(s) área(s) os alunos pesquisaram, inicialmente, as características macroviárias do município de Campinas para, posteriormente, concentrarem-se nos dados da região estudada.

Puderam então, a partir das informações levantadas, concluir que as áreas contíguas à(s) bacia(s) deverão sofrer um aumento considerável de atividades de fluxo de veículos à medida que se consolidem o Pólo de Desenvolvimento de Alta Tecnologia, denominado Pólo II da CIATEC, e os empreendimentos residenciais já aprovados pela Prefeitura Municipal de Campinas, em detrimento as restrições de uso e ocupação do solo que constam do Plano Diretor do município de Campinas para a macrozona estudada.

Quanto à fluidez do tráfego na(s) área(s), as equipes identificaram pontos com tráfego lento em determinados períodos do dia, em função das atividades de saída e chegada para o trabalho da população residente e dos horários de funcionamento das Universidades Unicamp e PUC-Campinas, ambas inseridas nas áreas das bacias estudadas.

O sistema de transportes coletivo foi avaliado, quanto ao seu itinerário, periodicidade e satisfação da população, através de abordagem direta aos usuários do sistema na(s) área(s) da(s) bacia(s). O resultado desse levantamento permitiu aos estudantes concluir que, além da insatisfação dos moradores quanto ao itinerário dos ônibus, há, também, inúmeras queixas quanto à manutenção das calçadas e ao respeito à sinalização de trânsito, questões estas importantes para o pedestre que circula na área, e registradas através da Figura 8.

De acordo com as investigações promovidas pelos estudantes, as questões do trânsito local fazem parte da pauta de reivindicações da Associação de Moradores do Jardim Santa Cândida, um dos oito bairros que compõem a bacia hidrográfica. A Prefeitura aprovou para a área, nos últimos anos, vinte e cinco empreendimentos residenciais verticais, que à medida que forem implantados, deverá agravar a situação do trânsito local.



Figura 8 – Registro fotográfico de desrespeito ao pedestre e ausência de calçadas na área da bacia do córrego Faz. Santa Cândida.



Entre as décadas de 1970 e 1990, a empresa de produtos químicos Proquima Produtos Químicos Ltda, sediada na área da bacia hidrográfica do córrego Santa Cândida, contaminou o solo por manipulação, estocagem e disposição inadequadas de seus produtos e resíduos. A empresa de construção civil Concima adquiriu os lotes para implantação de prédios de apartamentos; foi impedida, por ação cautelar, de dar continuidade às obras e responsabilizada pelo passivo ambiental, devendo executar uma série de medidas, entre elas: diagnóstico ambiental detalhado da área, implantação de plano de monitoramento e de remediação da área contaminada (MS, 2007).

A pesquisa sobre esta ocorrência e seus desdobramentos técnico-legal permitiu aos estudantes vivenciarem questões relativas a produtos químicos contaminantes, manipulação e disposição de resíduos, contaminação e remediação de solos, licenciamento de obras, responsabilidade ambiental e legislação ambiental.

Além dos levantamentos aqui listados outros, ainda, foram realizados pelos estudantes, relativos ao meio físico (disponibilidade de águas subterrâneas), ao meio biótico (fauna presente nas áreas de mata), e ao meio antrópico (ineficiência da iluminação pública, ruído e poluição atmosférica) e algumas propostas puderam ser apresentadas para melhoria das condições ambientais e de qualidade de vida da população, entre elas destacaram-se:

- Recuperação da área de proteção ao longo do(s) córrego(s) (Área de Preservação Permanente);
- Implantação imediata de redes coletoras e interceptores de esgotos na(s) bacia(s);
- Restauração e manutenção de calçadas na área da(s) bacia(s);
- Construção de uma travessia, para pedestres, sobre o córrego Santa Cândida, no seu terço superior;
- Implantação de programa de informação e educação sobre resíduos sólidos, fiscalização das áreas públicas e das não ocupadas, com aplicação de multas quanto ao descarte de resíduos;
- Incentivo para criação de cooperativa de reciclagem de lixo, com a população de baixa renda, alocada na margem esquerda do baixo curso do(s) córrego(s);
- Criação de áreas públicas de lazer, no terço médio e no terço inferior da(s) bacia(s).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para cada componente diagnosticado, os estudantes apresentaram propostas factíveis, que poderão ser implantadas pelo poder público no curto e médio prazo. As várias propostas, apresentadas pelos grupos de trabalho, demonstraram o amadurecimento dos alunos quanto aos conteúdos vivenciados ao longo do curso de Engenharia Ambiental.

Os resultados decorrentes foram observados quanto ao envolvimento de todos os alunos, ao aproveitamento nas disciplinas do período, a criatividade dos grupos no desenvolvimento dos trabalhos e a integração das disciplinas do curso.

Considera-se, também, que a partir de uma atividade integrada deste porte, em que não se privilegia o conhecimento fragmentado, mas o entendimento do complexo ambiental, a utilização de ferramentas de Geoprocessamento proporciona ao aluno um olhar diferencial sobre os dados geográficos e análises espaciais, uma vez que é possível discutir de maneira não-inventarial a série de categorias e critérios, com aplicação de novos conhecimentos, não



somente no uso do software, mas também o pensar espacial integrado, desde os levantamentos bibliográficos iniciais além dos trabalhos de campo, produtos cartográficos e de sensores remotos, entre outros, visando propostas de intervenção no mundo real.

Os mapas, as campanhas de campo e relatórios apresentados não são o produto final, mas uma síntese das análises e leituras sócio-espacial-ambiental realizada a partir de uma visão integrada do conhecimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETTINE, Sueli do Carmo. Desenvolvimento, Ambiente e Engenharia Ambiental. In: Ciências Sociais, Complexidade e Meio Ambiente: Interfaces e Desafios, Campinas: Papirus, 2008. p.[69-81].

LEFF, Enrique. Epistemologia Ambiental. São Paulo: Cortez, 2001. 240 p.

MS - Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Estudos de Avaliação de Risco por Resíduos Perigosos no bairro Mansões Santo Antônio no município de Campinas, estado de São Paulo – Resumo Executivo, 2007.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

TRABALHOS DE GRADUAÇÃO - Disciplinas Planejamento Ambiental e Geoprocessamento. Curso de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas. Períodos 2007, 2008, 2009 e 2010.

***Abstract:** Environmental Planning is a discipline of PUC_Campinas' Environmental Engineering curriculum. Developing such discipline and obtaining positive learning results was a challenge faced, in the first semester of 2007 until 2011 by teachers and students. The programmatic contents were developed integrating them to the disciplines being taken, as well as the others lived by the student in previous semesters, through the accomplishment of the environmental planning of a small urban basin. Scenarios were established, with solution proposals, aiming to improve the basin's environmental conditions and the residing population's life quality. This activity has made it possible for students to integrate knowledge's geology, hydrology, biology, chemistry, soil, climatology, cartography, sanitation, transportation, social-economy, geoprocessing, among others. It has also made it possible the development of abilities such as team work and making field campaigns. The results were presented in the form of reports and theme maps, allowing the students to develop synthesis abilities.*

***Key-words:** environmental engineering, integrated activities, urban watershed.*