



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Eco-Efficiency Analysis of Hand Drying Systems

CARVALHO, J. S. ^{a*}, OLIVEIRA, S. A. ^a

a. Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André/SP, Brasil

**Corresponding author, jessika.souzac@hotmail.com*

Resumo

De modo a atender aos requisitos legais vigentes que demandam controle e redução da geração de resíduos sólidos, bem como o interesse da sociedade por opções mais sustentáveis na execução de suas atividades cotidianas, o trabalho aborda uma Análise de Ecoeficiência comparando alternativas para a secagem de mãos em ambientes com diferentes taxas de circulação de pessoas: Shopping Center (alta) e Centro Universitário (baixa). A Análise de Ecoeficiência, que analisou o desempenho ambiental e econômico combinados, foi realizada com base em metodologias, ferramentas e bancos de dados internacionalmente reconhecidos, os quais seguem as normas da série ISO 14040. As tecnologias estudadas referem-se às disponíveis no mercado e que possuem como função a secagem de mãos, das quais foram selecionadas o secador elétrico por jato de ar quente, com as alternativas de cinco e 15 segundos de uso constante e duas ou três toalhas de papel alocadas em dispenser plástico. Através da pesquisa de opinião realizada, que contou com 1350 respostas, foi possível observar que cerca de 75% do público alvo possui preferência na utilização de toalhas de papel, sendo essa escolha motivada, principalmente, pelos quesitos praticidade e higiene. Apesar da preferência, 42% dos participantes acreditam na eficiência dos secadores elétricos. Percebeu-se também que a sociedade se preocupa com as questões ambientais e sociais decorrentes da produção, utilização e destinação final das alternativas. Além disso, aproximadamente 69% dos entrevistados consideraram a opção de secadores elétricos como a melhor alternativa para reduzir os impactos no meio ambiente. Após as análises realizadas, a utilização de secadores elétricos por jato de ar quente evidenciou-se a opção mais ecoeficiente. O tempo de secagem utilizando o secador elétrico não é significativo em termos ambientais e econômicos em nenhum dos dois locais de estudo, porém, a quantidade de toalhas de papel utilizada é determinante, sendo que a alternativa de três toalhas de papel apresentou-se como a menos ecoeficiente. Constatou-se também, que em locais de alta circulação, a utilização de secador elétrico destaca-se como a alternativa mais econômica. Sendo assim, seu uso, além de trazer menores impactos ambientais e econômicos durante todo o ciclo de vida, supre as demandas governamentais atuais e a expectativa de consumo de uma parcela expressiva do público alvo da pesquisa.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Secagem de Mãos, Análise de Ecoeficiência, Avaliação do Ciclo de Vida.

1. Introdução

Os conceitos de desenvolvimento sustentável e ecoeficiência surgiram do questionamento sobre até quando existiriam recursos naturais disponíveis para sustentar o acelerado crescimento populacional e se tornaram essenciais, pois tendem a garantir um ambiente equilibrado (SANTOS et al., 2012, GUO et al., 2016).

Em todo mundo, as discussões sobre sustentabilidade implicam cada vez mais em reflexões sobre mudanças nos atuais modelos de produção e consumo. Em virtude da preocupação com os impactos

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

decorrentes desses atuais modelos, gerenciar a sustentabilidade é algo que vem sendo debatido nos últimos anos. Segundo Jabbour (2010), algumas metodologias de mensuração ambiental possuem como objetivo não focar somente na redução dos impactos ambientais, mas sim no entendimento das melhores alternativas para minimizar esses impactos e melhorar a qualidade de vida da população.

Dentre as metodologias referenciadas na literatura que vêm proporcionando contribuições importantes, podemos citar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que enfoca os aspectos ambientais e potenciais impactos deles decorrentes, ao longo de todo o ciclo de vida de um produto e a Análise de Ecoeficiência, que avalia e compara o ciclo de vida de um produto, processo e/ou serviço, através da identificação e quantificação de aspectos causadores de impactos ambientais em conjunto com a determinação de todos os impactos econômicos envolvidos desde a extração dos recursos naturais até a sua disposição final, analisando assim todo o valor agregado na cadeia produtiva (JACQUEMIN et al., 2012, MATILLA et al., 2011).

Existe ainda uma relação direta entre a destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e os problemas ambientais, com conseqüentes interferências à saúde humana (PEDROSA e NISHIWAKI, 2014). Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (2015), um habitante do Estado de São Paulo gera 1,400 kg de RSU, totalizando aproximadamente 62 mil toneladas por dia no Estado.

Assim, em 2010 entrou em vigor no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que reúne um conjunto de princípios com vista à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Dentre os objetivos estipulados, destaca-se a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Levando em consideração o interesse público em se obter uma melhor alternativa para a secagem de mãos em sanitários de comum utilização, da crescente geração de RSU e considerando a representatividade do Estado de São Paulo, em conjunto com o objetivo expresso na Política Nacional de Resíduos Sólidos para a redução e disposição final ambientalmente amigável dos resíduos sólidos, o presente estudo apresenta uma Análise de Ecoeficiência para a secagem de mãos em dois locais com diferentes taxas de circulação de pessoas: Shopping Center e Centro Universitário, tendo como alternativas toalhas de papel alocadas em dispenser de plástico e secador elétrico por jato de ar quente.

2. Métodos

Pesquisa de Opinião

A pesquisa de opinião foi realizada eletronicamente em território nacional, para observar a preferência da sociedade acerca das alternativas disponíveis para a secagem de mãos em locais de grande circulação de pessoas. A pesquisa contou com a participação de 1350 pessoas e fatores como tempo de secagem, praticidade, viabilidade e preferências foram levados em consideração. Com os resultados obtidos, foi possível estabelecer as alternativas comparadas nessa Análise de Ecoeficiência, sendo elas: 5 segundos; 15 segundos; 2 folhas; 3 folhas.

Objetivo e Escopo da Avaliação do Ciclo de Vida

A metodologia utilizada foi a Análise de Ecoeficiência, desenvolvida pela BASF e certificada por agências independentes especializadas (NSF, 2013). Essa metodologia é baseada na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e no conceito de Ecoeficiência (série de normas ISO 14040, 14044 e 14045). Basicamente, foram utilizados dados secundários e, quando necessário, as tecnologias foram ajustadas para a realidade do estudo.

A função do estudo foi definida como a secagem de pares de mãos e a Unidade Funcional (UF) adotada para o Shopping Center foi de 9.600.000 secagens e de 453.350 secagens para o Centro Universitário. O escopo do projeto foi definido como do "berço ao túmulo", que considera desde a extração dos recursos naturais até a destinação final, considerando também os custos e transportes envolvidos. A fronteira geográfica incluiu os países China e Brasil, enquanto a fronteira temporal levou em

consideração o ano de 2013 (Shopping Center) e o ano letivo de 2013 (Centro Universitário).

Premissas

As principais premissas para a realização do estudo foram: (i) todos os usuários secam as mãos somente uma vez durante a permanência nos locais estudados; (ii) secagem de um par de mãos por indivíduo; (iii) foi desconsiderado o uso das alternativas para outros fins, bem como o processo de instalação das tecnologias; (iv) vida útil de 5 anos para o dispenser plástico e de 7 anos para o secador elétrico; (v) os mesmos modelos de equipamentos tanto para o Shopping Center como para o Centro Universitário.

Fases envolvidas no ciclo de vida

A Fig. 1 apresenta o fluxograma do sistema de produto, com as fases envolvidas no ciclo de vida de cada alternativa considerada no estudo.

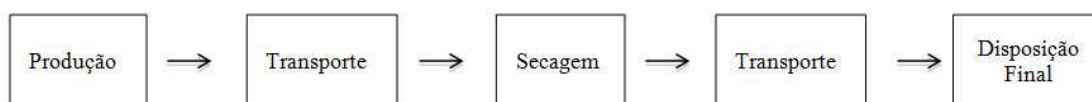


Fig. 1. Fluxograma do sistema de produto.

Fase de Produção

Na fase de produção foi considerada a produção dos constituintes do secador elétrico e do dispenser plástico, assim como a manufatura dos equipamentos e das embalagens utilizadas durante o processo estudado.

Foi considerada a instalação de 118 equipamentos (*dispenser de plástico ou secador elétrico*) nos banheiros do Shopping Center e 28 unidades nos banheiros do Centro Universitário. Uma unidade do dispenser plástico pesa 3,022 Kg e possui um sistema mecanizado para realizar o corte das folhas de papel a cada 28 cm. Os componentes de cada dispenser foram identificados em testes de laboratório. Enquanto que para identificação dos constituintes dos secadores elétricos, foi considerado o estudo *Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems* realizado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), em 2011.

Como embalagens, foram consideradas as caixas de papelão (para o armazenamento dos rolos de toalhas de papel), os sacos plásticos (para o acondicionamento dos resíduos gerados com a atividade de secagem de mãos utilizando toalhas de papel) e os tubos de papelão (estrutura para os rolos de toalhas de papel, para proporcionar o encaixe do rolo no dispenser). Os processos de manufatura das toalhas de papel e das embalagens foram obtidos através dos inventário de ciclo de vida disponíveis em bases de dados de Avaliação de Ciclo de Vida, internacionalmente reconhecidas (*Boustead 5.11*, Ecoinvent versão 2.2 e base de dados da Fundação Espaço ECO®).

As manufaturas do dispenser e do secador elétrico, foram consideradas segundo modelos semelhantes avaliados no estudo realizado pelo MIT: (A) Para a produção de uma unidade do dispenser plástico foram consumidos 155,75 MJ de eletricidade de média voltagem e realizada a extrusão de 2,793 kg de polímeros para a montagem final das peças. Durante o processo foram utilizados 165,9 MJ de gás natural. (B) O processo de produção de uma unidade do secador elétrico consumiu 148,05 MJ eletricidade de média voltagem e contou com o consumo de água, sendo esta contabilizada em 0,006 m³ em sua forma bruta. Esse mesmo valor equivale à quantidade de efluente industrial gerado e tratado. Os impactos do processo de manufatura relacionados no estudo do MIT foram ajustados para o presente escopo.

Fase de secagem

Na fase de secagem (fase de uso) foi atendida a função definida no escopo, ou seja, a secagem de mãos. Para atender a demanda da Unidade Funcional, nessa fase foram determinados o consumo de toalhas de papel e o consumo de energia elétrica (KWh/UF) para os locais em estudo.

No Shopping Center, o consumo de papel totalizou 39.360 kg/ UF (alternativa 2 folhas) e 59.040 kg/UF (alternativa 3 folhas), enquanto no Centro Universitário, o consumo de papel foi de 1.859 kg/UF (alternativa 2 folhas) e 2.789 kg/UF (alternativa 3 folhas).

Nessa fase também foi determinado o consumo de energia elétrica necessário para a secagem de mãos, considerando as especificações técnicas do fabricante do secador elétrico. No Shopping Center, o consumo de energia totalizou 1.778 KWh/UF (5 segundos) e 16.000 KWh/UF (15 segundos), enquanto no Centro Universitário o consumo de energia foi de 83,99 KWh/UF (5 segundos) e 755,88 KWh/UF (15 segundos).

Fase de Disposição Final

Após a secagem de mãos com as alternativas 2 e 3 folhas, as toalhas de papel utilizadas juntamente com os tubos de papelão, são depositadas em lixeiras equipadas com sacos plásticos de capacidade de 6 Kg. A destinação das toalhas de papel após o uso, dos tubos de papelão, das caixas de papelão e dos sacos plásticos ocorre no Aterro Sanitário de Santo André, onde não há recuperação energética.

Mesmo considerando que os equipamentos possuem uma vida útil maior que a fronteira temporal do estudo, também foi calculada a quantidade de resíduos (kg/UF) destinados e degradados, proporcionalmente a um ano do ciclo de vida dos produtos. Estes resíduos são decorrentes dos *dispensers* plástico e dos secadores elétricos e também foi considerada a destinação para o Aterro Sanitário de Santo André. Os resíduos encaminhados para o aterro pelo Shopping Center totalizaram 41.914 kg/UF (alternativa 2 folhas) e 62.871 kg/UF (alternativa 3 folhas) e pelo Centro Universitário 1.980 kg/UF (alternativa 2 folhas) e 2.970 kg/UF (alternativa 3 folhas)

Transportes

Os transportes foram determinados para cada uma das fases envolvidas no estudo. As distâncias foram estimadas por informações obtidas em literatura e calculadas de acordo com os locais de produção, uso e disposição final. Os tipos de veículos foram determinados para corresponder à realidade de acordo com suas respectivas capacidades.

Impactos Ambientais

Os Impactos Ambientais foram baseados na metodologia de Análise de Ecoeficiência (NSF, 2013) e consideraram sete categorias de impacto: (A) Consumo de energia: Calcula o consumo total de energia durante o ciclo de vida; (B) Consumo de Recursos: Calcula o consumo de recursos naturais com base na disponibilidade do recurso e na taxa de consumo; (C) Água Consuntiva: Calcula o consumo total de água ao longo do ciclo de vida, por assimilação ao produto final, perdido por evaporação ou descartado como efluente; (D) Emissões: Compreende emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos; (E) Potencial de Toxicidade Humana: Avalia a quantidade de substância tóxicas envolvidas nos processos, bem como os níveis de exposição humana às mesmas; (F) Doenças e Acidentes Ocupacionais: Considera os perigos físicos: acidentes de trabalho, acidentes fatais e doenças ocupacionais.

Impactos Econômicos

Os Impactos Econômicos foram calculados através do levantamento de todos os custos envolvidos no ciclo de vida avaliado, associado à unidade funcional. Este impacto considerou custos (de produção, manufatura, utilização, destinação final e transporte). O valor total foi mensurado e expresso em unidade monetária por unidade funcional (R\$/UF).

3. Resultados

Pesquisa de Opinião

Os resultados da pesquisa de opinião mostraram que 74% dos participantes preferem o uso de toalhas de papel e 26% dos secadores elétricos. Sendo que a preferência pelas toalhas de papel é ocasionada, principalmente, pelos quesitos praticidade (61%) e higiene (20%).

Também foi observado na pesquisa que 57% dos usuários possuem o hábito de utilizar duas folhas para secarem as mãos, 28% de utilizarem três folhas, 8% quatro folhas ou mais e 7% informaram utilizar apenas uma folha.

De todos os entrevistados, 67% não possuem o hábito de aguardarem até que as mãos estejam totalmente secas ao utilizarem os secadores elétricos. Neste caso, 52% optam por terminar de secar as mãos na roupa, 8% utilizam papel higiênico das cabines e 19% saem do banheiro sem terminar de secar as mãos. Apesar disso, 42% dos entrevistados consideram os secadores elétricos eficientes.

Impactos Econômicos

Os Impactos Econômicos para as alternativas de 2 e 3 folhas no Shopping Center totalizaram R\$ 431.760,97 e R\$ 644.781,33, respectivamente, enquanto que as alternativas 5 e 15 segundos apresentaram um total de R\$ 113.564,13 e R\$ 120.817,46. Já no Centro Universitário, totalizaram-se, respectivamente, R\$ 22.448,53 e R\$ 32.509,16 para as alternativas de 2 e 3 folhas e R\$ 26.531,14 e R\$ 26.873,81 para as alternativas de 5 e 15 segundos.

Para as alternativas 2 e 3 folhas, os maiores impactos econômicos foram registrados na fase de secagem, onde a compra das toalhas de papel representou 93% dos custos totais no Shopping Center e cerca de 86% dos custos totais no Centro Universitário. Contudo, a secagem de mãos por meio dos secadores elétricos gerou maiores custos na fase de produção, onde está atribuída a aquisição dos equipamentos, cerca de 95% dos custos totais no Shopping Center e 97% dos custos totais no Centro Universitário.

É possível concluir que o impacto econômico da secagem de mãos com toalhas de papel é atrelado à quantidade de folhas utilizadas por pessoa, bem como à quantidade de frequentadores nos locais de estudo. Já no caso dos secadores elétricos por jato de ar quente, deve ser analisada uma disponibilidade econômica para a aquisição dos equipamentos, tendo em vista que estes representaram majoritariamente os maiores custos.

Impactos Ambientais

As categorias de impacto ambiental que apresentaram as maiores relevâncias para o estudo foram: Consumo de Energia, Consumo de Recursos Naturais, Efluentes Líquidos e Toxicidade Humana.

Os maiores impactos apresentados na categoria Consumo de Energia foram observados na fase de secagem. A produção de papel atingiu o consumo de 152.146 MJ de energia por UF, provinda, principalmente, de gás natural. Por outro lado, a opção de secagem de mãos com a utilização dos secadores elétricos atingiu um consumo de 84.056 MJ de energia por UF, provinda de fontes de energias renováveis.

Na categoria de Consumo de Recursos, os maiores impactos também foram observados na fase de secagem, para todas as alternativas estudadas e nos dois locais de estudo. Na produção de papel, o consumo de recursos atingiu a utilização de 2,16 kg Zinco (expresso em Prata equivalente) e, no secador elétrico, os maiores impactos foram observados no consumo dos recursos Gás Natural e Petróleo, que representam respectivamente 0,20 e 0,23 kg de Prata equivalente, e são utilizados para a geração de energia elétrica.

Os maiores impactos observados na geração de efluentes refere-se à produção das toalhas de papel atribuída à fase de secagem, onde mercúrio e outros metais pesados residuais são incluídos no inventário do ciclo de vida do seu processo de produção, na etapa de branqueamento com a adição de

alvejantes químicos. Os impactos gerados nesta categoria pelos secadores elétricos não são significativos.

Na secagem de mãos com a utilização de secadores elétricos, os impactos apresentados na categoria de Potencial de Toxicidade Humana referem-se à utilização da energia térmica, representativa na Matriz Energética Brasileira. Já na secagem com toalhas de papel, os impactos são principalmente devidos aos efluentes gerados no tratamento do papel, na produção do mesmo, e na utilização de óleo combustível pesado.

Impressão Ambiental

No gráfico de Impressão Ambiental é possível observar quais os impactos ambientais mais significativos, dentre os sete analisados, para cada uma das alternativas estudadas. A Fig. 2 apresenta o gráfico de Impressão Ambiental do Shopping Center e a Fig. 3 apresenta a Impressão Ambiental do Centro Universitário.

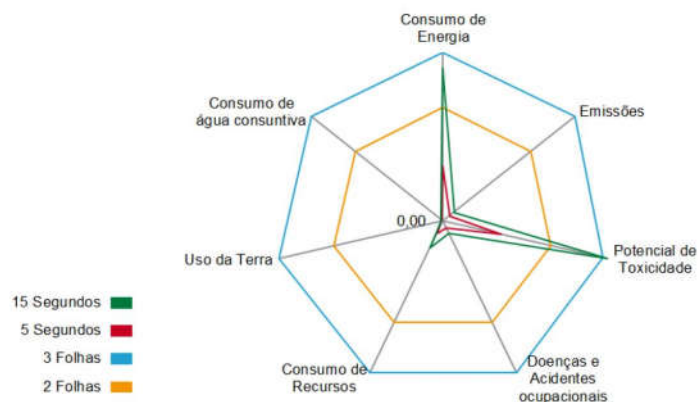


Fig. 2. Impressão Ambiental do Shopping Center.

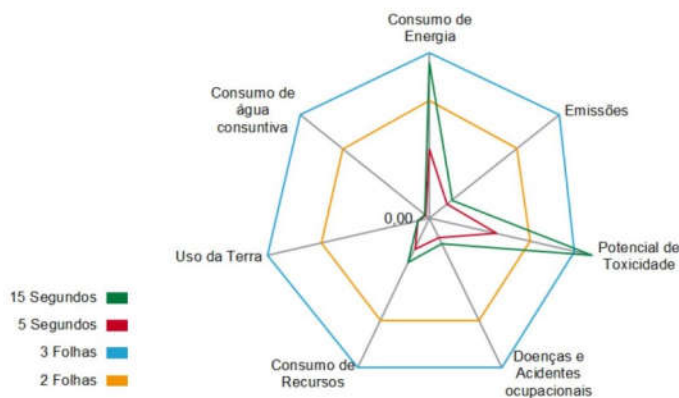


Fig. 3. Impressão Ambiental do Centro Universitário.

Para os dois locais de estudo é possível observar que as alternativas que utilizam toalhas de papel para a secagem de mãos, possuem impactos ambientais mais relevantes nas categorias Uso da Terra, Consumo de Recursos, Acidentes e Doenças ocupacionais, Água Consuntiva e Emissões. Na categoria Uso da Terra o impacto é decorrente do uso e ocupação de área para a plantação de eucaliptos, principal matéria-prima do papel. Contudo, nas alternativas que utilizam energia elétrica para secagem, é verificado um expressivo impacto ambiental nas categorias Consumo de Energia e Potencial de Toxicidade Humana.

Matriz de Ecoeficiência

O resultado da Análise de Ecoeficiência é apresentado através da Matriz de Ecoeficiência, demonstrando as alternativas que atendam à função pretendida, tendo em vista os desempenhos ambiental e econômico combinados. A alternativa com menor impacto econômico e menor impacto ambiental, ou seja, a alternativa mais ecoeficiente é a que está posicionada mais perto da aresta do quadrante superior direito do gráfico. A Fig. 4 apresenta os resultados obtidos a partir da Análise de Ecoeficiência no Shopping Center, enquanto que a Fig. 5 apresenta a Matriz de Ecoeficiência do Centro Universitário.

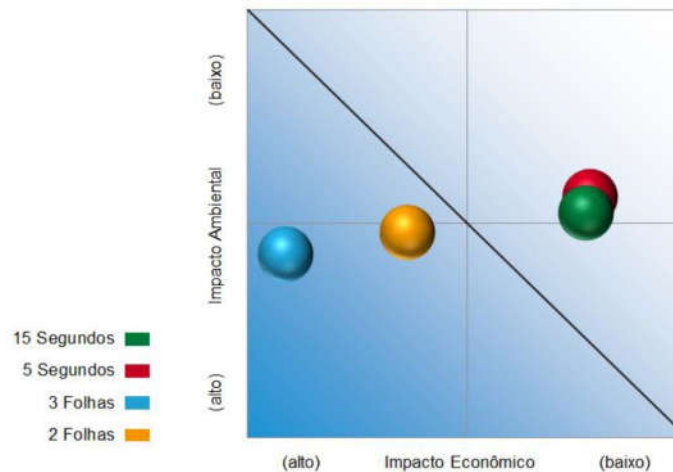


Fig. 4. Matriz de Ecoeficiência do Shopping Center.

É possível observar que a alternativa mais ecoeficiente no Shopping Center é a secagem por meio de secador elétrico durante cinco segundos e a alternativa menos ecoeficiente é a secagem utilizando três toalhas de papel.

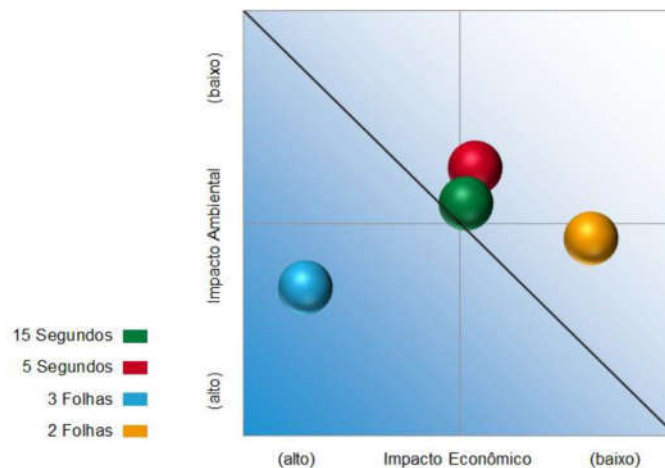


Fig. 5. Matriz de Ecoeficiência do Centro Universitário.

Na Matriz de Ecoeficiência do Centro Universitário, foi observado que a alternativa de secagem com cinco segundos foi a mais ecoeficiente e a secagem com três toalhas de papel foi a menos ecoeficiente, assim como verificado no Shopping Center. Também é possível destacar que a alternativa de secagem utilizando duas folhas de papel não é a mais ecoeficiente, mesmo que apresente o menor impacto

econômico; isso é devido à alternativa não possuir um bom desempenho ambiental com relação às demais alternativas.

3. Considerações Finais

A secagem de mãos por meio de jato de ar quente de secador elétrico mostra-se a alternativa mais ecoeficiente na comparação entre as tecnologias apresentadas, nas condições especificadas nesse estudo. O tempo de secagem com essa alternativa não é significativo em termos ambientais e econômicos nos dois locais de estudo, porém, a quantidade de toalhas de papel utilizadas é significativa. Consta-se também que em locais de grande frequência, a utilização de secador elétrico destaca-se como mais econômica no ciclo de vida.

Através da obtenção de 1.350 resultados foi possível observar que cerca de 75% do público alvo possui preferência na utilização de toalhas de papel, sendo essa escolha motivada, principalmente, pelos quesitos praticidade e higiene. Apesar da preferência, 42% dos participantes acreditam na eficiência dos secadores elétricos.

A realização da presente Análise de Ecoeficiência comparou os indicadores ambientais e econômicos relacionados à secagem de mãos e o real uso das alternativas. Embora concluído que o uso do secador elétrico por jato de ar quente é mais ecoeficiente, é necessário ressaltar que a população faz o uso das toalhas de papel para outros fins. A partir desta Análise de Ecoeficiência, novos estudos podem ser realizados, considerando indicadores de desenvolvimento social e de saúde pública, adicionados aos indicadores ambientais e econômicos, a fim de permitir uma avaliação abrangente da sustentabilidade.

Referências

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2013. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14045: Gestão ambiental: avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto: princípios, requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acessado em: 11 out. 2014.

GUO, F.; LO, K.; TONG, L., 2016. Eco-Efficiency Analysis of Industrial Systems in the Songhua River Basin: A Decomposition Model Approach. Sustainability. 8, 1271.

JABBOUR, C.J.C., 2010. Tecnologias ambientais: em busca de um significado. Revista de Administração Pública. 44, 3, 59-611.

JACQUEMIN, L., PONTALIER, P., SABLAYROLLES, C., 2012. Life Cycle Assessment (LCA) applied to the process industry: a review. International Journal of Life Cycle Assessment. 17, 8, 1028-1041.

MATILLA, T., KUJANPAA, M., DAHLBO, H., SOUKKA, R., MYLLYMAA, T., 2011. Uncertainty and Sensitivity in the Carbon Footprint of Shopping Bags. Journal of Industrial Ecology. 15, 2, 217-227.

NSF 2013. BASF's Eco-Efficiency Analysis Methodology - May 2013. <http://www.nsf.org/newsroom/basfs-eco-efficiency-analysis-methodology-may-2013> ou

<https://www.basf.com/za/en/company/sustainability/management-and-instruments/quantifying-sustainability/eco-efficiency-analysis.html>. Acessado em Fevereiro/2017.

PEDROSA, D.S.F., NISHIWAKI, A.A.M., 2014. Resíduos Sólidos: Uma visão prospectiva a partir da análise histórica da gestão. In: Resíduos Sólidos Perspectivas e Desafios para a Gestão Integrada.

SANTOS, A.S.F., FREIRE, F.H.O., COSTA, B.L.N., MANRICH, S., 2012. Sacolas Plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição. *Polímeros*. 22, 228-237.