INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION
"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Contabilidade Ambiental em Emergia do Curso de Engenharia em um Campus da Universidade Paulista

A. P. Z. Santos, A. D. Frugoli, C. M. V. B. Almeida, P. A. Frugoli, C. A. F. Lima.

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Paulista, São Paulo, a_paulasantos@terra.com.br

Resumo

Este estudo aplica a contabilidade em emergia para avaliar o curso de Engenharia em um edifício educacional de uma Universidade. O edifício estudado está localizado dentro do campus Indianópolis da Universidade Paulista (UNIP), é utilizado pelo curso de Engenharia e ocupado por professores, alunos e funcionários. São avaliados os fluxos de energia e materiais do processo de implantação e uso do prédio e também a informação. A emergia total do edifício (implantação e uso) é de 1,25 x 10^{18} sej/ano, sendo que o concreto apresenta o valor mais significativo no valor total da emergia do edifício, devido ao grande número de salas de aula e laboratórios utilizados pelo curso de Engenharia. A segunda maior contribuição em emergia deve-se ao grande investimento em equipamentos utilizados para o bom funcionamento do curso, o que comprova a preocupação da Universidade com a formação adequada dos profissionais da área. A emergia total do curso de Engenharia da UNIP (incluindo a informação) é de 5,20 x 10^{19} sej (por cinco anos de duração do curso), muito maior que a emergia do edifício, devido a alta emergia da informação. A emergia do prédio contribui com 12,1% na formação do Engenheiro e a emergia da informação com 87,9%. A transformidade do Engenheiro é 7,4 vezes maior que a do aluno ingressante, representando o conhecimento adquirido durante os cinco anos de curso.

Palavras-Chave: Contabilidade ambiental; emergia; Universidade; Engenharia; informação.

1 Introdução

A Universidade Paulista (UNIP) é uma instituição particular com uma estrutura multi-campi, distribuída em São Paulo (capital e interior), Brasília, Goiânia e Manaus. O curso de Engenharia da UNIP é um dos mais tradicionais do país com grande importância na formação de profissionais competentes. O profissional formado em Engenharia recebe sólida formação técnica científica que o capacita a exercer diversas funções, dentre elas a de reduzir os impactos ambientais com conseqüentes benefícios econômicos para as empresas. Ressalta-se a importância de formar engenheiros capazes de avaliar um sistema de produção e propor melhorias. Para isto é imprescindível que a Instituição esteja em consonância com o contexto atual em que a preocupação com o meio ambiente é essencial.

As questões ambientais e a sustentabilidade são assuntos cada vez mais discutidos e cada vez mais o mercado de trabalho exige que as instituições de Ensino Superior adaptem suas estruturas e seu currículo para a formação de profissionais com o perfil exigido pela empresa e pela sociedade. Para tanto, a Universidade deve,

também, avaliar e adequar suas instalações para atender as questões ambientais e contribuir para a sustentabilidade.

Neste trabalho, aplica-se o método da síntese em emergia como ferramenta de contabilidade ambiental, considerando materiais, energia, trabalho humano e informação (conhecimento) de forma quantitativa e numa base comum, para avaliar os recursos necessários para formar um engenheiro. A contabilidade em emergia quantifica as relações entre os seres humanos e a biosfera. Quando aplicada a um edifício quantifica todos os recursos naturais utilizados na fabricação, manutenção e utilização do edifício. Também são contabilizadas para avaliar o aumento da transformidade do egresso, a emergia da informação prévia trazida pelos estudantes do Ensino Médio, a emergia da informação lecionada pelos professores e a emergia da informação dos livros.

Poucos estudos de contabilidade em emergia semelhantes ao desenvolvido neste trabalho foram encontrados na literatura (Pulselli et al. 2007; Meillaud et al. 2005; Odum 1996). O primeiro estudo (Pulselli et al. 2007) avalia um edifício para uso residencial e de escritórios na Itália detalhando as etapas de fabricação, manutenção e utilização do prédio. A contabilidade ambiental em emergia e o cálculo dos indicadores avaliam o desempenho ambiental de edifícios. O segundo (Meillaud et al. 2005) avalia um edifício educacional que abriga o laboratório de energia solar (LESO) no campus do Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Lausane, na Suíça. São avaliados dois aspectos: a economia de energia elétrica devida à instalação de painéis solares na fachada do prédio e o aumento de transformidade do egresso de pós-graduação. Os resultados mostram que a transformidade (emergia por unidade) do aluno que deixa o LESO é três vezes maior que a transformidade do aluno ingressante. Este aumento de transformidade representa a maior qualidade do aluno devida aos conhecimentos adquiridos pela interação com outros alunos e professores.

A avaliação da informação e do serviço humano foi primeiramente estudada por Odum, 1996, que apresenta transformidades de diferentes níveis hierárquicos e experiências educacionais da vida humana nos Estados Unidos. A emergia por indivíduo foi calculada dividindo a emergia total dos Estados Unidos (1980) pelo número de habitantes do país, considerando-se o estágio de educação. As transformidades dos níveis hierárquicos da educação foram calculadas dividindo-se a emergia solar anual total dos Estados Unidos pelo produto do número de pessoas de cada nível hierárquico e o metabolismo energético por pessoa. O aprendizado se dá por meio de uma interação dos fluxos de entradas de informação, materiais e energia. A transformidade da informação é a emergia por unidade da energia que transporta a informação (Odum, 1996). Com base nestas considerações Odum avaliou a Universidade da Flórida.

2 Metodologia

Por definição, emergia é a energia solar disponível e utilizada direta ou indiretamente para obter um produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza e da economia (Odum, 1996). A unidade de emergia é joule de energia solar (sej).

Neste trabalho, aplica-se a contabilidade ambiental em emergia como ferramenta para avaliar um curso de Engenharia, considerando materiais, energia, trabalho humano e informação em uma base comum, contabilizando os recursos necessários para formar um engenheiro.

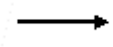
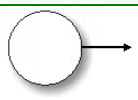
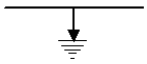
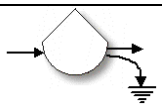
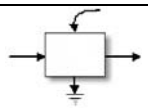
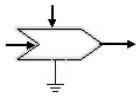
A contabilidade ambiental em emergia contabiliza todos os processos necessários para obtenção dos insumos, inclusive a energia obtida da natureza que outras

metodologias não consideram. Esta contabilidade indica o uso correto dos recursos ambientais e contabiliza valores da energia solar incorporada aos produtos e serviços. Consideram-se na análise todos os insumos necessários para obter um produto ou serviço, incluindo as contribuições da natureza (irradiação solar, chuva, vento, água de poço, solo e biodiversidade) e as fornecidas pela economia (materiais, combustíveis, maquinário, mão de obra etc.). A emergia pode ser usada para quantificar a produção da informação através do metabolismo humano e o nível do conhecimento. Quanto maior o fluxo de energia em um processo, maior será seu custo em termos de energia solar e, portanto maior o custo do meio ambiente para mantê-lo.

Esse método usa a transformidade solar (emergia por unidade) como um indicador de qualidade e eficiência. A transformidade solar é a energia solar necessária para se obter um joule de um produto ou serviço. A emergia por unidade de tempo é calculada multiplicando-se o fluxo energético (J/ano) pela transformidade (sej/J).

Quando os dados estão em unidades de massa (g), volume (m^3) ou dinheiro ($) usa-se o termo emergia por unidade. A cada processo avaliado, as emergias por unidade / transformidades anteriormente calculadas, retiradas da literatura, são utilizadas como um modo prático de determinação da emergia (sej) dos produtos ou serviços comuns. As transformidades da informação prévia do aluno e do professor foram calculadas neste estudo com dados do Brasil e os cálculos são mostrados no anexo (quadros A1 e A2).

Quadro 1. Símbolos para construção do diagrama de energia. (Odum, 1996)

	**Fluxo de energia:** um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou a intensidade da fonte que o produz.
	**Fonte:** um recurso externo de energia que fornece energia de acordo a um programa controlado externamente (função força).
	**Sumidouro de energia:** o sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo dessa transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa intensidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispensam energia.
	**Estoque / Depósito:** uma reserva de energia dentro dos limites do sistema determinada pelo balanço de entradas e saídas.
	**Caixa:** símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um subsistema.
	**Interação:** Interseção de no mínimo dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com uma certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre outro, presença de um fator limitante, uma válvula.

A contabilidade em emergia é tradicionalmente feita em três etapas:

1ª etapa: construção de um diagrama definindo-se a fronteira do sistema e todas as fontes de energia e materiais que alimentam o sistema. A metodologia utiliza símbolos próprios para a representação dos diversos componentes do sistema em estudo. Neste trabalho são utilizados os símbolos descritos no quadro 1.

2ª etapa: a partir do diagrama, efetua-se a construção de uma tabela com todas as entradas de energia e materiais do sistema. Nesta etapa selecionam-se as emergias por unidade e / ou as transformidades para o cálculo da emergia. Os dados de quantidades (energia, massa, volume) foram obtidos em campo e os

dados de emergia por unidade / transformidade foram obtidos na literatura disponível. A emergia foi calculada multiplicando-se as quantidades (energia, massa, volume) pelo valor da emergia por unidade / transformidade.

3ª etapa: interpretação dos resultados e cálculo de indicadores. Os indicadores são ferramentas utilizadas para simplificar informações, permitindo comparar resultados. O índice de emergia do edifício por aluno indica o quanto de material e energia são investidos anualmente para a manutenção de um discente neste curso de Engenharia. O índice de emergia do curso de Engenharia por aluno indica quanto de recursos e de informação, foram investidos por ano para formar um engenheiro.

O edifício em estudo está localizado no campus Indianópolis e abriga um curso de Engenharia. O prédio possui um total de 30.000 m^2 distribuídos em 6 andares com salas de aula, auditório, laboratórios (informática, química, física, elétrica, mecânica dos fluídos, construção civil etc.). Deste total, são usados pelo curso de Engenharia, 41 salas de aula, os laboratórios citados anteriormente e parte das áreas comuns. A UNIP em seu campus Indianópolis possui 5.457 alunos sendo 2.770 do curso de Engenharia (dados referentes ao ano de 2007), que utilizam o edifício em estudo nos períodos diurno e noturno (50,76% dos alunos do campus Indianópolis cursam Engenharia).

3 Resultados

3.1 Diagrama de energia dos sistemas

O diagrama do edifício da UNIP, que é mostrado na figura 1, representa os fluxos de energia e materiais do edifício. Neste diagrama são avaliadas a implantação e a utilização do prédio. A manutenção não foi considerada, pois foi estabelecida uma vida útil de 25 anos para a construção, que equivale ao tempo de degradação do prédio (Tomson, 2004). O limite do sistema foi estabelecido: implantação e uso do edifício com janela de um ano (representado pelo retângulo maior). A implantação é representada pelo símbolo estoque (maior), pois é considerada uma memória de energia que persiste no tempo (energia e materiais que foram estocados). As entradas para esta fase são: materiais de construção e de mobiliário, equipamentos e livros. As entradas de materiais de construção e de mobiliário (1 – 9, Tabela 1) foram divididas por 25 anos (tempo de degradação dos materiais de construção e de mobiliário do prédio, sem considerar manutenção). Os fluxos referentes aos equipamentos (11 – 15, Tabela 1) foram divididos por 5 ou 10 anos dependendo da vida útil do material (Agenda tributária e tabelas práticas - Taxas de depreciação de bens do ativo imobiliário, 2005). Para os livros (16, Tabela 1) foi considerada uma vida útil de 25 anos. O mobiliário, os equipamentos (computadores, data-show, ventiladores, vidraria de laboratório e outros) e a biblioteca (livros) também foram representados como estoques. Todos em conjunto com a estrutura construída representam os componentes materiais do edifício.

O uso do edifício (utilização do prédio para formação de engenheiros) é representado por um retângulo que representa interações com os usuários do edifício que contam com um fluxo constante de energia e materiais. As entradas de energia e materiais são representadas na ordem crescente de qualidade (emergia por unidade / transformidade). A água de poço utilizada foi considerada como fonte não renovável, por isso foi representada pelo símbolo estoque. A irradiação solar representa a incidência de luz solar durante o dia no edifício e evita o uso de eletricidade nas salas de aula e corredores. O calor do Sol aquece o ambiente evitando uso de aquecedores. As saídas do processo são: uma Escola de Engenharia e resíduos, como água e resíduos sólidos (papel, plástico).

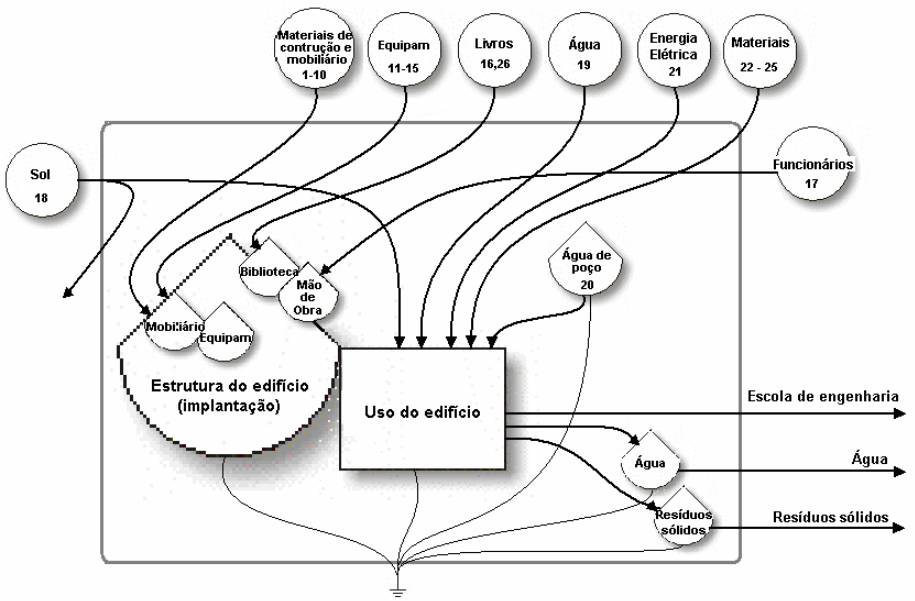


Fig. 1. Diagrama de energia do campus Indianópolis onde é oferecido o curso de Engenharia. Os números dentro dos círculos estão associados às linhas da Tabela 1.

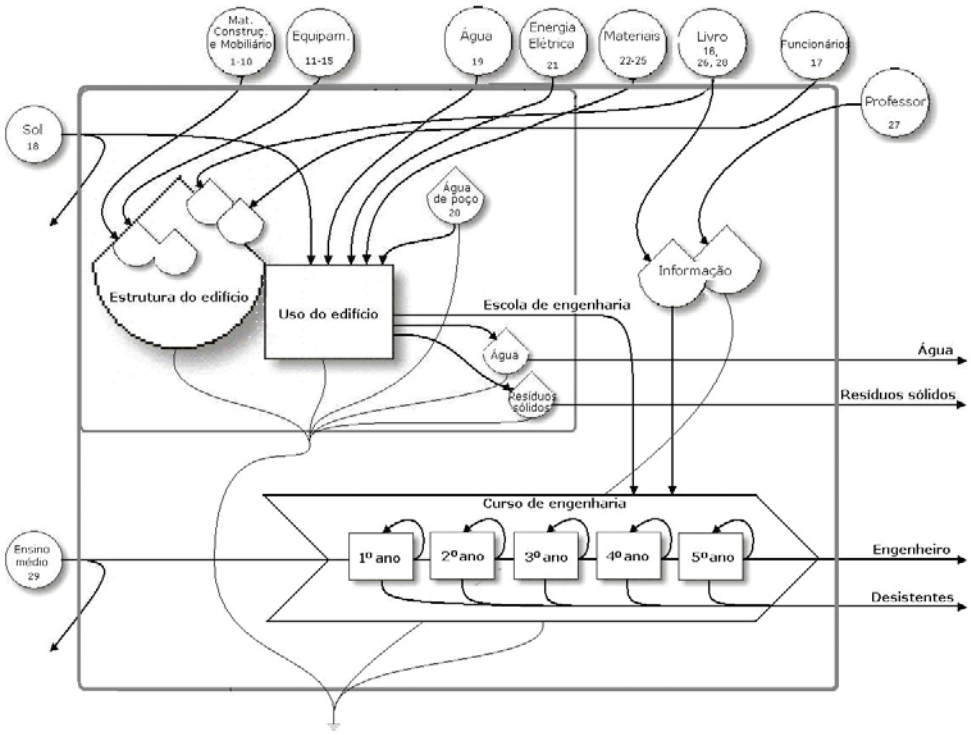


Fig. 2. Diagrama de energia do curso de Engenharia do campus Indianópolis da UNIP. Os números dentro dos círculos estão associados às linhas da Tabela 2.

O diagrama do curso de Engenharia da UNIP é mostrado na figura 2 e apresenta os fluxos de energia e materiais do edifício e também os fluxos de informação. Neste diagrama são mostrados além da implantação e utilização do edifício, os conhecimentos transmitidos ao aluno durante o curso. O limite do sistema foi estabelecido com janela de cinco anos, que é o tempo de duração do curso (representado pelo retângulo maior). A informação é representada pelo símbolo estoque (professores e livros), pois é considerada uma memória de energia que

circula no mundo e persiste no tempo. O aluno do Ensino Médio também traz informações prévias. As saídas do processo são: engenheiros, desistentes, resíduos como água e resíduos sólidos (papel, plástico).

3.2 Contabilidade em emergia

A avaliação em emergia do edifício é apresentada na Tabela 1 e a avaliação em emergia do curso de Engenharia é apresentada na Tabela 2. Os dados utilizados referem-se ao ano de 2007.

A tabela 1 mostra a contabilidade em emergia da infra-estrutura necessária para oferecer um curso de engenharia. O concreto é o recurso que mais contribui no valor da emergia total do edifício (39,74%), devido à grande quantidade de salas de aula e laboratórios usados pelos alunos. A cerâmica que também é um material usado na construção, em pisos e banheiros, contribui com 8,19% na emergia do edifício. Em segundo lugar ficam os computadores com 29,01% da emergia total do edifício, e devido à grande quantidade de computadores no edifício, a energia elétrica contribui com 7,49%.

Na tabela 2, acrescenta-se à infra-estrutura a informação necessária para formar engenheiros. Há três tipos de informação que compõem a formação de um engenheiro:

1) A informação do professor para o aluno (item 27, tabela 2): considerado 1%, levando em conta que somente 1% do que o professor sabe é transmitido ao estudante e é aproveitado por ele (Odum, 1996).

2) Informação do livro para o aluno (item 28, tabela 2): informação que o aluno retira dos livros, também considerada 1% (Odum, 1996).

3) Informação que o aluno traz do Ensino Médio (item 29, tabela 2): conhecimento prévio do aluno que entra para fazer o curso de Engenharia, pois se considera que somente 10% (Odum, 1996) do que o aluno sabe, é aproveitado para o curso de Engenharia.

A tabela 2 mostra que a informação prévia do aluno é a que mais contribui para a emergia total da formação do engenheiro (55,64%), o que destaca a importância da formação do aluno nos ensinos fundamental e médio. A segunda maior contribuição é a da informação do professor que é transmitida e assimilada pelo aluno, com 32,31% da emergia total. A infra-estrutura contribui com apenas 12,1% sej/sej.

A transformidade do engenheiro formado pela UNIP é 7,4 vezes maior que a transformidade de um aluno que termina o Ensino Médio. Esse aumento está associado ao conhecimento adquirido por meio do contato com professores e outros alunos, ao uso do conhecimento contido nos livros e dos recursos e da infra-estrutura do edifício oferecidos pela universidade.

Durante o curso, observa-se que há alunos que não conseguem concluir o curso, por problemas econômicos ou pessoais. Estes alunos desistentes, apesar de não terminarem o curso, usufruem da infra-estrutura oferecida e são favorecidos pela informação transmitida pelos professores e pelo acervo da biblioteca durante o período que permanecem na universidade. Na tabela 2, mostra-se o aumento da emergia e da transformidade dos alunos desistentes em proporção ao tempo em que frequentaram o curso de Engenharia.

Tabela 1. Contabilidade em emergia do edifício usado pelo curso de Engenharia da UNIP

Item	Descrição	Un.	Quant. (un/ano)	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
	Implantação						
1	Concreto	g	$3,23 \times 10^{8}$	$1,54 \times 10^{9}$	$4,97 \times 10^{17}$	39,74%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$9,10 \times 10^{6}$	$4,15 \times 10^{9}$	$3,78 \times 10^{16}$	3,02%	Buranakarn, 2003
3	Madeira	g	$8,43 \times 10^{5}$	$8,79 \times 10^{8}$	$7,41 \times 10^{14}$	0,06%	Buranakarn, 2003
4	Plástico	g	$2,39 \times 10^{5}$	$5,75 \times 10^{9}$	$1,37 \times 10^{15}$	0,11%	Buranakarn, 2003
5	Ferro	g	$1,10 \times 10^{6}$	$4,15 \times 10^{9}$	$4,57 \times 10^{15}$	0,37%	Buranakarn, 2003
6	Alumínio	g	$3,23 \times 10^{5}$	$1,27 \times 10^{10}$	$4,11 \times 10^{15}$	0,33%	Buranakarn, 2003
7	Cerâmica	g	$3,35 \times 10^{7}$	$3,06 \times 10^{9}$	$1,03 \times 10^{17}$	8,19%	Buranakarn, 2003
8	Granito	g	$1,40 \times 10^{6}$	$8,40 \times 10^{8}$	$1,17 \times 10^{15}$	0,09%	Odum, 1996
9	Vidro (janelas e portas)	g	$3,37 \times 10^{5}$	$2,16 \times 10^{9}$	$7,27 \times 10^{14}$	0,06%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$2,86 \times 10^{4}$	$2,16 \times 10^{9}$	$6,17 \times 10^{13}$	0,00%	Buranakarn, 2003
11	Computador	g	$1,61 \times 10^{6}$	$2,26 \times 10^{11}$	$3,63 \times 10^{17}$	29,01%	Cohen et al., 2006
12	Data-show	g	$4,34 \times 10^{3}$	$1,13 \times 10^{11}$	$4,90 \times 10^{14}$	0,04%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojetor	g	$2,18 \times 10^{4}$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,47 \times 10^{15}$	0,20%	Cohen et al., 2006
14	Ventilador	g	$5,86 \times 10^{4}$	$4,10 \times 10^{9}$	$2,40 \times 10^{14}$	0,02%	Geber: Björklund, 2001
15	Vidraria (laboratório)	g	$1,55 \times 10^{4}$	$2,16 \times 10^{9}$	$3,34 \times 10^{13}$	0,00%	Buranakarn, 2003
16	Livro (estoque - biblioteca)	J	$3,82 \times 10^{6}$	$3,45 \times 10^{9}$	$1,32 \times 10^{16}$	1,05%	Odum, 1996
17	Funcionário	J	$1,09 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^{6}$	$4,67 \times 10^{16}$	3,73%	Coelho et al, 2002
					$1,075 \times 10^{18}$		
	Uso						
18	Irradiação solar	J	$1,61 \times 10^{11}$	1	$1,61 \times 10^{11}$	0,00%	Por definição
19	Água (SABESP)	m^3	$2,13 \times 10^{3}$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,65 \times 10^{15}$	0,13%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m^3	$7,74 \times 10^{3}$	$7,75 \times 10^{11}$	$6,00 \times 10^{15}$	0,48%	Buenfil, 2001
21	Energia Elétrica	J	$3,49 \times 10^{11}$	$2,69 \times 10^{5}$	$9,37 \times 10^{16}$	7,49%	Odum, 1996
22	Papel (sulfite)	g	$5,27 \times 10^{6}$	$2,38 \times 10^{9}$	$1,25 \times 10^{16}$	1,00%	Meillaud et al., 2005
23	Papel (toalha e higiênico)	g	$2,08 \times 10^{7}$	$2,38 \times 10^{9}$	$4,94 \times 10^{16}$	3,95%	Meillaud et al., 2005
24	Plástico (copos)	g	$8,86 \times 10^{5}$	$5,76 \times 10^{9}$	$5,10 \times 10^{15}$	0,41%	Buranakarn, 2003
25	Produto químico (laboratório)	g	$1,00 \times 10^{4}$	$6,38 \times 10^{8}$	$6,38 \times 10^{12}$	0,00%	Odum, 1996
26	Livros (entra todo ano)	J	$1,91 \times 10^{6}$	$3,45 \times 10^{9}$	$6,59 \times 10^{15}$	0,53%	Odum, 1996
					$1,75 \times 10^{17}$		
	Emergia Total				**$1,25 \times 10^{18}$**	**100%**	

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9,44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (Odum et al., 2000).

1-10: dados foram coletados em campo

11: Computador: emergia por unidade do computador foi considerada o dobro da dos outros equipamentos (data show e retroprojetor) por ser um equipamento mais sofisticado.

12–16: dados foram coletados em campo

17: Funcionário: 304 funcionários(1) x 120 kcal/h x 8,8 horas/dia(2) x 242 dias/ano(3) x 4186 J/kcal = $3,25 \times 10^{11}$J.

(1) - (50,76% dos 600 funcionários do campus servem ao curso de Engenharia).

(2) – Considerando 5 dias na semana e 44 horas semanais.

(3) – Considerando 22 dias no mês e 11 meses ao ano (descontando férias e finais de semana). A mão de obra (funcionários) foi dividida por 30 anos (tempo médio que os funcionários trabalham na UNIP) = $3,25 \times 10^{11}$ J/30anos = $1,09 \times 10^{10}$ J/ano

18: Irradiação solar: 10.830 m^2 (1) x 4,14 kWh/m^2 (2) x 1000 J/s x 3600 s = $1,61 \times 10^{11}$ J

(1) - Área externa do prédio usado pela Engenharia.

(2) – Insolação Média em São Paulo. (Sundata, 2008, 17/06)

19-26: dados foram coletados em campo

Tabela 2. Contabilidade em emergia do curso de Engenharia da UNIP

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos)**	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
	Implantação (prédio)						
1	Concreto	g	$1,62 \times 10^{9}$	$1,54 \times 10^{9}$	$2,49 \times 10^{18}$	4,78%	Buranakarn, 2003
2	Aço	g	$4,55 \times 10^{7}$	$4,15 \times 10^{9}$	$1,89 \times 10^{17}$	0,36%	Buranakarn, 2003
3	Madeira	g	$4,21 \times 10^{6}$	$8,79 \times 10^{8}$	$3,70 \times 10^{15}$	0,01%	Buranakarn, 2003
4	Plástico	g	$1,20 \times 10^{6}$	$5,75 \times 10^{9}$	$6,87 \times 10^{15}$	0,01%	Buranakarn, 2003
5	Ferro	g	$5,51 \times 10^{6}$	$4,15 \times 10^{9}$	$2,29 \times 10^{16}$	0,04%	Buranakarn, 2003
6	Alumínio	g	$1,62 \times 10^{6}$	$1,27 \times 10^{10}$	$2,05 \times 10^{16}$	0,04%	Buranakarn, 2003
7	Cerâmica	g	$1,68 \times 10^{8}$	$3,06 \times 10^{9}$	$5,13 \times 10^{17}$	0,99%	Buranakarn, 2003
8	Granito	g	$6,99 \times 10^{6}$	$8,40 \times 10^{8}$	$5,87 \times 10^{15}$	0,01%	Odum, 1996
Item	**Descrição**	**Un.**	**Quant. (un./ 5 anos)****	**Emergia/un. (sej/un.)***	**Emergia (sej)**	**% do total de emergia**	**Ref.**
9	Vidro (janelas e portas)	g	$1,68 \times 10^{6}$	$2,16 \times 10^{9}$	$3,64 \times 10^{15}$	0,01%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas)	g	$1,43 \times 10^{5}$	$2,16 \times 10^{9}$	$3,09 \times 10^{14}$	0,00%	Buranakarn, 2003
11	Computador	g	$8,05 \times 10^{6}$	$2,26 \times 10^{11}$	$1,82 \times 10^{18}$	3,50%	Cohen et al., 2006
12	Data-show	g	$2,17 \times 10^{4}$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,45 \times 10^{15}$	0,00%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojetor	g	$1,09 \times 10^{5}$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,23 \times 10^{16}$	0,02%	Cohen et al., 2006
14	Ventilador	g	$2,93 \times 10^{5}$	$4,10 \times 10^{9}$	$1,20 \times 10^{15}$	0,00%	Geber: Björklund, 2001

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos)**	Emergia/un. (sej/un.)*	Emergia (sej)	% do total de emergia	Ref.
15	Vidraria (laboratório)	g	$7{,}73 \times 10^{4}$	$2{,}16 \times 10^{9}$	$1{,}67 \times 10^{14}$	0,00%	Buranakarn, 2003
16	Livro (estoque - biblioteca)	J	$1{,}91 \times 10^{7}$	$3{,}45 \times 10^{9}$	$6{,}59 \times 10^{16}$	0,13%	Odum, 1996
17	Funcionário	J	$5{,}43 \times 10^{10}$	$4{,}30 \times 10^{6}$	$2{,}34 \times 10^{17}$	0,45%	Coelho et al, 2002
	Uso (prédio)						
18	Irradiação solar	J	$8{,}05 \times 10^{11}$	1	$8{,}05 \times 10^{11}$	0,00%	Por definição
19	Água (SABESP)	m^3	$1{,}06 \times 10^{4}$	$7{,}75 \times 10^{11}$	$8{,}23 \times 10^{15}$	0,02%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m^3	$3{,}87 \times 10^{4}$	$7{,}75 \times 10^{11}$	$3{,}00 \times 10^{16}$	0,06%	Buenfil, 2001
21	Energia Elétrica	J	$1{,}74 \times 10^{12}$	$2{,}69 \times 10^{5}$	$4{,}69 \times 10^{17}$	0,90%	Odum Pág 305
22	Papel (sulfite)	g	$2{,}64 \times 10^{7}$	$2{,}38 \times 10^{9}$	$6{,}27 \times 10^{16}$	0,12%	Meillaud et al., 2005
23	Papel (toalha e higiênico)	g	$1{,}04 \times 10^{8}$	$2{,}38 \times 10^{9}$	$2{,}47 \times 10^{17}$	0,47%	Meillaud et al., 2005
24	Plástico (copos)	g	$4{,}43 \times 10^{6}$	$5{,}76 \times 10^{9}$	$2{,}55 \times 10^{16}$	0,05%	Buranakarn, 1998
25	Produto químico (laboratório)	g	$5{,}00 \times 10^{4}$	$6{,}38 \times 10^{8}$	$3{,}19 \times 10^{13}$	0,00%	Odum, 1996
26	Livro (entra todo ano)	J	$9{,}55 \times 10^{6}$	$3{,}45 \times 10^{9}$	$3{,}30 \times 10^{16}$	0,06%	Odum, 1996
					$6{,}29 \times 10^{18}$		
	Informação						
27	Informação (Professor) - (1%)	J	$9{,}55 \times 10^{10}$	$1{,}76 \times 10^{8}$	$1{,}68 \times 10^{19}$	32,31%	Calculada, Quadro A1
28	Informação (Livro)	J	$2{,}87 \times 10^{8}$	$3{,}45 \times 10^{7}$	$9{,}89 \times 10^{15}$	0,02%	Odum, 1996
29	Informação (Aluno) - (10%)	J	$3{,}53 \times 10^{11}$	$8{,}20 \times 10^{7}$	$2{,}89 \times 10^{19}$	55,64%	Calculada, Quadro A2
					$4{,}57 \times 10^{19}$		
	Emergia Total				**$5{,}20 \times 10^{19}$**	**100,00%**	
	Saída						
	Desistente ano 1 (20% emergia total)	J	$9{,}60 \times 10^{10}$	$3{,}59 \times 10^{8}$	$3{,}45 \times 10^{19}$		
	Desistente ano 2 (40% emergia total)	J	$8{,}90 \times 10^{10}$	$4{,}39 \times 10^{8}$	$3{,}91 \times 10^{19}$		
	Desistente ano 3 60% emergia total)	J	$8{,}23 \times 10^{10}$	$5{,}74 \times 10^{8}$	$4{,}73 \times 10^{19}$		
	Engenheiro	**J**	**$8{,}57 \times 10^{10}$**	**$6{,}07 \times 10^{8}$**	**$5{,}20 \times 10^{19}$**		

* As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para converter na base nova (até 2000 – base: $9{,}44 \times 10^{24}$ sej/ano e após 2000 – base $15{,}83 \times 10^{24}$ sej/ano) – (Odum et al., 2000).
27 - Considerando as horas totais de aulas (do 1º ao 5º ano): 953 horas semanais.
953 / 91 professores = 10,47 aulas semanais/professor - 10,47 / 5 dias na semana = 2,09 aulas / dia (cada professor), sendo cada aula de 50 minutos = 1,745 hora/dia + 1/6 de hora atividade = 2,04 horas/dia x 205 dias/ano x 5 anos = $1{,}91 \times 10^{10}$J x 5 anos = $9{,}55 \times 10^{10}$J
**O curso de Engenharia é de 5 anos, as entradas da coluna 4 foram multiplicadas por cinco, com exceção da informação prévia trazida pelo aluno que só entra uma vez.

3.3. Indicadores

De posse da contabilidade em emergia do curso de engenharia, pode-se calcular indicadores que poderão ser utilizados para comparar os resultados obtidos com outros estudos publicados na literatura ou com outros cursos de graduação.

O fluxo de emergia total do edifício é $1{,}25 \times 10^{18}$ sej / ano. Este valor indica o quanto de material e energia são investidos anualmente para a manutenção de um discente no curso de Engenharia e inclui a implantação e o uso do edifício. A emergia do edifício é equivalente a $4{,}51 \times 10^{14}$ sej / aluno por ano. A emergia da informação que o aluno recebe durante o curso é três vezes maior que a empregada na infra-estrutura e no funcionamento do edifício ($1{,}21 \times 10^{15}$ sej / aluno por ano). A contribuição da informação prévia trazida pelos alunos de ensino médio representa 55% da emergia total necessária para a formação de engenheiros, o que comprova a importância da formação básica. Observa-se que a transformidade da informação aluno de ensino médio que cursa engenharia aumenta 7,4 vezes (ou aproximadamente 1,5 vezes por ano).

4 Conclusão

A contabilidade em emergia foi aplicada neste estudo para avaliar todos os recursos necessários para oferecer um curso de Engenharia, incluindo a informação.

Este estudo mostra as características das instalações necessárias para a operação de um curso de Engenharia bem como da informação transmitida ao aluno, de

forma a fornecer informações que podem ser utilizadas para a comparação entre diversos cursos ou para a implantação de cursos novos. A avaliação detalhada, que inclui aspectos convencionais (área construída, número de livros e funcionários) é complementada com a inclusão de aspectos ambientais (uso da luz solar, água etc.). O uso de indicadores fornece informações sobre a quantidade e a distribuição do investimento em emergia (recursos renováveis e não renováveis) para manter uma escola de Engenharia.

A avaliação do curso de engenharia revelou que os recursos mais importantes para a formação de um engenheiro são as informações transmitidas pelos professores e as trazidas pelo próprio aluno.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem à Diretoria do ICET (Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da UNIP), Professor Doutor Fábio Romeu de Carvalho pelo apoio e ajuda no fornecimento dos dados. Agradecimentos são também endereçados ao Professor José Américo A. Herling e a todos que colaboraram de alguma forma no fornecimento dos dados.

6 Referências Bibliográficas

Brown, M. T.; Buranakarn, V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. Resources Conservation and Recycling. 38, 01-22, 2003.

Buranakarn, V. Evaluacion of recycle and reuse of building materials using the emergy analysis method. 281 p. Thesis – University of Florida, USA, 1998.

Buenfil, A.A. Emergy Evaluation of water. 248 p. Thesis – University of Florida, USA, 2001.

Coelho, O; Ortega, E.; Comar, V. Balanço de emergia do Brasil, 2002. Disponível em: http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf. Acessado em Agosto/2007.

Cohen, M. J.; Brown. M. T.; Shepherd, K. D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis. Agriculture Ecosystems & Environments, 114, 249-269, 2006.

Geber, U.; Björklund. J. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study. Ecological Engineering, 18, 39-59, 2001.

Lóiacono, S. M. Z.; Lóiacono, J. S. Agenda tributária e tabelas práticas (Taxas de depreciação de bens do ativo imobiliário). Editora Informare. São Paulo, Brasil, 2005.

Meillaud, F. Evaluation of the solar experimental LESO building using the emergy method. 47 p. Master thesis – Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Swiss, 2003.

Meillaud, F.; Gay, J. B.; Brown, M. T. Evaluation of a building using the emergy method. Solar Energy, 79, 204-212, 2005.

Odum, H. T. Environmental Accouting: Emergy and Environmental Decision Making. New York: John Willey & Sons, INC, 1996.

Odum, H. T., Brown, M.T., Brandt-Williams, S. Handbook of Emergy Evaluation – A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Fólio # 1: Introduction and Global Budget. Center for Environmental Policy - Environmental Engineering Sciences. - University of Florida, Gainesville, 2000.

Pulselli, R. M.; Simoncini. E.; Pulselli, F. M.; Bastianoni. S. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings, Italy. 39, 620-628, 2007.

Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, parte 3, pág 197, 2004, Disponível em: http://www.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/sinopse/sinopse.asp. Acessado em Setembro/2008.

Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), INEP, Ministério da Educação, 2005, Disponível em: http://sinaes.inep.gov.br/sinaes/. Acessado em Setembro/2008.

SUNDATA, 2008, Disponível em: www.cresesb.cepel.br. Acessado em Junho/2008.

Thomson – 10B – Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, Anuário, 2004.

Anexo

Cálculo da transformidade da informação transmitida pelos professores (Quadro A1) e da informação prévia empregada pelos alunos no curso de engenharia (Quadro A2).

Quadro A1. Cálculo da transformidade da informação transmitida pelos professores

- Média das horas trabalhadas pelos professores Universitários do Brasil: 6 aulas de 50 minutos / dia = 5h/ dia (por professor)
- Quantidade de professores do Ensino Superior no Brasil = 305.960 professores (Sinaes/INEP, 2005).

305.960 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 5h/ dia x 205 dias/ ano = $1,57 \times 10^{14}$ J/ ano (energia).

- Emergia do Brasil = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano (Coelho et al., 2002)
- Transformidade dos professores = Emergia do Brasil / Energia dos professores = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano / $1,57 \times 10^{14}$ J/ ano = $1,76 \times 10^{10}$ sej/J
- Informação do professor para o aluno = 1% (Odum, 1996)

Transformidade = $0,01 \times 1,76 \times 10^{10}$ sej/J = $1,76 \times 10^{8}$ sej/J

Quadro A2. Cálculo da transformidade da informação trazida do Ensino Médio

- Tempo de aulas diárias: 6 aulas de 50 minutos = 5h/ dia (por aluno)
- Alunos que terminaram o Ensino Médio no Brasil = 6.535.898 alunos (Sinopse Estatística da Educação Básica, INEP, 2004)

6.535.898 x 120 kcal/ h x 4.186 J/ kcal x 5h/ dia x 205 dias/ ano = $3,36 \times 10^{15}$ J/ ano (energia).

- Emergia do Brasil = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano (Coelho et al., 2002)
- Transformidade dos alunos que terminaram o EM = Emergia do Brasil / Energia dos alunos = $2,77 \times 10^{24}$ sej/ ano / $3,36 \times 10^{15}$ J/ ano = $8,2 \times 10^{8}$ sej/J
- Informação que o aluno traz do Ensino Médio = 10% (Odum, 1996)

Transformidade = $0,1 \times 8,2 \times 10^{8}$ sej/J = $8,2 \times 10^{7}$ sej/J