

# ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA PARA SECAGEM DE MÃOS

Sueli Aparecida de Oliveira<sup>1</sup>; Felipe Alexandre Sudré<sup>2</sup>; Gustavo Henrique Luiz<sup>2</sup>;  
Jéssika Souza de Carvalho<sup>2</sup>; Vinicius da Silva Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consultora de Sustentabilidade na Fundação Espaço ECO® (instituída pela BASF S.A.)

<sup>2</sup> Aluno do Curso de Engenharia Ambiental FAENG/CUFSA.

**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 artigo aborda uma análise de ecoeficiência comparando alternativas para a secagem de mãos em Shopping Center e Centro Universitário. A Análise de Ecoeficiência (AEE) foi realizada com base em metodologias, ferramentas e banco de dados internacionalmente reconhecidos os quais trouxeram sustentação para a apropriação e inclusões de Avaliações de Ciclo de Vida (ACV) inerentes dos processos envolvidos na concepção das tecnologias estudadas. As alternativas estudadas baseiam-se nas tecnologias desenvolvidas para a secagem de mãos, das quais foram selecionadas o secador elétrico por jato de ar quente e toalhas de papel alocadas a dispenser plástico. Através das pesquisas de opinião e de comportamento realizadas, foi possível observar que a preferência da sociedade pela utilização de toalhas de papel deve-se à sua prática utilização e mostrou que a sociedade se preocupa com questões ambientais e sociais. Após as análises realizadas, a utilização de secadores elétricos por jato de ar quente evidenciou-se a opção mais ecoeficiente. Sendo assim, a utilização desta alternativa, além de trazer menores impactos ambientais e econômicos, supre a necessidade social e demanda governamental atuais.*

Palavras-chave: Ecoeficiência, Análise do Ciclo de Vida (ACV), Secagem de mãos.

**Abstract.** *ECO-EFFICIENCY ANALYSIS FOR HAND DRYING. In order to implement government legislation demand about control and reduction of solid waste generation, as well as the society interest for more sustainable options while doing their daily activities, the article brings up an Eco-Efficiency Analysis (EEA) considering alternatives for drying hands at Shopping Center and university Center. The eco-efficiency analysis was conducted based on internationally reliable methodologies, tools and data bank which brought support for the appropriation and inclusions of Life Cycle Assessment (LCA) from the related processes in the production of the studied technologies. The studied alternatives are based on technologies developed for drying hands, among them the electric dryer by hot air blast and towels allocated to dispenser were selected. From the results of the opinion and behavioral research made, it was observed that the societal preference for the use of paper towels differs from the most eco-efficient drying option by its practical use. However, this research also showed that the society cares about environmental and social issues, therefore the use of electric dryers by hot air blast, besides bringing lower environmental and economic impacts, social and government demand are met.*

Key words: Ecoefficiency, Life Cycle Assessment (LCA), Hand Drying.

## 1 – INTRODUÇÃO

Conforme o Artigo 4º da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Dentre os objetivos estipulados pela legislação citada, destaca-se a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Mediante a busca de informações sobre o cenário atual da geração de resíduos sólidos no Brasil foi constatado que, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2013 publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014), houve aumento de 2012

para 2013 na geração de resíduos em escala Nacional de 4,1% (201.058 ton/dia para 209.280 ton/dia), Regional Sudeste de 3,94% (98.215 ton/dia para 102.088 ton/dia) e estado de São Paulo de 4,7% (56.626 ton/dia para 59.291 ton/dia). Analisando estes dados podemos concluir que o estado de São Paulo contribui com cerca de 28% dos resíduos sólidos gerados no país.

Partindo da problemática de interesse público na alternativa de secagem de mãos em sanitários de ambientes de comum utilização, em conjunto com o objetivo de redução de geração de resíduos expresso anteriormente na Lei Federal nº 12.305/2010 e o crescente aumento na geração de resíduos sólidos urbanos, considerando a representatividade do estado de São Paulo no cenário nacional, o presente estudo apresenta uma análise de ecoeficiência na secagem de mãos; mais especificamente abordados nesta análise estão os cenários Shopping Center e Centro Universitário, tendo como alternativas para secagem de mãos toalhas de papel alocadas em dispenser de plástico e secador elétrico por jato de ar quente.

O estudo, por meio da metodologia de Análise de Ecoeficiência desenvolvida pela *Badische Anilin und Soda Fabrik* (BASF), avalia o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços de forma integrada com a avaliação econômica e consiste na obtenção de um indicador ambiental e econômico para as alternativas estudadas.

A técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi utilizada para a pesquisa e construção de parâmetros para o indicador ambiental conforme as diretrizes constantes das normas ABNT NBR ISO 14040:2009 - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura, ABNT NBR ISO 14044:2009 - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações e ABNT NBR ISO 14045:2012 - Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto.

De forma similar, a avaliação econômica consiste na obtenção de um índice econômico para cada alternativa estudada, através da somatória dos impactos econômicos associados ao ciclo de vida do produto ou processo em questão.

O estudo foi desenvolvido com o auxílio da ferramenta disponibilizada pela Fundação Espaço ECO® (FEE®), situada em São Bernardo do Campo, que foi instituída pela BASF, em parceria com a *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), em 2005 no Brasil.

Assim, a análise investiga e compara o ciclo de vida de produtos ou processos alternativos incluindo suas aplicações, 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 até sua disposição final, garantindo assim a cobertura do valor agregado de toda a cadeia.

De acordo com informações divulgadas pelo Instituto Akatu (2012), referentes ao ano de 2011, a sociedade consome 50% a mais do que o planeta é capaz de repor e absorver. Produzir e consumir de uma forma consciente é essencial para diminuir os impactos sobre a natureza e garantir qualidade de vida a toda sociedade (BERLIN, 2012).

Portanto, o estudo exerce função de base teórica para a realização de uma escolha ou tomada de decisão por parte dos empreendimentos os quais utilizam as tecnologias de estudo e consumidor final, influenciando de forma direta ou indireta na mudança de hábitos de consumo.

## 1.1 – Justificativas

- O cenário atual da geração de resíduos sólidos no Brasil, que decorre do aumento populacional e do aumento da renda per capita;
- A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que tem como um dos objetivos estimular a reciclagem e a redução na geração dos resíduos;
- A discussão sobre a melhor alternativa para a secagem de mãos, que sempre desperta curiosidade e interesse público;
- Contribuição para a base de dados de ACVs.

## 2 – OBJETIVOS

### 2.1 – Objetivo geral

Comparar o desempenho ambiental e econômico entre tecnologias que atendam a função de secagem de mãos.

### 2.2 – Objetivo específico

- Estimular a reflexão sobre hábitos de consumo consciente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável;
- Gerar conhecimento para a sociedade, quando inseridas as questões ambientais e sociais nos critérios de escolha dos consumidores;
- Comparar o uso de toalhas de papel alocadas em dispenser de plástico e jatos de ar quente de um secador elétrico, no ano de 2013, em sanitários do município de Santo André. A análise engloba dois locais, um com grande movimentação (Shopping Center) e o outro com pouca movimentação (Centro Universitário).

## 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

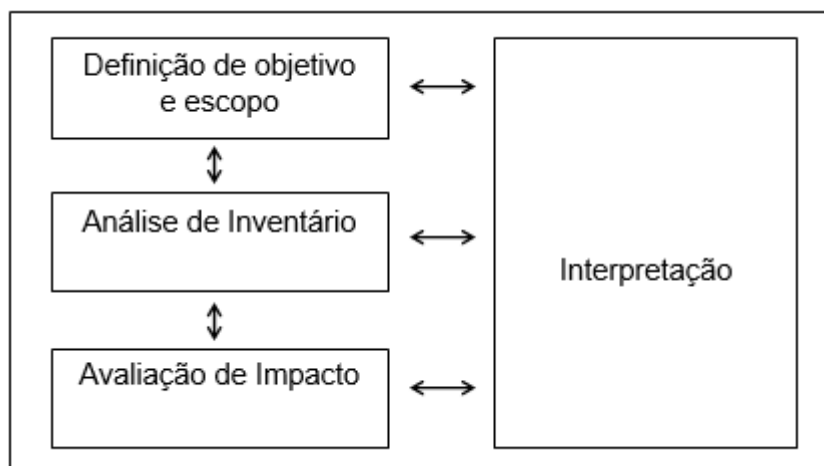
### 3.1 – Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Segundo a ABNT NBR ISO 14044:2009 e 14040:2009, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) consiste na compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Ainda segundo as normas, a ACV considera todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração de matérias-primas até a disposição final.

O primeiro estudo de ACV foi realizado por solicitação da *The Coca-Cola Company*, em 1969. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2006), pesquisadores do *Midwest Research Institute* (MRI) desenvolveram um estudo para avaliar diferentes tipos de embalagens usadas pela companhia e assim determinar qual opção apresentava menores índices de emissões atmosféricas e possuía melhor desempenho quanto ao uso de recursos naturais.

Segundo a ABNT NBR ISO 14040:2009, toda ACV é composta por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação dos resultados obtidos. O quadro 1 mostra o processo de interação entre as fases de uma ACV.

Quadro 1 – Estrutura da avaliação de ciclo de vida



Fonte: Adaptado da norma ABNT NBR ISO 14040:2009

### 3.1.1 – Definição de Objetivo e Escopo

A primeira fase da ACV visa estabelecer bases e diretrizes conceituais para a realização do estudo. Nesta fase, deve-se especificar o objetivo para qual o estudo está sendo realizado e a definição do escopo, onde são estabelecidos os elementos estruturais que farão parte da ACV, como função, unidade funcional, fronteiras e sistema de produto.

Segundo Chehebe (1998), função é a definição das características que o sistema estudado irá desempenhar. Unidade Funcional (UF) é a medida do desempenho quantificado de um sistema de produto, de acordo com sua função, para utilização como uma unidade de referência. (ABNT NBR ISO 14044:2009).

A fronteira do sistema é definida como o conjunto de processos elementares que farão parte de um sistema de produto. A determinação das fronteiras do sistema tem como finalidade obter resultados confiáveis para a comparação desejada. Em uma ACV, a fronteira geográfica determina a área que o estudo foi inserido, enquanto a fronteira temporal estabelece o intervalo de tempo avaliado. (ABNT NBR ISO 14044:2009).

Segundo Oliveira e Silva (2014), o sistema de produto é definido como o conjunto de processos elementares, conectados material e energeticamente, necessário para o exercício de uma ou mais funções definidas na fase de definição de objetivo e escopo.

Definição de premissas, seleção do método de avaliação de impactos e a definição das categorias de impacto que serão contempladas na análise também integram esta etapa.

### 3.1.2 – Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

A análise de inventário busca a identificação e quantificação das entradas (materiais e energéticas) e saídas (efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos) relevantes de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. Esta fase é composta pela coleta de dados, procedimentos de cálculos e de alocação. (ABNT NBR ISO 14040:2009).

Segundo a ABNT NBR ISO 14044:2009, os dados qualitativos e quantitativos devem ser coletados para cada processo elementar incluído na fronteira do sistema. Os dados coletados sejam eles medidos, calculados ou estimados, são utilizados para quantificar as entradas e saídas de um processo elementar. A ABNT NBR ISO 14040:2009, estabelece que os dados coletados devam ser validados, correlacionados aos processos elementares, aos fluxos de referência e à unidade

funcional.

### 3.1.3 – Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Esta é a fase da Avaliação do Ciclo de Vida que visa ao entendimento e a avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do ciclo de vida do produto. (OLIVEIRA; SILVA, 2014).

### 3.1.4 – Interpretação dos resultados

Na última etapa da ACV as constatações obtidas nas fases ICV e AICV são analisadas em conjunto a fim de se apresentar conclusões, limitações e recomendações. (ABNT NBR ISO 14040:2009).

## 3.2 – Análise de Ecoeficiência

A ecoeficiência foi definida pela primeira vez em 1992 no *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, que tem por finalidade estimular práticas que conduzam a um futuro mais sustentável para as empresas, sociedade e o meio ambiente. O WBCSD tem como objetivo ser a principal voz que apoia as empresas na ampliação de soluções de negócios e na criação das condições em que as empresas mais sustentáveis terão sucesso e serão reconhecidas (WBCSD, 1992).

A Análise de Ecoeficiência é uma ferramenta de quantificação de aspectos e impactos que se baseia na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida, proposta nas normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e 14044:2009 e objetiva avaliar o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços de forma integrada com a avaliação econômica. Segundo as definições da análise, as comparações devem ser feitas com produtos ou processos que desempenhem a mesma função.

No Brasil o assunto ecoeficiência vem crescendo de forma linear devido à busca por melhoria contínua das empresas, resultando em análises cada vez mais precisas e completas. A análise proposta por Vianna (2006), visou avaliar o desempenho econômico-ambiental do petrodiesel e do biodiesel (produzido por óleo de dendê via rota etílica). Dmitrijevas, em 2010, analisou técnicas para tratamento e disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), comparando as alternativas aterro sanitário e incinerador como forma de destinação/tratamento de RSU. No mesmo ano, a Fundação Espaço ECO® (FEE®) realizou uma Análise de Ecoeficiência para identificar a melhor opção entre as lâmpadas LED, incandescente e fluorescente (BASF, 2010). Em 2011, a Braskem propôs um estudo a fim de analisar qual a melhor opção de sacola para o consumidor carregar compras de supermercado. Em uma análise sobre a geração de energia elétrica, alunos da Faculdade Oswaldo Cruz compararam tecnologias de geração de energia elétrica no Brasil, desde as extrações de matérias-primas até a geração de uma quantidade especificada de energia elétrica a partir de diferentes fontes. (MUSLEH et al., 2013).

### 3.2.1 – Impacto Ambiental

As categorias de impacto ambiental elencadas no método de Análise de Ecoeficiência para determinação dos Índices Ambientais são: consumo de energia, consumo de recursos naturais, uso da terra, emissões (emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes líquidos), consumo da água consuntiva, potencial de doenças e acidentes ocupacionais e potencial de toxicidade humana. (FEE®, 2013a).

### 3.2.1.1 – Consumo de Energia

Durante um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida de um produto ou processo, o consumo de energia é determinado para todos os processos envolvidos. Todas as formas de energia são convertidas para energia primária e os valores somados para se obter o consumo de energia total. São exemplos de recursos energéticos: carvão, petróleo, gás natural, lignita, energia hidráulica, biomassa, entre outros. Os recursos energéticos são contabilizados em MJ/Unidade Funcional. (FEE®, 2013a).

### 3.2.1.2 – Consumo de Recursos Naturais

Esta categoria de impacto ambiental é calculada com base na disponibilidade dos recursos naturais consumidos ao longo do ciclo de vida de cada matéria prima em estudo. O fator de criticidade no consumo de cada diferente recurso é calculado com base na disponibilidade deste (em toneladas) e o tempo de disponibilidade das fontes exploráveis, dadas as condições atuais de consumo. Quanto menor a reserva do recurso natural e mais alta sua taxa de consumo, mais escasso tende a ser este recurso, portanto maior é o fator de criticidade de consumí-lo. (FEE®, 2013a).

De acordo com a metodologia de Análise de Ecoeficiência da BASF, um fator de equivalência é calculado com base na reserva mundialmente disponível (em milhões de toneladas) e no tempo estimado de duração de cada recurso natural. Para fins de comparação, é utilizado o elemento Prata (kg de Prata equivalente) para obterem-se fatores de equivalência na unidade Prata equivalente, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de fatores de equivalências de alguns recursos naturais

<b>Matéria Prima</b>	<b>Duração das reservas mundiais (exploráveis) (anos)</b>	<b>Reserva mundial (explorável) (milhões de toneladas)</b>	<b>Fator de criticidade de consumo</b>
Carvão	162	4,87E+05	0,11
Gás Natural	65	1,24E+05	0,35
Petróleo	47	1,72 E+05	0,35
Enxofre	40	1,40E+03	4,23
Cobre	26	6,50E+02	7,69

Fonte: Adaptado de US Geological Surey, 2008.

### 3.2.1.3 – Uso da Terra

Esta categoria de impacto estabelece um indicador que aponta o quão impactante o produto ou sistema é em relação ao uso de uma área natural. As classes de superfície indicam o grau de antropização das áreas necessárias para o desenvolvimento de atividades econômicas (FEE®, 2013a). Este indicador é uma avaliação dos impactos generalizados sobre a biodiversidade através da ocupação e transformação da terra; o método utiliza fatores de caracterização para quantificar e avaliar impactos (BASF, 2013).

### 3.2.1.4 – Emissões

Esta categoria compreende emissões atmosféricas, resíduos sólidos e efluentes líquidos.

#### 3.2.1.4.1 – Emissões Atmosféricas

Ao longo do ciclo de vida, todo processo ou produto emite direta ou indiretamente gases para a atmosfera. As emissões diretas são aquelas geradas ao longo do processo produtivo e aquelas resultantes do uso dos produtos finais. Já as

emissões indiretas são aquelas originárias das matérias primas utilizadas para produzir o produto ou realizar o processo e os insumos para seu funcionamento, como a energia elétrica. (FEE®, 2013a).

Dentro desta categoria são considerados os seguintes impactos potenciais: Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Destruição da Camada de Ozônio (ODP), Potencial de Formação Fotoquímica de Ozônio (POCP) e Potencial de Chuva Ácida (AP). (FEE®, 2013a).

#### 3.2.1.4.2 – Resíduos Sólidos

A categoria resíduos sólidos é subdividida em quatro outras subcategorias: resíduos da construção civil, resíduo de mineração, resíduo municipal e resíduo industrial, sendo atribuídos a estas categorias os fatores 0,04; 0,2; 1 e 5, respectivamente. O valor desta categoria de impacto corresponde à somatória dos produtos de resíduos gerados ao longo do ciclo de vida do processo ou produto, multiplicados pelo seu fator correspondente. (BASF, 2013).

#### 3.2.1.4.3 – Efluentes Líquidos

Efluentes são avaliados através de uma abordagem crítica, que considera tanto a quantidade total de efluentes, quanto o impacto ambiental dos produtos químicos emitidos. Os volumes críticos de diluição individuais são somados, a fim de obter um impacto global por alternativa em estudo (litros de efluentes/unidade funcional). (FEE®, 2013a).

#### 3.2.1.5 – Consumo de Água Consuntiva

O uso da água de consumo se dá pelas retiradas de água doce, incorporação em produtos/processos, geração de efluentes, evaporação e transferência entre bacias hidrográficas. Os potenciais danos ambientais decorrentes do uso da água são então avaliados para três áreas de proteção: a saúde humana, qualidade e recursos do ecossistema.

Utilizando fatores regionais específicos de caracterização, considerando as bacias hidrográficas correspondentes e danos ambientais estabelecidos para cada uma dessas áreas, um fator único de dano agregado é determinado. Este fator de dano é aplicado ao uso da água de consumo para determinar o consumo total de água consuntiva. (BASF, 2013).

#### 3.2.1.6 – Potencial de Doenças e Acidentes ocupacionais

Esta categoria leva em consideração os perigos físicos durante as fases de produção, uso e descarte associados aos sistemas de produto estabelecidos. São considerados perigos físicos: os acidentes de trabalho, acidentes fatais e doenças ocupacionais. (FEE®, 2013a).

#### 3.2.1.7 – Potencial de Toxicidade Humana

Toda Análise de Ecoeficiência conta com a avaliação do potencial de toxicidade humana. Fatores como quantidades das substâncias envolvidas nos processos, bem como os níveis de exposição humana às mesmas são determinantes para definição do seu potencial impacto. (FEE®, 2013a).

#### 3.2.2 – Impacto Econômico

O objetivo desta etapa é avaliar o impacto econômico total de produtos e processos ao longo do ciclo de vida, associado à unidade funcional. Este resultado será expresso em unidade monetária por unidade funcional (R\$/UF).

## 4 – MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução de uma Análise de Ecoeficiência, é preciso entender a relação entre a metodologia de Análise de Ecoeficiência utilizada pela Fundação Espaço ECO® e as diretrizes das normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e 14044:2009.

Inicialmente, buscou-se conhecer todos os processos envolvidos nas alternativas para secagem de mãos. Através da coleta de dados, foram identificados os processos produtivos, matérias primas utilizadas, transportes realizados, custos envolvidos e formas de disposição final.

### 4.1 – Escopo do Estudo

#### 4.1.1 – Fronteiras do Sistema

Para este estudo, foram consideradas as seguintes fronteiras:

- Fronteira geográfica: Foram considerados os países China e Brasil para as etapas de produção de insumos e produtos e transportes.
- Fronteira temporal: Neste estudo foi utilizado o ano de 2013 para o Shopping Center e o ano letivo de 2013 para o Centro Universitário.

#### 4.1.2 – Função e Unidade Funcional (UF)

A função do estudo foi definida como a secagem de pares de mãos e foi determinada uma unidade funcional para o Shopping Center e outra o Centro Universitário. A unidade funcional do Shopping Center foi definida a partir do produto do número mensal de visitantes de 2013 pelo número de meses do ano, enquanto a do Centro Universitário resulta do produto do número de alunos matriculados em 2013 com o número de dias letivos do mesmo ano. A tabela 2 apresenta as unidades funcionais determinadas a partir da definição da função do estudo.

Tabela 2 - Unidades Funcionais do estudo

Local de estudo	Dados de 2013	Frequência	UF
Shopping Center	800.000 visitantes por mês	12 meses	9.600.000 secagens
Centro Universitário	2.170 alunos matriculados	209 dias letivos	453.530 secagens

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

#### 4.1.3 – Sistema de Produto

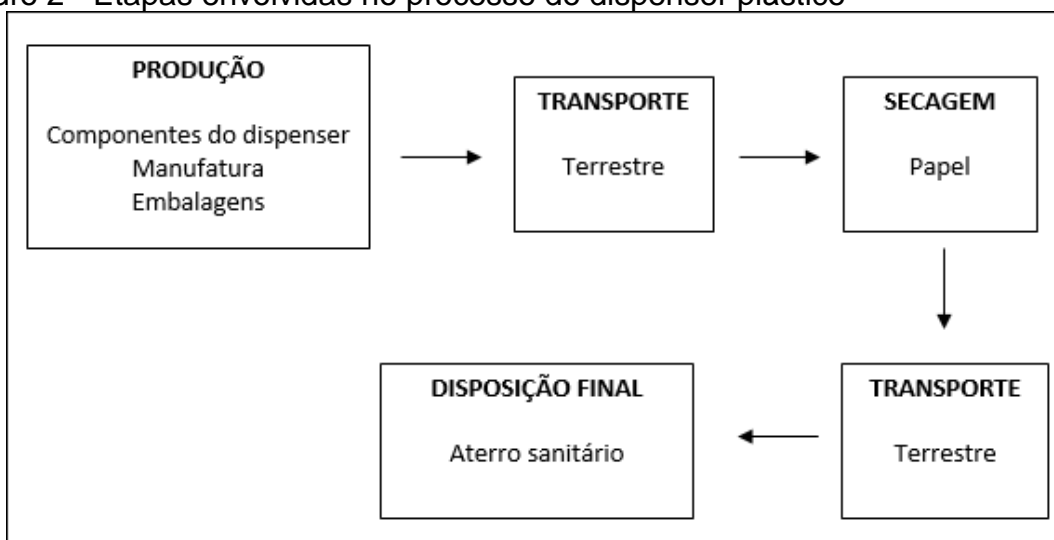
Para a avaliação do ciclo de vida, a abordagem adotada foi do “berço ao túmulo”, onde o ciclo se inicia na extração das matérias primas e se encerra na destinação final. Este escopo também considera os custos e transportes envolvidos.

##### 4.1.3.1 – Fluxograma do sistema de produto

Segundo Oliveira e Silva (2014), o fluxograma é uma representação gráfica de todos os processos relevantes envolvidos no ciclo de vida do sistema de produto estudado. Os retângulos representam os processos elementares e as setas representam os fluxos de matéria ou fluxos de energia. Os quadros 2 e 3 mostram os fluxogramas com a tecnologia do dispenser de plástico e do secador elétrico, respectivamente.

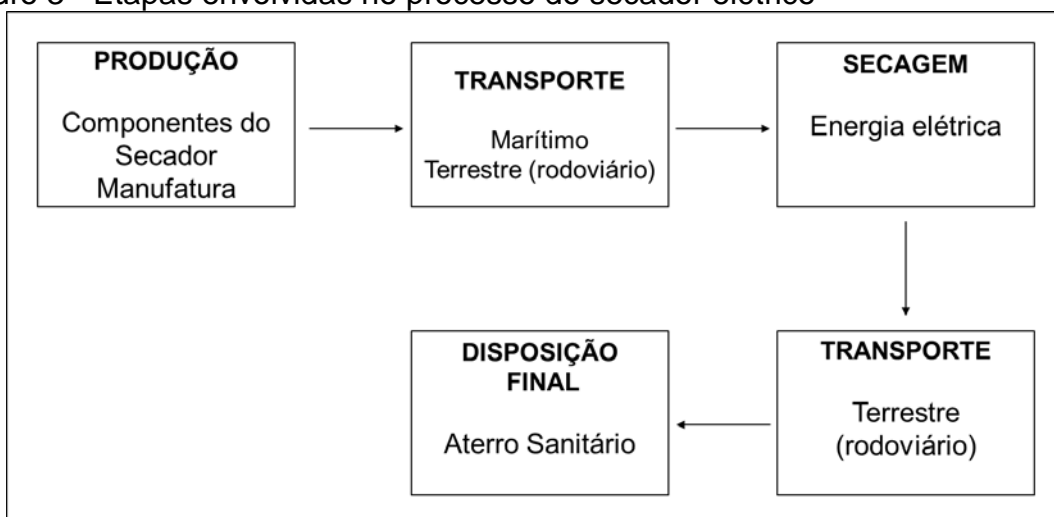


Quadro 2 - Etapas envolvidas no processo do dispenser plástico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Quadro 3 - Etapas envolvidas no processo do secador elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

#### 4.2 – Premissas e limitações

As premissas são proposições/hipóteses levadas em consideração para que seja possível estabelecer um modelo que represente a realidade de forma a alcançar algum resultado ou conclusão, conforme preconizado pela ABNT NBR ISO 14040:2009. Segundo a mesma norma, as limitações são as restrições decorrentes do estabelecimento das premissas, devendo ser consideradas as características relevantes das tecnologias analisadas. O estudo considerou as seguintes premissas:

- Foi considerado que todos os visitantes do Shopping Center secam as mãos somente uma vez ao utilizar os sanitários. Conforme resultado de pesquisa de opinião, 62% das pessoas informam que não lavam as mãos antes de utilizar o sanitário.
- Foi considerada a secagem de um par de mãos por indivíduo.
- Por se tratar de um hábito comum das pessoas, a análise considera que após a lavagem das mãos o indivíduo remove o excesso de água agitando-as.
- Foi desconsiderado o uso das alternativas para outros fins, como a secagem do rosto e de escovas de dentes.

- A análise desconsiderou a instalação das tecnologias, pois este processo é semelhante para ambas; com isso os impactos gerados se tornam equivalentes e se anulam, para efeitos de comparação. Contudo, também possuem alguma contribuição em termos de impactos ambientais, embora de menor expressão em comparação com as demais etapas do ciclo de vida estudadas, podendo, assim, ser desconsideradas na análise.
- Foram desconsideradas as caixas de papelão utilizadas como embalagens dos equipamentos (dispenser e secador) estudados, pois os impactos correlacionados serão iguais em ambas alternativas e se equivalem para efeitos de comparação, do mesmo modo que a instalação dos equipamentos.
- Não foi considerado o salário dos funcionários que realizam a coleta das toalhas de papel usadas e a troca dos rolos de papéis nos sanitários, pois o impacto econômico deste salário é dissolvido entre todas as funções deste funcionário.
- Foi considerada uma vida útil de 5 anos para o dispenser, levando em consideração o período de troca do equipamento nos locais do estudo.
- As tecnologias estudadas não estão incluídas em contrato de comodato. Após pesquisas de mercado, estabeleceu-se o valor de R\$ 200,00 para uma unidade do dispenser de plástico e R\$ 6.500,00 para uma unidade do secador elétrico.
- Foi considerada uma vida útil de 7 anos para o secador elétrico, devido à especificação técnica do aparelho.
- No estudo foi considerado que os equipamentos não se quebram durante um ano (fronteira temporal) e que os equipamentos possuem garantia do fabricante durante o mesmo período. Porém, foram contabilizados os impactos ambientais decorrentes de um ano de uso dos equipamentos, não excluindo a destinação final proporcional ao mesmo período do ciclo de vida.
- Não foram considerados os produtos de limpeza para a higienização dos equipamentos, pois como o processo é semelhante em ambas alternativas, o impacto gerado por este processo é equivalente.
- Foi considerado que o funcionário que efetua a troca dos rolos de papel quando o mesmo se acaba, destina os resíduos de tubos de papelão nos coletores junto as toalhas de papel que foram usadas.
- Não foi considerada a perda de papéis no processo de corte na produção das toalhas de papel.
- Não foram considerados os valores de pedágio para contabilizar no custo do transporte, em ambas as alternativas.
- Foram considerados os tubos de papelão dentro da etapa de produção, no item das embalagens, pois mesmo que não façam parte do invólucro, sem eles não é possível a elaboração do rolo de papel.

### **4.3 – Uso**

Em uma Avaliação do Ciclo de Vida, a etapa de uso é aquela onde é atendida a função definida no escopo - neste estudo, a secagem de mãos.

#### **4.3.1 – Pesquisa de Opinião**

A pesquisa de opinião teve como objetivo diagnosticar, em território nacional, a preferência da sociedade acerca dos equipamentos utilizados para secagem de mãos. Inicialmente, a pesquisa foi realizada em campo, através de entrevistas com a sociedade e, posteriormente, a mesma foi difundida via internet, através de redes sociais e e-mails.

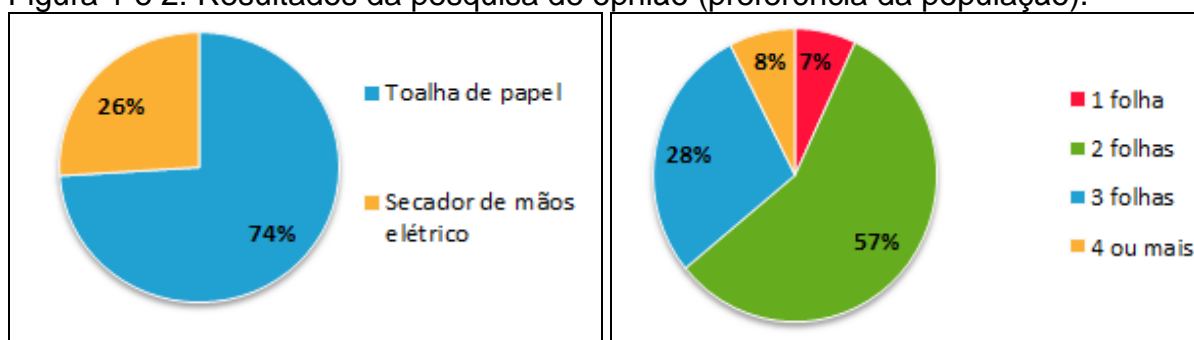
Foram obtidas 1.350 respostas, que serviram como diretrizes para determinação das alternativas de toalhas de papel que foram comparadas neste estudo.

#### 4.3.2 – Definição das alternativas em estudo

O estudo foi realizado levando em consideração as opções para a secagem de mãos mais recorrentes em locais de comum frequência. Fatores como tempo de secagem, praticidade, viabilidade e preferências do usuário foram levados em consideração e essenciais para a determinação das alternativas para a secagem de mãos.

Com base nos resultados da pesquisa de opinião, 74% preferiram pelo uso de toalhas de papel e 26% pelo uso do secador elétrico, conforme observado na figura 1. Na figura 2 observa-se que 57% dos usuários têm o hábito de utilizar 2 folhas para secar as mãos, enquanto 28% usam 3 folhas.

Figura 1 e 2: Resultados da pesquisa de opinião (preferência da população).

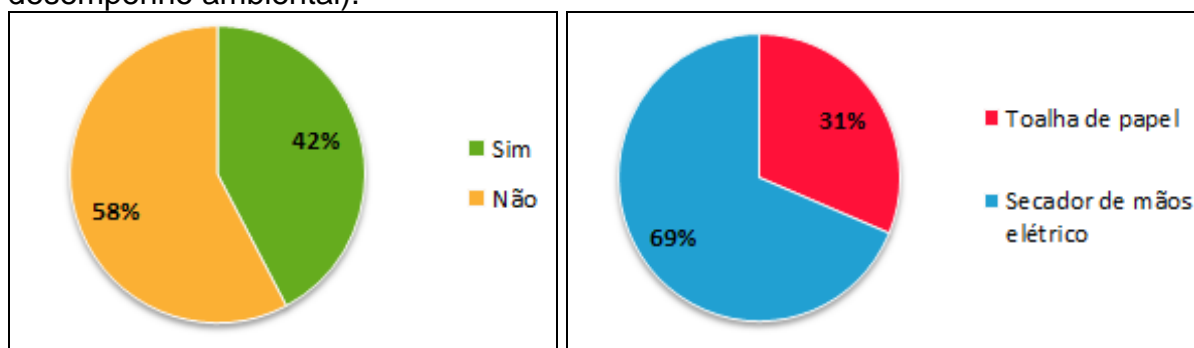


Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A escolha do uso de toalhas de papel foi de 61% dos entrevistados devido à praticidade, seguido de 20% motivados pelo quesito higiene e 19% pelo quesito impacto ambiental decorrente do uso. De todos os entrevistados, 67% não têm o hábito de aguardar até que as mãos estejam totalmente secas. Neste caso, 52% dos usuários optam por terminar de secar as mãos na roupa, 8% utilizam o papel higiênico das cabines e 19% saem do banheiro sem secar as mãos.

A figura 3 mostra que uso de secador elétrico é considerado eficiente por 42% dos participantes e, na vertente de impacto ambiental, como observado na figura 4, esta mesma opção foi considerada melhor para o meio ambiente por 69% dos entrevistados.

Figura 3 e 4: Resultados da pesquisa de opinião (eficiência do secador e desempenho ambiental).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Com a análise dos dados da pesquisa, estabeleceu-se a comparação entre 2 toalhas de papel e 3 toalhas de papel para a secagem com o dispenser de plástico. Para a secagem de mãos com secador elétrico, foram consideradas informações sobre o tempo de secagem indicadas pelo fabricante na especificação técnica do produto. Foi estabelecido que o usuário utiliza o equipamento por 5 segundos e 15

segundos.

#### 4.3.3 – Toalhas de Papel

Para atender a demanda da fronteira temporal do Shopping Center e do Centro Universitário, a empresa de higiene e limpeza, localizada em Mogi das Cruzes, realiza a compra do papel bruto da empresa de papel e celulose, localizada em Suzano. Em seguida, este papel é cortado e transformado em rolos de toalhas de papel com 244 metros cada. A gramatura de cada folha corresponde a 2,05 gramas, valor este determinado através de pesagem em laboratório. A tabela 3 mostra o consumo de papel dos locais estudados.

Tabela 3 - Consumo de papel dos locais de estudo

Local de estudo	Consumo de papel (Kg/UF)	
	2 Folhas	3 Folhas
Shopping Center	39.360	59.040
Centro Universitário	1.859	2.789

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

#### 4.3.4 – Energia Elétrica

Para o consumo de energia elétrica, foi tomada como base 93% da Matriz Energética Brasileira e 7% de Matriz Energética Importada de alguns países fronteiriços. Considerando o percentual brasileiro, a prevalência está concentrada na obtenção de energia a partir de fonte hidroelétrica. (BASF, 2014).

Para os cálculos de consumo de energia, foi considerada a potência de 1.600 Watts, indicada na especificação técnica do fabricante. Para a realização do inventário foi realizada a conversão de unidades de potência, obtendo-se assim a equivalência de 0,008 MJ para a secagem ao longo de 5 segundos e de 0,024 MJ para uma secagem realizada em 15 segundos. O consumo de energia está explanado na tabela 4.

Tabela 4 - Consumo de energia elétrica dos locais de estudo

Local de estudo	Consumo de energia (kW.h/UF)	
	5 segundos	15 segundos
Shopping Center	1.778	16.000
Centro Universitário	83,99	755,88

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

### 4.4 – Produção

#### 4.4.1 – Produção dos dispensers

Por ser uma tecnologia recorrente nos dois locais de estudo, o mesmo modelo de dispenser foi considerado tanto no Shopping Center quanto no Centro Universitário. O Shopping Center estudado possui 118 dispensers instalados em seus banheiros, enquanto o Centro Universitário possui 28 unidades da tecnologia.

A alternativa dispenser de papel 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, dispostos na tabela 5, foram identificados em laboratório através da desmontagem, separação e pesagem dos constituintes e submissão dos mesmos a teste de chama no equipamento de espectroscopia de infravermelho por profissional especialista em polímeros.

Tabela 5 – Componentes de um dispenser plástico

<b>Componente</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidade</b>
PVC	0,18829	Kg
ABS	2,46293	Kg
PS	0,20338	Kg
Aço	0,00651	Kg
Aço inox	0,09075	Kg
Silicone	0,07035	Kg
<b>Peso total</b>	<b>3,022</b>	<b>Kg</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

#### 4.4.2 – Produção dos Secadores

Segundo especificações técnicas do fabricante, o designer compacto e ergonômico aliado ao motor de última geração, permite que a tecnologia crie caudais de ar de alta velocidade que eliminam a água de ambos os lados das mãos simultaneamente. Uma unidade desta alternativa tecnológica possui 1.600 Watts de potência.

Como o Shopping Center e o Centro Universitário estudados não disponibilizam secadores elétricos para a secagem de mãos, foi levado em consideração o mesmo número de dispensers para os secadores elétricos.

Foram considerados os componentes de um secador por ar quente avaliados no estudo “*Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems*” realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 2011. Os componentes de um secador elétrico estão relacionados na tabela 6.

Tabela 6 - Componentes de um secador elétrico

<b>Componente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Papel	0,169	Kg
Polycarbonato	3,290	Kg
Polietileno	0,161	Kg
Polipropileno	1,134	Kg
Poliestireno	0,662	Kg
Poliuretano	0,022	Kg
Policloreto de Vinila	0,173	Kg
Aço inoxidável	3,861	Kg
Aço cromado	0,458	Kg
Borracha sintética	0,718	Kg
Placa de circuito impresso	0,018	m <sup>2</sup>
Melamina	0,596	Kg
Fibra de vidro	0,173	Kg
Polipropileno reforçado com fibra de vidro	0,982	Kg
Cobre	0,010	Kg
Adesivo para metais	0,030	Kg
ABS	0,106	Kg
<b>Peso Total</b>	<b>12,563</b>	<b>Kg</b>

Fonte: Adaptado do MIT, 2011

#### 4.4.3 – Produção das Embalagens

As embalagens têm um papel fundamental em qualquer tipo de processo, pois podem se tratar tanto da forma de acondicionamento para locomoção, como da

forma de design da marca, independente do produto gerado. Foram abordados alguns tipos de embalagens no estudo: caixas de papelão, sacos plásticos e tubos de papelão.

As caixas de papelão têm a finalidade de armazenar os rolos de toalhas de papel para o transporte. Para atender à unidade funcional estabelecida para o Shopping Center, são necessárias 1.836 caixas (quando da utilização de 2 folhas para secagem) e 2.754 caixas (quando da utilização de 3 folhas). Para atender à unidade funcional do Centro Universitário são necessários 87 caixas na utilização de 2 folhas e 130 caixas na utilização de 3 folhas para secagem.

Os sacos plásticos têm a finalidade de acondicionar os resíduos gerados com a atividade de secagem de mãos utilizando toalhas de papel. Para atender à unidade funcional do Shopping, são necessários 6.666 sacos plásticos na utilização de 2 folhas para secagem e 9.999 sacos na utilização de 3 folhas de papel. Para atender à unidade funcional do Centro Universitário são necessários 315 sacos plásticos quando da utilização de 2 folhas e 472 sacos plásticos quando da utilização de 3 folhas para secagem de mãos.

Os tubos têm a finalidade de fornecer a estrutura para os rolos de papel e proporcionar o encaixe no dispenser. Para atender à unidade funcional do Shopping Center, são necessários 22.033 tubos de papelão na utilização de 2 folhas e 33.049 tubos na utilização de 3 folhas. Para atender à unidade funcional do Centro Universitário são necessários 1.041 tubos de papelão na utilização de 2 folhas e 1.561 tubos na utilização de 3 folhas para secagem.

#### **4.5 – Manufatura**

Todos os processos de produção necessitam de materiais que se agreguem para gerar um produto final, caracterizando a manufatura. Os processos de manufatura das toalhas de papel e das embalagens foram obtidos através da base de dados de ACV disponível na Fundação Espaço ECO®. As manufaturas do dispenser e do secador elétrico, dispostas nos itens subsequentes, foram consideradas de modelos semelhantes avaliados no estudo realizado pelo MIT.

##### **4.5.1 – Manufatura do Dispenser**

Para a produção de uma unidade do dispenser foram consumidos 155,75 MJ de eletricidade de média voltagem e realizada a extrusão de 2,793 Kg de polímeros para adquirirem a forma necessária dos tubos plásticos para a montagem final das peças. Durante o processo foram utilizados 165,9 MJ de gás natural. Tal processo foi considerado de um modelo de dispenser plástico semelhante ao avaliado no estudo do MIT. Os impactos do processo de manufatura relacionados no estudo do MIT foram ajustados para o presente escopo.

##### **4.5.2 – Manufatura do Secador Elétrico**

O estudo considerou um modelo de secador elétrico por ar quente avaliado na ACV realizada pelo MIT. Também foram consideradas as informações de manufatura, produção dos componentes e transporte dos equipamentos acabados até o depósito (armazenagem) de produtos prontos na China.

O processo de produção de uma unidade do secador consumiu 148,05 MJ eletricidade de média voltagem e contou com o consumo de água, sendo esta contabilizada em 0,006 m<sup>3</sup> 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.

#### 4.6 – Destinação final

Após o uso, as toalhas de papel e os tubos de papelão são depositados juntos em lixeiras equipadas com sacos plásticos de capacidade de 6 Kg. A destinação das toalhas de papel usadas, dos tubos de papelão e das caixas de papelão ocorre no Aterro Sanitário de Santo André, onde não há recuperação energética.

O empreendimento, localizado no bairro Cidade São Jorge, é o único aterro municipal do Grande ABC e recebe exclusivamente resíduos sólidos Classe IIA (não perigosos e não inertes) e IIB (não perigosos e inertes) gerados no município. O empreendimento não possui passivos ambientais, pois desde o início de suas atividades nos anos 80, o mesmo sempre atuou como aterro sanitário.

As quantidades de toalhas de papel usadas, tubos de papelão, caixas de papelão e sacos plásticos que são encaminhadas para aterro estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Resíduos encaminhados para aterro sanitário

Local de estudo	Alternativa	Resíduos encaminhados para o aterro (Kg/UF)
Shopping Center	2 Folhas	41.914
	3 Folhas	62.871
Centro Universitário	2 Folhas	1.980
	3 Folhas	2.970

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

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, proporcional a um ano do ciclo de vida dos produtos. Estes resíduos são decorrentes dos dispensers plástico e secadores elétricos e foram destinados no Aterro Sanitário de Santo André.

#### 4.7 – Transportes

Os transportes foram determinados para cada uma das etapas do estudo. As distâncias foram extraídas de literatura e calculadas no Google Maps 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.

A produção dos dispensers conta com o transporte dos componentes para a fábrica onde as tecnologias são manufaturadas. Após finalizados, os dispensers são transportados para a empresa que faz a distribuição dos mesmos e, posteriormente, para o Shopping Center ou para o Centro Universitário.

Os transportes relacionados aos processos produtivos e distribuição das toalhas de papel são aqueles provenientes da distribuição do papel bruto e de tubos de papelão para a empresa que faz o corte dos papéis e a montagem dos rolos, que, após embalados, são enviados para os locais de uso. Após o uso, as toalhas de papel são enviadas com os sacos plásticos (onde as toalhas de papel usadas são acondicionadas) e as caixas de papelão para o Aterro Sanitário de Santo André.

O transporte dos secadores elétricos acabados para o Brasil, ocorre principalmente via navios até o Porto de Santos, depois seguem via transporte terrestre (modal rodoviário) para o depósito, onde posteriormente ocorre a distribuição para os locais de uso.

#### 4.8 – Custos

Os custos foram contabilizados para as fases de produção, secagem, transporte e disposição final. Esta etapa serve como subsídio para a posterior determinação dos impactos econômicos. As tabelas 9 e 10 mostram os custos relacionados nas etapas.

Tabela 9 – Custos - Shopping Center

Fase	2 Folhas	3 Folhas	5 Segundos	15 Segundos
Produção	R\$ 22.632,68	R\$ 31.589,02	R\$ 109.571,43	R\$ 109.571,43
Secagem	R\$ 403.032,62	R\$ 604.548,94	R\$ 3.626,67	R\$ 10.880,00
Disposição Final	R\$ 1.566,34	R\$ 2.349,51	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Transporte	R\$ 4.529,32	R\$ 6.293,86	R\$ 366,03	R\$ 366,03
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 431.760,97</b>	<b>R\$ 644.781,33</b>	<b>R\$ 113.564,13</b>	<b>R\$ 120.817,46</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Tabela 10 – Custos - Centro Universitário

Fase	2 Folhas	3 Folhas	5 Segundos	15 Segundos
Produção	R\$ 1.966,24	R\$ 2.389,37	R\$ 26.000,00	R\$ 26.000,00
Secagem	R\$ 19.040,35	R\$ 28.560,53	R\$ 171,33	R\$ 514,00
Disposição Final	R\$ 74,00	R\$ 111,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Transporte	R\$ 1.367,93	R\$ 1.448,27	R\$ 359,81	R\$ 359,81
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 22.448,53</b>	<b>R\$ 32.509,16</b>	<b>R\$ 26.531,14</b>	<b>R\$ 26.873,81</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Os custos com as fases de produção e secagem diferenciam-se segundo a alternativa a ser analisada.

No caso das toalhas de papel, os valores contabilizados na fase de produção são os referentes à produção dos dispensers utilizados, bem como às caixas de papelão utilizadas no transportes das toalhas de papel, os tubos de papelão e os sacos plásticos. Na fase de secagem é contabilizada a aquisição das toalhas de papel para a secagem.

Nas alternativas de secagem de mãos por jato de ar quente, foi contabilizada na fase de produção, a aquisição dos equipamentos (secadores elétricos) e, na fase de secagem, os custos envolvidos na utilização de energia elétrica. O cálculo da quantidade de energia utilizada (E), foi realizado através do produto da potência do aparelho (P) pelo tempo gasto para uma secagem (t), conforme equação(1).

$$E = P.t \quad (1)$$

Foram realizados ajustes às unidades funcionais e houve a multiplicação pela taxa do consumo da energia elétrica.

Na fase de transporte foram considerados os custos envolvidos no frete, como consumo de combustível e remuneração de funcionários. Na fase de destinação final foi considerada a taxa de disposição de resíduos e salários dos funcionários envolvidos nos processos.



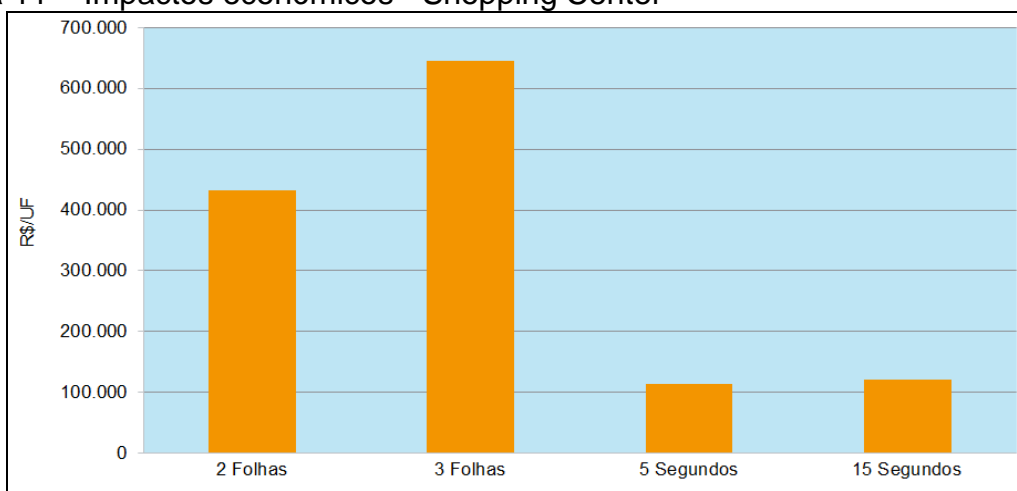
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 – Impactos Econômicos

Os maiores impactos econômicos foram registrados na fase de secagem para as alternativas 2 folhas e 3 folhas, onde a compra das toalhas de papel representa 93% do custo no Shopping Center e cerca de 86% do custo no Centro Universitário. Em disparidade às alternativas anteriores, a secagem de mãos por meio de secador elétrico gera maiores custos na fase de produção, onde estão atribuídos os custos relacionados à aquisição dos equipamentos. Este valor representa cerca de 95% do custo no Shopping Center e 97% do custo no Centro Universitário.

A figura 11 representa os impactos econômicos relacionados ao Shopping Center.

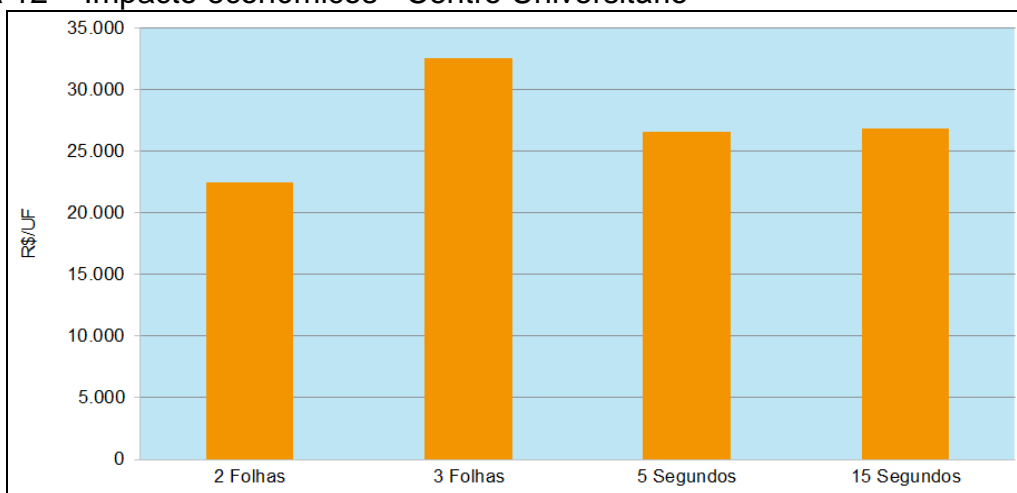
Figura 11 – Impactos econômicos - Shopping Center



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Os impactos econômicos do Centro Universitário, dispostos na figura 12, são similares aos do Shopping Center, porém, ajustados para a UF de 455.530 secagens.

Figura 12 – Impacto econômico - Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A partir do exposto neste tópico podemos notar que o impacto econômico da secagem de mãos com toalhas de papel é atrelado à quantidade de folhas

utilizadas, bem como à quantidade de frequentadores dos locais de estudo, sendo estes fatores críticos na escolha da alternativa.

No caso do secador elétrico por ar quente, deve ser analisada uma disponibilidade econômica para a aquisição das tecnologias, tendo em vista que as mesmas representam majoritariamente os custos da tecnologia.

## 5.2 – Ponderação

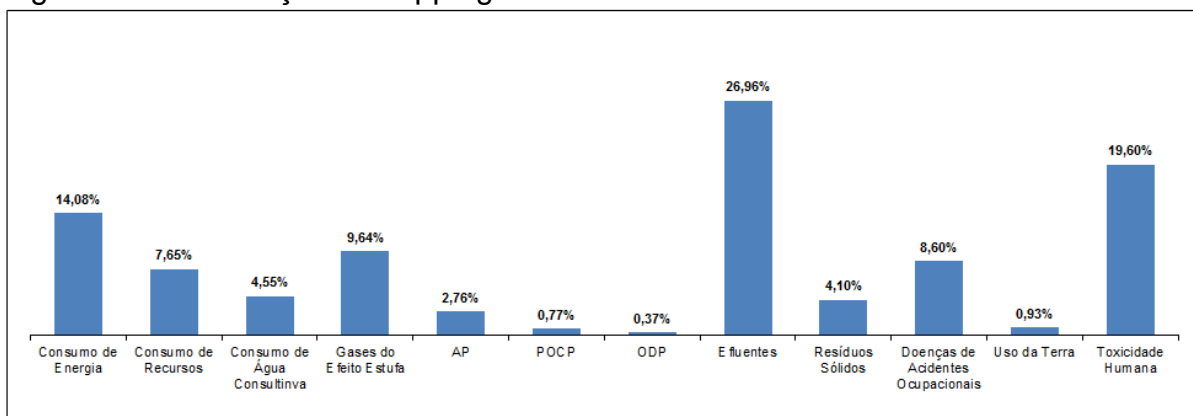
A Ponderação tem como objetivo atribuir pesos para cada uma das categorias de impacto ambiental, possibilitando a criação de um único índice de impacto ambiental. A ponderação é feita através da relação entre o critério de relevância científica e o de percepção social. O fator de ponderação identifica os impactos mais críticos ao sistema em estudo (FEE®, 2013a). O Fator de Ponderação é dado pela média geométrica entre Relevância e Percepção Social.

A relevância representa o grau de importância de uma determinada categoria de impacto ambiental em relação ao país ou região em estudo. (FEE®, 2013a).

O Fator de Percepção Social caracteriza-se pela pesquisa de opinião pública aplicada de forma presencial para diversos públicos buscando identificar quais características de impacto ambiental e social são mais relevantes para os indivíduos entrevistados, que representam uma parcela da população do país. (FEE®, 2013a).

A Figura 5 representa as ponderações obtidas para Shopping Center após a inserção dos dados obtidos e realização das análises.

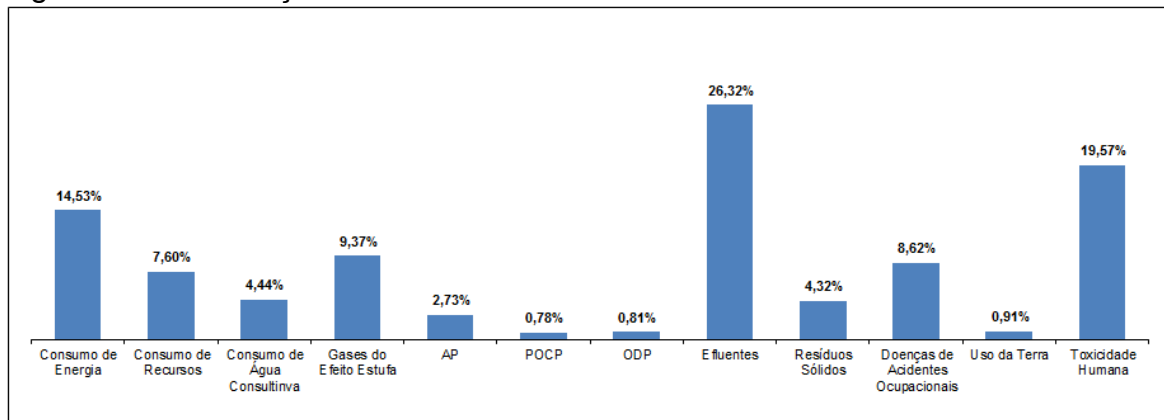
Figura 5 – Ponderação - Shopping Center



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A Ponderação do Centro Universitário mostrou resultados similares à do Shopping Center, como observado na Figura 6.

Figura 6 – Ponderação - Centro Universitário



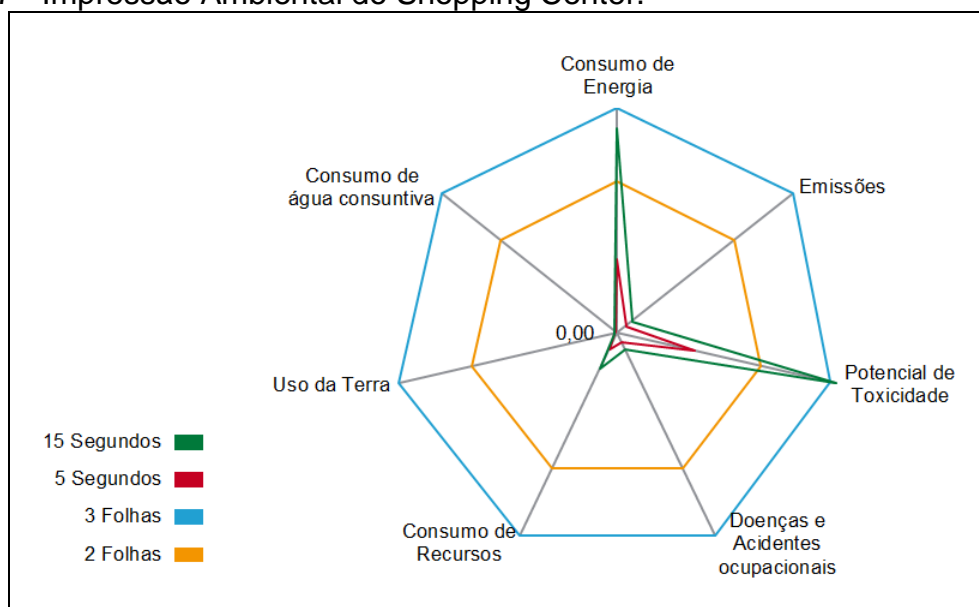
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

As três categorias que apresentaram maiores índices de ponderação foram Efluentes, Toxicidade Humana e Consumo de Energia, as quais serão detalhadas posteriormente.

### 5.3 – Impressão Ambiental

A Impressão Ambiental é um gráfico que gera um indicador de todos os impactos ambientais causados por cada alternativa para secagem de mãos, segundo as sete categorias de impacto ambiental elencadas neste método de avaliação. A alternativa posicionada mais ao extremo é aquela menos favorável na categoria de impacto em avaliação. Quanto mais perto da origem, mais ambientalmente favorável ela é em relação às demais. A Figura 7 mostra a Impressão Ambiental no Shopping Center.

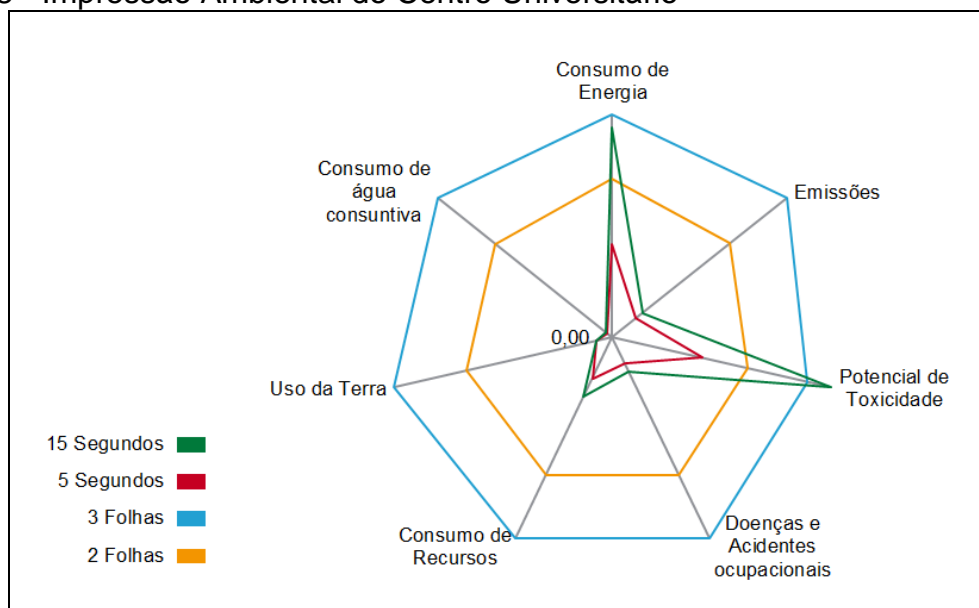
Figura 7 - Impressão Ambiental do Shopping Center.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A Figura 8 mostra a Impressão Ambiental no Centro Universitário.

Figura 8 - Impressão Ambiental do Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

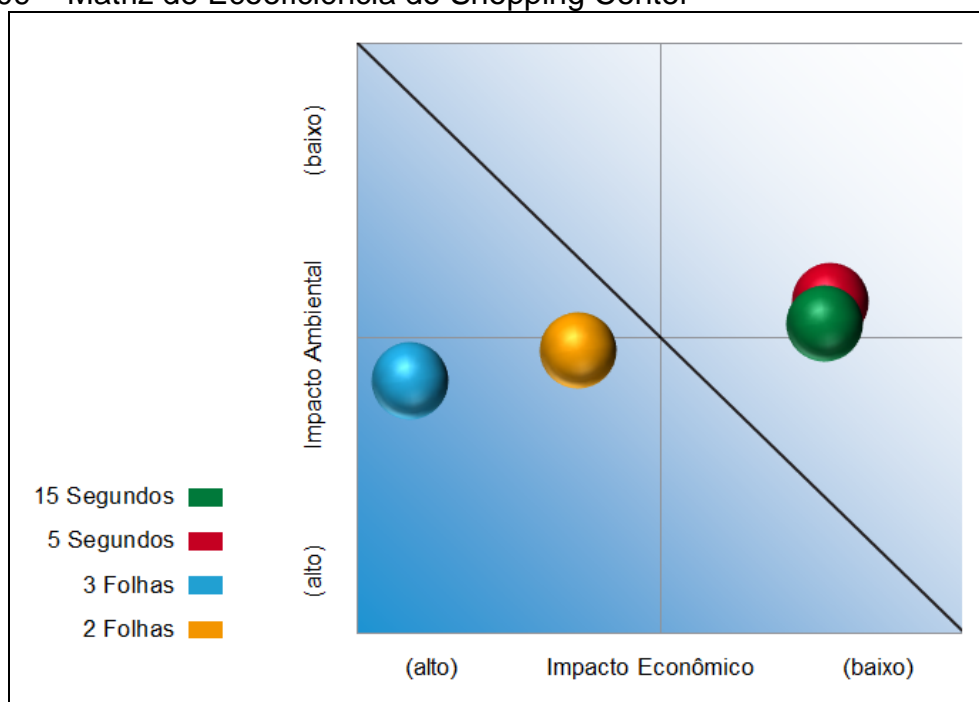
Observa-se que as alternativas que utilizam toalhas de papel para a secagem de mãos possuem impacto ambiental relevante na categoria Uso da Terra. Este impacto é decorrente da utilização da terra para plantação. Nas alternativas que utilizam energia elétrica, é verificado um significativo impacto ambiental nas categorias Consumo de Energia e Potencial de Toxicidade Humana.

#### 5.4 – Matriz de Ecoeficiência

O resultado da Análise de Ecoeficiência é apresentado através da Matriz de Ecoeficiência, tornando fácil a interpretação da alternativa que melhor atenda à função pretendida, tendo em vista o melhor desempenho ambiental e econômico combinados. A alternativa com menor impacto econômico e menor impacto ambiental, ou seja, a mais ecoeficiente, é a que está posicionada mais perto da aresta do quadrante superior direito do gráfico.

A análise baseia-se na avaliação de impactos econômicos vinculados a impactos ambientais, desta forma a opção mais ecoeficiente deve atender às duas vertentes. Na figura 9 observa-se os resultados obtidos através da Análise de Ecoeficiência proposta para o Shopping Center.

Figura 09 – Matriz de Ecoeficiência do Shopping Center



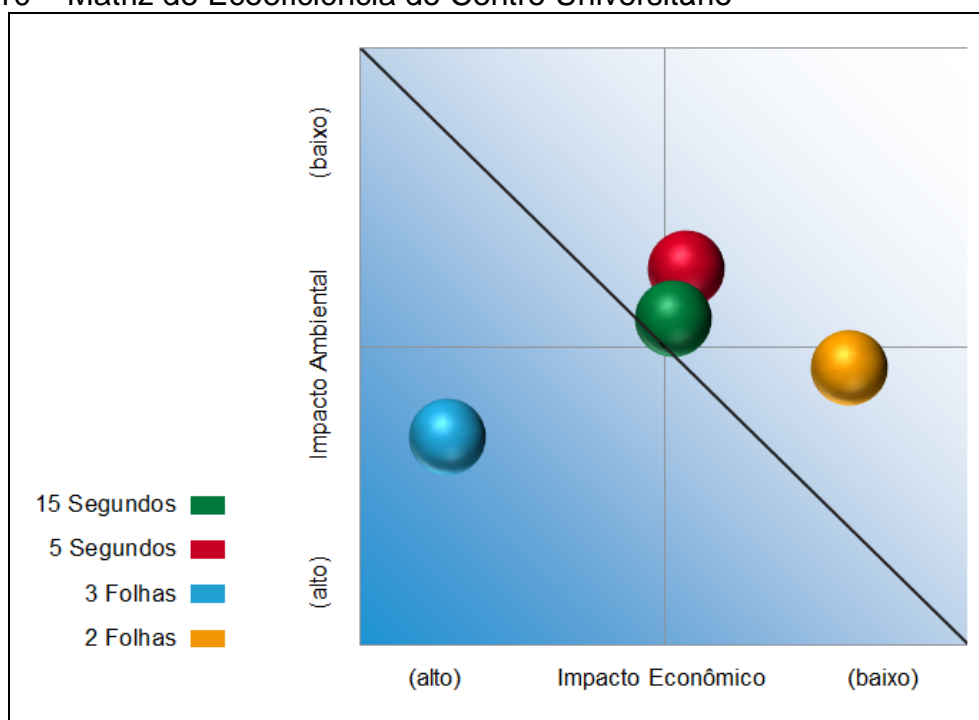
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Na Figura 09 pode ser analisada a Matriz de Ecoeficiência tendo como referência o Shopping Center como local de estudo. Observa-se que a alternativa mais ecoeficiente é a de secagem de mãos por meio de secador elétrico por jato de ar quente durante 5 segundos e a alternativa menos ecoeficiente é a de secagem utilizando três folhas de toalhas de papel.

A Figura 10 mostra os resultados obtidos através da Análise de Ecoeficiência para o Centro Universitário.

Na Matriz de Ecoeficiência do Centro Universitário, foi observado que a alternativa mais ecoeficiente é a de 5 segundos por jato de ar quente e a menos ecoeficiente é a de 3 folhas, assim como verificado no local de estudo anterior.

Figura 10 – Matriz de Ecoeficiência do Centro Universitário



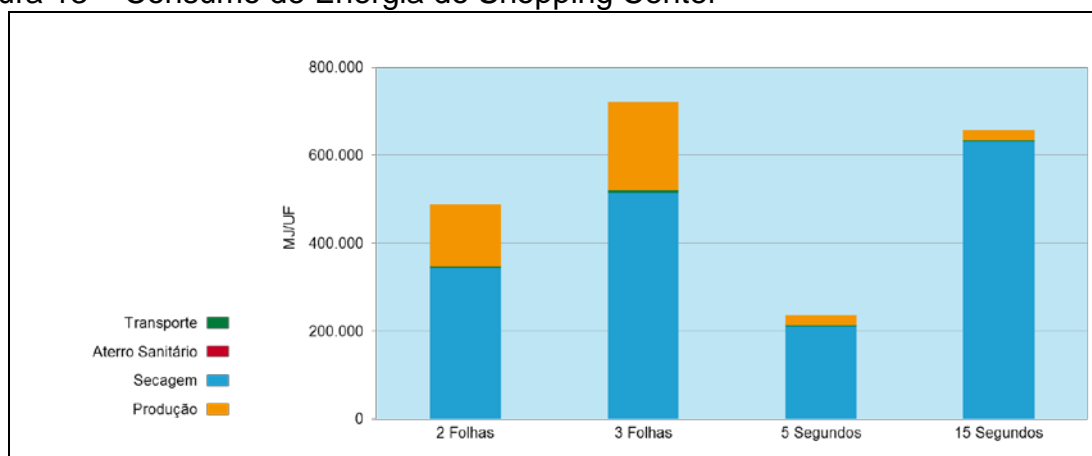
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Destaca-se que a alternativa de secagem utilizando duas folhas de papel não é a mais ecoeficiente, pois, apesar de ter melhor desempenho econômico, não possui um bom desempenho ambiental.

### 5.5 – Consumo de Energia

A quantificação dos impactos de Consumo de Energia no Shopping Center está demonstrada na Figura 13.

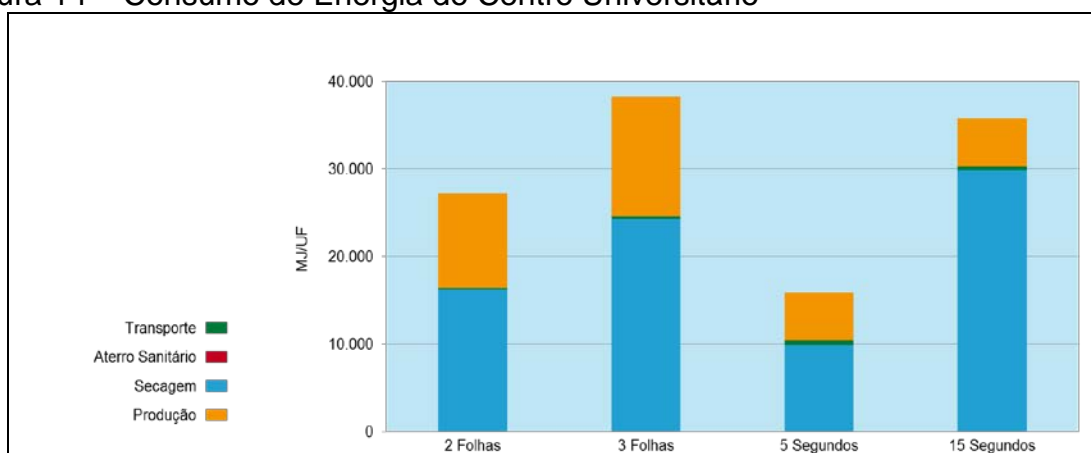
Figura 13 – Consumo de Energia do Shopping Center



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Os impactos de consumo de energia no Centro Universitário, observados na Figura 14, se mostram similares aos observados no Shopping Center.

Figura 14 – Consumo de Energia do Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

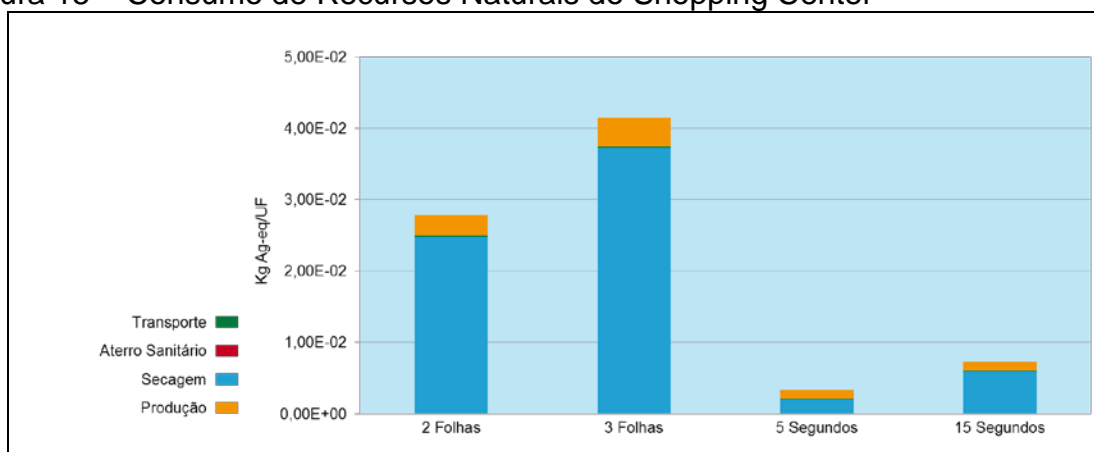
Observa-se que os maiores impactos de todas as alternativas analisadas referentes ao parâmetro energia apresentam-se na fase de secagem, onde a produção de papel atinge a utilização de 152.146 MJ de energia provinda de gás natural e a realização da secagem de mãos com secador elétrico atinge 84.056 MJ de fontes de energias renováveis.

Nos dois locais de estudo é possível perceber que o Consumo de Energia é maior na produção do papel do que na secagem com 5 segundos e com uma pequena diferença na secagem com 15 segundos.

### 5.6 – Consumo de Recursos Naturais

Os impactos referentes ao Consumo de Recursos Naturais para os dois locais de estudo estão dispostos nas Figuras 15 e 16.

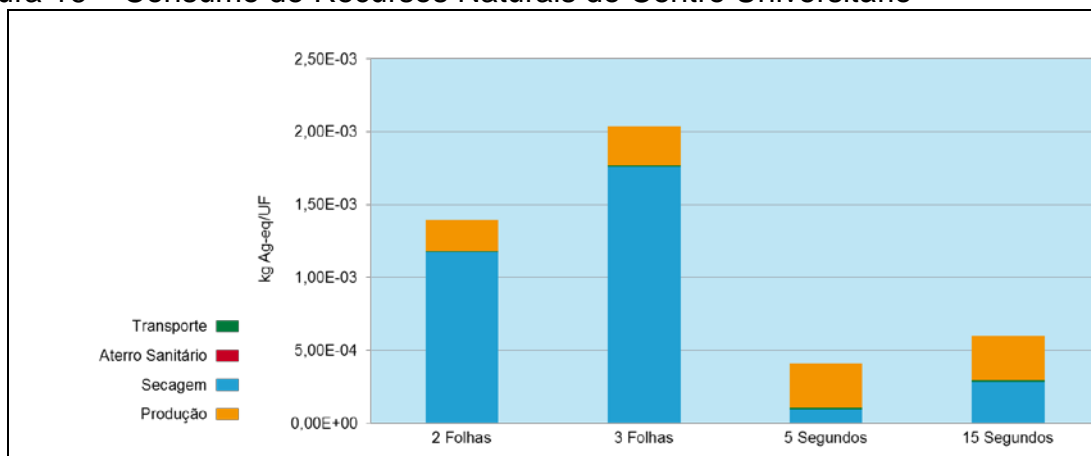
Figura 15 – Consumo de Recursos Naturais do Shopping Center



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Os maiores impactos de consumo de recursos naturais são observados nas fases de secagem para todas as alternativas estudadas e nos dois locais de estudo. Na produção de papel atinge a utilização de 2,16 kg de Zinco (expresso em Prata equivalente) e, no secador elétrico, o impacto é dividido entre Gás Natural e Petróleo que representam respectivamente 0,20 e 0,23 kg de Prata equivalente para geração de energia elétrica.

Figura 16 – Consumo de Recursos Naturais do Centro Universitário

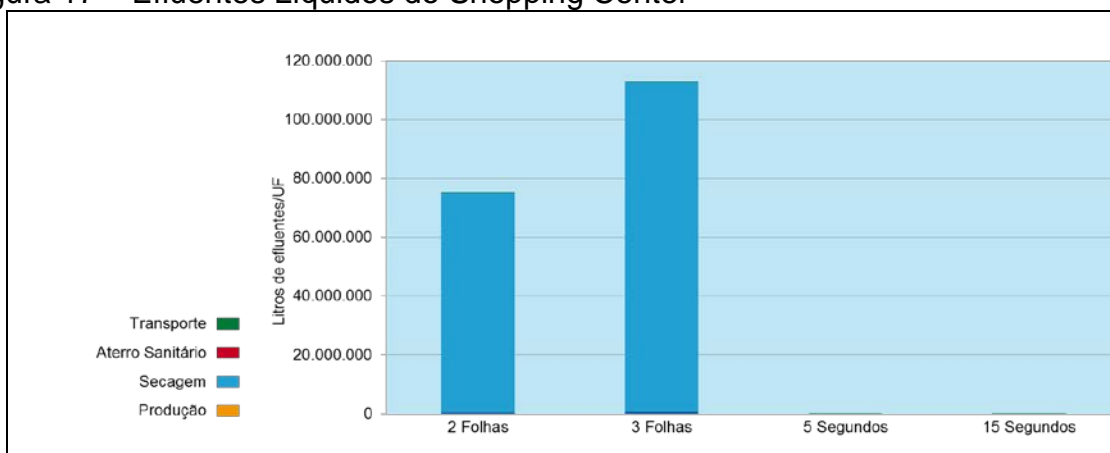


Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

### 5.7 – Efluentes Líquidos

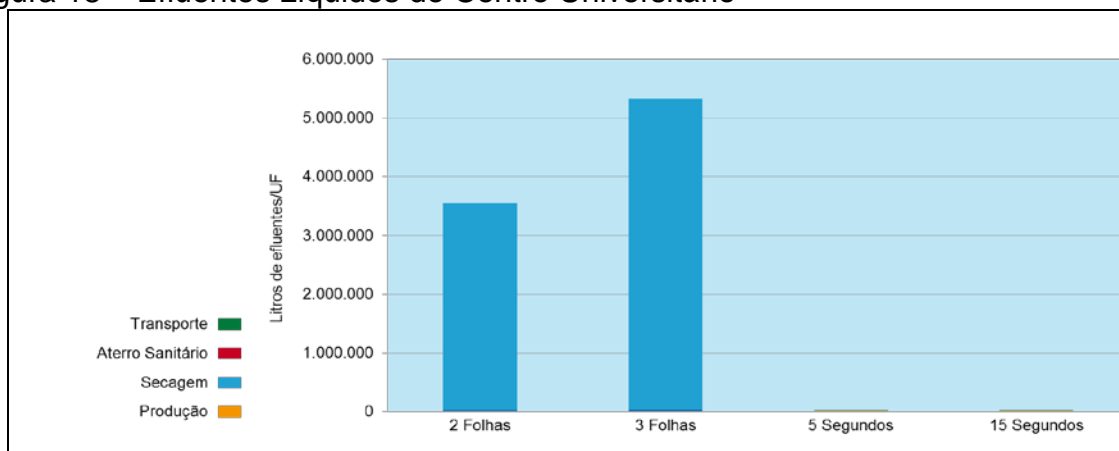
Os impactos referentes a emissão de efluentes para os dois locais de estudo podem ser visualizados nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Efluentes Líquidos do Shopping Center



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Figura 18 – Efluentes Líquidos do Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

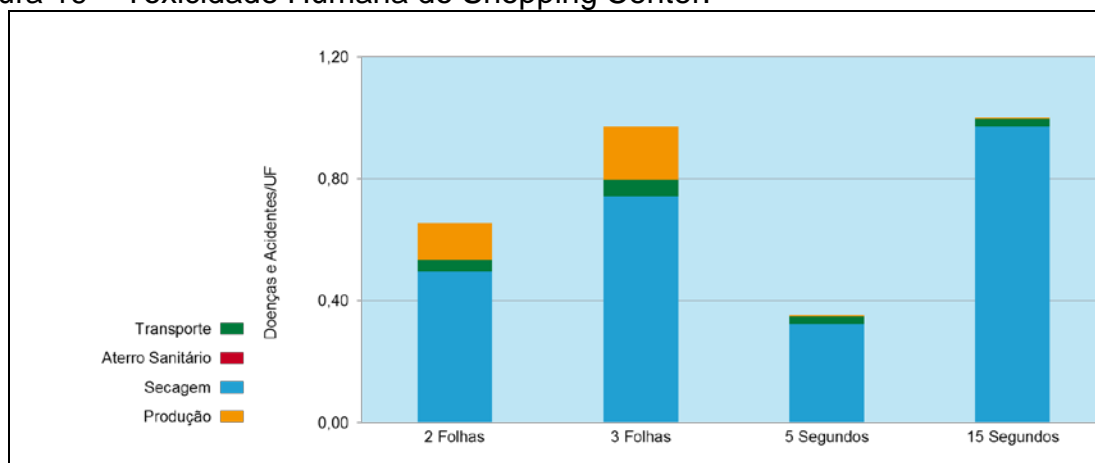
Constata-se que o maior impacto na emissão de efluentes refere-se à produção das toalhas de papel atribuído à fase de secagem, onde mercúrio e outros metais pesados residuais são incluídos no inventário do ciclo de vida do seu

processo de produção, na etapa de branqueamento com a adição de alvejantes químicos. Os impactos gerados neste mesmo parâmetro para as demais alternativas não são significativos.

### 5.8 – Potencial de Toxicidade Humana

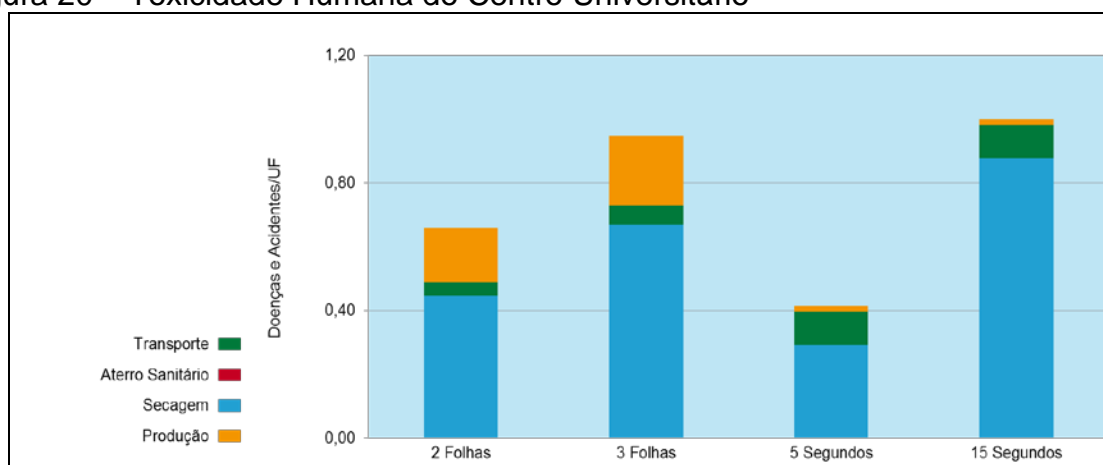
Em todas as alternativas, é na etapa de secagem onde encontram-se os maiores impactos referentes à toxicidade humana, assim como observado nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 – Toxicidade Humana do Shopping Center.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Figura 20 – Toxicidade Humana do Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Na secagem com a utilização de secadores elétricos, os impactos referem-se à utilização da energia térmica da 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.

### 5.9 – Cenário – Reciclagem

Uma vez identificados os pontos críticos e/ou oportunidades de melhoria dos estudos, ou ainda a possibilidade de aplicação de diferentes tecnologias para o mesmo fim, é possível estabelecer cenários que contemplem alterações dos dados na fronteira do sistema de produto e, assim, avaliar a performance global do sistema. (FEE®, 2013a).



Reciclagem é o uso de um coproduto, saída de um sistema de produto, como entrada em outro sistema de produto. (SILVA;OLIVEIRA, 2014). Partindo deste conceito e buscando o incentivo às práticas sustentáveis na reinserção de produtos na cadeia produtiva após o uso, foi elaborado um cenário de Reciclagem.

Neste cenário foi considerado que as caixas utilizadas para o transporte das toalhas de papel foram destinadas ao processo de reciclagem. A quantidade de caixas de papelão que são encaminhadas para a reciclagem estão dispostas na Tabela 8.

Tabela 8 – Quantidade de caixas de papelão enviadas para reciclagem

Local de estudo	Alternativa	Caixas de papelão encaminhadas para reciclagem (Kg/UF)
Shopping Center	2 Folhas	1.245
	3 Folhas	1.867
Centro Universitário	2 Folhas	59
	3 Folhas	88

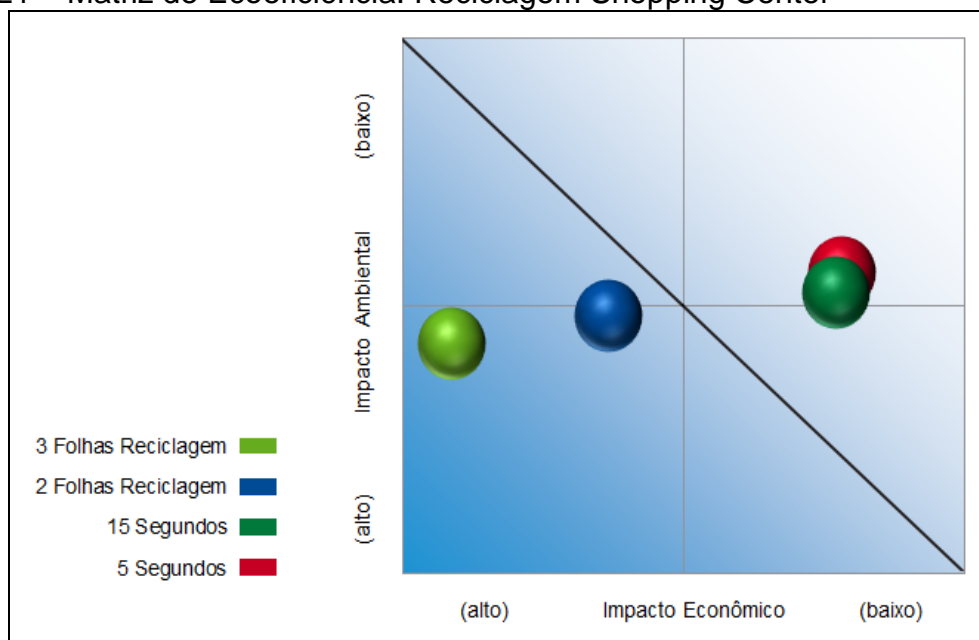
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

A proporção de reciclagem de embalagens de papelão ocorre em torno de 50% da quantidade total do papelão novo empregado (RECICLA BRASIL, 2014). Neste cenário, os tubos de papelão dos rolos de toalhas de papel e os sacos plásticos para a destinação de resíduos continuam sendo destinados ao aterro sanitário no cenário proposto.

#### 5.9.1 – Cenário – Reciclagem (Shopping Center)

A Figura 21 mostra a Matriz de Ecoeficiência do Shopping Center contemplando o cenário de reciclagem.

Figura 21 – Matriz de Ecoeficiência: Reciclagem Shopping Center

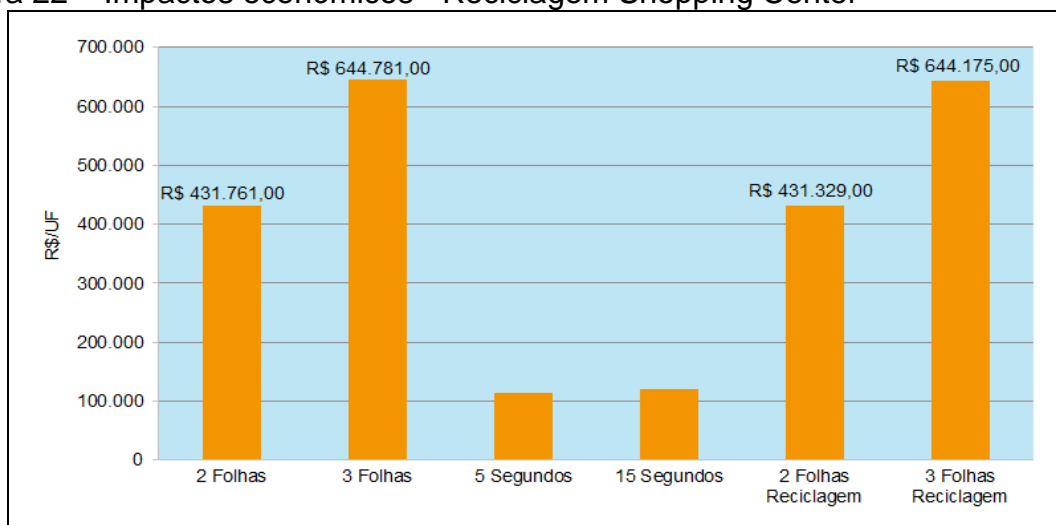


Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Através da Matriz de Ecoeficiência, conclui-se que os impactos ambientais que poderão ser mitigados através dessa ação não surtirão efeitos representativos no resultado final.

A Figura 22 mostra os impactos econômicos que resultarão do processo de reciclagem das caixas de papelão.

Figura 22 – Impactos econômicos - Reciclagem Shopping Center



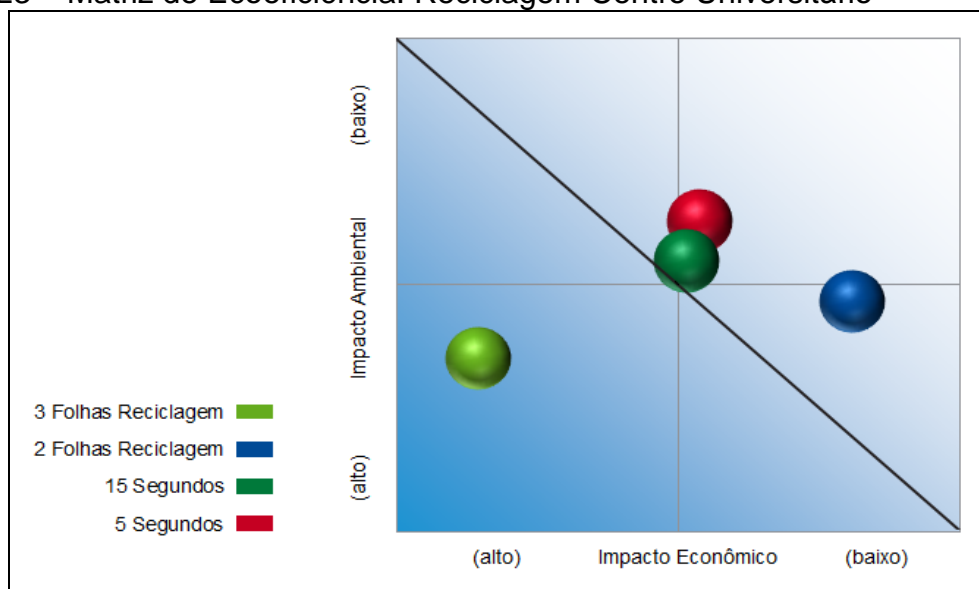
Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

No caso do Shopping Center, a alteração obtida com a utilização da reciclagem na disposição final é na ordem de 0,01% de economia do valor gasto para a disposição das caixas de papelão em aterro. Isso equivale a cerca de R\$600,00 na alternativa de secagem de mãos utilizando três toalhas de papel.

#### 5.9.2 – Cenário – Reciclagem (Centro Universitário)

A Figura 23 explica a Matriz de Ecoeficiência gerada com inclusão do processo de reciclagem no Centro Universitário.

Figura 23 – Matriz de Ecoeficiência: Reciclagem Centro Universitário

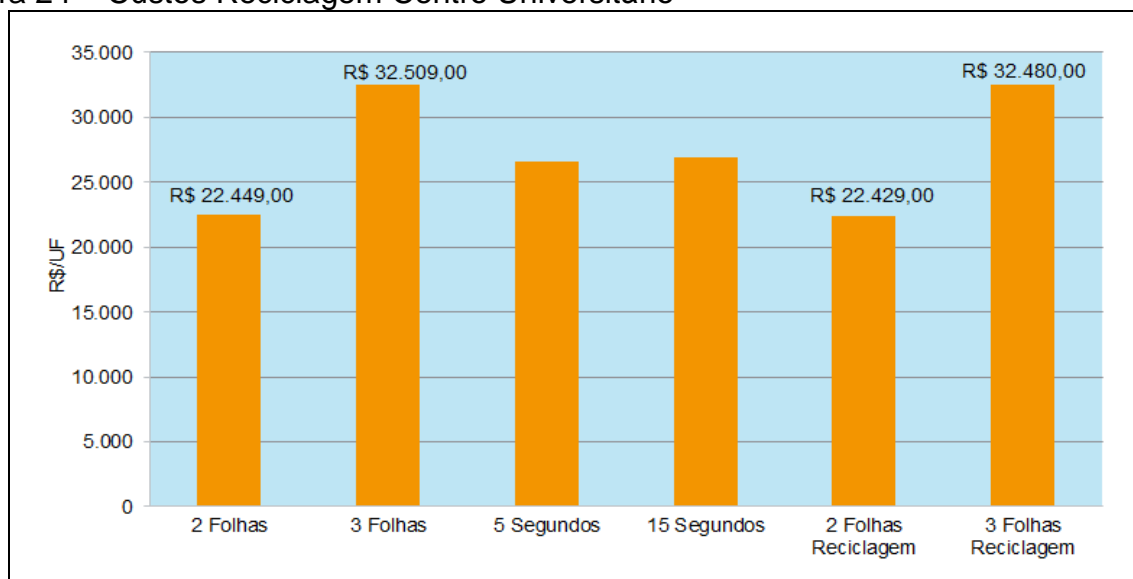


Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Assim como no cenário de reciclagem aplicado no Shopping Center, constata-se que os impactos ambientais que poderão ser mitigados através dessa ação não surtirão efeitos representativos no resultado final.

A Figura 24 mostra os impactos econômicos que resultaram do processo de reciclagem das caixas de papelão.

Figura 24 – Custos Reciclagem Centro Universitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Os impactos econômicos na disposição final com o cenário de reciclagem no Centro Universitário não chegam a R\$50,00 na alternativa de secagem de mãos utilizando três toalhas de papel.

## 6 – 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 neste 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. Constata-se também que em locais de grande frequência, a utilização de secador elétrico destaca-se mais econômica.

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.

### Agradecimentos

Agradecemos à equipe da Fundação Espaço ECO®, que viabilizou a execução do estudo, em especial a Sueli Aparecida de Oliveira, Emiliano Milanez Graziano da Silva e Rafael Selvaggio Viñas. À BASF, pela autorização do uso da metodologia de Análise de Ecoeficiência e aos professores do Centro Universitário Fundação Santo André por todo processo de aprendizado, em especial aos senhores Murilo Andrade Valle, Enio Borba Carli, Artur Ferreira de Toledo e Hamilton Magalhães Viana, que tanto contribuíram durante o andamento do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BASF. **BASF's Eco-Efficiency Analysis Methodology**. *New Jersey, 2013. 33 p.*  
BENZOLIMP. Produtos e acessórios para limpeza. Disponível em: <<http://www.benzolimp.com.br/saco-de-lixo-200-litros-preto-100-unidades-boca-larga-6kg.html>>. Acesso em : 16 set. 2014.

BERLIN, L. **Moda e Sustentabilidade – Uma reflexão necessária**, Rio de Janeiro: Ed. Estação das Letras e Cores. ISBN 978-8-56016-660-2. 2012. 159 p.

BRAKEY. **Secador de mãos modelo CR-110**. Disponível em <<http://www.secadoresdemaos.com.br/modulos/catalogo/descricao.php?cod=117>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 11 out. 2014.

COORDENADORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. Semasa reabre visita monitoradas ao Aterro Sanitário. **Santo André**, Santo André, 06 fev. 2014. Disponível em: <<http://www2.santoandre.sp.gov.br/index.php/noticias/item/7993-semasa-reabre-visitas-monitoradas-ao-aterro-sanitario>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

CHEHEBE, J. R. B. **Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos**. Rio de Janeiro: Qualtynmark, 1998.

DMITRIJEVAS, Cibele. **Análise de Ecoeficiência de Técnicas para Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2010. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DYSON AIRBLADE. **Secador de mãos Dyson Airblade dB – Características**. Disponível em <<http://www.dysonairblade.com.br/hand-dryers/airblade-db/airblade-db.aspx>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

DYSON AIRBLADE. **Technical Specification**. Disponível em <[http://www.dysonairblade.com.br/medialibrary/Files/Tech%20Specs/dB\\_Techspec\\_en-BR.pdf](http://www.dysonairblade.com.br/medialibrary/Files/Tech%20Specs/dB_Techspec_en-BR.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2014.

EPA. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. Cincinnati, 2006. Disponível em: <[http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter1\\_frontmatter\\_lca101.pdf](http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2014

FELIX, Vagner. **Orçamento – Transporte de Cargas** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <carretofenix.transportes@gmail.com> em 15 aug. 2014.

FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO. **Cartilha de Ecoeficiência**. São Bernardo do Campo, 2013. 44p.a

FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO. Atuação em Sustentabilidade. **Análise de Ecoeficiência**. Disponível em: <<http://www.espacoeco.org.br/atuacao-em-sustentabilidade/ferramentas-em-socioeficiencia/an%C3%A1lise-de-efici%C3%Aancia.aspx>>. Acesso em: 13 out. 2014.b

FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO. **Análise de Socioeficiência da Geração de Vapor para uso na planta de Triunfo, RS**. São Bernardo do Campo, 201. 72 p.c

FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO. **Demachi + Ecoeficiente**. São Bernardo do Campo, 2013. 93 p.d

FUNDAÇÃO ESPAÇO ECO. **Estudo de Ecoeficiência das Lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.espacoeco.org.br/resultados/casos-de-sucesso/estudo-de-efici%C3%Aancia-das-l%C3%A2mpadas.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2014.

GALVÃO, Doralice Aparecida. **Informações para TCC** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <doralice@fsa.br> em 20 aug. 2014.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

GRANDE, Mariana. **Análise de socioeficiência - Secagem de mãos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mariana.grade@brmall.com.br> em 21 fev. 2014.

HOKWANG INDUSTRIES. Products. **Hand Dryer Series**. Disponível em: <<http://www.hokwang.com/>>. Acesso em: 17 set. 2014.

INSTITUTO AKATU. **Relatório Social 2011**. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/relatorio-de-atividades-2011.pdf>>. Acesso em: 09/10/2014.

KALUNGA. **Caixa papelão transporte/mudança**. Disponível em: <<http://www.kalunga.com.br/prod/caixa-papelao-transporte-mudanca-c64xl34xa29-riges/145084?menuID=30&WT.svl=2>>. Acesso em: 17 set. 2014.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems**. Massachusetts, 2011. 113 p.

MUSLEH, Amir Hernandez et al. **Análise de Ecoeficiência para Geração de Energia Elétrica**. 2013. 79 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo, 2013.

MITSUBISHI SECADORES DE MÃO. **Hand Dryer - Jet Towel**. Disponível em <<http://www.mitsubishisecadoresdemaio.com/downloads/jet-towel/comercial/jettowel-portugues.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

OLIVEIRA, Sueli Aparecida de; SILVA, Gil Anderi da. **Glossário de Avaliação de Ciclo de Vida**. São Bernardo do Campo, 2014. 96 p.

QUANTIS. **Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems: The XLERATOR Hand dryer, Conventional Hand Dryers and Paper Towel Systems**. Massachusetts, 2009. 54 p.

RECICLA BRASIL. **Gerenciamento de Resíduos Pós Industrial**. Disponível em: <<http://reciclabrasil.net/papelao.html>>. Acesso em 28 out. 2014.

REPORTAGEM LOCAL; Santo André reabre aterro municipal. Diário Regional, Santo André, 16 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.diarioregional.com.br/2014/03/16/sua-regiao/minha-cidade/santo-andre-reabre-aterro-municipal/>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Análise do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA do Aterro Sanitário. Parecer Técnico n. 70678/09/TAGA de 2006. **Conselho Estadual do Meio Ambiente**: São Paulo, SP, 11 jun. 2006. Disponível em <[http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2011/11/oficio\\_consema\\_2009\\_234/Parecer\\_Tecnico\\_Cetesb70678-09-TAGA.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2011/11/oficio_consema_2009_234/Parecer_Tecnico_Cetesb70678-09-TAGA.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2014.

VIANNA, Fernanda Cristina. **Análise de Ecoeficiência: Avaliação do Desempenho Econômico Ambiental do Biodiesel e Petrodiesel**. 2006. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

THE COCA-COLA COMPANY. **Sustainable Packaging**. Disponível em: <<http://www.cocacolacompany.com/packaging/our-progress-what-were-doing-and-how-were-doing-it>>. Acesso em: 09 out. 2014.

US GEOLOGICAL SURVEY. **Disponibilidade de Recursos Naturais**. 2008. Disponível em: <<http://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 18 out. 2014.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Business solutions for a sustainable world**. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/about/organization.aspx>>. Acesso em: 13 out. 2014