



## TEMAS TRANSVERSAIS NO ENSINO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA

**Maria Vitória Duarte Ferrari** – vitferrari@unb.br  
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama  
Área Especial de Indústria Projeção A - UnB  
72444-240 – Gama – DF

**Katia Broeto Miller** – miller.katiab@gmail.com  
Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, ICC Norte - UnB  
70904-070 – Brasília – DF

**Luciano Noleto** – lucianonoleto@unb.com  
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama  
Área Especial de Indústria Projeção A - UnB  
72444-240 – Gama – DF

**Resumo:** *Os cursos de engenharia precisam mudar seus paradigmas de ensino e desenvolver métodos que sejam capazes de simular o ambiente empresarial, além de inserir a variável ambiental como uma ferramenta no desenvolvimento de produtos e serviços. Considerando este contexto, o objetivo deste artigo é avaliar os resultados da aplicação de ferramentas de controle de impactos ambientais, utilizando como cenário empresas do setor energético como intervenção pedagógica na disciplina de Gestão Ambiental para Engenharia de Energia. O método, desenvolvido desde o primeiro semestre de 2011 está em sua quinta edição. Os alunos organizados em equipes de quatro integrantes fizeram a caracterização da empresa, elaboraram fluxogramas elementares de massa e energia, levantamento de impactos ambientais e o exercício da aplicação de instrumentos de gestão, incluindo comando e controle, normas e boas práticas. Os resultados foram apresentados em relatórios e em painéis para discussão com todos os alunos da disciplina e avaliados por uma banca de professores, monitores e os líderes das equipes. Uma avaliação individual foi realizada ao final do semestre e foram identificadas as principais dificuldades para realização do trabalho e a contribuição para os próximos semestres. Os alunos concluíram que o método contribui de maneira eficiente para seu aprendizado, apesar das dificuldades iniciais na obtenção dos dados e informações. Além disso, observou-se um maior contato dos alunos com o mercado de trabalho.*

**Palavras-chave:** *gestão ambiental para engenharia, temas transversais no ensino de engenharia, mudança de paradigma no ensino de engenharia.*



## 1. INTRODUÇÃO

A demanda atual do mercado e da sociedade por produtos e serviços sustentáveis requer que as empresas invistam na busca de soluções para problemas decorrentes da produção tanto utilização dos recursos naturais, quanto das externalidades negativas na fase de produção e ainda após o fim da vida útil.

Essa demanda acarreta uma busca das organizações por profissionais capazes de desenvolver soluções inovadoras para os problemas decorrentes tanto do uso inapropriado dos recursos naturais quanto dos problemas de poluição inerentes ao processo produtivo e na destinação final dos produtos.

Considerando assim todo o ciclo de vida de um produto, serviço, material ou processo. Uma das ferramentas utilizadas pela Ecologia Industrial para esse tipo de análise é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que pode ser definida como a avaliação dos impactos ambientais atrelados às etapas do seu ciclo de vida de um produto, desde a extração da matéria-prima até o descarte final ou reaproveitamento do material, passando pela transformação e manufatura de materiais, acondicionamento e expedição, transporte e utilização pelo consumidor (VIGON et al, 1995).

Os cursos de engenharia precisam mudar seus paradigmas de ensino e desenvolver métodos que sejam capazes de simular o ambiente empresarial, em que as empresas são sistemas abertos, cada vez mais pressionados pelo campo organizacional.

Os métodos utilizados nas disciplinas dos cursos de engenharia devem incluir oportunidades para vivenciar situações similares às da vida profissional, considerando um contexto em que se requer, cada vez mais, profissionais com habilidades e competências que envolvam capacidades, além das técnicas, tais como: comunicação com *stakeholders* internos e externos à organização, responsabilidade ambiental e social, de identificação de demandas e capacidade de respostas às pressões do campo organizacional.

Uma análise sobre a influência das mudanças das exigências do mercado de trabalho sobre as metodologias de ensino em engenharia foi verificada em trabalho realizado por Silva e Cecílio (2007) em que os autores analisam esse processo de mudança, observando que a realidade de sala de aula ainda encontra-se distante da realidade profissional. Para mudar esse cenário, os autores propõem mudanças no modelo de ensino tradicional, incluindo as experiências de profissionais oriundos do mercado de trabalho e considerando a demanda pela formação humanista do futuro engenheiro. Além disto, os autores afirmam que essas mudanças não dependem apenas do mercado de trabalho, mas também da implementação de políticas públicas que nortearão a formação dos docentes.

Pinheiro e Masetto (2014) analisam a necessidade do processo de renovação pedagógica dos docentes dos cursos de engenharia. Os autores apontam em seu texto que metodologias tradicionais de ensino podem levar ao desestímulo e à evasão escolar. Os autores também observam que essa renovação não trará uma solução única. Várias soluções que dependerão de fatores como realidade regional e objetivo da instituição de ensino superior poderão ser válidas nesta renovação.

Larson (2014) descreve as redes de aprendizado utilizadas no MIT (Massachusetts Institute of Technology). O autor analisa o impacto que as novas tecnologias causaram no mercado, nas empresas e no campo da pesquisa científica. Este impacto traz a necessidade da reformulação da relação empresa-universidade e por consequência, a forma de ensino e



avaliação do discente. As redes de aprendizado consistem em comunidades virtuais de discentes, docentes e pesquisadores cujo objetivo é aperfeiçoar as experiências de aprendizado. O autor descreve algumas experiências ocorridas no MIT com suas respectivas metas.

Um projeto de ação continuada vem sendo desenvolvido no escopo da disciplina: “Gestão Ambiental para Engenharia”, no curso de Engenharia de Energia do Campus Gama da Universidade de Brasília, desde o primeiro semestre de 2011 (TOMÉ et al., 2013), testando métodos que contribuam para o aprendizado efetivo e adaptados ao perfil dos estudantes que acessam a universidade pública atualmente, e que atendam às demandas do mercado e da sociedade, pela inclusão da gestão de variáveis ambientais nos processos produtivos.

O método relatado neste artigo integra esse projeto e contribui para proporcionar aos alunos a oportunidade de identificar e aplicar ferramentas de gestão ambiental ao longo do ciclo de vida de processos de geração de energia para o controle de impactos ambientais em uma organização do setor energético.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar os resultados da aplicação de ferramentas de controle de impactos ambientais, utilizando como cenário empresas do setor energético como intervenção pedagógica na disciplina de Gestão Ambiental para Engenharia de Energia.

## **3. MÉTODOS**

Os alunos da turma de Gestão Ambiental para engenharia, do segundo semestre de 2013, foram organizados livremente em equipes de quatro integrantes no início do semestre letivo e selecionaram uma empresa brasileira geradora de energia como cenário para estudo dos conceitos teóricos e aplicação das ferramentas de gestão ambiental, no âmbito de: Acordos e Tratados Internacionais, legislação ambiental, Normas de Sistema de Gestão Ambiental (ABNT NBR ISO 14.001, ISO 14.040 e ISO 14.044), Normas de Desempenho Ambiental e boas práticas institucionais.

A escolha de uma empresa de geração de energia elétrica ou biocombustível foi requerida como cenário aos alunos desde o início do semestre foi feita para contextualização e moldura para: (a) Identificação e compreensão da base conceitual de gestão ambiental aplicável aos empreendimentos; (b) identificação da participação da fonte energética da empresa na matriz energética mundial e nacional; (c) identificação dos macro processos de geração de energia da empresa e seleção de um processo para detalhamento em fluxograma; (d) definição dos limites, escopo e unidade funcional para elaboração do estudo de caso; (e) elaboração do fluxo elementar de massa e energia com indicação de entradas (matérias-primas e energia) e saídas (emissões e resíduos); (f) identificação dos principais impactos ambientais negativos por meio de contato com a organização e dos respectivos Relatórios de Impactos de Meio Ambiente (RIMA); (g) identificação de requisitos ambientais legais e normativos e os mecanismos de controle de impacto ambiental; (h) apresentação dos mecanismos de internalização desses requisitos ao cotidiano das empresas até o nível operacional.

As informações para caracterização das organizações foram obtidas por meio de sítios institucionais. Uma carta institucional de apresentação das equipes foi elaborada pela professora para envio às organizações escolhidas para solicitar informações complementares.



Uma carta institucional foi elaborada também para solicitação de informações sobre o RIMA ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e o contato e a solicitação de informações às empresas foi realizado pelas equipes por correspondência eletrônica, contato telefônico e entrevistas.

Um termo de referência foi apresentado às equipes com os requisitos e condições para realização do trabalho no primeiro dia letivo do semestre. Não houve aulas com exposições teóricas, todos os assuntos foram pesquisados e desenvolvidos pelas equipes sob orientação da professora.

Durante as aulas, o desenvolvimento das equipes em relação ao cumprimento dos requisitos foi monitorado e avaliado continuamente, as dúvidas individuais e das equipes esclarecidas e breves exposições de conteúdos foram realizadas pela professora, considerando as principais dúvidas e questões levantadas.

Um relatório foi elaborado pelas equipes e duas versões foram avaliadas e corrigidas, na metade e com dois terços do semestre, antes da entrega da versão final.

O trabalho final foi apresentado em painel pelas equipes e avaliado por banca multidisciplinar de professores, pelos líderes das equipes e por dois alunos de graduação, monitores da disciplina. Os critérios de avaliação das apresentações incluíram: apresentação pessoal, postura, cordialidade entre os membros da equipe, espírito de equipe, domínio dos conceitos, aplicação prática dos instrumentos de gestão ambiental no cotidiano das organizações para controle de impactos ambientais.

Do painel foram avaliados o conteúdo, a estética, a origem e a referência dos dados e as informações e a qualidade técnica. Do relatório técnico foram avaliados: correção gramatical, redação e forma; atendimento aos requisitos do Termo de Referência, qualidade técnica das informações e fontes dos dados e informações.

O método de ensino e resultados alcançados foram avaliados individualmente pelos alunos por meio de um questionário. Inicialmente foram levantadas questões para definir o perfil dos alunos e a diversidade da turma: o índice de rendimento acadêmico, o semestre cursado, conhecimento anterior sobre o tema, reprovação na mesma disciplina e conhecimento prévio que considera importante para cursar a disciplina.

Sobre os métodos e resultados foram elaboradas questões sobre: clareza quanto aos objetivos a serem alcançados pelo aluno na disciplina e no estudo de caso, contribuição do estudo de caso para o aprendizado dos conceitos e sua aplicação prática, clareza e nível de exigência em relação aos dados, informações e explicações fornecidas. Sobre o Termo de Referência avaliaram-se sua clareza e dificuldade no cumprimento dos requisitos.

Para avaliar o processo de realização do estudo de caso foram elaboradas questões sobre a natureza das dificuldades (externas ou internas às equipes) e foi solicitado também a identificação dessas dificuldades. Dificuldades no processo de gestão também foram

As fontes de pesquisa utilizadas pelos alunos também foram indagadas: as bases de dados consultadas, as instituições e os profissionais. Uma auto avaliação de desempenho também foi solicitada.

#### **4. RESULTADOS**

Os resultados obtidos estão organizados em seções para facilitar a sistematização e discussão.

#### **4.1. Desenvolvimento do projeto pelos alunos**

##### ***Caracterização do cenário***

Onze organizações foram selecionadas pelos alunos: geradoras de energia elétrica dos setores hidrelétrico, termoeletrico a carvão mineral, solar, hidrelétrico, eólico, nuclear. Também foram escolhidas organizações produtoras de biocombustíveis: etanol, biodiesel de soja e de palma e uma empresa produtora de diesel. Das empresas pesquisadas duas responderam aos contatos das equipes.

##### ***Macroprocessos, processos, impactos ambientais e fluxos elementares***

Os RIMAs de quatro organizações foram obtidos. O processo de definição dos limites do sistema, escopo e unidade funcional gerou dificuldades na compreensão de conceitos e na tomada de decisão sem interferência ou determinação pela professora. De maneira geral tem sido observado na convivência com as turmas que há dificuldade dos alunos de construir o conhecimento ou tomar decisões. Ao final do processo, no entanto os alunos puderam perceber a importância dessa participação.

Uma vez definidos limites do sistema, escopo e unidade funcional, os macroprocessos os fluxogramas de processos detalhados e os fluxos elementares de massa e energia foram elaborados por meio de informações secundárias em trabalhos publicados. Considerando que apenas quatro equipes tiveram acesso aos RIMAs, os impactos ambientais foram identificados por analogia, em RIMAs de empresas similares e artigos científicos.

A dificuldade de obtenção de dados para elaboração de fluxos elementares dos processos e sua quantificação bem tem sido discutida ao longo dos semestres de realização dessa disciplina. Há dificuldade de estabelecer uma cooperação entre empresas e universidade para liberação de dados e informações que são consideradas confidenciais, e não há um banco de dados brasileiro sobre Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Há ainda poucos artigos científicos disponíveis com dados publicados sobre o setor em ACV.

##### ***Identificação dos requisitos ambientais legais e normativos***

A identificação dos principais requisitos legais aplicáveis foi feita com base no fluxograma de macroprocesso, identificação dos impactos ambientais, consulta aos RIMAs, discussões em sala de aula, artigos científicos e orientações fornecidas pela professora. Com os principais requisitos legais as equipes exercitaram a identificação dos mecanismos que podem ser utilizados para transformar esses requisitos em atividades do processo produtivo até o nível operacional.

Além dos requisitos legais, os alunos tiveram que escolher um requisito da Norma ABNT NBR ISO 14.001 e descrever de que forma esse requisito é incorporado ao cotidiano. Nesse item também houve resistência inicial das equipes de participação e desenvolvimento do processo, porque não foi fornecido um gabarito que garantisse que tivesse uma resposta certa. Ao longo do semestre os alunos demonstraram e expressaram incômodo com essa necessidade, principalmente ao ouvirem a explicação que não há uma única resposta.

#### **4.2. Avaliação do desempenho das equipes**

##### ***Avaliação dos relatórios, painéis e desempenho da turma***

A elaboração dos relatórios foi um processo trabalhoso e três versões foram produzidas. O processo de refazer até acertar é outra dificuldade demonstrada pelas equipes. De maneira geral há um comportamento de preferir apenas receber o resultado da atividade, desde que não seja preciso refazê-la. As equipes iniciaram com um aproveitamento médio de 40% no primeiro relatório e chegaram a 70% no terceiro.

A elaboração de painéis com os resultados sumarizados e uma comunicação com o público interno e externo à disciplina foi claramente bem sucedida. Todos os membros das equipes tiveram oportunidade de fazer exposições e demonstraram conhecimento do conteúdo. As questões levantadas pelas próprias equipes visitando os painéis dos colegas e pelas bancas examinadoras foram bem respondidas e o nível médio de desempenho da turma foi de 80%.

### 4.3. Avaliação individual do método pelos alunos

#### *Caracterização da turma*

Alguns dos problemas da realização dessa disciplina é a dificuldade de percepção do tema e das competências e habilidades em gestão ambiental para o curso de engenharia assim como o nível de heterogeneidade das turmas, o que vem sendo observado desde o primeiro semestre de 2011 (TOMÉ et al., 2013). O índice de rendimento acadêmico médio da turma que participou da disciplina foi 3,07, indicando uma média 5,0.

Essa é uma disciplina situada no terceiro semestre, de acordo com a grade curricular. A única disciplina pré-requisito é “Engenharia e Meio Ambiente”, cursada geralmente no primeiro semestre acadêmico. Os 38 alunos componentes da turma analisada variavam entre o segundo e o décimo semestre, conforme Figura 1:

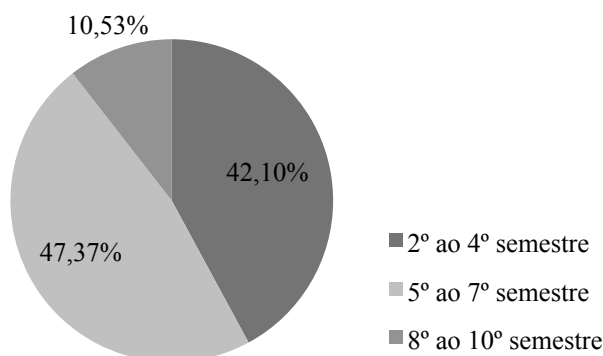


Figura 1: Heterogeneidade dos alunos da turma por nível de maturidade no curso

Esse dado demonstra a heterogeneidade, com uma variação nas disciplinas já cursadas, maturidade no curso e visão sistêmica sobre os processos produtivos. Essa heterogeneidade se refletiu durante a realização do processo, na compreensão dos conceitos e na dificuldade de desenvolver os exercícios propostos.

#### *Clareza dos objetivos e contribuição para o aprendizado*



Todos os alunos responderam que compreenderam claramente o objetivo a ser alcançado e que o estudo de caso contribuiu para seu aprendizado, mas quanto ao objetivo do estudo de caso, dois alunos afirmaram que não o compreenderam claramente. Metade da turma informou que as informações que foram fornecidas foram suficientes para realizar o projeto e a outra metade informou que foi requerido mais do que o que foi fornecido de informação e que tiveram dificuldade em construir o próprio conhecimento.

#### ***Termo de Referência, requisitos e fontes de pesquisa***

O Termo de Referência (TR) foi distribuído impresso, lido pelos participantes e interpretado em sala de aula. Foi informado aos alunos que um TR é utilizado profissionalmente como requisito de contratos para prestação de serviço ou desenvolvimento de produtos. O TR fornecido foi considerado suficientemente claro para 58% dos respondentes e os outros 42% informaram que tiveram dificuldades iniciais.

Quanto às fontes de pesquisa, foram informados por 31% que consultaram a base de dados da CAPES, 78% que consultaram o IBAMA, 67% consultaram relatórios empresariais, 52% que consultaram a base do Scielo. Informações pontuais apareceram sobre Ministério de Minas e Energia e Ministério do Meio Ambiente. Todas as equipes pesquisaram no sítio da própria organização para caracterizá-la.

Dos alunos que responderam o questionário, 35 informaram que procuraram ajuda de profissionais, destes treze eram professores da própria instituição, 23 profissionais das empresas pesquisadas e nove profissionais do IBAMA.

#### ***Dificuldades***

Sobre o processo de realização do estudo de caso foram elaboradas questões sobre o nível, a natureza das dificuldades (externas ou internas às equipes) e identificação das dificuldades. 81,6% responderam que o trabalho foi difícil de realizar, porém os gargalos eram solucionáveis. 19,4 responderam que o trabalho foi difícil de realizar. 81,6% responderam que as maiores dificuldades foram externas, atribuindo as dificuldades aos dados quantitativos das empresas e obtenção do RIMA.

#### ***Gestão do processo de aprendizado e auto avaliação de desempenho***

Sobre a gestão do processo de desenvolvimento do trabalho, as dificuldades identificadas foram: Falta de cooperação dos colegas (23,6%), Falta de cumprimento de prazos pelos membros: 52,6%; falta de comunicação entre os membros (21%); Dificuldade de sistematizar as informações: 44,7%; falta de comprometimento (28,9%), colegas que desistiram da disciplina desfalcando a equipe (23,7%). Os alunos puderam escolher mais de uma alternativa para responder às questões. Outras informações apareceram sobre dificuldades: falta de tempo para realizar atividades; dificuldade para obtenção de dados; dificuldades de conciliar com as outras disciplinas; dificuldades de horários para reuniões do grupo.

Sobre o próprio desempenho, dos 38 respondentes 6 se auto avaliaram com desempenho “excelente”, 30 “satisfatório” e dois se auto avaliaram com desempenho “insatisfatório”.

Como contribuições para melhoria nos próximos semestres os alunos afirmaram que é importante ter aulas teóricas antes de realizar o exercício, mais clareza nos requisitos do



Termo de Referência, mais informações sobre “gestão de pessoas”, o que foi considerado para a reestruturação do projeto a aplicar nos próximos semestres.

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de desenvolver e avaliar métodos de ensino de gestão ambiental para engenharia de energia, adaptável ao perfil dos estudantes que acessa a universidade pública está sendo alcançado.

A inclusão de temas transversais e desenvolvimento de habilidades de gestão de meio ambiente com ainda é pouco desenvolvido em termos de ferramentas didáticas além dos paradigmas tradicionais em escolas de engenharia. O Brasil não conta ainda com base de dados pública e desenvolvida para ampla utilização didática em estudos de caso de Inventários de Ciclo de Vida para empresas do setor energético.

A heterogeneidade dos alunos matriculados na disciplina de gestão ambiental, que é ofertada no terceiro semestre, reflete-se em um grupo de alunos sem embasamento teórico e compreensão sobre processos produtivos, e temas como economia da energia, planejamento energético e processos produtivos.

Observações e percepções do grupo de professores do curso de Engenharia de Energia do Campus Gama da UnB resultam na identificação de algumas características dos alunos que merecem ser estudadas na concepção de métodos de ensino que contribuam para a aprendizagem significativa, tais como o despreparo em fundamentação teórica, dificuldade em conceber ideias e tomar decisões, dificuldade de extrapolação de contexto e transferência de responsabilidade de seu desempenho para o professor.

Observações feitas por meio do convívio cotidiano, dos resultados do exercício prático realizado nas cinco edições na disciplina e relato dos alunos sobre a facilidade de compreensão dos conceitos teóricos na realização dos estudos de caso contribuem para a percepção de que esse exercício tem proporcionado a oportunidade aos alunos de absorver o conteúdo e conhecimento aplicando-o na prática e para desenvolvimento de uma aprendizagem significativa com cenários do cotidiano das organizações em que irão trabalhar.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem aos alunos da disciplina no segundo semestre de 2013, em especial a Allan Oliveira, **Maria** e pela monitora Renata Cardoso Roncoleta, pela contribuição na sistematização dos dados e discussão, e a Filipe Ferrari Tomé, pela revisão do texto, críticas e sugestões.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERNANDES, S. R.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M. A Aprendizagem Baseada em Projectos Interdisciplinares: Avaliação do Impacto de uma Experiência no Ensino de Engenharia Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 15, n. 3, p. 59-86, nov. 2010





LARSON, R. **Redes de aprendizagem MIT: Um Exemplo Educacional por Habilitação Tecnológica.** Disponível em: <[http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo\\_1.htm](http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo_1.htm) >. Acesso em: 20 maio 2014.

PEREIRA, D. R.; FLORES, M. A. **Percepções dos Estudantes Universitários sobre a Avaliação das Aprendizagens: Um Estudo Exploratório.** Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 17, n. 2, p. 529-556, jul. 2012.

PINHEIRO, Antonio C. F. B.; MASETTO, Marcos T. **A renovação pedagógica na engenharia e formação dos formadores de engenheiros.** Disponível em: <[http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo\\_1.htm](http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo_1.htm) >. Acesso em: 20 maio 2014.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. **A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia.** Educação em Revista, Belo Horizonte, v. 45. p. 61-80, 2007.

TOMÉ, M. V. D. F. ; BRASIL, A. C. M. ; MILLER, K. B. . **Métodos de Ensino de Gestão Ambiental em Engenharia de Energia.** In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2013, Gramado. Anais Cobenge 2013. Porto Alegre: UFRGS, 2013. v. 1.

VIGON, B. W. et al. **Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles.** Cincinnati: U. S. Government Printing Office, 1995.

## **CROSS-CUTTING THEMES OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN ENERGY ENGINEERING EDUCATION**

***Abstract:** Engineering courses need to change their teaching paradigms and develop methods that are able to simulate the business environment , and insert the environmental variable as a tool in the development of products and services . Considering this context, the aim of this paper is to evaluate the results of the application to control the environmental impact tools , using the backdrop of energy companies as a pedagogical intervention in the discipline of Environmental Management. The method , developed since the first half of the year 2011 is in its fifth edition . The students organized into teams of four members made featuring the company developed basic flowcharts of mass and energy , raising environmental impacts and exercise the application of management tools , including command and control , standards and best practices . The results were presented in reports and dashboards for discussion with all students in the discipline and evaluated by a panel of teachers, instructors and team leaders . An individual assessment was performed at the end of the semester and the main difficulties for carrying out the work and contribution to the coming half were identified . Students concluded that the method contributes effectively to their learning despite initial difficulties in obtaining data and information . Furthermore , there was greater contact of students with the labor market .*



**Key-words:** *environmental management for engineering, cross-cutting themes in engineering education, paradigm shift in engineering education*