



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

Agenda 4th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Contabilidade em Emergia e Emissão de CO₂: Acesso e Permanência no Ambiente de Instrução EAD e Presencial

OLIVEIRA, J. H. ^{a,b*}, ALMEIDA, C. M. V. B. ^a.

a. Universidade Paulista, São Paulo

b. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Inconfidentes-MG

**Corresponding author, casassanta@hotmail.com*

Resumo

O objetivo deste trabalho é comparar o custo do acesso e permanência no ambiente de instrução presencial pelos alunos de um curso de formação técnica em Administração oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, campus Inconfidentes, no polo avançado localizado no município de Jacutinga, MG com o custo do acesso e permanência no ambiente virtual de aprendizado (AVA) pelos alunos de um curso de formação técnica em Administração, oferecido via e-Tec Brasil, pela mesma instituição, pertencentes ao polo e-Tec de Inconfidentes, MG. Por meio da realização da contabilidade ambiental em Emergia foi possível concluir que o acesso e a permanência no ambiente virtual de instrução por um aluno que habita um município abastecido com energia hidrelétrica típica da matriz brasileira utilizou mais recursos que o acesso e a permanência de um aluno no ambiente presencial através do uso do transporte coletivo e dos recursos da sala de aula, ao longo de um dado mês. Por outro lado, o cálculo dos níveis de emissão de CO₂ provocados por cada sistema mostrou uma situação inversa. Este estudo apresenta, ainda, uma simulação que permite observar que o acesso e permanência no ambiente virtual por um aluno usuário de energia termelétrica proveniente de gerador a Diesel resultaria em níveis mais altos de emissão de CO₂ na atmosfera do que o provocado uso do transporte coletivo para o deslocamento até a sala de aula.

Palavras-chave: EaD, presencial, emergia, AVA, ambiente de instrução

1. Introdução

As instituições federais de ensino técnico e tecnológico tem adotado a estratégia da implantação de polos avançados de ensino presencial para a oferta de formação técnica profissional de nível médio, modalidade subsequente, visando atender à demanda das comunidades por mão de obra especializada, de acordo com a vocação socioeconômica da região à que o campus pertence. A infraestrutura necessária para a oferta de tais cursos resulta de convênios entre as IFEs e os municípios, nos quais as instituições entram com o aparato pedagógico, material didático e certificação dos concluintes enquanto o município cede e financia a manutenção e o funcionamento da estrutura física (salas de aula e equipes de apoio). A contratação de professores é uma especificidade de cada convênio, no qual o assunto é tratado como convém a ambas as partes, podendo a responsabilidade, portanto, caber a uma delas ou a ambas, simultaneamente. A Educação a Distância (EAD), modalidade de ensino cujos aparatos administrativos e pedagógicos funcionam no campus e que podem oferecer apoio presencial em polos nos quais a presença do aluno não é obrigatória tem sido, no âmbito das IFEs, bem sucedida na oferta de educação gratuita e passa por uma fase de intenso crescimento em oferta e demanda no

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo – Brazil – May 22nd to 24th - 2013

território nacional. Dados do Anuário Brasileiro Estatístico de Educação Aberta e a Distância em 2007 (ABREAD, 2007) apontavam 504 mil estudantes adeptos da modalidade na época, o que representava um crescimento de 36% no número de instituições autorizadas pelo MEC (Ministério da Educação e Cultura) a oferecer ensino a distância, havendo, como consequência, aumento de 74% na oferta de cursos de graduação ao passo em que o número de vagas para os mesmos aumentou 274%.

Os cálculos apresentados neste trabalho integram um estudo mais abrangente, em andamento, que objetiva utilizar a contabilidade em energia para comparar o custo ambiental e a eficácia na formação de técnicos em administração conduzida presencialmente e a distância. O trabalho apresenta um estudo de caso em que se contabiliza a energia da contrapartida do aluno à gratuidade do curso, na forma de investimento em transporte para deslocamento até o pólo presencial do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais/campus Inconfidentes no município de Jacutinga, MG e o investimento em energia elétrica pelos alunos EAD do polo e-Tec Brasil, no câmpus do IFSULDEMINAS, em Inconfidentes, MG para acesso via internet ao AVA (ambiente virtual de aprendizagem), permitindo, ainda, o cálculo das quantidades de CO₂ emitidas.

2. Materiais e Metodologia

2.1 A abordagem

A metodologia utilizada neste estudo foi a Contabilidade Ambiental em Energia, método de avaliação desenvolvido por Odum, que tem como base a quantidade total de energia de um tipo usada direta ou indiretamente para se obter um produto ou serviço (Odum, 1996). Para este estudo, foram investigados o total em horas dos acessos ao AVA pelos alunos EAD durante o mês de novembro de 2012 e o total em quilômetros percorridos nos deslocamentos de ida e volta pelo veículo coletivo que transportou os alunos presenciais, no mesmo período. Com base nesses dados foi possível calcular a energia do acesso à informação em ambas as modalidades, que representam, neste contexto, a parcela da responsabilidade do aluno no custo ambiental do funcionamento do curso que frequenta.

A figura 1 ilustram as entradas contabilizadas para o acesso aos ambientes virtual e presencial de instrução.

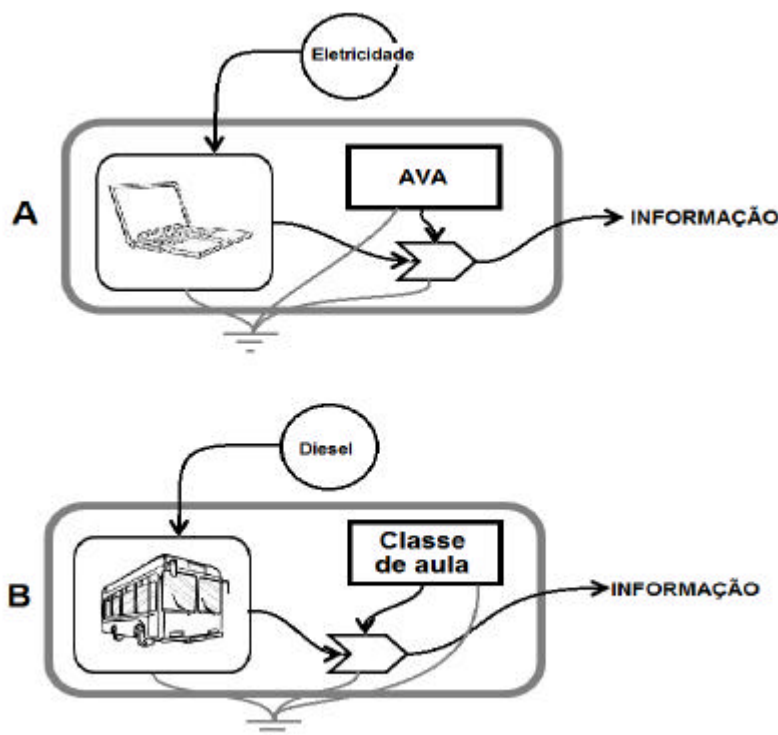


Fig. 1 A. Diagrama simplificado do uso de eletricidade para acesso ao AVA; B. Diagrama simplificado do uso do Diesel para acesso à sala de aula presencial.

3. Resultados e discussões

3.1. O acesso do aluno EaD ao AVA constitui busca autônoma de instrução (aula). O acesso, neste caso, portanto, é definido como o tempo de permanência do aluno no AVA. Os relatórios de acessos e tempo de permanência são registrados na plataforma Moodle, tornando-se acessíveis aos tutores a distância, tutores presenciais e coordenadores de curso para análise e como referencial de assiduidade dos alunos. O número total de horas de acesso à plataforma pelos 43 alunos da turma pertencente ao polo e-Tec (Escola Técnica Aberta do Brasil) de Inconfidentes foi obtido pela soma dos tempos de acesso individuais registrados no AVA durante o período investigado. Para esta análise, considerou-se 250 W como potência média de um computador pessoal tipo desktop (computador+impressora+estabilizador) (www.aneel.gov.br/aplicacoes/aneel_luz/conteudo/conteudo20.html) para o cálculo do total de kWh consumidos no período. A tabela 1 mostra o cálculo da Energia por aluno do acesso ao Ambiente Virtual de Aprendizado para o período investigado, durante o qual $1,93 \times 10^5$ kWh de energia elétrica foram consumidos pelos alunos EAD em um total de 772,3 horas de acesso (dados dos relatórios de acesso do AVA). A média de tempo de acesso de cada aluno é de 17,96 horas. Para este trabalho, considerou-se apenas a energia elétrica utilizada durante as sessões de estudo. Embora se trate de um estudo de caso, devido à diferença no número de alunos nas turmas analisadas, decidiu-se pela apresentação do resultado do cálculo por aluno.

Tabela 1. Acesso ao AVA - novembro / 2012					
Total horas de acesso 772,3 h			Potência média do PC 250 W		
Consumo em nov/2012 (kWh)	Alunos	Conversão (J/kWh)	Energia (J/mês aluno)	Tr (sej/J)*	Energia (sej/aluno mês)
193,1	43	$3,60 \times 10^6$	$1,62 \times 10^7$	$2,77 \times 10^5$	$4,48 \times 10^{12}$

*Odum, 1996, corrigido para base $15,83 \times 10^{24}$ sej.

Os alunos do polo presencial podem optar por utilizar transporte motorizado, público ou particular, para o acesso à instrução. Neste estudo, considerou-se que todos os 32 alunos do polo presencial utilizam o transporte público pago para o deslocamento de ida e volta ao polo, 3 vezes por semana (dados de campo). Para o transporte dos alunos do polo presencial de Jacutinga/MG utiliza-se um veículo ônibus, tipo *padron*. Como consumo médio de combustível de veículos deste tipo foram considerados 3km /L de óleo Diesel ($1\text{km}/0,33L_{\text{diesel}}$). O itinerário inclui trechos nas áreas urbana e rural do município, cobrindo um raio de 15 km. Uma viagem é realizada para o transporte dos alunos ao polo e outra, ao final do dia letivo, para transportar os alunos de volta ao ponto de origem. Foram realizadas 12 viagens em cada sentido, durante o período, totalizando 24 viagens, sendo consumidos 240 litros de óleo diesel. A tabela 2 apresenta o cálculo da energia do acesso à instrução em ambiente presencial, considerando-se apenas o combustível utilizado. O resultado obtido, a exemplo do apresentado na tabela 1, refere-se a um aluno e observa-se que o custo ambiental do consumo de energia elétrica para o acesso ao AVA é duas ordens de magnitude mais alto do que o deslocamento até o polo presencial por meio de veículo de transporte coletivo.

Tabela 2. Acesso ao ambiente presencial de aprendizado - novembro/2012										
km/dia	dias/mês	Consumo (km/L)	densidade (kg/L)	PCI (kcal/kg)	Conversão (J/kcal)	Energia (J/mês)	Alunos	Energia (J/mês aluno)	Tr (sej/J)*	Energia (sej/mês aluno)
60	12	3	0,85	10667	4,186	$9,11 \times 10^6$	32	$2,85 \times 10^5$	$1,11 \times 10^5$	$3,16 \times 10^{10}$

*Odum, 1996, corrigido para base $15,83 \times 10^{24}$ sej.

Diferentemente da natureza do acesso ao AVA, o acesso ao ambiente presencial é feito por meio de deslocamento utilizando-se o veículo para o transporte e o tempo de permanência do aluno presencial no polo para aulas noturnas gera gastos com energia elétrica para iluminação do ambiente e para o uso dos recursos didáticos, como o data-show e o computador. Durante o mês de novembro de 2012, a sala de aula funcionou por

12 dias, 3,5 horas por dia, totalizando 42 horas. A contabilização dos gastos com energia elétrica por aluno do polo presencial são apresentados na tabela 3.

Ítem:	Computador	Data-show	Lâmpadas	Total/novembro 2012:	
Potência	250W	250W*	40W** x 16	49,25 kW/h	
Consumo (kWh) nov/2012	alunos	Conversão(J/kWh)	Energia (J/mês.aluno)	Tr (sej/J)***	Energia (sej/aluno.mês)
49,25	32	$3,60 \times 10^6$	$5,54 \times 10^6$	$2,77 \times 10^5$	$1,53 \times 10^{12}$

* <http://www.aessul.com.br/areacliente/servicos/simula.asp>

** dados do fabricante

*** Odum, 1996, corrigido para base $15,83 \times 10^{24}$ sej.

3.2 As análises das emissões de CO₂ provocadas pela geração da energia necessária ao acesso aos ambientes de instrução de ambas as modalidades são, também, apresentadas, para fins de comparação.

A tabela 4 mostra o cálculo da emissão, total e por aluno, provocada por usina hidrelétrica na produção do total em kWh equivalente ao consumido pelos acessos ao AVA durante o período investigado.

Consumo Total (kWh)	Gramas de CO ₂ /kWh (Brasil, 2010)*	Total (g)	Total g/aluno
193,1	86,8	$1,68 \times 10^4$	$3,90 \times 10^2$

* "CO₂ emissions from fossil fuels consumed for electricity generation, in both electricity-only and combined heat and power plants, divided by output of electricity generated from fossil fuels, nuclear, hydro (excl. pumped storage), geothermal, solar, wind, tide, wave, ocean and biofuels. Both main activity producers and autoproducers have been included in the calculation." <http://www.iea.org/co2highlights/CO2highlights.pdf>

O cálculo das emissões de CO₂ provocadas pelo veículo coletivo usado pelos alunos como transporte ao polo são apresentados na tabela 5 e atestam um mais alto de nível de poluição provocado pelo consumo do diesel do que os níveis de emissão originados pela produção de energia elétrica necessária para que um aluno receba instrução em ambiente virtual. Inversamente aos resultados obtidos pelos cálculos para o acesso ao ambiente de instrução (Tab. 1 e 2), o consumo de diesel como combustível para o transporte resultou em níveis de emissão maiores em uma ordem de magnitude, por aluno. Também é apresentado, na tabela 6, o cálculo da emissão de CO₂ causado pela uso da energia elétrica durante a permanência do aluno no ambiente de instrução.

Volume de diesel (L) utilizado no período	Conversão (g/L)*	Conversão (g/mol)	Total (mols Diesel)
240	850	198	5,15E+02
mols O₂	saída	CO₂	H₂O
$1,11 \times 10^4$	→	$7,21 \times 10^3$	$7,73 \times 10^3$
CO₂ (mols)	massa molar (g/mol)	Massa total CO₂ (g)	Massa por aluno em CO₂ (g)
$7,21 \times 10^3$	44	$3,17 \times 10^5$	$9,90 \times 10^3$

* http://www.ehow.com.br/densidade-oleo-diesel- fatos_15362/

Consumo Total (kWh)	Gramas de CO ₂ /kWh (Brasil, 2010)*	Total (g)	Total g/aluno
49,25	86,8	4,27x10 ³	1,33x10 ²

Tendo-se em conta que o EAD é uma ferramenta de instrução que inclui em seu público-alvo pessoas que habitam regiões de onde o acesso ao ensino presencial é dificultado pela distância ou transporte, o que implica em fazer a educação chegar à áreas alimentadas por energia termoelétrica produzida a partir da queima de combustíveis fósseis em usinas, o que é uma realidade em algumas regiões do país ou a partir de pequenos geradores, como é o caso das pequenas propriedades rurais, incluímos neste trabalho uma simulação da emissão provocada pela energia produzida a partir de um gerador movido a diesel, com o cálculo da emissão total dividida pelo número de alunos. O cálculo é apresentado na tabela 7. Foi considerada a proporção 0,2018L_{diesel}/kWh para a produção dos 193,1 kWh consumidos pelos alunos no acesso ao AVA durante o período da investigação.

Volume de diesel (L)	Conversão (g/L)	Conversão (g/mol)	Total (mols)
38,96	850	198	1,67E+02
Mols O ₂	Saída	CO ₂	H ₂ O
3,60x10 ³	→	2,34x10 ³	2,51x10 ³
CO ₂ (mols)	massa molar (g/mol)	Massa total CO ₂ (g)	Massa total CO ₂ (g) por aluno
2,34x10 ³	44	1,03x10 ⁵	2,3x10 ³

4. Conclusões:

Este fragmento do estudo de caso que pretende apresentar e comparar os resultados da contabilidade ambiental em energia da implantação e funcionamento de dois cursos voltados para a mesma formação técnica nas modalidades EAD e Presencial revela dois panoramas distintos, no que tange ao empenho do meio ambiente no fornecimento dos meios para o acesso e permanência no ambiente de aprendizado e a agressão sofrida pelo mesmo, com as emissões de dióxido de carbono na atmosfera, provocados pela produção da energia necessária ao acesso e permanência do aluno no ambiente de estudo. Com um custo ambiental em 4,48x10¹² sej/aluno, o processo de acesso e permanência do aluno no AVA é praticamente 3 vezes mais dispendioso ao meio ambiente do que o do presencial, que chegou ao montante de 1,53x10¹² sej/aluno, considerando-se que a energia elétrica consumida pelos alunos da modalidade EAD é a típica energia hidrelétrica brasileira. Por outro lado, os níveis de emissão de CO₂ para o acesso e permanência no ambiente presencial resultaram em um valor total 19 vezes maior e valor/aluno 2,5 vezes maior do que o volume de CO₂ emitido pela contraparte EAD durante o período da investigação - 321.000 g (presencial) X 16.800g (EAD) totais; 1000g/aluno presencial X 390g/aluno EAD. A simulação apresentada na tabela 7 mostra uma taxa de emissão de CO₂/aluno EAD 6 vezes mais alta, provocada pelo consumo hipotético de energia termoelétrica pelo grupo investigado, lembrando que esta é, de fato, a realidade atual em várias regiões do país. Espera-se que esses resultados contribuam no sentido de fomentar o interesse e as discussões sobre o uso da energia elétrica gerada através de outras fontes, como a eólica e solar, aplicadas ao transporte e ao ambiente escolar.

5. Referências

- Bastianoni S., Campbell D.E., Ridolfi R., Pulselli F.M. 2008. The solar transformity of petroleum fuels. *Ecological Modelling* 220, 40-50.
- Brown M.T., Ulgiati, S., 2002. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production* 10, 321-334.
- Giannetti B.F., Bonilla S.H., Almeida C.M.V.B, 2011. An emergy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling. *Journal of Cleaner Production* xxx, 1-10.
- Federici M., Ulgiati S., Basosi R., 2009. Air versus terrestrial transport modalities: An energy and environmental comparison. *Energy* 34, 1493-1503.
- Giannetti B.F., Bonilla S.H., Silva I.R., Almeida C.M.V.B., 2008. *Journal of Cleaner Production* 16, 1106-1117.
- David Dunning 2013 A densidade do óleo Diesel.
http://www.ehow.com.br/densidade-oleo-diesel-fatos_15362/ E-How Brasil acessado em janeiro de 2013.
- Anônimo 2012 Uma Análise da Situação da Energia Elétrica no Brasil.
<http://www.ieav.cta.br/enu/yuji/analise.php#unidades> acessado em fevereiro de 2013.
- Anônimo 2013 Potencia em W de um computador
www.aneel.gov.br/aplicacoes/aneel_luz/conteudo/conteudo20.html acessado em janeiro de 2013.
- International Energy Agency 2012 CO₂ Emissions from fuel combustion - Highlights <http://www.iea.org/co2highlights/CO2highlights.pdf> acessado em fevereiro de 2013.
- Cálculo de energia online 2013. <http://www.aessul.com.br/areacliente/servicos/simula.asp> acessado em março de 2013.