

## **ENGENHARIA DO CICLO DE VIDA: A IMPORTÂNCIA DO CONCEITO “ECOLOGIA INDUSTRIAL” NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO**

**Armando Caldeira-Pires** – armandcp@unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica  
Campus Universitário Darcy Ribeiro  
70910-900 Brasília DF Brasil

**Resumo:** *Este artigo descreve a implementação da Disciplina “Introdução à Ecologia Industrial” aos cinco cursos da Faculdade de Engenharia da Universidade de Brasília. Esta proposta inovadora numa Faculdade de Tecnologia no Brasil que teve por objetivo primeiro responder às crescentes necessidades para suprir com conhecimento sobre gestão ambiental aos profissionais graduados pelos cursos de Engenharia, ampliando as perspectivas e capacidades do profissional Engenheiro para compreender e atuar na interseção entre tecnologia, ambiente e sociedade. Sociedade pela sua função fundamental na identificação de objetivos e na definição de limites para a atuação dos engenheiros. Ambiente como o mais recente parâmetro de design de tecnologias - processos e produtos - incorporado nas atividades do engenheiro. Tecnologia caracterizando o instrumento pelo qual o engenheiro atua na modificação da sociedade. Em particular, esta disciplina tem por objetivo proporcionar ao futuro Engenheiro aprofundar o seu conhecimento sobre os impactos ambientais dos ciclos de vida das atividades industriais Brasileiras. Nesse âmbito, a disciplina utilizará conceito de Ecologia Industrial numa perspectiva do Ciclo de Vida (CV) dos produtos como um processo objetivo para avaliar os impactos ao meio ambiente associados a um produto, processo, serviço ou outra atividade econômica, em todo o seu ciclo de vida. A incorporação desta disciplina na formação do engenheiro proporcionará que a sua atuação futura signifique o desenvolvimento e a aplicação de processos produtivos com melhor performance ambiental, reduzindo os custos ambientais e econômicos a eles associados, através de um processo decisório baseado nesse conhecimento.*

**Palavras-chave:** *Engenharia do Ciclo de Vida, Ensino da Engenharia, Ecologia Industrial, Avaliação do Ciclo de Vida*

### **1 INTRODUÇÃO**

As atuais formas de gestão empresarial e de padrão de consumo tem significado um contínuo crescimento do consumo de recursos. A demanda por maiores índices de produção, de uso e de descarte, aumenta devido a um aumento da população e às necessidades dos novos produtos. Nesse âmbito, os limites ecológicos serão excedidos e a disponibilidade de recursos poderá estar esgotada a médio prazo. A estratégia é alcançar a mesma capacidade funcional dos atuais produtos através da utilização de uma quantidade menor de recursos, principalmente por meio do conceito de economia cíclica que considere mudanças ecológicas e econômicas.

O conceito de Ecologia Industrial (AYRES e AYRES, 2002) define um novo paradigma de produção industrial no qual o projeto de novos produtos e processos considera todo o seu ciclo de vida, desde o desenvolvimento, ao longo do uso até o reuso ou disposição final. Pretende-se, num contexto abrangente, a desmaterialização dos processos econômicos. Esta recuperação/minimização dos recursos tem sido considerada como uma responsabilidade essencial nas atuais comunidades industriais, políticas e acadêmicas, definindo não somente

uma obrigação desses diversos agentes de mudança nas sociedades, como também catalisando a criação de novos segmentos empresariais e novos setores de emprego nos serviços relacionados ao ciclo de vida.

Nesse contexto, a comunidade acadêmica apresenta-se como fundamental para prover os segmentos produtivos com profissionais aptos a lidarem com as novas tecnologias para o desenvolvimento de produtos sustentáveis no âmbito de uma engenharia do ciclo de vida.

Este artigo descreve o processo da implementação da Disciplina “Introdução à Ecologia Industrial” aos cinco cursos da Faculdade de Engenharia da Universidade de Brasília.

A apresentação deste tema no âmbito de um Curso de Engenharia tem como objetivo ampliar as perspectivas e capacidades do profissional Engenheiro para compreender e atuar na interseção entre tecnologia, ambiente e sociedade. Sociedade pela sua função fundamental na identificação de objetivos e na definição de limites para a atuação dos engenheiros. Ambiente como o mais recente parâmetro de design de tecnologias - processos e produtos - incorporado nas atividades do engenheiro. Tecnologia caracterizando o instrumento pelo qual o engenheiro atua na modificação da sociedade.

Esta proposta, no âmbito dos cursos de Engenharia das Universidades Brasileiras, foi pela primeira vez apresentada no primeiro semestre de 2002, e teve por objetivo primeiro responder às crescentes necessidades para suprir com conhecimento sobre gestão empresarial ambiental aos profissionais graduados pelos cursos de Engenharia. (MULDER e BRASKLAPWIJK, 2001; para cursos de pós-graduação veja também BAAS et al., 2000, BRATTEBØ, 2001, NASSOS e KUSZ, 2001,

Em particular, esta disciplina permitirá ao aluno aprofundar o seu conhecimento sobre os impactos ambientais das atividades industriais Brasileiras, e dessa forma possibilitar o desenvolvimento e a aplicação na sua atuação futura de processos com maior performance ambiental, reduzindo os impactos ambientais, e os custos a eles associados, e permitindo um processo decisório baseado nesse conhecimento.

Nesse contexto, o conhecimento sobre os ciclos de vida dos mais importantes processos tem que ser aprofundado, com o desenvolvimento de modelos específicos aos setores industriais Brasileiros, bem como ferramentas computacionais específicas, para tornar disponível esta informação para os profissionais da gestão empresarial.

## **2 O CONCEITO ECOLOGIA INDUSTRIAL NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DO CICLO DE VIDA**

Ecologia Industrial tem sido discutida conceitualmente durante os últimos 30 anos, mas sem ações concretas nesse período. Somente no início da década de 90 esta expressão foi recuperada por meio de engenheiros industriais na Academia de Engenharia dos Estados Unidos da América.

Ecologia Industrial tem por objetivo um alcance muito mais abrangente que somente avaliar o uso ou a minimização de geração de resíduos. Ecologia Industrial objetiva a gestão integrada de todos os recursos dentro de um conceito científico de ecologia, e em simultâneo incorporando os mais recentes desenvolvimentos no conceito de ecossistema.

Nesse sentido, Ecologia Industrial é industrial no instante que foca no projeto de produtos e de processos de produção, como importantes fontes de impactos ambientais. Ecologia Industrial é também ecológica no instante que modela a atividade industrial como um ecossistema não humanas, e que posiciona a atividade tecnológica humana, dentro do contexto de ecossistemas mais abrangentes que a sustenta, analisando as fontes de recursos usados pela sociedade e pelos depositórios capazes de absorver os resíduos gerados pela sociedade.( AYRES e SIMONIS, 1994)

Dessa forma, através das lentes do conceito da Ecologia Industrial, e das ferramentas sendo desenvolvidas para aplicar esta teoria, os sistemas econômicos são caracterizados em simultâneo com os sistemas que os envolvem, e não desacoplados deles.

Nesse sentido, uma ferramenta em particular tem sido continuamente desenvolvida nos últimos 14 anos, e aplicada para caracterizar o impacto ambiental de produtos ao longo dos seus ciclos de vida, levando em consideração as etapas anteriores e posteriores a sua produção.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), também conhecida na sua forma inglesa como *Life Cycle Assessment* (LCA), é um processo objetivo para avaliar os impactos ao meio ambiente e a saúde, associado a um produto, processo, serviço ou outra atividade econômica, em todo o seu ciclo de vida.

Dentre os especialistas não existem dúvida quanto à existência de possibilidade da análise e da caracterização de processos utilizando uma perspectiva de ciclo de vida (CV). Uma grande quantidade de anos de pesquisa, discussões científicas e padronização através da série ISO14040 ajudaram no desenvolvimento da ACV. Nesse contexto, a ACV tem o potencial de ser uma eficiente ferramenta para guiar a gestão ambiental de companhias e direcioná-las para o desenvolvimento de novos materiais, processos e produtos com melhor performance ambiental.

Dessa forma, a ACV, como ferramenta sistemática e integradora, provou também ser um instrumento apropriado para apoiar a tomada de decisões relacionadas às questões ambientais, enquanto prove as considerações ambientais necessárias pela tomada de decisões para a sustentabilidade. A Organização ISO unificou a ACV como a série ISO14040, que tem sido sistematicamente traduzida para a norma Brasileira ABNT pela comissão CB38 dessa Instituição.

## 2.1 A ACV e a inovação tecnológica

A relação entre a gestão ambiental e a inovação ambiental engloba vários problemas, especificamente relacionados à melhoria do desempenho ambiental da companhia, o impacto da aplicação da legislação ambiental nas inovações tecnológicas, e como as PMEs podem participar num procedimento de eco-gestão devido à pressão do cliente.

Neste contexto, a ACV se apresenta como uma ferramenta de avaliação do impacto ambiental, capaz reconhecer o caráter multifacetado da inovação ambiental (conforme definido por KEMP et al., 1999), considerando os fatores internos e externos no desenvolvimento de uma inovação:

- As inovações ambientais consistem em inovações tecnológicas ambientais e nas inovações orgânicas (mudanças internas às estruturas/instituições) ambientais.
- As tecnologias ambientais são produtos e processos que foram projetados para reduzir os impactos ambientais negativos.
- As inovações orgânicas ambientais são diretivas que identificam e executam mudanças internas para caracterizar problemas ambientais associados com os produtos e processos existentes, e estimulam a criação de estruturas, programas e procedimentos inovadores para resolver estes problemas.

A inovação ambiental, sendo parte de um processo complexo, indica os problemas básicos para a investigação empírica. Os indicadores convencionais de performance de inovação tecnológica e de competitividade não são capazes de avaliar a efetividade do sistema produtivo em um sentido amplo. Dessa forma, uma nova e mais abrangente categoria de indicadores faz-se necessária, como por exemplo a quantificação/qualificação de recursos tangíveis e intangíveis e as relações sociais entre os atores econômicos e sociais, aplicadas não só às companhias mas também aos estabelecimentos de ensino, às instituições de investigação, ao governo e aos diversos grupos sociais. (MULDER, 2000a; MULDER, 2000b)

No longo prazo, a Avaliação do Ciclo de Vida pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, com a redução de material depositado em aterros através do uso de processos de reciclagem e de re-uso.

Outro efeito potencial para a inovação tecnológica como resultado do pensamento do ciclo de vida é que esta mudança no padrão de comportamento a favor do ambiente pode aumentar a pressão na cadeia produtiva. É provável que isto tenha um impacto na inovação do produto porque os clientes exigirão certos tipos de produtos mais ambientalmente amigáveis.

Na seqüência, deve-se esperar que até mesmo às PMEs seja exigido a existência de alguma infra-estrutura de administração ambiental, principalmente em decorrência de exigências oriundas dos seus clientes que já mantêm o seu próprio sistema de eco-administração.

## 2.2 A ACV e o Desenvolvimento

No contexto da globalização, os países em desenvolvimento têm feito enormes esforços para melhorar a performance ambiental das suas atividades produtivas. Em diversos países da América Latina já foram implementados regulamentos ambientais que normatizam o nível de poluentes nas emissões industriais para o meio ambiente (resíduos líquidos e sólidos), ou os níveis de poluentes em águas superficiais e na atmosfera. Estes Estados também implementaram tecnologias mais limpas e têm levado a cabo continuamente muitos projetos e estudos que quantificam indicadores ambientais que auxiliam aos legisladores e gestores. Estas medidas têm significado, na maioria das vezes, somente um ato paliativo. As demandas por ações pró-ativas com relação ao ambiente tiveram lugar tardiamente nos países de América Latina, se comparados, por exemplo, com as regiões econômicas União Européia, Nafta, e mesmo com a APEC.

As informações reunidas no âmbito da área conceitual da ACV permitem avaliar os efeitos ambientais oriundos da cadeia produtiva inteira, das ações operacionais que executadas, enquanto quantificam as repercussões tanto para trás como para frente na cadeia produtiva. Deste modo, o processo de decisão baseado em uma ACV conduz a ações mais efetivas, por conseguinte com maior sustentação no longo prazo, com relação à redução dos custos econômicos e ambientais as companhias e para o país.

## 2.3 ACV: implicações para o Terceiro Mundo

É necessário enfatizar que a aplicação da ACV nos países em desenvolvimento não pode ser efetuada diretamente com os modelos de avaliação de impacto e com bancos de dados de inventários de ciclo de vida (ICV) desenvolvidos para a Europa, Japão ou EUA, devido às enormes diferenças existentes em termos das tecnologias, tecnoestructuras, geologia, clima, densidade de população, biomas, tipos de produtos, etc. A ACV é uma metodologia dependente das características regionais onde ela será aplicada.

Por outro lado, a ACV é a metodologia estabelecida pela ISO para a obtenção dos rótulos ambientais Tipo III, específico para certificar ambientalmente os nas grandes transações comerciais “*business to business*”. Existem também alguns exemplos de rótulos ambientais Tipo III que são aplicáveis às transações comerciais “*business to consumer*”, como por exemplo o caso da eletricidade. E por fim os rótulos ambientais Tipo I que são cada vez mais baseados em considerações da ACV para assegurar uma melhoria ambiental global da produção ao longo de seu ciclo de vida.

Embora a rotulagem ambiental de produtos não é obrigatória no comércio mundial, já ocasiona uma diferenciação na competitividade dos produtos em um mercado que é cada vez mais exigente em termos dos impactos no ambiente (por exemplo a política de produção integral (IPP) (CEC, 2003) desenvolvida na Europa tem as suas raízes no conceito do ciclo de vida). Esses rótulos ambientais têm sido amplamente discutidos na Organização Mundial do Comércio (OMC) em dois dos seus foros (Barreiras Técnicas para o Comercio (Trade Barrier to Trade - TBT) (WTO/CTID, 2003) e no Comitê de Ambiente e Comercio/Trade & Environment (CTE), sendo até o momento considerado como ações voluntárias. A posição de alguns países europeus (a Suíça especialmente) tem sido no sentido de evoluir-se para a obrigatoriedade desses rótulos ambientais [WT/CTE/W/219]. Mais recentemente a União Européia tem pressionado para que se exija a ACV de produtos (produção / uso / descarte final / reciclagem) como uma ferramenta única para a certificação de um rotulo ambiental [WT/CTE/W/225, março 2003], e que também seja avaliado a proposta de obrigatoriedade da existência de rótulos ambientais.

### **3 DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA DISCIPLINA ECOLOGIA INDUSTRIAL NA FT/UnB**

O processo de estabelecer este enfoque interdisciplinar no âmbito da Faculdade de Tecnologia-FT/UnB foi efetuado em paralelo ao processo de estabelecer a apresentação dos conceitos da ecologia industrial nos cursos de pós-graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável-CDS, um centro de estudos multidisciplinares da UnB. Entretanto, no CDS outros interesses relacionados diretamente ao âmbito de influência daquele Centro foram decisivos nesse processo, de alguma forma similar ao processo que ocorreu na Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia (MARSTRANDER et al., 2000).

Em particular na FT/UnB, durante os primeiros semestres a oferta desta disciplina tem recebido um apoio significativo dos demais coordenadores de cursos de graduação da Faculdade. Este apoio tem sido fundamental no estabelecimento de uma estrutura organizacional baseada nas diretrizes estabelecidas para a implementação desta disciplina:

- Incentivar uma atividade coletiva através da promoção do envolvimento de alunos de 5 cursos de graduação da FT/UnB;
- Estimular os estudos para serem orientados a casos práticos específicos. Através da utilização de projetos relacionados ao conceito de ciclo de vida, os estudantes devem trabalhar em grupos e assumir diferentes papéis dentro de um projeto. Um tópico especial é a necessidade de inclusão de questões sociais e econômicas em adição às mais ortodoxas disciplinas técnicas;
- Assumindo que o sucesso a longo prazo necessita de atividades baseadas em pesquisa, todas as atividades de classe deveriam ser desenvolvidas em colaboração com alunos de mestrado e doutorado de outros departamentos, inclusive aos do CDS;
- Uma atenção especial será dada a metodologia da ACV, incluindo o treinamento dessa ferramenta através de programas computacionais disponíveis comercialmente, o que permitirá levar em consideração diferentes materiais e processos de produção. Nesse contexto, o curso deveria se desenvolver em parceria com o grupo de pesquisas e com os parceiros industriais da FT;
- Por outro lado, ecologia industrial é fortemente relacionada às atividades governamentais, e nesse ponto a parceria com o CDS será fundamental;
- Por fim, o estabelecimento de parcerias internacionais será exaustivamente empreendida, num primeiro momento através de seminários e discussões sobre o ensino e a pesquisa da EI. Particularmente, será dada ênfase às conferências da International Society for Industrial Ecology-ISIE, às conferências Gordon, aos Seminários da UNEP LCA Initiative, aos encontros Ecobalance promovidos pelo Instituto Japonês do Ciclo de Vida, como alguns dos principais fóruns de discussão desse tema no momento.

Por outro lado, tem sido registradas barreiras ao ensino da Ecologia Industrial (COOPER E FAVA, 2000), especificamente segmentadas em três categorias:

1. barreiras administrativas;
2. barreiras na aplicação, principalmente aquelas relacionadas ao uso do conceito de EI no contexto da prática profissional baseados em cenários de definição de políticas públicas, como aqueles encontrados em Brasília;
3. a falta de informações estatísticas necessárias para efetuar as análises de impacto ambiental descritas pela IE, fundamentalmente baseadas em bases de dados regionais.

#### **3.1 Ementa da Disciplina em Ecologia Industrial**

Nesta seção são descritos os tópicos relacionados à Ecologia Industrial e a forma como eles estão estruturados para o seu ensino na FT/UnB.

Em primeiro lugar, deve-se salientar que apesar do curso ter sido apresentado através do Departamento de Engenharia Mecânica, alunos das cinco áreas de engenharia da Faculdade de Tecnologia têm permissão para frequentar a disciplina. Nesse contexto, as questões associadas às Engenharias Civil, Elétrica e Eletrônica, Florestal, Mecânica e Mecatrônica estão presentes nas discussões em classe. Este ambiente multidisciplinar estabelece um

padrão estimulante nas discussões, disponibilizando uma condição especial ao aluno de graduação pela possibilidade de levar em consideração questões de outras áreas do conhecimento e dessa forma, ampliando o seu horizonte de influencia na gestão empresarial.

Informações detalhadas da ementa são apresentadas a seguir:

**I. Introdução à ecologia industrial**

- A. O conceito de Ecologia Industrial - A Evolução Histórica Da Gestão Empresarial pró-Ambiente;
- B. A Termodinâmica e a Interação da 2ª Lei com o Processo Econômico.
- C. Recursos Naturais, Meio-ambiente e Sociedade

**II. Ecologia Industrial - conceitos básicos**

- A. Objetivos da Ecologia Industrial: Uso Sustentável de Recursos; Bem-Estar Humano e Ecológico; Equidade Sócio/Ambiental
- B. Análise de Sistemas de Produção Industrial
- C. Fluxos Energéticos e Materiais
- D. Analogias com os Sistemas Naturais - o Metabolismo Industrial; Sistemas Abertos versus Ciclos Fechados

**III. Ecologia industrial - a gestão Empresarial estratégica**

- A. A Gestão Ambiental Como Suporte À Gestão Empresarial
- B. Sistemas de Gestão Ambiental: ISO14000; EMAS; Auditoria Ambiental; Análise de Risco; Análise de Impacto Ambiental
- C. A Gestão Ambiental e sua relação com a Indústria e o Mercado: Rótulos Ecológicos; Mercado de Permissões Para Poluir (Permits and allowances); Eco-Design (Design For Environment-DFE)

**V. Ferramentas e metodologias de suporte à Ecologia industrial**

- A. Análise do Ciclo de Vida-ACV de Produtos como ferramenta de apoio à Ecologia Industrial
- B. A utilização de programas informáticos para apoio à ACV
- C. Métodos de Otimização Multi-Objetivos (Ambiental, Econômico e Tecnológico); Análise de Input/Output Econômico/Ambiental; Contabilização dos Fluxos Materiais das Atividades Econômicas

**VI. Aplicação a estudo de casos**

- A. Durante a disciplina serão analisados estudos de casos reais envolvendo diversos tipos de ciclos produtivos (automóvel, eletrônica, alimentação), alguns deles com o auxílio de programas computacionais específicos.

### 3.2 Ferramentas Computacionais

O curso prevê apoio computacional aos projetos dos alunos com a disponibilização de programas computacionais comerciais, especificamente para a Avaliação do Ciclo de Vida, além de outros para a análise estatística e para a programação linear e não-linear.

Neste momento o curso possui as licenças acadêmicas para os produtos Gabi4.0, da PE GmBh (<http://www.gabi-software.de>), o Simapro5.0, da PRé Consultants (<http://www.pre.nl>), o SPSS (<http://www.spss.com>) e a licença de demonstração do GAMS (<http://www.gams.com>).

## 4 SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A avaliação de conhecimentos na disciplina de Ecologia Industrial baseia-se principalmente na análise de um trabalho individual. Um outro item de avaliação é a preparação de resumos estendidos (fichamentos) de material bibliográfico relevante a ser fornecido ao aluno, ação clássica de um projeto de pesquisas.

Para além da função avaliação, o trabalho a ser realizado tem os seguintes objetivos principais:

- i) Exemplificar a interação entre a Engenharia, a Gestão Industrial e o tecido econômico-social;

ii) Consolidar o conhecimento adquirido pelo aluno na disciplina de Ecologia Industrial;

iii) Desenvolver a capacidade do aluno na elaboração de relatórios técnicos.

Este trabalho deve corresponder à análise de um caso de estudo que privilegie a aplicação dos conceitos apreendidos pelos alunos na análise de processos, conceitos, tecnologias ou produtos, os quais se procura que sejam sugeridos pelos alunos.

Parte do problema a ser analisado envolve a simulação computacional dos processos industriais, em um programa computacional de análise de ciclo de vida, ou de análise do fluxo mássico ou de otimização de processos de decisão que envolva variáveis ambientais, econômicas e tecnológicas, e a comparação dos resultados obtidos com diferentes estratégias de gestão.

Na prática, durante as quatro vezes que este curso foi apresentado incluindo o primeiro semestre de 2004, as formas de avaliação compreenderam:

- 1º. 1º. Semestre de 2002: a turma compreendia alunos da graduação da FT e da pós-graduação do CDS. Os trabalhos de pesquisas foram coordenados pelos alunos de pós-graduação, em geral profissionais com elevada maturidade atuando em diferentes áreas do mercado de trabalho, o que permitiu haver um ambiente multidisciplinar bastante profícuo aos alunos de graduação;
- 2º. 2º. Semestre de 2002: a turma compreendia alunos do curso de Eng. Mecânica, e os projetos de pesquisas resumiram-se a aplicação da ACV a estudos de casos específicos;
- 3º. 1º. Semestre de 2003: a turma foi desafiada para atuar em conjunto na elaboração de um único documento que descrevesse a relação entre a Ecologia Industrial e o setor Automotivo. O livro resultante da combinação dos trabalhos dos diferentes grupos foi revisto por cinco pesquisadores de outros centros de pesquisas e de ensino superior, e foi submetido para editoração;
- 4º. 1º. Semestre de 2004: a turma de 17 alunos foi instada a analisar individualmente e em conjunto os prós e contras de diferentes tópicos/experiências/políticas públicas relacionadas à EI.

## **5 AVALIAÇÃO DOS ALUNOS**

Apos a apresentação da terceira turma já foi possível obter uma resposta dos alunos quanto à disciplina. A avaliação é efetuada ao final do período de aulas pelo Decanato de Graduação, e apresenta uma visão geral da performance da disciplina em cinco principais itens: a adequação da ementa; a avaliação do professor, dos alunos individualmente e como um grupo, e sobre a infra-estrutura existente disponibilizada para o curso.

De uma forma geral, a disciplina tem sido qualificada pelos estudantes com notas que variam entre 8 e 10 para todos os quesitos analisados. Por outro lado, faz-se mister ressaltar que uma das melhores avaliações foi dada à “importância dos tópicos analisados durante as aulas para o desenvolvimento profissional do engenheiro”.

## **6 CONCLUSÕES**

O Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília apresentou os primeiros passos para disponibilizar um fórum de discussão de tópicos de desenvolvimento sustentável. Esta proposta assume que o modelo de currículo da engenharia não tem evidenciado as questões fundamentais presentemente em discussão na Sociedade, e dessa forma deve haver uma evolução no tipo de informação com a qual os engenheiros são treinados.

Nesse contexto, a apresentação da disciplina “Introdução à Ecologia Industrial” no âmbito da Faculdade de Tecnologia da UnB caracteriza a primeira iniciativa de potencializar as discussões sobre sistemas de produção sustentáveis no currículo da engenharia.

AYRES, R.U.; AYRES, L.W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Edward Elgar Pub. Lmt., UK., 680 p., 2002.

AYRES, R.U.; SIMONIS, U.E. **Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development**. United Nations University Press, The United Nations University, Tokyo, Japan, 1994.

BAAS, L.W.; HUISINGH, D.; HAFKAMP, W.A. Four years of experience with Erasmus University's "International Off-Campus PhD programme on cleaner production, cleaner products, industrial ecology and sustainability, **Journal of Cleaner Production**, **8**, pp.425–431, 2000.

BRAS-KLAPWIJK; R.M.; HAAN, A. DE; MULDER, K.F. Training of lecturers to integrate sustainability in engineering curricula. 1999. <http://www.odo.tudelft.nl/english/networked/papers.html> (consulted at December 2000).

BRATTEBØ, H. Formal Education in Industrial Ecology. **The International Society for Industrial Ecology, Inaugural Meeting, The Science and Culture of Industrial Ecology**, The Netherlands, November 12-14, 2001.

CEC - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Building on environmental life-cycle thinking. **Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: Integrated Product Policy-IPP. COM(2003) 302 final**. Bruxelas. 18 de Junho, 2003.

COOPER, J.S.; FAVA, J. Teaching Life-Cycle Assessment at Universities in North America, **Journal of Industrial Ecology**, **3(2&3)**, pp. 13-17, 2000.

COOPER, J.S.; FAVA, J. Teaching Life-Cycle Assessment at Universities in North America, Part II, **Journal of Industrial Ecology**, **4(4)**, pp. 7-11, 2001.

KEMP, R.; SMITH, K.; BECHER, G. How should we study the relationship between environmental regulations and innovation? **Final report. JRC-IPTS**, Seville, 1999.

MARSTRANDER, R.; BRATTEBO, H.; STOREN, S. Teaching Industrial Ecology to Graduate Students, **Journal of Industrial Ecology**, **3(4)**, pp. 117-130, 2000.

MULDER, K. From Environment Management to radical change and beyond: Tasks for the new engineer, **2<sup>nd</sup> POSTI Meeting in ESST Annual Scientific Conf.**, 27-28 May 2000, Straatsburg, France, 2000a.

MULDER, K. Engineering in an increasingly complex world. How to train Engineers for integrated problem solving? Lessons from some experiments, **7<sup>th</sup> IFAC Symposium on Automated Systems based on Human Skill, Joint Design of Technology**, IFAC, June 15-17, 2000, Aachen, Germany, 2000b.

MULDER, K.; BRAS-KLAPWIJK, R. Engineering Curricula and Sustainable Development at the Delft University of Technology: trained engineers become green, **The International Society for Industrial Ecology, Inaugural Meeting, The Science and Culture of Industrial Ecology**, The Netherlands, November 12-14, 2001.

NASSOS, G.P.; KUSZ, J.P. Sustain This. Sustain This! Sustain This? Industrial Ecology in the Context of a Business/Product Model, **The International Society for Industrial Ecology, Inaugural Meeting, The Science and Culture of Industrial Ecology**, The Netherlands, November 12-14, 2001.

WTO/CTID – WORLD TRADE ORGANIZATION/CENTER FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, GLOBAL TRADE NEGOCIATION. Public Symposium to prepare the 5th Ministerial Conference in Cancun, 10-14 September, 2003, **Harvard University**. <http://www.cid.harvard.edu/cidtrade/geneva/index.html>, 2003.

# LIFE CYCLE ENGINEERING: THE IMPORTANCE OF THE INDUSTRIAL ECOLOGY CONCEPT ON THE ENGINEER FORMATION

**Armando Caldeira-Pires** – armandcp@unb.br  
University of Brasília, Faculty of Tecnology, Dept of Mechanical Engineering  
Campus Universitário Darcy Ribeiro  
70910-900 Brasilia DF Brazil

***Abstract:** Due to the expanding needs for augmenting environmental management knowledge applied to industrial management, it was proposed at the beginning of 2002 the Course “Introduction to Industrial Ecology”, within the Faculty of Engineering of the University of Brasilia. This effort follows several other experiences in developing and teaching industrial ecology to interdisciplinary classes to undergraduate and graduate students. The main target is to offer engineering professionals with a broad conceptual and practical framework on environmental management issues, and to provide significant new contributions to scientific knowledge in the interdisciplinary area of environmental management, environmental impact evaluation tools and sustainable development. In fact, knowledge in these areas is essential to managing an institution within a conformity model, but the knowledge to create greater efficiencies and new business models that resonate with a sustainable enterprise was not being presented and explored. Based on this assumption, it is needed to differentiate the program and shift the curriculum from one that solely presents traditional courses to a curriculum that includes the creative and proactive integration of an environmentally conscious model of sustainability with the business model. Therefore, it has been introduced this course on industrial ecology concepts that redirect the program toward a model of proactive assertion of strategies that expand the role of environmental management in an organization. The approach moves from managing environmental effects at the end of the pipe and on the factory floor to one that includes participation with strategic planning, marketing, product design/development and all the others levels of management. Moreover, it emphasizes the perception of environmental management as allied with strategic concerns of the enterprise as opposed to an internal representative of regulatory imposition.*

***Key-words:** Life Cycle Engineering, Engineering Learning, Industrial Ecology, Life Cycle Assessment*