

## DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES AMBIENTAIS CHAVES PARA AEROPORTOS

**Ana Letícia Bragança Rodrigues Gonçalves**

**Mauro Caetano**

**Evandro José da Silva**

**Wilson Cabral de Sousa Júnior**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Divisão de Engenharia Civil

### RESUMO

Na gestão aeroportuária, a utilização de indicadores é importante como ferramenta para avaliação de desempenho, gerenciamento, metas e tomada de decisões. Do ponto de vista ambiental, tais indicadores são uma forma de avaliar e monitorar os aspectos e impactos presentes, além de proporcionarem confiabilidade, transparência e comparabilidade dos resultados como meio de melhoria de desempenho interno. Para ajudar os aeroportos em sua escolha, este trabalho compara 191 indicadores dos oito aeroportos mais movimentados do mundo em 2018 segundo o ACI (*Airport Council International*) e identifica uma lista com 15 indicadores mais relevantes e frequentemente utilizados, a partir de critérios de seleção. Os resultados apontaram indicadores de fácil interpretação e obtenção de dados, além de úteis para analisar todo contexto ambiental do aeroporto.

### ABSTRACT

Indicators as a tool for performance analysis, management, targets and decision-making are needed at airports. From the environmental point of view, they are a great way to evaluate and monitor the present aspects and impacts, as well as to provide reliability, transparency and comparability of results in order to improve internal performance. To help airports in their choice, this article compares 191 indicators from the eight busiest airports in 2018 according to the ACI (*Airport Council International*) and selects a list of 15 most relevant and frequently used indicators. The results demonstrate indicators of easy interpretation and data collection and are useful for analyzing the entire environmental area of the airport.

### 1. INTRODUÇÃO

A aviação tem experimentado uma rápida expansão devido ao seu papel fundamental como meio de transporte a longas distâncias. Em 2017, mais de 4,1 bilhões de passageiros foram transportados pelas companhias aéreas do mundo, 35% a mais em relação a 2012 (ATAG, 2019). Além do transporte de pessoas e mercadorias, ela também apresenta grande relevância no aspecto socioeconômico mundial, gerando empregos diretos e indiretos, apoiando o turismo, estimulando investimentos e o comércio internacional, facilitando o provimento de ajuda humanitária e atendimento de emergências (Koç e Durmaz, 2015).

No entanto, não apenas os benefícios da aviação são significativos, mas também os impactos ambientais a ela associados, sejam eles locais ou globais. O rápido crescimento da aviação afeta negativamente o meio ambiente, devido à poluição sonora e atmosférica geradas pelas aeronaves, o grande consumo de recursos hídricos, o elevado gasto energético e a geração de resíduos sólidos por parte dos aeroportos (Dimitriou et al., 2014). Além disso, Upham *et al.* (2003) advertem que a indústria aeroaviária está crescendo mais rápido que a criação e implementação de tecnologias que reduzem impactos ambientais, o que aponta para uma situação insustentável e que deve ser revertida. Embora as questões ambientais pareçam críticas e essenciais para o desenvolvimento dos aeroportos, nem todos apresentam uma estratégia ambiental específica (Dimitriou *et al.*, 2014).

A avaliação e o monitoramento dos aspectos e impactos ambientais na aviação por meio da utilização de indicadores são uma eficiente ferramenta. Sua escolha afeta diretamente o

gerenciamento e tomada de decisões, pois podem ser utilizados para definir metas mensuráveis e monitorar o progresso, estabelecer linguagem comum e transparente e avaliar o desempenho do aeroporto em diferentes áreas (Huovila *et al.*, 2019). Centenas de diferentes indicadores estão disponíveis e sua padronização proporciona harmonização, confiabilidade e transparência na comparabilidade dos resultados (Huovila *et al.*, 2019).

Mesmo existindo a organização internacional GRI (*Global Reporting Initiative*) que sugere um padrão de indicadores de sustentabilidade, nem todos os aeroportos o adotam. Dos oito aeroportos analisados neste trabalho, apenas um utiliza o padrão sugerido. Na literatura existem poucos estudos sobre a comparação entre os diferentes indicadores utilizados em aeroportos. Isso dificulta a realização de um comparativo entre aeroportos, o que é lamentável, pois informações confiáveis e objetivas para avaliação e metas aeroportuárias são necessárias. Este estudo tenta preencher essa lacuna de pesquisa através da comparação de indicadores e frequência de utilização dos mesmos, e apresenta um padrão de indicadores de fácil interpretação e útil para analisar toda a parte ambiental dos aeroportos. Foram analisados 191 indicadores dos oito aeroportos que apresentaram maior movimentação de aeronaves no mundo, em 2018: Aeroporto Internacional de Atlanta, Aeroporto Internacional de Pequim, Aeroporto Internacional de Dubai, Aeroporto Internacional de Los Angeles, Aeroporto Internacional de Tóquio, Aeroporto Internacional O'Hare de Chicago, Aeroporto Heathrow de Londres e Aeroporto Internacional de Hong Kong.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os indicadores são uma ferramenta que possibilita informar os resultados de um processo de forma mais direcionada. Com base nos indicadores é possível tomar decisões mais orientadas e compreender exatamente o que está funcionando e o que deve ser mudado em uma indústria. Também podem ser entendidos como um recurso, uma tendência ou um fenômeno, devendo ser *SMART*: *Specific* (Específico) - ser claro e conciso, *Measurable* (Mensurável) - indicadores quantificáveis, *Achievable* (Alcançável) - capaz de completar o objetivo ou meta, *Relevant* (Relevante) - dentro do orçamento e do prazo, e *Time* (Tempo) - concluído até uma determinada data (Tanguay *et al.*, 2010). Do ponto de vista gerencial, é essencial para garantir o crescimento econômico, o desempenho ambiental e o fornecimento de responsabilidades sociais, podendo reduzir desperdícios, aumentar receitas e diminuir custos (Koç e Durmaz, 2015). Além disso, a sua utilização permite comparar vários setores em uma mesma empresa, ou várias empresas de um segmento (Zobel *et al.*, 2002; Francis *et al.*, 2002).

Constata-se a existência de grande diversidade de modelos e indicadores para avaliar a gestão ambiental de aeroportos (Koç e Durmaz, 2015; Dimitriou *et al.*, 2014; Jordão, 2009; Granberg *et al.*, 2013; Tanguay *et al.*, 2010; Asker e Kiraci, 2016), dificultando a escolha sobre quais se devem utilizar. Outros segmentos também passam por essa mesma situação, como se pode observar na comparação de sustentabilidade entre 28 capitais europeias realizada por Akande (2019), no qual são utilizados 32 indicadores. Também vale mencionar o trabalho de Razmjoo *et al.* (2019) que apresentam novos indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável para avaliar a sustentabilidade energética de 12 países. Huovila *et al.* (2019) desenvolveram uma interessante taxonomia com 413 indicadores para avaliar as metas e necessidades de cidades sustentáveis.

A diferença de quantidade de indicadores acaba interferindo na prática de comparação (*benchmarking*), que segundo Francis *et al.* (2002) está sendo cada vez mais utilizada pelos

gerentes de aeroportos como um meio de melhoria de desempenho interno. Apesar dos avanços, ainda existem obstáculos a serem vencidos. Por isso, obter padronização de indicadores é fundamental diante da urgente necessidade dos aeroportos em fortalecer a capacidade de produzir estatísticas ambientais mais confiáveis e melhorar o desempenho interno (Francis *et al.*, 2002).

### 3. MÉTODOS

Inicialmente investigou-se as questões ambientais destacadas nos relatórios dos oito aeroportos mais movimentados do mundo, segundo o ranking listado pelo ACI (*Airport Council International*) em 2018 (Tabela 1). Os arquivos, obtidos a partir dos *websites* dos aeroportos, não tinham formatos específicos e continham vários objetivos, metas e indicadores ambientais de forma dispersa. Todos os relatórios de sustentabilidade, anuais e de responsabilidade social corporativa mais recentes publicados nos *websites* dos aeroportos foram revisados a fim de identificar quaisquer aspectos ambientais.

**Tabela 1:** Oito aeroportos mais movimentados do mundo (tráfego total de passageiros 2018)

Aeroporto	Localização	País	Relatórios	Ano
Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport	Atlanta - Geórgia	EUA	Relatório Anual	2016
Beijing Capital International Airport	Pequim	China	Relatório de Avaliação e Relatório de Responsabilidade Social Corporativa	2017
Dubai International Airport	Dubai	Emirados Árabes Unidos	Avaliação dos Aeroportos de Dubai	2015
Los Angeles International Airport	Los Angeles - Califórnia	EUA	Relatório Sustentabilidade	2017
Tokyo International (Haneda) Airport	Tóquio	Japão	Ecoguia do Aeroporto	2016
O'Hare International Airport	Chicago – Illinois	EUA	Manual do Aeroporto Sustentável	2018
Heathrow Airport	Londres	Reino Unido	Relatório Sustentabilidade	2018
Hong Kong International Airport	Hong Kong	Hong Kong	Relatório Sustentabilidade	2017/2018

Fonte: ACI (2018)

Identificados na Tabela 1 os principais relatórios ambientais relacionados à operacionalidade dos aeroportos, foram comparados quais os padrões de indicadores ambientais mais relevantes e observada a frequência de usos dos mesmos. Em relação às diferentes descrições e medições apresentadas pelos indicadores, procurou-se esclarecer suas diferenças, por exemplo, em situações que fossem apresentadas a dimensão e porcentagem do mesmo item, estabeleceu-se que seriam considerados como distintos na pesquisa.

A partir da análise realizada e definido os padrões e indicadores mais utilizados, estabeleceu-se uma estratégia para escolher uma lista de indicadores pertinentes baseada numa estratégia

apresentada por Tanguay *et al.* (2010). Selecionou-se de acordo com a frequência de indicadores utilizados e a cobertura das categorias, buscando as características *SMART* já descritas.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

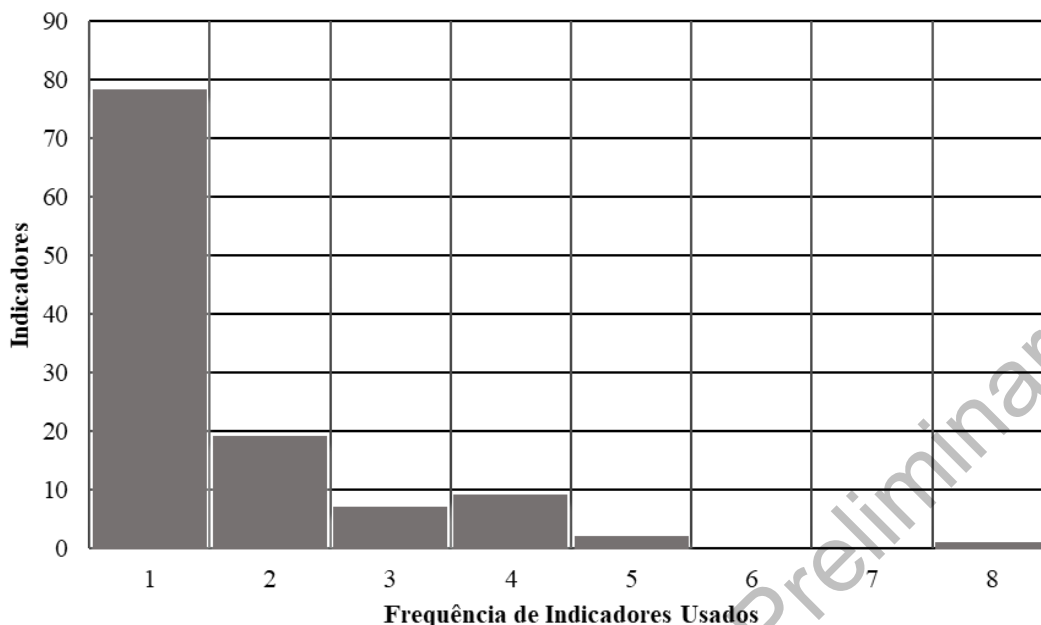
Dos oito aeroportos analisados, verificou-se 191 indicadores relacionados aos aspectos ambientais. Os indicadores foram agrupados de acordo com as principais categorias apresentadas pelos relatórios: materiais, energia, água, emissões, biodiversidade, resíduos, ruídos e impactos ambientais indiretos, que podem incluir uso do solo, práticas de construção sustentáveis, gestão de recursos naturais, pegadas ecológicas e nível de exposição a riscos naturais e industriais. Verificou-se que as categorias mais utilizadas foram emissões (42% dos indicadores), energia (19%) e resíduos (19%), e as menos utilizadas materiais (1%) e biodiversidade (1%) conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resumo da frequência de uso de indicadores em oito aeroportos

Categorias	Número de indicadores usados				
	Indicadores da categoria	1 ou 2 vezes	3 vezes	4 vezes	5 vezes ou mais
Materiais	2	2	0	0	0
Energia	37	12	2	3	1
Água	22	9	2	0	1
Emissões	80	42	2	4	1
Biodiversidade	3	3	0	0	0
Resíduos	36	18	1	2	0
Ruídos	9	9	0	0	0
Impactos ambientais indiretos	2	2	0	0	0

Os resultados diferem parcialmente do estudo apresentado por Koç e Durmaz (2015) que, ao analisarem os indicadores de sustentabilidade dos 10 melhores aeroportos do mundo, apresentam como os mais frequentes os indicadores relacionados às categorias de materiais, energia, água e resíduos, comparando-os aos critérios de sustentabilidade da GRI (*Global Reporting Initiative*).

Observou-se a frequência de uso dos 191 indicadores. No total, 50% dos indicadores se aplicam a apenas um ou dois aeroportos e poucos (8%) são encontrados em mais de cinco aeroportos. Os resultados são mostrados na Figura 2.



**Figura 2:** Frequência do uso dos indicadores ambientais de oito aeroportos

Fonte: Adaptado Tanguay *et al.* (2010)

Tanguay *et al.* (2010) apresentam em sua pesquisa uma análise de indicadores em cidades sustentáveis comparando 17 estudos e observam que mais de 70% dos indicadores são aplicados em apenas um ou dois estudos. Essas tendências revelam falta de consenso e método sobre o uso de indicadores ambientais.

Em relação ao número de indicadores apresentados em cada um dos oito aeroportos examinados há uma variação de 11 a 51 indicadores, enquanto que Tanguay *et al.* (2010) encontraram uma variação de 10 a 86. Porém, essa variação não indica que um determinado local possui melhor avaliação ambiental que outro. Tanguay *et al.* (2010) afirmam que o número ideal de indicadores deve ser o equilíbrio entre a cobertura dos componentes de desenvolvimento e a frequência de utilização dos mesmos.

Verificou-se os indicadores mais utilizados para ampliar a análise e desenvolver uma abordagem para definir uma lista, com menor redundância e maior padronização. A partir da Tabela 2, observam-se 12 indicadores que são usados quatro vezes ou mais, mas não cobrem todas as categorias apresentadas, como ruído, biodiversidade e materiais. Embora menos utilizadas, essas categorias são importantes e devem ser representadas por pelo menos um indicador.

Por fim, para alcançar indicadores lógicos, observáveis, mensuráveis, concretos e com unidades de medidas comparáveis, segundo as características *SMART*, foram avaliados os indicadores mais frequentes de cada categoria separadamente.

1) Materiais - Reutilização de materiais: neste fator, os aeroportos que reutilizam mais materiais são melhores. Além de contribuir para diminuir o consumo de novos materiais também contribui para diminuição do descarte de resíduos.

2) Energia - Eficiência de energia: este item procura melhorar a utilização de energia, porém

não deve ser medido apenas pela instalação de lâmpadas *LED* (conforme apresentado pelos aeroportos) que apresenta um número finito, sugerindo a medição desse fator também por meio de outros sistemas de energia mais eficientes.

3) Energia - Energia consumida: quanto menor o gasto energético dos aeroportos melhor. Deve-se levar em consideração o tipo de energia (renovável, nuclear, combustíveis fósseis) utilizada, sendo esse outro indicador analisado.

4) Energia - Tipo de energia utilizada consumida: um percentual maior de uso de energia renovável diminui a dependência de combustíveis fósseis e reduz a poluição. Indicadores relacionados a esse tipo de energia foram utilizados quatro ou mais vezes e deve ser prioridade no plano de sustentabilidade energética dos aeroportos.

5) Água - Consumo de água: o controle do consumo de água pretende incentivar o uso consciente do volume utilizado e permite acompanhamento de hábitos de consumo. Quanto menor o consumo relativo de água, melhor o desempenho.

6) Água - Economia de água: pode ser apresentado como resposta ao sucesso do incentivo do uso consciente de água, observando a variação do consumo em relação ao período de avaliação anterior.

7) Emissões - Tipos de combustíveis: os combustíveis alternativos utilizados podem ser resumidos em tipos, que devem abranger todos os combustíveis utilizados para os principais recursos de fornecimento de energia e transporte.

8) Emissões - Consumo de gasolina: o consumo de gasolina deve ser levado em consideração devido à contribuição às emissões atmosféricas e ao volume finito de combustíveis fósseis (exaurimento das reservas).

9) Emissões - Consumo de diesel: assim como a gasolina, o consumo de diesel também tem grande relevância às emissões de poluentes e contribuem ao exaurimento das reservas.

10) Emissões - Redução da emissão de CO<sub>2</sub>: apesar de estar relacionado ao consumo de combustíveis fósseis, a importância de mapear o CO<sub>2</sub> consiste na possibilidade de avaliar outros fatores que podem interferir nas emissões. Além de afetar o clima, o CO<sub>2</sub> é responsável por impactos negativos na saúde humana e por isso deve ser monitorado. Alguns aeroportos são disponibilizados os GPUs (Ground Power Unit) e algumas aeronaves têm o APU (*Auxiliary Power Unit*) como dispositivo opcional. Não foram levadas em consideração a proporção de utilização de GPUs e de aeronaves com APUs, dessa forma foram desconsideradas tanto as emissões das APUs e GPUs.

11) Biodiversidade - Monitoramento de espécies: os tamanhos populacionais e números de espécies podem flutuar, mas exibem poucas alterações (Rosseberg *et al.*, 2017). Em escalas de tempo maiores, acaba levando à rotatividade de espécies documentadas. Cabe ressaltar que não necessariamente quanto maior o número de espécies melhor, a importância do indicador está nas possíveis flutuações ou tendência existentes de tempos em tempos, podendo ser tomadas medidas eficazes para evitar incidentes em aeroportos (Rosseberg *et al.*, 2017).

12) Resíduos: Resíduos sólidos reciclados: a reciclagem contribui para diminuir o consumo de novos materiais e reduz o descarte de resíduos.

13) Resíduos: Plásticos reciclados: apesar de poder ser incluído em resíduos sólidos reciclados, é importante explicitar este indicador por apresentarem difícil degradação e gerar problemas de destinação e poluição. Além disso, a quantidade de plástico nos mares e oceanos é alarmante, sendo um dos principais temas discutidos na atualidade e de extrema importância para o meio ambiente.

14) Ruídos – Redução de ruído: o ruído do tráfego aéreo e ruídos das aeronaves representam um grande desafio para a aviação civil, sendo necessária mitigação desses impactos e gestão junto às comunidades próximas aos aeródromos, além de investimentos econômico e social significativos.

15) Outros indicadores ambientais - Práticas de construção verde: podem contribuir para o compromisso com o desempenho ambiental existentes nas empresas externamente.

Obteve-se uma lista de 15 indicadores, apresentados na Tabela 3, escolhidos dentre aqueles mais prevalentes nos relatórios. Teve-se o cuidado de cobrir todas as categorias e analisar conforme as características *SMART*.

**Tabela 3:** Lista de indicadores

Categorias	Nº	Indicadores
Materiais	1	Reutilização de materiais (peso ou volume)
	2	Eficiência de energia (%)
Energia	3	Energia consumida (KWH ou %)
	4	Tipo de energia utilizada consumida (KWH ou %)
Água	5	Consumo de água (% ou volume)
	6	Economia de água (%)
Emissões	7	Tipos de combustíveis (%)
	8	Consumo de gasolina (peso)
	9	Consumo de diesel (peso)
	10	Redução da emissão de CO2 (peso)
Biodiversidade	11	Monitoramento de espécies (nº)
Resíduos	12	Resíduos sólidos reciclados (peso)
	13	Plásticos reciclados (peso)
Ruídos	14	Redução de ruído (%)
Outros indicadores ambientais	15	Práticas de construção verde (%)

Esses indicadores têm aplicabilidade para qualquer ambiente aeroportuário, podendo ser adaptados e contribuir com o aprimoramento das condições ambientais dos aeroportos em diferentes níveis de operação. Apesar dos aeroportos serem influenciados por diferentes

fatores ambientais devido às regiões em que se localizam, a identificação e a mensuração de indicadores auxiliam a comparação entre diferentes instalações.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostra que os indicadores apresentados nos relatórios dos aeroportos variam consideravelmente em seus escopos. No total de 191 indicadores apenas 12 aparecem 4 vezes ou mais nos diferentes aeroportos. A padronização dos critérios é necessária para compará-los a diferentes locais e apoiar os processos de tomada de decisão. Por isso, foi proposto uma estrutura de 15 indicadores de acordo com os princípios SMART e recorrência de utilização. Os problemas relacionados ao uso e à aplicação dos indicadores derivam principalmente da frequência de uso e a ausência de métodos ou abordagens de classificação padrão e universal. Esses problemas geram considerável diversidade nas escolhas e número ideal de indicadores entre os aeroportos. No entanto, deve-se reconhecer que esse é um campo relativamente novo que certamente se beneficiará de iniciativas locais em andamento e futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI (Airport Council International). Disponível em: [https://aci.aero/wp-content/uploads/2019/03/2486\\_Top-20-Busiest-Airport\\_passenger\\_v3\\_web.pdf](https://aci.aero/wp-content/uploads/2019/03/2486_Top-20-Busiest-Airport_passenger_v3_web.pdf) (Acesso em: 30/05/2019).
- ATAG (Air Transport Action Group). Facts and figures. Disponível em: <https://www.atag.org/facts-figures.html> (Acesso em: 25/06/19).
- Dimitrios, D.; A. Voskaki e M. Sartzetaki (2014) Airports Environmental Management. *International Journal Of Information Systems And Supply Chain Management*, v. 7, n. 1, p.1-14.
- Francis, G.; I. Humphreys e J. Fry (2002) The Benchmarking of Airport Performance. *Journal Of Air Transport Management*, v. 8, n. 4, p.239-247.
- Granberg, T. A. e A. O. Munoz (2013) Developing Key Performance Indicators for Airports. *The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS, EIWAC 2013*, Tóquio, Japão.
- Huovila, A.; P. Bosch e M. Airaksinen (2019) Comparative Analysis of Standardized Indicators for Smart Sustainable Cities: What Indicators and Standards to Use and When?. *Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning*, v. 89, p.141-153.
- Jordão, T. C. (2009) A Sustainability Overview of the Best Practices in the Airport Sector, *Scientific papers of the University of Pardubice, Series D, Faculty of Economics and Administration*, p. 21-35.
- Koç, S. e V. Durmaz (2015) Airport Corporate Sustainability: an Analysis of Indicators Reported in the Sustainability Practices. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, v. 181, p.158-170.
- Los Angeles World Airports. Disponível em: <https://www.flylax.com/> (Acesso em: 29/04/2019).
- Razmjoo, A. A.; A. Sumper e A. Davarpanah (2019) Development of Sustainable Energy Indexes by the Utilization of New Indicators: A Comparative Study. *Energy Reports*, v. 5, p.375-383.
- Rosberg, A. G.; L. Uúsitalo; T. Berg; A. Zaiko; A. Chenuil; M. C. Uyerra; A. Borja e C. P. Lynam (2017) Quantitative Criteria for Choosing Targets and Indicators for Sustainable Use of Ecosystems. *Ecological Indicators*, v. 72, p.215-224.
- Tanguay, G. A.; J. Rajaonson; J. F. Lefebvre e P. Lanoie (2010) Measuring the Sustainability of Cities: an Analysis of the Use of Local Indicators. *Ecological Indicators*, v. 10, n. 2, p.407-418.
- Upham, P.; C. Thomas; D. Gillingwater e D. Raper (2003) Environmental Capacity and Airport Operations: Current Issues and Future Prospects. *Journal Of Air Transport Management*, v. 9, n. 3, p.145-151.
- Zobel, T.; C. Almroth; J. Bresky e J. Burman (2002) Identification and Assessment of Environmental Aspects in an EMS Context: an Approach to a New Reproducible Method Based on LCA Methodology. *Journal of Cleaner Production*. v. 10, n. 4, p. 381-396.