

**UNIP**

UNIVERSIDADE PAULISTA

Programa de Pós Graduação  
em Engenharia de Produção

# CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA DO CURSO DE ENGENHARIA EM UM CAMPUS DA UNIVERSIDADE PAULISTA

Ana Paula Z. dos Santos

Alexandre D. Frugoli

Cecília M. V. B. Almeida

Pedro A. Frugoli

Carlos A. F. de Lima

2<sup>nd</sup> International Workshop Advances in Cleaner Production

# INTRODUÇÃO



- A Universidade Paulista - UNIP é uma universidade particular com uma estrutura multi-campi.
- O curso de Engenharia da UNIP é um dos mais tradicionais do país com grande importância na formação de profissionais competentes.
- O Engenheiro é também um dos responsáveis pela redução dos 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 que oferece o curso de Engenharia esteja em consonância com o contexto atual em que a preocupação com o meio ambiente é essencial.

# INTRODUÇÃO



- Poucos estudos de contabilidade em energia semelhantes ao desenvolvido nesse trabalho foram encontrados na literatura:
  - Pulselli et al., 2007: avalia um edifício para uso residencial e de escritórios na Itália, detalha as etapas de construção, manutenção e utilização do prédio.
  - Meillaud et al., 2005: avalia um edifício do campus do Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Lausanne na Suíça onde se oferece um curso de pós graduação.
  - Odum, 1996: avalia os diferentes níveis educacionais da vida humana nos Estados Unidos e avalia também a Universidade da Flórida.
- Este estudo avalia o curso de Engenharia oferecido em uma universidade no Brasil.

# INTRODUÇÃO



- A metodologia utilizada permite:
  - contabilizar todos os recursos necessários para formar um Engenheiro, incluindo a informação.
  - identificar os principais recursos utilizados e propor melhorias .

# OBJETIVO



- Efetuar a contabilidade ambiental em energia para avaliar o suporte ambiental necessário para formar um Engenheiro.

# DESCRIÇÃO DO SISTEMA



- O edifício em estudo possui um total de 30.000m<sup>2</sup> distribuídos em 6 andares com salas de aula, auditório e laboratórios (informática, química, física, elétrica, mecânica dos fluídos, construção civil, etc). Deste total, 41 salas de aula, os laboratórios citados e parte das áreas comuns são usados pelo curso de Engenharia.
- O campus Indianópolis possui 5.457 alunos sendo 2.770 do curso de Engenharia, que utilizam o edifício em estudo nos períodos diurno e noturno.

# METODOLOGIA

- 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).

$$\text{Emergia (sej/ano)} = \text{Energia (J/ano)} \times \text{Transformidade (sej/J)}$$

- A contabilidade em emergia usa a energia solar incorporada como base de medida e contabiliza todos os processos necessários para obtenção dos insumos. A emergia pode ser usada para quantificar a produção da informação por meio do metabolismo humano e o nível do conhecimento.

# METODOLOGIA

Etapas da contabilidade em Emergia:

- Construção do diagrama
- Construção da tabela a partir do diagrama
- Interpretação de resultados e cálculo dos indicadores

# RESULTADOS

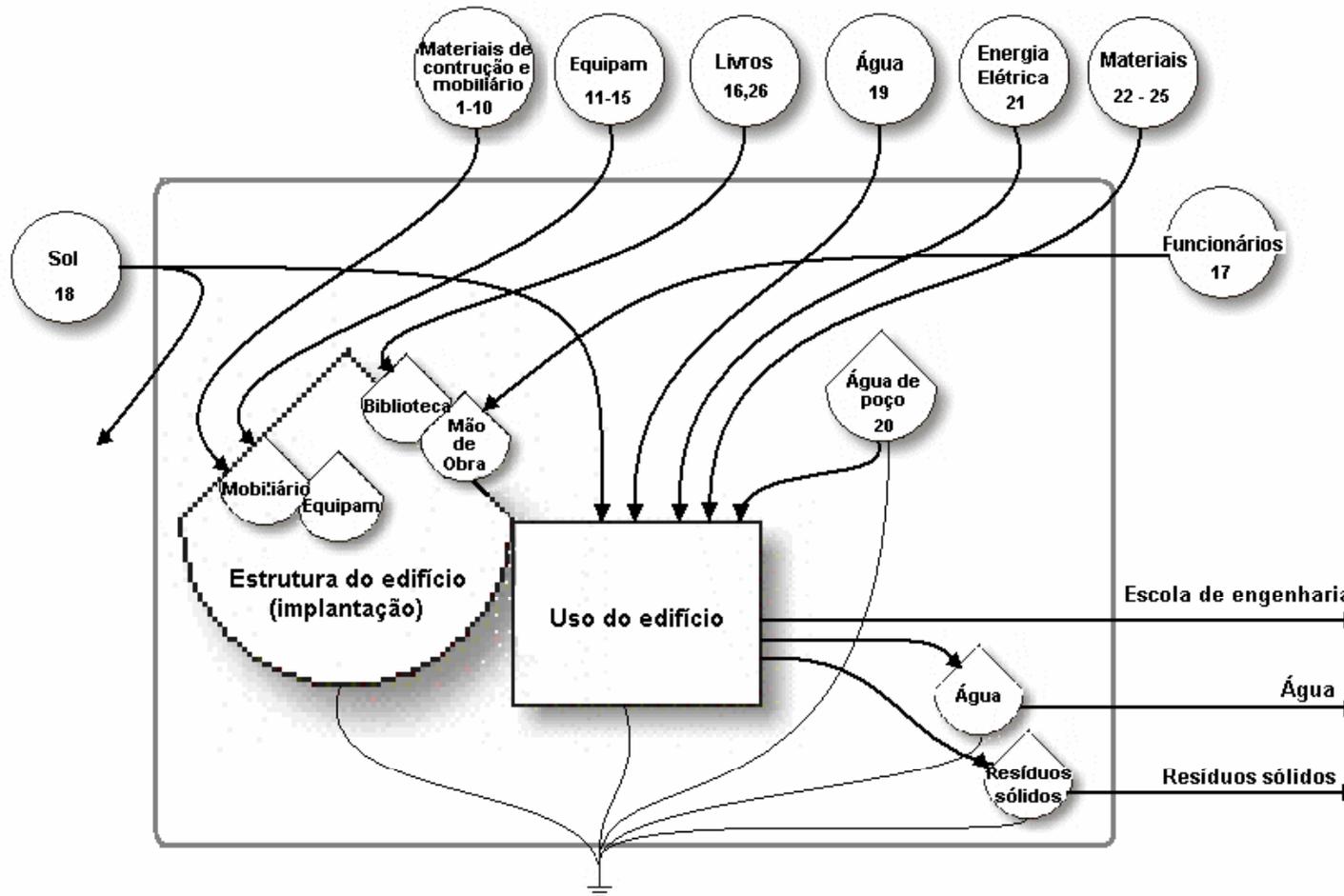


FIGURA 1 – Diagrama de energia do prédio utilizado pelo curso de Engenharia no campus Indianópolis da UNIP.

# RESULTADOS



UNIVERSIDADE PAULISTA

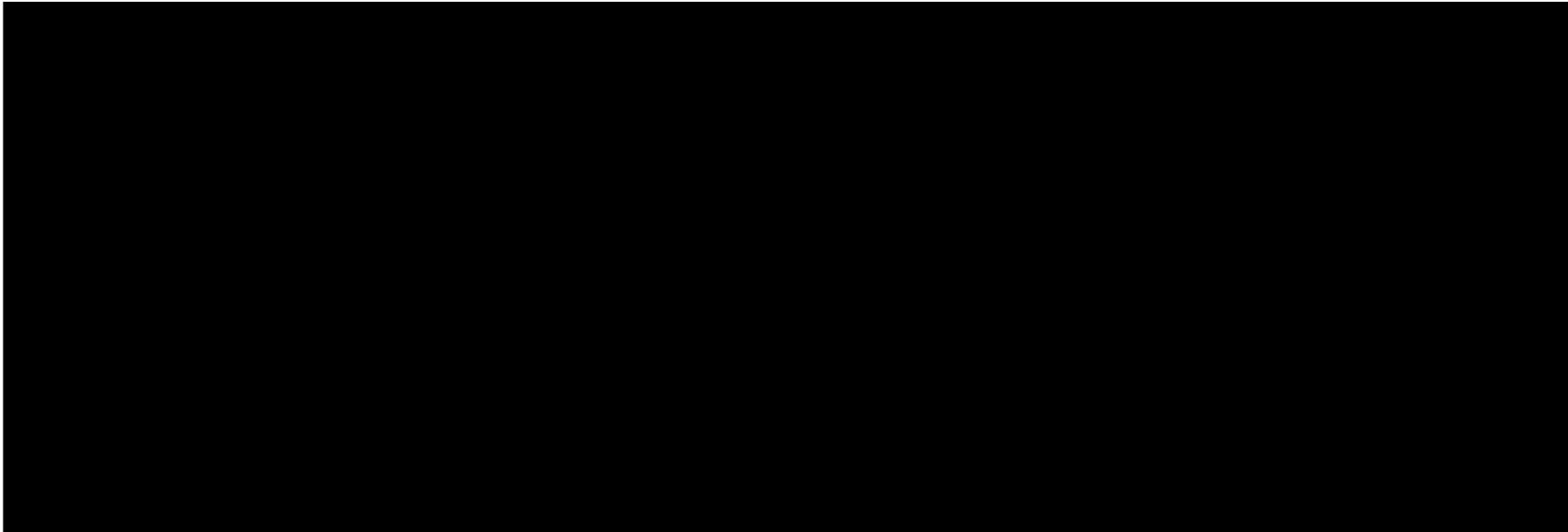
Programa de Pós Graduação  
em Engenharia de Produção

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

Item	Descrição	Un.	Quant. (un/ano)	Energia/un. (sej/un.)*	Energia (sej)	% do total de energia	Ref.
<b>Implantação</b>							
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	$8,43 \times 10^5$	$8,79 \times 10^8$	$7,41 \times 10^{14}$	<0,1%	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	$3,37 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$7,27 \times 10^{14}$	<0,1%	Buranakarn, 2003
10	Vidro (lâmpadas das luminárias)	g	$2,86 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$6,17 \times 10^{13}$	<0,1%	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	$4,34 \times 10^3$	$1,13 \times 10^{11}$	$4,90 \times 10^{14}$	<0,1%	Cohen et al., 2006
13	Retroprojeter	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	$5,86 \times 10^4$	$4,10 \times 10^9$	$2,40 \times 10^{14}$	<0,1%	Geber: Björklund, 2001
15	Vidreira (laboratório)	g	$1,55 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$3,34 \times 10^{13}$	<0,1%	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
					<b><math>1,075 \times 10^{18}</math></b>		
<b>Uso</b>							
18	Irradiação solar	J	$1,61 \times 10^{11}$	1	$1,61 \times 10^{11}$	<0,1%	Por definição
19	Água (SABESP)	m <sup>3</sup>	$2,13 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,65 \times 10^{15}$	0,13%	Buenfil, 2001
20	Água (Poço)	m <sup>3</sup>	$7,74 \times 10^3$	$7,75 \times 10^{11}$	$6,00 \times 10^{15}$	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	$1,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$6,38 \times 10^{12}$	<0,1%	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
					<b><math>1,75 \times 10^{17}</math></b>		
<b>Energia Total</b>					<b><math>1,25 \times 10^{18}</math></b>	<b>100%</b>	

# RESULTADOS

Tabela: Energia dos itens mais significativos do edifício (implantação e uso)



Durante a operação do sistema a energia elétrica representa 54% dos recursos empregados anualmente, enquanto o papel corresponde a 36%.

# RESULTADOS

**UNIP**

UNIVERSIDADE PAULISTA

Programa de Pós Graduação  
em Engenharia de Produção

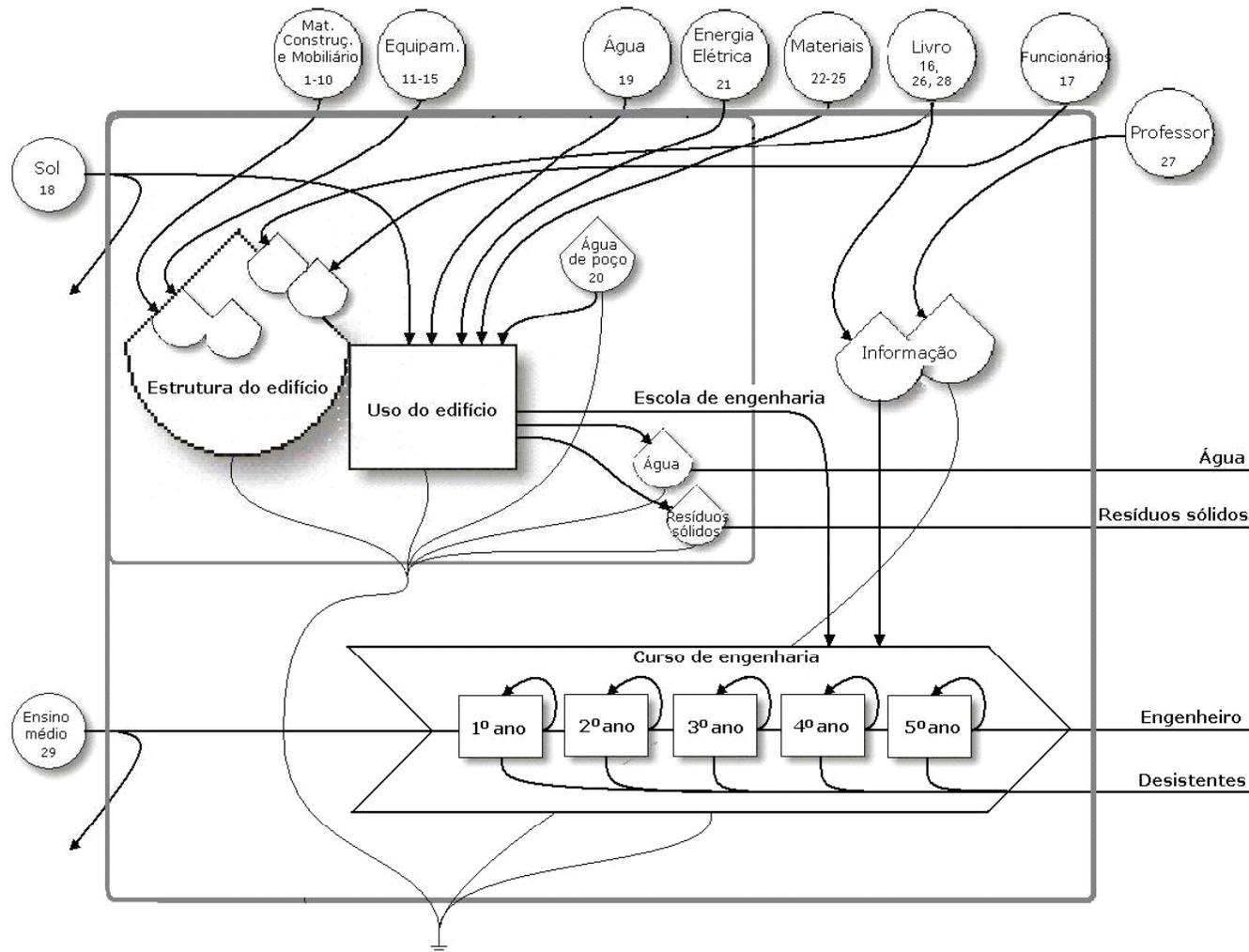


FIGURA 2 – Diagrama de energia do curso de Engenharia no campus Indianópolis da UNIP.

2<sup>nd</sup> International Workshop Advances in Cleaner Production

# RESULTADOS



UNIVERSIDADE PAULISTA

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

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos) **	Energia/un. (sej/un.)*	Energia (sej)	% do total de energia	Ref.	Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
<b>Implantação (prédio)</b>								
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	$4,21 \times 10^6$	$8,79 \times 10^8$	$3,70 \times 10^{15}$	<0,1%	Buranakarn, 2003	
4	Plástico	g	$1,20 \times 10^6$	$5,75 \times 10^9$	$6,87 \times 10^{15}$	<0,1%	Buranakarn, 2003	
5	Ferro	g	$5,51 \times 10^6$	$4,15 \times 10^9$	$2,29 \times 10^{16}$	<0,1%	Buranakarn, 2003	
6	Alumínio	g	$1,62 \times 10^6$	$1,27 \times 10^{10}$	$2,05 \times 10^{16}$	<0,1%	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	$6,99 \times 10^6$	$8,40 \times 10^8$	$5,87 \times 10^{15}$	<0,1%	Odum, 1996	
9	Vidro (janelas e portas)	g	$1,68 \times 10^6$	$2,16 \times 10^9$	$3,64 \times 10^{15}$	<0,1%	Buranakarn, 2003	
10	Vidro (lâmpadas)	g	$1,43 \times 10^5$	$2,16 \times 10^9$	$3,09 \times 10^{14}$	<0,1%	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	$2,17 \times 10^4$	$1,13 \times 10^{11}$	$2,45 \times 10^{15}$	<0,1%	Cohen et al., 2006	
13	Retroprojeter	g	$1,09 \times 10^5$	$1,13 \times 10^{11}$	$1,23 \times 10^{16}$	<0,1%	Cohen et al., 2006	
14	Ventilador	g	$2,93 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$1,20 \times 10^{15}$	<0,1%	Geber: Björklund, 2001	
15	Vidraria (laboratório)	g	$7,73 \times 10^4$	$2,16 \times 10^9$	$1,67 \times 10^{14}$	<0,1%	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	
<b>Uso (prédio)</b>								
18	Irradiação solar	J	$8,05 \times 10^{11}$	1	$8,05 \times 10^{11}$	<0,1%	Por definição	
19	Água (SABESP)	m <sup>3</sup>	$1,06 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$8,23 \times 10^{15}$	<0,1%	Buenfil, 2001	
20	Água (Poço)	m <sup>3</sup>	$3,87 \times 10^4$	$7,75 \times 10^{11}$	$3,00 \times 10^{16}$	<0,1%	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	$4,43 \times 10^6$	$5,76 \times 10^9$	$2,55 \times 10^{16}$	<0,1%	Buranakarn, 1998	
25	Produto químico (laboratório)	g	$5,00 \times 10^4$	$6,38 \times 10^8$	$3,19 \times 10^{13}$	<0,1%	Odum, 1996	
26	Livro (entra todo ano)	J	$9,55 \times 10^6$	$3,45 \times 10^9$	$3,30 \times 10^{16}$	<0,1%	Odum, 1996	
					<b><math>6,29 \times 10^{18}</math></b>			
<b>Informação</b>								
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	$2,87 \times 10^8$	$3,45 \times 10^7$	$9,89 \times 10^{15}$	<0,1%	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	
					<b><math>4,57 \times 10^{19}</math></b>			
<b>Energia Total</b>					<b><math>5,20 \times 10^{19}</math></b>	<b>100,00%</b>		

# RESULTADOS

**UNIP**

UNIVERSIDADE PAULISTA

Programa de Pós Graduação  
em Engenharia de Produção

Tabela: Emergia da informação

Item	Descrição	Un.	Quant. (un./ 5 anos) **	Emergia/un. (sej/un.) *	Emergia (sej)	% do total de emergia
<b>Informação</b>						
27	Informação (Professor) - (1%)	J	$9,55 \times 10^{10}$	$1,76 \times 10^8$	$1,68 \times 10^{19}$	32,31%
28	Informação (Livro)	J	$2,87 \times 10^8$	$3,45 \times 10^7$	$9,89 \times 10^{15}$	<0,1%
29	Informação (Aluno) - (10%)	J	$3,53 \times 10^{11}$	$8,20 \times 10^7$	$2,89 \times 10^{19}$	55,64%

Tabela: Desistentes (emergia da informação que o aluno leva)

<b>Saída</b>						
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	$8,23 \times 10^{10}$	$5,74 \times 10^8$	$4,73 \times 10^{19}$		

# RESULTADOS

- O fluxo de energia total do prédio é  $1,25 \times 10^{18}$  sej / ano. Esse valor indica o quanto de material e energia são investidos anualmente para a manutenção de um discente no curso de Engenharia. Inclui a implantação, que é o conteúdo de energia do reservatório construído que persiste no tempo (prédio) e o uso do edifício para educação (formação de engenheiros).
- $1,075 \times 10^{18}$  sej / ano (86%) é a energia da implantação.
- $1,75 \times 10^{17}$  sej / ano (14%) é a energia do uso.

# RESULTADOS



- O fluxo de energia total da informação é  $9,14 \times 10^{18}$  sej /ano. Esse valor representa a energia da informação necessária para formação de engenheiros, sendo que 63% é a informação prévia trazida pelos alunos de Ensino Médio (esse dado mostra a importância da formação básica).
- O fluxo de energia da informação que o aluno recebe durante o curso (professores/livros) é  $3,36 \times 10^{18}$  sej /ano.
- $1,25 \times 10^{18}$  sej / ano (27,1%) é a energia da infra estrutura.
- $3,36 \times 10^{18}$  sej / ano (72,9%) é a energia da informação adquirida pelo aluno durante o curso.

# RESULTADOS

## Indicadores:

- Emergia do edifício / aluno =  $4,51 \times 10^{14}$  sej / aluno.ano
- Emergia da informação total /aluno =  $3,30 \times 10^{15}$  sej / aluno.ano  
*Sete vezes maior que a do edifício (implantação e uso)*
- Emergia da informação recebida/aluno =  $1,21 \times 10^{15}$  sej / aluno.ano  
*Três vezes maior que a do edifício (implantação e uso)*

# CONSIDERAÇÕES FINAIS



- Os indicadores fornecem informações sobre a quantidade e a distribuição do investimento ambiental em energia para formar um Engenheiro.
- Os resultados obtidos fornecem informações que podem ser utilizadas para comparação entre diversos cursos da mesma e de outras universidades.

# BIBLIOGRAFIA

- 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 energia 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 Accounting: 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](http://www.cresesb.cepel.br). Acessado em Junho/2008.
- Thomson - 10B – Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado. Anuário, 2004.