ESTUDO DO POTENCIAL DE RECICLAGEM (REUTILIZAÇÃO) DE PAPÉIS BRANCOS NA FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA - UNICAMP

FABIO HENRIQUE GROSSI[1], RICARDO APARECIDO BANHARA[2*], GABRIEL AUGUSTO ALVES FÁVARO[2]

[1]Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação/UNICAMP
[2]Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

*e-mail do autor correspondente: ricardo.banhara@gmail.com

RESUMO: Os processos de reciclagem, mundialmente aplicados e discutidos, possuem como maiores vantagens a minimização da utilização de fontes naturais e da quantidade de resíduos de tratamento final, como aterramento, ou incineração (aspecto ambiental), além da geração de riquezas (aspecto econômico). Este trabalho teve como objetivo confrontar o potencial de reciclagem de papel branco da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Unicamp (FEEC) e o rendimento gerado com a sua venda. Para isso, estudaram-se modelos de correlação das informações de custos na compra de papéis e receitas obtidas com a venda para reciclagem determinando quatro coeficientes que mostram a quantidade per capita de papéis reciclados, a receita per capita obtida com a venda e a relação porcentual entre as massas e os custos de entrada do material e a reciclagem para a faculdade em questão (potenciais de reciclagem).

PALAVRAS-CHAVE: Papel, reciclagem, desperdício, renda.

INTRODUÇÃO

A introdução da era digital na vida das pessoas transformou consideravelmente as relações humanas. Há cada vez mais troca de correspondências eletrônicas entre as pessoas, mais informações processadas e formatadas em documentos digitais e, principalmente, pessoas querendo acesso a estas informações.

Porém, as tecnologias da informação e de dados não vieram acompanhadas de uma tecnologia que facilitasse a leitura e interação das informações na tela do computador, por isso, a impressão em papel de documentos gerados eletronicamente e sua posterior leitura persistem nos dias atuais. Dados coletados da Associação Brasileira de Celulose e Papel

(BRACELPA, 2008) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2008) mostram que a produção e o consumo aparente de papel têm aumentado a uma taxa de mais de 5% ao ano no Brasil.

Dessa forma, podemos apontar o papel como uma das maiores fontes de resíduos nas empresas e universidades, as quais muitas vezes não têm planos de coleta e venda para a reutilização que possibilitaria geração de recursos para si próprios. Muitas vezes, esta tarefa de coleta fica por conta de empresas terceiras que dão destinos, desconhecidos aos resíduos coletados. Este desperdício de papel é comprovado por dados da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP, 2008), mostrando que apenas 46,9% do consumo aparente de papéis em geral são reutilizados (destes, 77,3% são provenientes de reutilização de caixas de papelão ondulado), contra 94,4% de latas de alumínio comercializadas no território nacional, 51,3% das embalagens PET produzidas e 45% de reciclagem de vidros.

Neste trabalho, procuramos quantificar a utilização e o desperdício de papel branco dentro da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP. Hoje essa faculdade possui um programa de coleta seletiva de lixo reciclável em fase operacional, onde os materiais reciclados são recolhidos e encaminhados a uma cooperativa externa a universidade por meio da prefeitura do campus. Em uma segunda etapa, levantamos os recursos que poderiam ser gerados em prol da própria FEEC se existissem programas coordenados de coleta e reciclagem administrados dentro dos institutos da própria UNICAMP.

Tecnicamente, a reciclagem é um termo genericamente utilizado para designar o *reaproveitamento de materiais* como matéria prima para um novo produto. É importante ressaltar que o termo reciclagem é utilizado somente para os materiais que podem voltar ao estado original e ser transformados novamente em um produto igual com todas as suas características originais. O conceito de reciclagem é diferente de *reutilização*. O reaproveitamento ou reutilização consiste em transformar um determinado material já beneficiado em outro. Um exemplo claro da diferença entre os dois conceitos, é o *reaproveitamento do papel*. O papel chamado de reciclado não é nada parecido com aquele que foi produzido pela primeira vez. Este novo papel tem cor diferente, textura diferente e gramatura diferente. Isto acontece devido à dificuldade de recuperar totalmente as fibras celulósicas do papel velho e sim transformá-lo em uma massa que ao final do processo resulta em um novo material de características diferentes.

Já uma lata de alumínio, por exemplo, pode ser derretida ao estado em que estava antes de ser beneficiada e ser transformada novamente em lata com as mesmas características de antes e, assim, o

conceito de reciclagem é totalmente aplicado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Durante as datas de 20/10/2008 a 10/11/2008 (período de três semanas) coletamos, com a autorização da diretoria da FEEC, os materiais reciclados recolhidos dentro da faculdade e ao final de cada semana quantificamos (obtenção da massa em kg) os papéis brancos e, assim obtivemos os ganhos (em reais) semanais e um ganho geral (ao final do período de estudos - extrapolado para um mês). Os papéis coletados foram vendidos para uma cooperativa de reciclagem de materiais e as receitas repassadas para a faculdade.

As modelagens para avaliação dos aspectos ambientais e econômicos estão indicadas abaixo:

1. Metodologia para os cálculos dos coeficientes per capita de reutilização – quantidade e receita:

Para FEEC foi quantificado o número de alunos ($\boldsymbol{n_{al}}$), professores e funcionários ($\boldsymbol{n_{pf}}$) para, assim, podermos obter a quantidade total de potenciais usuários de papel branco na FEEC ($\boldsymbol{n_t = n_{al} + n_{pf}}$). Com a quantidade mensal extrapolada de papéis recolhidos (em kg) obtivemos a quantidade per capita de reutilização ao mês da seguinte maneira (parâmetro ambiental):

$$a_1 = \frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{n_t}} \qquad (1), \quad \text{onde:}$$

a_1 = coeficiente per capita de reutilização por mês;

n_t = quantidade total de pessoas por faculdade;

$\boldsymbol{P_r}$ = quantidade total de papéis branco recolhidos ao longo do mês (em kg);

Da mesma maneira, obtemos a receita per capita de reciclagem ao mês da seguinte maneira (parâmetro econômico):

$$a_2 = \frac{\boldsymbol{G_r}}{\boldsymbol{n_t}} \qquad (2), \quad \text{onde:}$$

a_2 = coeficiente per capita da receita por mês;

$\boldsymbol{G_r}$ = ganhos de reciclagem calculado da seguinte maneira,

$$\boldsymbol{G_r = P_r . C} \qquad (3),$$

sendo,

$\boldsymbol{C}$ = o valor (em reais) por kg de papel reutilizado.

2. *Metodologia para cálculo do potencial de reutilização*

Paralelamente, foi levantada junto com os responsáveis de logística da faculdade, a quantidade total de papéis $\boldsymbol{P_t}$ (em kg) mensal na compra e assim foi possível comparamos com a quantidade total reciclado $\boldsymbol{P_r}$. A razão desses dois valores fornece o potencial de reutilização em massa percentual para a faculdade, identificando outro parâmetro ambiental:

$$b_1 = \frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{P_t}} \qquad (4)$$

Também foi levantada a quantidade total de gastos $\boldsymbol{G_t}$ (em reais) mensal na compra de papéis e assim foi possível

comparamos custos com os ganhos G_r (em reais) de reciclagem. A razão desses dois valores fornece o potencial de reutilização em receita percentual para a faculdade, ou seja, outro parâmetro econômico da reutilização dos papéis:

$$b_2 = \frac{G_r}{G_t} \qquad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O papel é um material de suporte de informação escrita que produz forte impacto ambiental, sobretudo no nível de produção. De fato, embora a matéria prima se possa considerar renovável – a madeira proveniente das árvores – sua produção conduz normalmente a extensas monoculturas de espécies exóticas, como por exemplo, as grandes plantações de eucaliptos do interior do estado de São Paulo, que têm como conseqüência o desaparecimento da fauna e da flora nativas. Este efeito está relacionado não apenas com as espécies utilizadas, mas também com o regime de cultivo: plantações densas, lavagem de solos. Igualmente significado é a degradação da paisagem, pela via da uniformização e a perda do seu caráter e da sua especificidade (biodiversidade).

A reutilização do papel é um procedimento que permite recuperar as fibras celulósicas do papel velho e incorporá-las na fabricação do novo papel (MEIRA, 2002). Não se trata de um processo isento de produção de resíduos, porem minimiza consideravelmente problemas relacionados com a produção de matéria prima e a deposição de papéis. A tabela 1 (MEIRA, 2002) apresenta valores que ilustram a importância de processos de reciclagem para ganhos de matéria prima e na utilização de recursos naturais para a fabricação.

***Tabela 1**. Economia com a reciclagem de papel*

1000 kg de papel reciclado = 20 árvores poupadas
1000 kg de papel reciclado = 2000 l de água
1000 kg de papel não reciclado = 100.000 l de água

A aceitação do papel reutilizado é crescente, especialmente no mercado corporativo. O gráfico abaixo, apresentado pela BRACELPA (BRACELPA, 2008), identifica a taxa de recuperação de papéis ao longo das ultimas duas décadas.

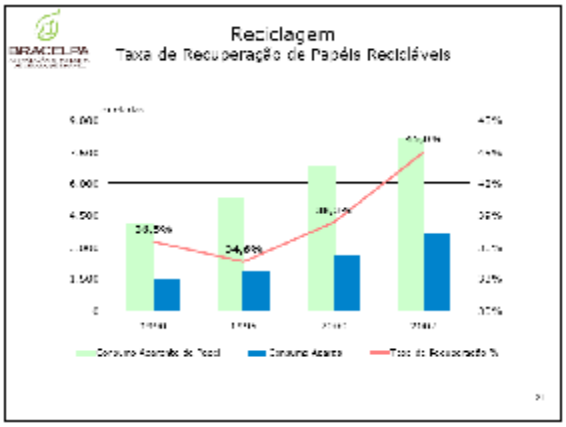

***Figura 1**. Taxa de recuperação de papéis recicláveis. Fonte: BRACELPA*

Podemos observar um aumento de mais de 10% de 1995 até 2007, impulsionado pelo aumento da produção de

papéis virgem e principalmente devido ao apelo ecológico existente com a recuperação de material reciclável.

No Brasil, os papéis reciclados chegavam a custar 40% a mais que o papel virgem em 2001. Em 2004, os preços estavam quase equivalentes, e o material reciclado custava de 3% a 5% a mais. A redução dos preços foi possibilitada por ganhos de escala, e pela diminuição da margem média de lucro. Na Europa, o papel reutilizado em escala industrial chega a custar mais barato que o virgem, graças à eficiência na coleta seletiva e ao acesso mais difícil à celulose, comparado ao do Brasil (Wikipédia, 2008).

Ainda, segundo a BRACELPA, observamos que os países europeus são os lideres no processo de recuperação de papéis, conforme podemos observar na tabela abaixo:

***Tabela 2**. % de reciclagem de papéis no mundo*

Papéis Recicláveis - 2007

Países Selecionados	Taxa de Consumo	Taxa de Recuperação
Alemanha	75,0%	72,8%
Espanha	[illegible]	[illegible]
França	68,9%	80,7%
China	58,9%	37,9%
México	51,2%	47,1%
Japão	51,6%	72,7%
Malásia	57,5%	50,7%
Índia	47,9%	28,1%
Itália	45,9%	51,8%
Brasil	45,3%	45,3%
Finlândia	[illegible]	[illegible]
Argentina	38,1%	35,5%
Estados Unidos	34,5%	54,4%
Reino Unido	32,7%	70,9%
Rússia	[illegible]	[illegible]

O papel é um material biodegradável e orgânico, mas em caso de aterros com a umidade e em contato com outros materiais o processo de degradação torna-se lento, chegando demorar de 3 meses a 100 anos para se decompor. Muitas vezes sistemas de coleta de papéis necessitam de uma atenção especial, principalmente os sistemas para papéis brancos. Para poderem ser retrabalhados, esses materiais devem estar isentos de contaminações com outros resíduos, como materiais orgânicos e poliméricos. No processo de coleta seletiva existente na FEEC, identificamos problemas relevantes sobre esses aspectos. Nessa coleta, encontramos materiais plásticos, papéis de diversas qualidades (branco, papelão, papel higiênico) e muitas vezes resíduos orgânicos como resto de alimentos e frutas misturados, reduzindo consideravelmente o potencial de reciclagem. A figura 2 mostra um caso encontrado durante a separação de materiais contaminados com resíduos orgânicos:

***Figura 2**. Contaminação de papéis com material orgânico*

Conforme apresentado no item anterior, durante um período de três semanas, coletamos o material reciclado gerado pela FEEC e em seguida realizamos o processo de separação, classificando-os

em papel branco, plásticos, papelão e misto (resíduos orgânicos, jornais, papelão e plásticos ou papéis contaminados) A figura 3 e a tabela 3 ilustram os resultados obtidos, após a separação:

***Figura 3**. Separação do material coletado na FEEC*

***Tabela 3.** Quantidade dos materiais coletados na FEEC*

Tipo de Material	**Qtde (kg)**
Papel Branco	69
Plásticos	3
Papelão e Jornal	4
Misto	65
Total	**141**

Em porcentagem, temos os seguintes valores:

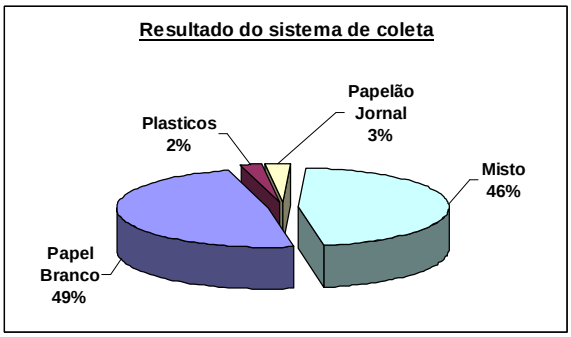

***Figura 4.** Porcentagens dos materiais coletados na FEEC*

Da quantidade de lixo misto, foi medido que aproximadamente 15 kg (23%) eram papel branco contaminado por resíduos orgânicos e não foram considerados nos nossos cálculos.

Focalizando agora para a analise semanal de papel coletado, temos a tabela 4. Extrapolou-se o valor da quarta semana, pois iremos utilizar base mensal em todos os cálculos (usou-se a média das três semanas de coleta consideradas).

***Tabela 4.** Quantidade semanal de papel coletado*

Semana	1°	2°	3°	4°	P_r
Papel Branco	25 kg	20 kg	24 kg	23 kg	92 kg

Com a ajuda da Diretoria da FEEC e da Diretoria Acadêmica da UNICAMP (DAC), obtemos a quantidade total de potenciais utilizadores de papéis da faculdade, como mostrado na tabela abaixo:

***Tabela 5.** Quantidade de consumidores em potencial da FEEC*

Modalidade	**Quantidade**
Professores Funcionários	$n_{pf} = 151$
Alunos Graduação	$n_{al_1} = 1142$
Alunos pós-graduação	$n_{al_2} = 492$
Total	$n_t = 1785$

Ainda com o auxilio da Diretoria da FEEC, constatou-se que são requisitadas

mensalmente cerca de 20 caixas para o consumo interno. Além disso, a Xerox localizada na faculdade consome 10 caixas de papel ao mês. Considerando:

- R$ 100,00 preço médio de custo por caixa;
- 5000 folhas por caixa;
- 71 g/m² a densidade do papel;
- 0,0567 m² a área de uma folha (0,21x0,27);
- $\boldsymbol{C} = 0{,}35 \left[\frac{\boldsymbol{R\$}}{\boldsymbol{kg}}\right]$

Temos:

$$\boldsymbol{P_t} = 5000 \times 30 \times 71 \times 0{,}0567 \rightarrow \boldsymbol{P_t} \cong 604\ \boldsymbol{kg}$$

$$\boldsymbol{G_t} = 30 \times 100{,}00 \rightarrow \boldsymbol{G_t} = \boldsymbol{R\$}\ 3000{,}00$$

$$\boldsymbol{G_r} = 92 \times 0{,}35 \rightarrow \boldsymbol{G_r} = \boldsymbol{R\$}\ 32{,}20$$

Aplicando a metodologia apresentada no item anterior, podemos calcular os parâmetros ambientais e econômicos de medida de reutilização de papel:

$$a_1 = \frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{n_t}} = \frac{92}{1785} \rightarrow a_1 = 0{,}0515 \left[\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{pessoa}}\right]$$

$$a_2 = \frac{\boldsymbol{G_r}}{\boldsymbol{n_t}} = \frac{92 \times 0{,}35}{1785} \rightarrow a_2 = 0{,}018 \left[\frac{\boldsymbol{R\$}}{\boldsymbol{pessoa}}\right]$$

$$b_1 = \frac{\boldsymbol{P_r}}{\boldsymbol{P_t}} = \frac{92}{604} \rightarrow b_1 = 15{,}23\ \%$$

$$b_2 = \frac{\boldsymbol{G_r}}{\boldsymbol{G_t}} = \frac{32{,}20}{3000} \rightarrow b_2 = 1{,}07\ \%$$

Para os cálculos realizados acima, considerou-se que todo o papel que entra para o consumo na FEEC é utilizado e, possivelmente, descartado na própria faculdade e que existe uma utilização uniforme entre todos as pessoas circulantes (professores, alunos e funcionários) da faculdade.

CONCLUSÕES

O objetivo central do trabalho era quantificar a capacidade de reutilização de papéis branco na FEEC e assim analisar a receita gerada a partir dessa capacidade, revertendo esse valor para a própria faculdade.

Primeiramente, podemos destacar os problemas encontrados no que diz respeito à conscientização ambiental das pessoas que utilizam o sistema de coleta seletiva da faculdade, pois se observou que aproximadamente 23% dos materiais mistos (cerca de 15 kg) eram papéis contaminados e passíveis de reutilização. Por exemplo, se consideramos um aumento dos 15 kg de papel branco nos cálculos dos coeficientes propostos (proveniente dos materiais contaminados), teríamos os seguintes valores para os parâmetros:

$$a_1 = 0{,}061 \left[\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{pessoa}}\right] \qquad a_2 = 0{,}021 \left[\frac{\boldsymbol{R\$}}{\boldsymbol{pessoa}}\right]$$

$$b_1 = 18\ \% \qquad b_2 = 1{,}25\ \%$$

onde observamos um aumento significativo nos parâmetros que medem fatores ambientais, a_1 e b_1, de aproximadamente 20%, enquanto o aumento é menor para os parâmetros que medem fatores econômicos, a_2 e b_2, cerca de 16%.

A partir dos parâmetros calculados a_1, a_2, b_1 e b_2 pode-se concluir que o fator ambiental, medido por a_1 e b_1, é relevante mostrando, por exemplo, que cerca de 15%

de papel consumido na FEEC pode ser reutilizado. Já analisando o fator econômico, mostrado pelos parâmetros a_2 e b_2, observamos que os ganhos econômicos gerados pelo processo de reutilização não são significativos, trazendo benefícios muito pequenos e sobre esse aspecto não sendo atrativo para a faculdade.

Ainda observa-se que os parâmetros de reutilização podem ser melhorados, deste que exista uma maior conscientização de todos que descartam o lixo reciclável na FEEC e não misturem lixo orgânico ao lixo reciclável.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao diretor associado da FEEC, Prof. Dr. Max Henrique Machado Costa por nos permitir desenvolver este trabalho dentro da FEEC e ao Eng. Carlos Henrique Itami, diretor de apoio técnico operacional da FEEC, pelo apoio, dicas e incentivo durante a realização de nossas coletas.

REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS

BRACELPA. **Setor de Celulose e Papel**, 2008. Disponível em: http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/booklet/outubro2008.pdf. Acesso em: 02/10/2008.

IPEA. **IPEA Data**. Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046. Acesso em: 02/10/2008.

FINEP – Garcia, R e Furtado, J. **Relatório Setorial – Reciclagem**. Disponível em: http://www.finep.gov.br/PortalDPP/relatorio_setorial_final/relatorio_setorial_final_impressao.asp?lst_setor=403. Acesso em: 04/10/2008.

MEIRA, R. **Reciclagem do papel**. Disponível em: http://www.rudzerhost.com/papel/recipapel.htm. Acesso em: 05/10/2008.

WIKIPEDIA. **Reciclagem de papel**. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Reciclagem_de_papel. Acesso em: 05/10/2008.