

MÉTODOS DE ENSINO DE GESTÃO AMBIENTAL EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé – vitferrari@unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, Engenharia de Energia
Área Especial de Indústria, Projeção A – UnB, Setor Leste
72.444-240 – Gama – DF

Augusto César de Mendonça Brasil – ambrasil@unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, Engenharia de Energia
Área Especial de Indústria, Projeção A – UnB, Setor Leste
72.444-240 – Gama - DF

Katia Broeto Miller – katiamiller@aluno.unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
ICC Norte, Gleba A, Campus Darcy Ribeiro
70910-900, Brasília-DF

Resumo: *O objetivo deste artigo é demonstrar resultados do desenvolvimento e avaliação de métodos de ensino de gestão ambiental para o curso de Engenharia de Energia ao longo de quatro edições, adaptados ao perfil dos estudantes que acessam a universidade pública atualmente e às demandas legais, de mercado e da sociedade, pela inclusão de variáveis ambientais no processo produtivo. Os métodos desenvolvidos incluem a consideração de aspectos tais como turmas com número elevado de alunos jovens e menos preparados, heterogeneidade sócio econômica e cultural, bem como a dificuldade de perceber o valor agregado da disciplina à formação acadêmica e profissional. O planejamento de cada semestre, com a definição do escopo, objetivo e métodos do estudo de caso, é feito em função do rendimento acadêmico dos semestres anteriores e da avaliação docente e da disciplina, realizada semestralmente pela Comissão Própria de Avaliação da Universidade de Brasília. Além disso, considera-se também a avaliação contínua durante todo o semestre na realização da disciplina, feita por meio de observação e percepção sobre participação no contato cotidiano com a turma e do rendimento acadêmico. O objetivo proposto está sendo alcançado. O teste de diferentes métodos tem gerado uma coletânea de estudos de caso, que estão sendo utilizados para aperfeiçoar a metodologia utilizada na disciplina. Os desafios de acompanhar e compreender as mudanças e o perfil do estudante para desenvolver e aperfeiçoar métodos de ensino que contribuam para aprendizagem significativa requer estudos contínuos e redes de equipes multidisciplinares.*

Palavras-chave: *pensamento sistêmico, avaliação de ciclo de vida, variáveis ambientais no processo produtivo, educação ambiental em engenharia*

1. INTRODUÇÃO

Com uma população mundial que já ultrapassou os sete bilhões e que continua crescendo à taxa de 1,1% (U.S. CENSUS BUREAU, 2012), os processos de sustentação da vida demandam cada vez mais recursos naturais e energia. A obtenção e transformação de recursos naturais e outras matérias primas e energia incluem custos ambientais e sociais, que nem sempre são contabilizados nos processos produtivos.

Em um mercado cada vez mais globalizado e ambientalmente regulado, o desenvolvimento tecnológico requer inovações que incluam variáveis ambientais e sociais, e a consequente melhoria do desempenho ambiental das organizações.

Os custos invisíveis dos processos produtivos, como os impactos negativos sobre o ambiente, os trabalhadores e o consumidor, desde a extração da matéria-prima, transporte, processamento, uso e destinação final, podem ser identificados, quantificados e avaliados por meio de ferramentas de avaliação do ciclo de vida.

Os indicadores convencionais de desempenho de inovação tecnológica não são suficientes para avaliar a efetividade do sistema produtivo, como a quantificação e qualificação de recursos tangíveis e intangíveis e a avaliação dos impactos ambientais e sociais (CALDEIRA-PIRES *et al.*, 2005).

Uma questão se faz importante no contexto desse mercado cada vez mais exigente em profissionais com visão sistêmica, habilidades e ferramentas que os permitam incluir variáveis ambientais em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos e serviços. Os cursos de Engenharia de Energia, que formam profissionais para trabalhar com planejamento, análise e desenvolvimento de sistemas de geração, transporte, transmissão, distribuição e utilização de energia, estão estruturados para formar profissionais capazes de atender essas demandas?

1.1. O contexto atual da universidade

A Faculdade UnB Gama (FGA), criada em 2008, está localizada na Região Administrativa do Gama, a 35 km do Campus Darcy Ribeiro. Nessa faculdade desenvolvem-se os cursos de Engenharias Aeroespacial, Automotiva, Eletrônica, Energia e Software. A cidade do Gama possui cerca de 140 mil habitantes e 52 unidades escolares de ensino fundamental e médio.

A criação da FGA é resultado das ações do projeto Reuni, que tem como metas a inovação pedagógica, mobilidade institucional, compromisso social das universidades. Com esse projeto foram expandidas as vagas para cursos de Engenharia, aumentando o acesso à universidade. Essa expansão do acesso implica em modificações no perfil do aluno em relação ao modelo anterior.

1.2. O perfil do aluno e os métodos de ensino

Como resultado do Programa Reuni houve um aumento do número de alunos que passaram a ser incluídos em cursos de engenharia. Atualmente 280 alunos ingressam na Faculdade UnB Gama a cada semestre. Destes, 58,26% passam por meio vestibular, 18,26% por meio de Programa de Avaliação Seriada (PAS) e 23,48% por meio de cotas.

Dos alunos ingressos, apenas 48% permanecem na universidade e alcançam, o quarto semestre letivo. Da parcela de alunos que não consegue chegar ao quarto

semestre, cerca de 34% é proveniente da área de abrangência, que é constituída pelas Regiões Administrativas do Distrito Federal e municípios vizinhos.

No primeiro semestre de 2013 há 1756 alunos regularmente matriculados na FGA. Desses, 36% são provenientes do Plano Piloto e 64% são da área de abrangência. Considerando que cerca de 8% dos alunos matriculados são desligados cada semestre, e que, dentre estes, 87% são provenientes da região de abrangência, esse valor pode ser um indicador de que tais alunos são mais suscetíveis ao insucesso nos cursos de engenharia da FGA.

Os métodos de ensino precisam ser adaptados ao perfil atual dos alunos que ingressam a universidade pública. É importante considerar variáveis que interferem no aprendizado, tais como: o elevado número de alunos por sala, a heterogeneidade dos alunos quanto ao perfil sócio econômico e cultural, despreparo quanto à base teórica, dificuldade em conceber ideias, trabalhar em equipe e realizar atividades extra classe, bem como a dificuldade que ainda existe de tratar questões ambientais como variáveis de produção, somada à dificuldade de percepção, pelos estudantes de engenharia, do valor agregado da gestão ambiental à formação acadêmica e profissional.

1.3. Gestão ambiental para Engenharia de Energia

A disciplina “Gestão Ambiental para Engenharia” é obrigatória para a grade curricular de Engenharia de Energia do Campus da Faculdade UnB Gama e é ofertada aos alunos do quarto semestre. Esta disciplina visa instrumentalizar o Engenheiro de Energia com ferramentas de gestão ambiental, legais, normativas, econômicas e de educação, visando capacitá-los na identificação e controle de impactos ambientais de processos produtivos.

O desafio abordar o pensamento sistêmico e demonstrar a importância do ensino da gestão ambiental aos alunos de engenharia requer métodos didáticos que permitam aproximar a realidade do contexto de formação acadêmica, despertando interesse e permitindo o exercício de premissas, conceitos e ferramentas da gestão ambiental, no cenário das organizações do setor energético.

Um dos instrumentos de mercado importantes de serem incluídos na formação acadêmica são as Normas de Sistema de Gestão Ambiental, estabelecidos pela Norma ABNT NBR ISO 14.001: 2004, Sistemas e Gestão Ambiental: Requisitos com orientação de uso (ABNT, 2004), quanto as Normas de Avaliação de Ciclo de Vida ABNT NBR ISO 14.040 (ABNT, 2009a) e ABNT NBR ISO 14.044 (ABNT 2009b), que definem requisitos e orientações, fornecem uma estrutura de raciocínio e análise. O exercício dessas ferramentas pode fortalecer o aprendizado de alunos da engenharia de energia, preparando-os para trajetórias profissionais em sinergia com as demandas crescentes de controle de impactos ambientais negativos dos processos produtivos.

Nesse contexto adotou-se um método de ensino que integra um projeto de estudos de caso na disciplina de Gestão Ambiental para Engenharia, visando contribuir com o desenvolvimento da visão sistêmica dos alunos, demonstrando a importância da inclusão de variáveis ambientais ao processo produtivo.

2. OBJETIVO

Desenvolver e avaliar métodos de ensino de gestão ambiental para o curso de engenharia de energia, adaptável ao perfil atual dos estudantes que acessa a

universidade pública e às demandas da sociedade pela inclusão de variáveis ambientais no processo produtivo.

3. MÉTODOS

Os métodos selecionados incluem aulas expositivas dialogadas, exercícios de fixação e estudos de caso, com propósito exploratório e descritivo, e alunos organizados em equipes. Considera-se a premissa que o aprendizado por meio de estudos de caso possibilita a criação de um ambiente que promove a motivação, a capacidade de trabalhar em equipe, a capacidade analítica, o espírito crítico e a capacidade de tomada de decisão (YIN, 2002).

A avaliação do aprendizado é feita por meio de avaliações teóricas com questões subjetivas e objetivas, com peso de 60%, avaliação dos resultados dos trabalhos de estudos de caso, por meio de relatórios com formato de artigo técnico científico, apresentação dos resultados em seminário e arguição individual, com peso de 30% e avaliação da participação, realizada por meio de exercícios de fixação em sala e extra classe, resumos de conteúdos teóricos discutidos em aula, assiduidade e pontualidade, com peso de 10%.

As equipes para realização do trabalho prático são constituídas por um número máximo de seis integrantes selecionados pelos alunos, com indicação de um líder, responsável pela coordenação dos trabalhos, definição de cronograma, comunicação com a professora e monitoramento de realização das atividades para cada membro. A nota dos alunos para o trabalho em grupo é ponderada pela nota do grupo, nota individual atribuída pelos próprios membros e nota da arguição na apresentação final.

O planejamento de cada semestre é elaborado considerando-se: (a) os resultados obtidos nos relatórios semestrais de avaliação docente emitidos pela Comissão Própria de Avaliação da UnB, (b) o perfil, o desempenho acadêmico e a participação dos alunos dos semestres anteriores e (c) o sumário do histórico e desempenho acadêmico obtido pelo Índice do Rendimento Acadêmico dos alunos matriculados no semestre vigente e os resultados das avaliações teóricas e participação.

Os principais pontos considerados no relatório de avaliação docente são: “desempenho do professor”, que inclui domínio do conteúdo ministrado, clareza na transmissão do conteúdo, adequação das atividades desenvolvidas para o alcance dos objetivos propostos, utilização de estratégias de ensino que facilitam a aprendizagem, integração entre teoria, pesquisa, prática e aspectos da realidade.

Analisa-se também nesse relatório o item “auto avaliação do rendimento”, que inclui a própria participação dos alunos nas atividades desenvolvidas na disciplina, estudo extra classe do conteúdo, aprofundamento do conteúdo por meio de pesquisa bibliográfica e leitura e capacidade de aplicar conhecimentos da disciplina em outras situações e contextos.

Outro item considerado no relatório é a “avaliação do conteúdo da disciplina”, que inclui itens tais como: clareza na descrição dos objetivos do programa, coerência entre objetivos, ementa e conteúdo ministrado, clareza quanto aos critérios de avaliação, adequação da bibliografia utilizada e relevância da disciplina para a formação acadêmica e profissional do aluno.

Desde o primeiro semestre de 2011 já houve quatro edições da disciplina, e a quinta, a ser realizada no segundo semestre de 2013, está em fase de planejamento.

3.1. Primeira edição (2/2011)

O estudo de caso selecionado foi Inventário de Ciclo de Vida em empresas do setor energético. Os seguintes processos de transformação de energia foram selecionados sobre avaliação de ciclo de vida: produção de etanol, biodiesel de palma e de soja, gasolina, diesel tipo D, termoeletricas a carvão mineral, a gás natural e a diesel. Os passos metodológicos para realização do trabalho incluíram: (a) discussão das Normas de ACV e sua aplicabilidade aos processos do setor energético; (b) pesquisa bibliográfica sobre aplicação de ACV nos processos de transformação de energia; (c) Identificação de empresas produtoras de energia em cada um dos processos selecionados; (d) mapeamento e caracterização da cadeia produtiva de transformação de energia, tanto da cadeia principal, quanto das cadeias de suprimento e auxiliar; (e) mapeamento dos processos produtivos da empresa selecionada; (f) elaboração do fluxo elementar, indicando entradas e saídas de energia, material e resíduos; (g) pesquisa de dados quantitativos para realização do inventário do ciclo de vida; (h) Análise e discussão dos resultados obtidos e dificuldades encontradas; (i) elaboração de relatório; (f) realização de seminário para apresentação, discussão dos resultados, arguição individual e agregação de valor do método utilizado para o aprendizado.

3.2. Segunda edição (1/2012)

O estudo de caso proposto foi diagnóstico para implantação de um SGA em postos de abastecimento de combustível no entorno da FGA. Seis postos de abastecimento foram selecionados, quatro localizados no Gama, um em Taguatinga e um no Plano Piloto.

Os passos metodológicos para realização do estudo de caso foram: (a) treinamento dos alunos em interpretação sobre a Norma ABNT NBR ISO 14.001 - Sistemas de Gestão Ambiental: Requisitos e Diretrizes, técnicas de auditoria e implantação da norma em empresas do setor energético; (b) revisão bibliográfica sobre legislação ambiental aplicável a postos de abastecimento, avaliação de impactos ambientais e sistemas de gestão ambiental aplicados a postos de abastecimento; (c) seleção de um posto de abastecimento para realização do trabalho de campo; (d) mapeamento de processos com identificação das atividades, aspectos, impactos e medidas preventivas e, ou mitigadoras; (e) identificação das responsabilidades por meio de entrevistas e observações sobre as atividades cotidianas e gestão operacional; (f) identificação de requerimentos legais ambientais e identificação de passos para licenciamento ambiental; (g) elaboração de diretrizes mínimas para implantação de um SGA, de acordo com os requisitos normativos, organizadas em um Guia de Implantação de um SGA para postos de abastecimento, versão 1.0; (h) submissão do Guia à avaliação e validação pela equipe do posto; (i) correções e entrega da versão 2.0 do Guia aos respectivos estabelecimentos; (j) apresentação e discussão dos resultados em seminários com arguição individual e discussão sobre pontos fracos e fortes, bem como a agregação de valor para o aprendizado.

3.3. Terceira edição (2/2012)

Nesse semestre surgiu a demanda institucional para implantação de um sistema de gestão ambiental na Universidade de Brasília, utilizando o Campus da FGA como um

projeto piloto. Esse projeto foi apresentado e aceito pela turma como proposta de estudo de caso. Quatro áreas prioritárias de atuação foram definidas: água, energia, resíduos sólidos e emissões. O objetivo definido foi realização de um diagnóstico sobre o estado da arte da gestão ambiental na FGA, envolvendo levantamentos dados primários de consumo de água e energia, geração de resíduos e emissões.

Como estratégia para realização do diagnóstico foi definida a coleta de dados primários sobre consumo de água, energia, materiais e geração de resíduos e a realização de pesquisa sobre o comportamento da comunidade acadêmica quanto ao consumo de energia e água, descarte de resíduos e emissões. A coleta de dados foi setorizada, considerando como categorias de entrevistados: professores e servidores próprios, servidores terceirizados, prestadores de serviço de alimentação e fotocópias e alunos.

Os passos metodológicos incluíram: (a) pesquisa bibliográfica sobre gestão ambiental em instituições de ensino superior; (b) levantamento de requisitos, elaboração de questionário para a comunidade acadêmica, discussão, aplicação na própria turma como piloto, validação e correções; (c) levantamento de requisitos, elaboração da planilha de coleta de dados de consumo, resíduos e emissões; (d) elaboração de sociograma¹ com identificação de ações e responsabilidades; (e) coleta de dados; (f) elaboração dos relatórios; (g) apresentação dos resultados iniciais em pré-seminário e pré-relatórios para ajustes e correções; (h) apresentação final em seminário, discussão de resultados, principais lacunas, problemas na coleta de dados, arguição individual; e (i) apresentação de relatório.

3.4. Quarta edição (1/2013)

A quarta edição está sendo executada no momento de elaboração deste artigo. O estudo de caso realizado pela turma do primeiro semestre de 2013 tem objetivo de dar continuidade ao projeto iniciado no semestre anterior, propondo diretrizes para implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na FGA, aplicáveis aos quatro campi que integram a Universidade de Brasília.

Baseado em resultados obtidos no semestre anterior sobre o estado da arte da gestão ambiental da FGA foram estabelecidas metas para realização da segunda etapa do trabalho: (a) apresentar os resultados do diagnóstico à turma e à comunidade acadêmica em seminário; (b) analisar a Norma ABNT NBR ISO 14.001:2004; (c) definir passos para implantação, com base nos requisitos da Norma; (d) elaborar Política de Gestão Ambiental e submeter consulta à comunidade acadêmica; (e) definir procedimentos, sistema de registros, indicadores e sistema de monitoramento e medidas de correção; (f) levantar requisitos de treinamento e capacitação; (g) verificar e implementar ações possíveis de serem implantadas em curto prazo; (h) apresentar e discutir os resultados em seminário interno à turma; e (i) apresentar os resultados à comunidade acadêmica.

¹ O sociograma é uma ferramenta utilizada para explorar as conexões entre os diversos atores sociais e outros componentes da questão, permitindo a visualização de sua amplitude e complexidade. A elaboração do sociograma inicia-se a partir de um círculo central representando o grupo primário relacionado ao problema. A partir daí, são identificados, ao redor do círculo central, os grupos secundários e, eventualmente, os terciários e os aspectos relacionados a eles (NARDELLI & GRIFFITH, 1999).

3.5. Quinta edição (2/2013)

Em função dos resultados das edições anteriores e discussões com professores de diversos cursos da FGA sobre o perfil atual e desempenho geral dos alunos, decidiu-se elaborar um estudo mais detalhado com delineamento estatístico, sobre o perfil sócio econômico e cultural dos alunos matriculados na disciplina, como atividade inicial.

Além disso, a quinta edição da atividade prática da disciplina está sendo planejada, envolvendo uma equipe de professores e alunos de Engenharia de Software, com a proposta de criar ambientes de simulação computacional interativos, utilizando como cenário empresas do setor de energia, onde seja possível incluir a aplicação de conceitos teóricos e requisitos e diretrizes das normas de gestão ambiental. Dessa forma o aluno terá oportunidade de construir o próprio conhecimento, atuando como engenheiro e gestor das empresas, buscando alternativas fundamentadas de gestão ambiental, para tomadas de decisão, frente às situações propostas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do desenvolvimento da disciplina ao longo de quatro semestres está organizada em edições. A avaliação das turmas feita a cada semestre foi sumarizada na “Tabela 1”, composta pelo Índice de Rendimento Acadêmico (IRA), média das avaliações teóricas, participação, estudo de caso, média final e respectivos valores de desvio padrão da média (DPAD), e coeficiente de variação (CV), para análise de heterogeneidade dos conjuntos de dados.

Tabela 1 – Índice de Rendimento Acadêmico (IRA) e avaliação dos alunos nas quatro edições da disciplina (2011 a 2013)

Turma/ Tema	Nº de alunos	IRA			Avaliação teórica (60%)			Participação (10%)			Estudo de caso (30%)			Média Final		
		Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV
2011/2	44	3,30	0,42	12,57	5,00	2,60	51,99	7,10	2,47	34,73	6,50	1,99	30,63	6,20	1,84	29,60
2012/1	40	2,90	0,49	16,76	4,77	2,14	44,74	6,85	2,84	41,37	6,48	2,77	42,89	5,43	2,10	38,70
2012/2	53	3,03	0,49	16,18	5,10	2,31	45,30	6,37	2,50	39,30	5,86	2,68	45,80	5,45	2,20	38,53
2013/1	60	2,85	0,56	19,54	2,87	1,54	53,63	3,73	2,04	54,58	6,60	1,70	25,78	4,54	1,40	30,97

O primeiro critério utilizado para avaliação dos alunos que compõe a turma é o sumário do histórico do desempenho acadêmico, obtido pelo IRA.

Os pesos das menções para composição do IRA são os seguintes: SR (Sem Rendimento), obtido quando o aluno possui mais de 25% de faltas; II (Inferior), para médias entre 0,1 e 2,9; MI (Médio Inferior), para médias entre 3,0 a 4,9; MM (Médio) para médias entre 5,0 e 6,9; MS (Médio Superior), para médias entre 7,0 e 8,9 e SS (Superior), para médias entre 9,0 e 10. O valor do IRA varia de zero a cinco e o peso das menções para sua composição é zero para SR, um para II, dois para MI, três para MM, quatro para MS e cinco para SS.

A análise do IRA, do resultado do rendimento acadêmico nas avaliações teóricas, participação e estudos de caso foi utilizado para complementar e validar a avaliação feita por meio das percepções do desempenho e participação do convívio diário com a turma, contribuindo para diminuir o grau de subjetividade das análises.

A análise do IRA médio das turmas permite verificar que há uma diminuição desse valor desde a primeira edição da disciplina, assim como o aumento do coeficiente de variação. Os valores obtidos confirmam a percepção intuitiva sobre a diminuição do rendimento e participação ao longo dos semestres, principalmente o último, porém, o aumento do número de alunos na composição dessa turma também contribui para diminuição do desempenho e heterogeneidade do grupo. A média da avaliação da participação tem diminuído ao longo dos semestres, assim como o aumento da heterogeneidade da turma, expressa por meio do desvio padrão e coeficiente de variação.

A mesma afirmação pode ser feita sobre o rendimento acadêmico nos estudos de caso e a média final ao longo dos semestres, quanto à diminuição do rendimento acadêmico nos estudos de caso e média final e aumento do desvio padrão e coeficiente de variação.

Soma-se a esse quadro as observações e percepção no cotidiano com os alunos sobre seu despreparo e falta de base teórica, a dificuldade de realizar trabalhos em grupo extra classe e a dificuldade de perceber a importância da gestão ambiental no contexto da engenharia. Essa análise tem levado à busca de métodos de ensino que sejam capazes de incentivar e mobilizar os alunos na construção do próprio aprendizado.

Observações e discussões com professores e pesquisadores de diversas áreas da FGA, realizadas ao longo de todas as edições da disciplina, resultaram na decisão de utilizar métodos formais de pesquisa e análises estatísticas, bem como propor o desenvolvimento de objetos pedagógicos que envolvam ambientes de simulação computacional para a próxima edição da disciplina, a ser realizada no segundo semestre de 2013.

A avaliação do desempenho do professor organizada pela Comissão Própria de Avaliação da UnB, realizada pelos alunos após cada semestre está na “Tabela 2”.

Tabela 2 – Avaliação discente sobre a disciplina de Gestão Ambiental de 2011 a 2012

Turma/Tema	Nº de alunos	Desempenho professor			Auto avaliação desempenho			Relevância da disciplina		
		Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV	Média	DPAD	CV
2011/2	43	4,40	1,00	22,72	4,30	0,90	20,93	4,80	0,50	10,42
2012/1	14	4,20	0,90	21,43	4,00	0,90	22,50	4,40	0,80	18,18

Os valores atribuídos pelos alunos aos diversos itens varia de zero a cinco. Em todas as respostas a nota média atribuída foi superior a quatro (oitenta por cento do valor total). Um elevado coeficiente de variação (> 20) é verificado na avaliação do desempenho do professor. Na auto avaliação de desempenho e coeficiente de variação baixo foi verificado no item “relevância da disciplina para formação acadêmica e profissional”.

Na turma do segundo semestre de 2011 o método utilizado para avaliação foi a aplicação dos questionários na própria sala de aula. A partir do primeiro semestre de 2012 a avaliação passou a ser feita por meio da plataforma informatizada, “Matrícula Web”, e está em sua segunda edição. Essa forma de avaliar contribuiu para diminuir o número de alunos que respondem às avaliações e falta de mecanismos para incentivá-los a participar. Os resultados da avaliação do primeiro semestre de 2012 ainda não foram

publicados e o primeiro semestre de 2013 estava em andamento no momento da publicação deste artigo.

4.1. Primeira Edição (2011/2)

Fluxogramas elementares dos processos de transformação de energia para produção de etanol, biodiesel de palma e de soja, gasolina, diesel tipo D, termoeletricas a carvão mineral, a gás e a diesel, com identificação das máquinas e equipamentos e dos fluxos elementares: de entradas, saídas, resíduos e emissões foram elaborados, mas a análise quantitativa não foi possível pela falta de dados quantitativos. Os resultados foram apresentados em seminários, onde foram compartilhadas as experiências, discutidos os principais problemas encontrados e as lições aprendidas com o exercício.

A maior dificuldade encontrada pelos alunos foi a obtenção de dados quantitativos para realização dos inventários de ciclo de vida, tanto em consulta às organizações do setor, como em revisão bibliográfica.

O exercício proposto levou a um questionamento importante pelos alunos sobre a atribuição de responsabilidade pela geração e disponibilização de dados que possibilitem que inventários de ciclo de vida sejam produzidos de maneira a permitir a avaliação de impactos ambientais ao longo da cadeia produtiva dos processos de transformação de energia. As empresas amostradas não pareceram estar preparadas para trabalhar em rede e contribuir com o processo de aprendizado acadêmico e compartilhar dados e informações sobre seus processos produtivos. Algumas hipóteses foram levantadas, tais como a ausência desses dados e, ou resistência ao fornecimento de informações consideradas confidenciais.

Qualquer decisão sobre processos de transformação de energia menos impactantes e mais eficientes requer a quantificação de entradas e saídas de massa, energia e resíduos. A formação de engenheiros de energia, ambiental e socialmente responsáveis e instrumentalizados para tomadas de decisão que contribuam com a sustentabilidade requer acesso a dados e informações sobre o ciclo de vida dos processos produtivos, bem como os impactos ambientais negativos associados. A ausência de uma base de dados brasileira dificulta o exercício acadêmico sobre ACV.

4.2. Segunda edição (2012/1)

Os processos operacionais foram mapeados e o levantamento de atividades, aspectos e impactos foi realizado. Os responsáveis entrevistados dos postos de abastecimento afirmaram ter licenciamento ambiental, sendo que quatro demonstraram o documento. De acordo com informações fornecidas e percepção dos alunos o processo atendimento a requerimentos legais e licenciamento ambiental dos empreendimentos demonstrados é delegado a consultoria externa e não há internalização da gestão pelos responsáveis locais.

De acordo com percepção dos alunos em todos os empreendimentos estudados não houve conexão entre ações desempenhadas pelos trabalhadores de todos os níveis nos postos e proteção ambiental, identificando e mitigando impactos ambientais, ou a demanda por incluir o “custo ambiental” da atividade no sistema de contabilidade, a não ser os custos de licenciamento ambiental. As considerações sobre “meio ambiente” e “proteção ambiental” para os entrevistados remeteram a “proteção de parques”, “conservação de espécies”, não estando relacionadas ao ambiente do próprio posto.

As equipes elaboraram a versão 1.0 de um Guia para Licenciamento Ambiental e um Guia de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental para serem apresentados aos responsáveis postos de abastecimento. Os Guias foram avaliados pelos participantes, corrigidos e novamente entregues como contrapartida da participação. Os dados específicos de cada empreendimento foram utilizados apenas no exercício didático e não foram divulgados.

De acordo com as discussões em sala de aula com a apresentação das equipes, foi identificada a percepção, pelos alunos, da fragmentação das ações das organizações, sendo que as pessoas realizam suas tarefas específicas sem visão do todo e sem compreensão da relação entre atividades e impactos ambientais negativos.

4.3. Terceira edição (2/2012)

Na terceira edição foi realizado o diagnóstico institucional da FGA para implantação de um SGA. A solicitação de participação no preenchimento dos questionários foi feita a todos membros da comunidade acadêmica que estiveram presentes no Campus da FGA durante o período da coleta de dados. O número de participantes efetivo foi de 77 professores (69%), 22 servidores próprios (54%), 38 servidores terceirizados (100%) e 436 alunos (27%).

Essa pesquisa permitiu desenhar um cenário que caracteriza a linha de base em relação à percepção e comportamento da comunidade sobre a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental para a FGA.

A pesquisa incluiu também quantificações de consumo de combustível e emissões da frota de veículos próprios e terceirizados, consumo de água e energia elétrica, consumo de papel, lâmpadas, tinta e tonner para impressão, material de limpeza e geração de emissões e resíduos sólidos.

Os resultados apresentados e discutidos em seminário permitiram evidenciar alguns pontos importantes, tais como a dificuldade da comunidade acadêmica em participar do diagnóstico e de perceber a importância da implantação de um sistema de SGA na instituição, bem como falta de informações sobre consumo para tomada de decisão.

4.4. Quarta edição (1/2013)

A quarta edição da disciplina está em andamento no momento de finalização deste artigo. A análise de todos os dados e informações do diagnóstico do semestre anterior está sendo finalizada. Um seminário envolvendo toda a comunidade para apresentação dos resultados foi realizada como atividade inicial para o lançamento da quarta edição de estudos de caso realizados na disciplina, e que dá continuidade ao projeto de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental na FGA, servindo como teste piloto para os quatro campi da UnB.

4.5. Quinta edição (2/2013)

Os resultados das quatro edições da disciplina estão sendo utilizados para planejar a quinta edição. Dois projetos de iniciação científica foram elaborados, em parceria com professores de Engenharia de Software, para desenvolvimento de simulação em ambiente computacional.

Uma pesquisa formal com delineamento estatístico sobre o perfil socioeconômico e cultural dos alunos matriculados na disciplina está sendo preparada, em equipe

multidisciplinar composta por professores da área de Software e equipe pedagógica, e um teste piloto deverá ser realizado com a turma do segundo semestre de 2013.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de desenvolver e avaliar métodos de ensino de gestão ambiental para engenharia de energia, adaptável ao perfil atual dos estudantes está sendo alcançado. O teste de diferentes métodos tem gerado uma coletânea de estudos e que estão sendo utilizados para aperfeiçoar a metodologia utilizada na disciplina.

A inclusão de variáveis ambientais no processo produtivo ainda é um processo imaturo e pouco desenvolvido em termos de ferramentas didáticas 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.

O rendimento acadêmico e a participação tem diminuído ao longo das quatro edições da disciplina, e a heterogeneidade da turma tem aumentado, o que pode ser verificado por meio da diminuição das médias e aumento do coeficiente de variação. O resultado dessas avaliações confirma as observações e percepções intuitivas.

A falta de maturidade dos alunos matriculados na disciplina de gestão ambiental, que é ofertada no quarto semestre, sem embasamento teórico e compreensão sobre processos produtivos, economia da energia e planejamento energético, bem como o elevado número de alunos em sala de aula podem estar contribuindo para o baixo desempenho acadêmico e dever ser objeto de avaliação para definição da inserção da disciplina na grade curricular.

Observações e percepções do grupo de professores das diversas engenharias resultam no levantamento 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 mau desempenho para o professor.

Os desafios de acompanhar e compreender as mudanças e o perfil do estudante que acessa a universidade pública atualmente requer estudos contínuos e redes de equipes multidisciplinares para o desenvolvimento contínuo de métodos de ensino.

Observações feitas por meio do convívio cotidiano, dos resultados do exercício prático realizado nas quatro 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 ao invés de mecânica. No entanto, métodos de avaliação devem ser identificados e, ou desenvolvidos para que seja possível ter critérios objetivos de avaliação associados às observações e percepções. Esses métodos passarão a ser desenvolvidos a partir da quinta edição da disciplina, a ser realizada no segundo semestre de 2013.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ABNT NBR ISO 14.001:2004. Sistemas da Gestão Ambiental: requisitos com orientação para o uso. 2004.

ABNT. ABNT NBR ISO 14.040. Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. 2009a.

ABNT. ABNT NBR ISO 14.044. Gestão ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações. 2009b.

CALDEIRA-PIRES, A.; SOUZA-PAULA, M.C.; VILLAS BÔAS, R.C. Avaliação do Ciclo de Vida: A ISO 14.040 na América Latina. Brasília: ABIPTI, 2005.

NARDELLI, A. M. B., GRIFFITH, J. J. Abordagem sistêmica para diagnósticos de desafios ambientais. In: V ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: Plêiade, 1999. p 293-300.

U.S.CENSUS BUREAU. International Data Base. Disponível em: <http://www.census.gov/population/international/data/idb/worldgrgraphic.php>. Acessado em: 30 janeiro de 2013.

YIN, R.K. Case study research: design and methods. 3a ed. (Applied social research methods series; v.5). London: Sage Publications, Inc. 2003. 179p.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT TEACHING METHODS IN ENERGY ENGINEERING

***Abstract:** The goal of this article is to demonstrate the results of process of development and evaluation of environmental management teaching methods in a Energy Engineering graduation program, carried out for four editions, and adapted to the profile of students currently accessing the public university, to legal, market and social demands, and to the inclusion of environmental variables in the productive process. The methods developed include consideration of aspects such as the increasing number of students in classes, with decreasing preparation, social, economic and cultural diversity as well as difficulty in communicating the aggregate value of the course to the academic and professional training. The planning of each semester, including definition of scope, goals and methods for case studies, is carried out taking into account the academic performance of previous classes and the evaluation of the professor of the course, by the students, carried out by the Self Evaluation Committee of the Universidade de Brasília. Besides, the continuous evaluation of the course, carried out via observation and perception of the participation in the class everyday contact, as well as the academic performance. The chosen goal has been achieved. The test of different methods has created a collection of case studies, which are used to improve the methods applied. The challenge of tracking and understanding changes in the profile of students to develop and improve teaching methods require continued studies and networks of transdisciplinary teams which contribute to significative learning.*



Key-words: *Environmental variables in the productive process, system thinking, Life Cycle Assessment, environmental education in engineering*