



# **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE UMA CORPORAÇÃO ATRAVÉS DE INDICADORES AMBIENTAIS UTILIZANDO O MÉTODO AHP**

*ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF A CORPORATION THROUGH ENVIRONMENTAL INDICATORS USING THE METHOD AHP*

**Por:**

Valéria Vidal de Oliveira<sup>1</sup>

Schirlene Chegatti

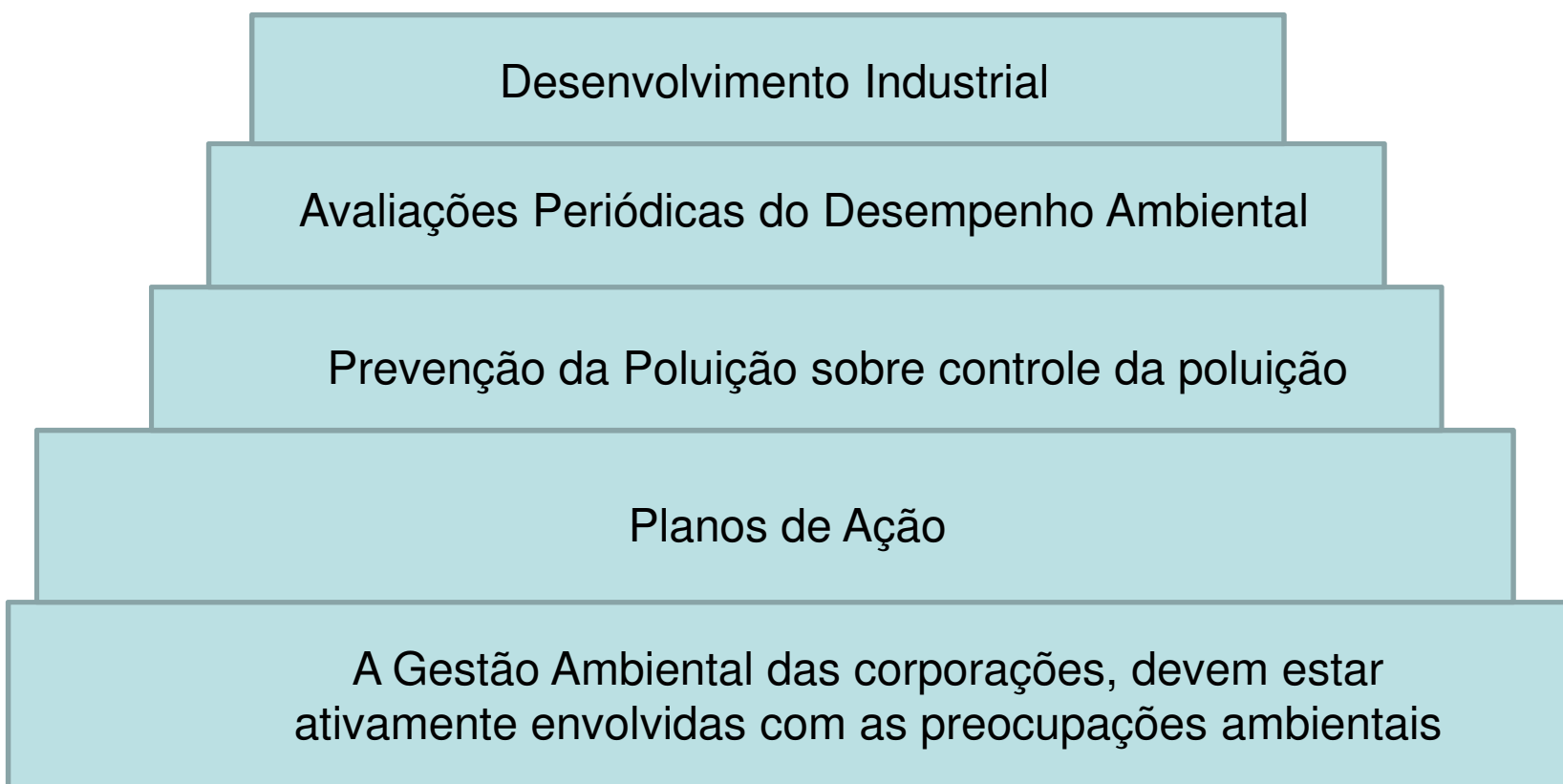
Tatiane Cristina da Silva

Henrique de Melo Lisboa

<sup>1</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC (2008). Mestranda em Engenharia Ambiental PPGEA/UFSC. Pesquisadora do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar LCQAr/UFSC. e-mail: [valeria.vidal.oliveira@gmail.com](mailto:valeria.vidal.oliveira@gmail.com).

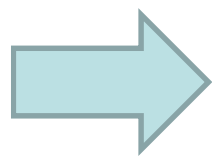


## DESENVOLVIMENTO SUSTETÁVEL





## O que é medir o Desempenho Ambiental de uma Corporação?



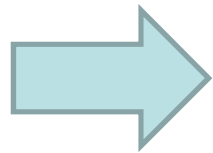
**Quantificar** as informações do resultado obtido em processos, podendo ser comparado com outros processos, metas, padrões e resultados passados.

### Três perguntas devem ser respondidas:

- 1) **porque medir**, exigindo clareza acerca da missão;
- 2) **o que medir**, exigindo que os principais campos de força intervenientes na missão sejam entendidos; e
- 3) **como medir**, exigindo que se relacionem as grandezas que operam os campos de força, geralmente latentes, com **indicadores** que apreendam seu comportamento.



## Como medir o Desempenho Ambiental de uma Corporação?



Através de indicadores

Indicadores são classificados em:

- (a) **indicadores de pressão**, os quais avaliam a pressão que as atividades humanas geram no meio ambiente (ex: emissão de material particulado na atmosfera);
- (b) **indicadores de estado**, ou seja, descrevem a situação ambiental (ex: a concentração de fósforo nas águas fluviais); e
- (c) **indicadores de resposta**, os quais avaliam se as medidas de controles adotadas estão sendo eficazes (ex: implantação de filtros mangas na saída do sistema de exaustão).



## Como medir o Desempenho Ambiental de uma Corporação?

**Entretanto**, a medição de desempenho por uma corporação é uma ação complexa, pois nem sempre os dados são monitorados, acessíveis ou estruturados de maneira correta. Além disso, podem existir alguns aspectos subjetivos, de caráter pessoal e de difícil externalização, que também precisam ser considerados, cujas medições são ainda mais difíceis. Tornando-se necessário a criação de procedimentos para sua medição.



## Como medir o Desempenho Ambiental de uma Corporação?

Problemas de decisão complexos apresentam, geralmente, diversos critérios que podem ser necessários para uma escolha final entre diferentes alternativas.



### MÉTODOS DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

padroniza o processo de tomada de decisão através de modelagem matemática, a qual permite ao decisor resolver problemas com diversos objetivos a serem alcançados simultaneamente.



Dentre eles merece destaque

### Método de Análise Hierárquica de Processos (AHP – *Analytic Hierarchy Process*)

baseado na divisão do problema de decisão em *níveis hierárquicos* para melhor compreensão, visualização e avaliação

Desenvolvido pelo Prof. Ph. D. Thomas L. Saaty, 1970



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Obter um Índice de Desempenho Ambiental (IDA) anual de uma indústria do ramo automotivo (fundição e usinagem de peças) e de compressores em Joinville, SC, visando verificar se e em qual grau a missão empresarial, num determinado período, está sendo cumprida, se tornando base para o estabelecimento de novas metas ambientais.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir e hierarquizar quais são os fatores que interferem no desempenho ambiental da indústria (construto);
- Identificar e agrupar os indicadores ambientais (IA) monitorados pela indústria que melhor medem cada construto e hierarquizá-los em função dele.
- Projetar metas para o IDA até 2011.



## Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e ISO14001 em todos os setores

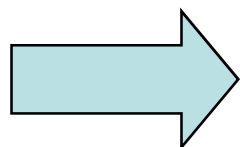




## MATERIAIS E MÉTODOS

1 - Determinação dos fatores que causam impactos ao meio ambiente (construtos), devido às atividades desenvolvidas pela empresa, e que possuem monitoramento mensal:

- (1) emissão de efluentes líquidos industriais;
- (2) geração e destinação de resíduos sólidos;
- (3) práticas de gestão ambiental; e
- (4) consumo de recursos naturais.



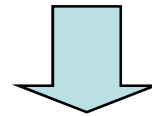
**Todos alinhados a política ambiental da empresa e definidos pela gestão de meio ambiente.**

Não foi considerado o construto emissões atmosféricas porque não há um conjunto de critérios (indicadores) estabelecidos pela corporação.



2- Avaliação do **Peso** de cada construto para o Desempenho Ambiental da empresa utilizando o **Método de Análise Hierárquica de Processos (AHP)**

### ***Método AHP***



2.1 Hierarquização dos Construtos

2.2 Normalização dos Resultados

2.3 Determinação do Peso e

2.4 Verificação da Consistência dos Resultados



## 2.1- Hierarquização dos Construtos

Tabela 1. Comparações do AHP.  
Table 1. Comparisons of the AHP.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.

Fonte: Saaty (1991).

Tabela 2. Matriz de preferência dos construtos.  
Table 2. Matrix of preference of the constructs.

Crítérios	Resíduos Sólidos	Gestão Ambiental	Recursos Naturais	Efluentes Líquidos
Resíduos Sólidos	1	3	5	7
Gestão Ambiental	1/3	1	3	5
Recursos Naturais	1/5	1/3	1	3
Efluentes Líquidos	1/7	1/5	1/3	1
SOMA	1,68	4,53	9,33	16,00

Cada critério ai (elemento da linha) imediatamente abaixo, foi comparado com os demais critérios aj (elemento de coluna), gerando uma matriz de preferências (Tabela 2)  $C_{i,j}$  (nxn).

**Ponderação pelo SGA da empresa**



## 2.2- Normalização dos resultados

### Porque normalizar unidades?

Para que os resultados possam ser comparados

A normalização dos resultados da hierarquização foi obtida pela divisão de cada avaliação  $a_{ij}$ , pela soma da coluna  $i$ , da matriz de preferências, obtendo-se uma matriz normalizada.

Tabela 3. Matriz normalizada e vetor peso de cada construto.

Table 3. Standardized weight matrix and vector of each construct.

Critérios	Resíduos Sólidos	Gestão Ambiental	Recursos Naturais	Efluentes Líquidos	auto vetor peso
Resíduos Sólidos	0,60	0,66	0,54	0,44	0,56
Gestão Ambiental	0,20	0,22	0,32	0,31	0,26
Recursos Naturais	0,12	0,07	0,11	0,19	0,12
Efluentes Líquidos	0,09	0,04	0,04	0,06	0,06
SOMA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



## 2.3- Determinação do Peso de cada construto no desempenho ambiental da empresa

O vetor peso do construto  $i$  é obtido pela média aritmética de cada linha da matriz normalizada. Quando maior é a avaliação final, vetor peso, mais importante é o construto para a avaliação do desempenho ambiental da empresa.

Tabela 3. Matriz normalizada e vetor peso de cada construto.  
 Table 3. Standardized weight matrix and vector of each construct.

Crítérios	Resíduos Sólidos	Gestão Ambiental	Recursos Naturais	Efluentes Líquidos	auto vetor peso
Resíduos Sólidos	0,60	0,66	0,54	0,44	0,56
Gestão Ambiental	0,20	0,22	0,32	0,31	0,26
Recursos Naturais	0,12	0,07	0,11	0,19	0,12
Efluentes Líquidos	0,09	0,04	0,04	0,06	0,06
SOMA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



## 2.4- Verificação da Consistência dos Resultados

- 1) multiplica-se a matriz de prioridades (nxn) pelo vetor peso (nx1), obtendo-se o vetor soma ponderada;
- 2) determinar o vetor consistência pela divisão do vetor soma ponderada pelo vetor peso;
- 3) calcular o índice de consistência (IC), pela equação descrita abaixo:

$$\text{I.C.} = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \longrightarrow RC = \frac{IC}{IR}$$

**RC < 0,10**, do contrário recomenda a identificação e reformulação dos julgamentos que contribuíram para a inconsistência.

Quando o IC é confrontado com o Índice Randômico (valor tabelado em função de n) é apresentado a Relação de Consistência (RC) da matriz encontrada. O IR representa a porcentagem de vezes que o tomador de decisão não conseguiu nenhum raciocínio lógico sobre o tema analisado.



## MATERIAIS E MÉTODOS

3. Determinação do **Peso** que os indicadores ambientais representam no desempenho do respectivo construto

Por exemplo:

Construto **Resíduos Sólidos**

Aplica-se o método AHP para cada conjunto de indicadores de um construto

**Entretanto....**

### INDICADORES AMBIENTAIS

- Resíduos Reciclados
- Resíduos para Aterro
- Resíduos Gerados Total
- Quantidade de Areia descartada/tonelada de peça produzida na fundição
- Resíduos Gerados na Divisão Fundição
- Resíduos Gerados na Divisão Usinagem
- Resíduos Gerados na Divisão Compressores

Valores monitorados em 2007 e 2008



3.1 Entretanto... A forma como os indicadores ambientais são medidos não é fixa, ou seja, pode ser crescente ou decrescente.

**Por exemplo**, para o indicador ambiental de *geração de água de lavagem de piso* do construto *Efluente Líquidos*, o desempenho relativo à meta é de forma decrescente, pois quanto menor a geração de água de lavagem de piso, melhor será o desempenho do indicador em relação à meta. Já o indicador ambiental de *quantidade de resíduos reciclados* do construto *Resíduos Sólidos*, é de forma crescente, pois quanto maior é o número de resíduos reciclados, melhor será o desempenho do indicador.



### 3.1.1. Normalização dos valores monitorados dos Indicadores Ambientais de **Forma Crescente**, em função de seu desempenho relativo em relação as respectivas **METAS** mensais

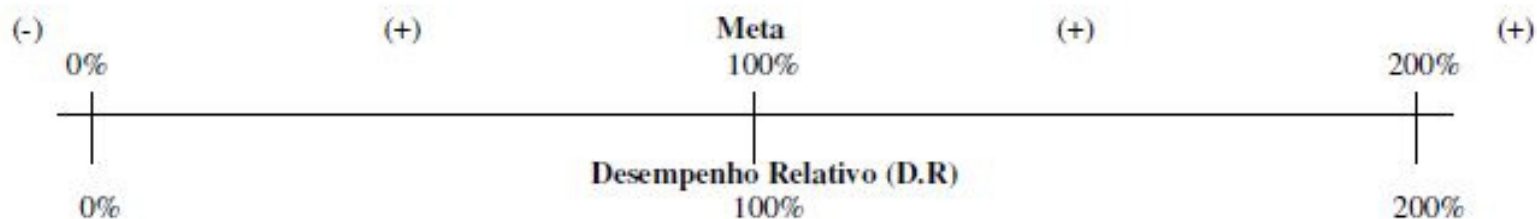


Figura 2. Escala de valores para a determinação do desempenho relativo de forma crescente.

Figure 2. Range of values for determining the relative performance in growing.

Fonte: Elaboração própria.

O indicador ambiental *Ruído do construto Gestão Ambiental* é monitorado pela eficiência (0 a 100%) na redução do ruído na fábrica, mensalmente.



$$\frac{(\text{valor}_{\text{medido}}) - (\text{meta})}{\text{meta}} + 1$$

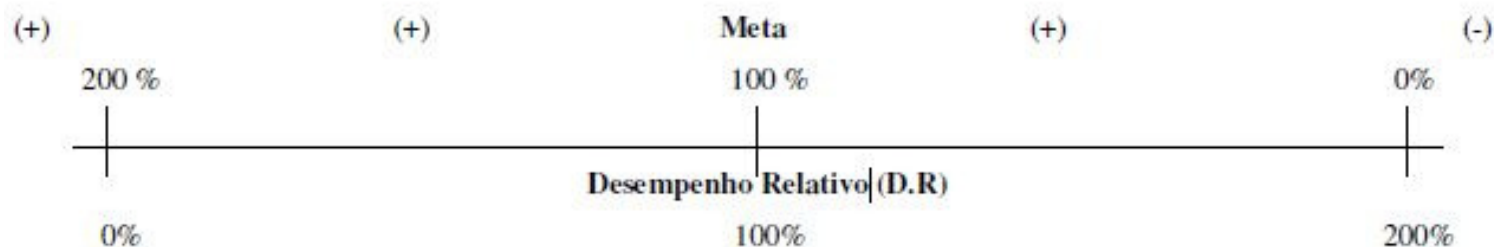
O indicador ambiental *Resíduos Reciclados do construto Resíduos Sólidos* é monitorado pela quantidade em **tipo** de resíduo que foi reciclado no mês (10, 12, ...)



$$\frac{(\text{valor}_{\text{máximo}}) - (\text{valor}_{\text{medido}})}{(\text{valor}_{\text{máximo}}) - (\text{valor}_{\text{mínimo}})}$$



### 3.1.2. Normalização dos valores monitorados dos Indicadores Ambientais de **Forma Decrescente**, em função de seu desempenho relativo em relação as respectivas **METAS** mensais



**Figura 3.** Escala de valores para a determinação do desempenho relativo de forma decrescente.

*Figure 3.* Range of values for determining the relative performance in descending order.

Fonte: Elaboração própria.

O indicador ambiental *Consumo Geral de Água do construto Consumo de Recursos Naturais* é monitorado pela quantidade em **m<sup>3</sup>** de água consumida mensalmente

$$\frac{(\text{valor\_medido}) - (\text{meta})}{\text{meta}} + 1$$

O indicador ambiental *Resíduos para Aterro do construto Resíduos Sólidos* é monitorado pela quantidade em **tipo** de resíduo que foi enviado ao aterro sanitário industrial mensalmente (10, 12, ...)

$$\frac{(\text{valor\_máximo}) - (\text{valor\_medido})}{(\text{valor\_máximo}) - (\text{valor\_mínimo})}$$



## RESULTADOS

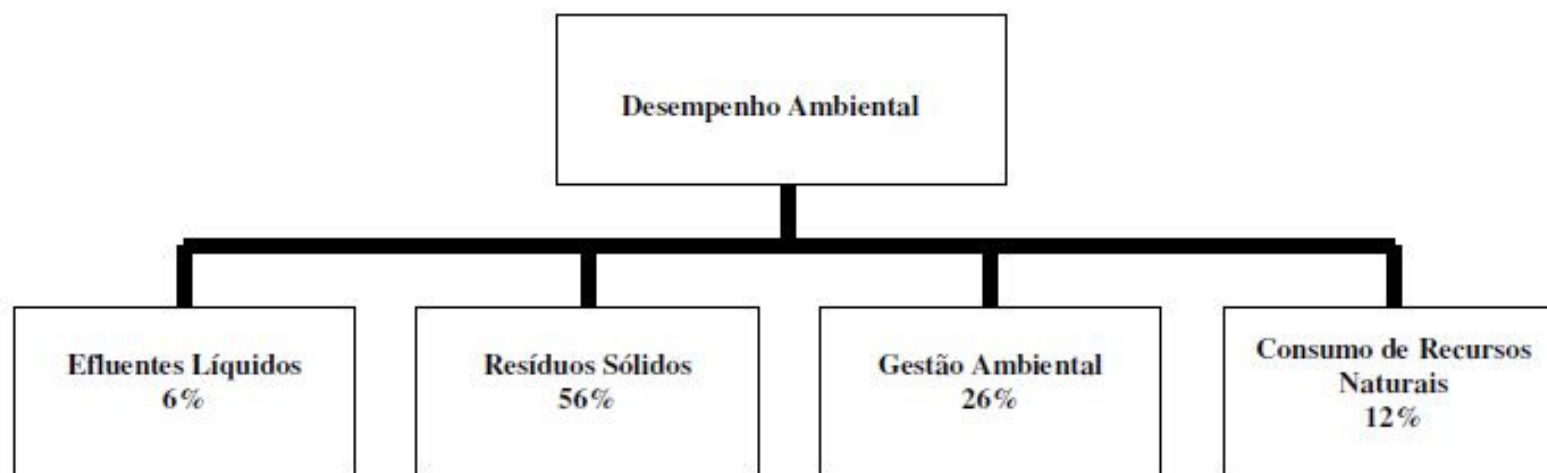


Figura 1. Decisão hierárquica dos construtos da indústria.  
*Figure 1. Decision hierarchical constructs of the industry.*  
Fonte: Elaboração própria.



Construtos	Indicadores Ambientais	Desempenho Relativo à meta (2007)	Peso	Contribuição Relativa ao Construto
Resíduos Sólidos 0,56 (peso)	Resíduos Reciclados	62,50	0,35	0,12218
	Resíduos para Aterro	25,00	0,24	0,03312
	Resíduos Gerados Total	51,90	0,16	0,04603
	Quantidade de areia descartada/tonelada de peça produzida na fundição	92,86	0,11	0,05468
	Resíduos Gerados na Divisão Fundição	151,43	0,07	0,05884
	Resíduos Gerados na Divisão Usinagem	104,00	0,05	0,02678
	Resíduos Gerados na Divisão Compressores	70,33	0,03	0,01248
Gestão Ambiental 0,26 (peso)	Requisitos legais e Subscritos	102,12	0,35	0,09423
	Despesas de Gestão Ambiental	103,42	0,24	0,06468
	Fornecedores	79,13	0,16	0,03313
	Respostas às RNC (ACSGA/OOMSGA)	35,41	0,11	0,00984
	Auditorias	88,64	0,07	0,01626
	Ruído	78,36	0,05	0,00953
	Lodo gerado/efluente trat	105,50	0,03	0,00883
Consumo de Recursos Naturais 0,12 (peso)	Consumo geral de energia	61,08	0,31	0,02285
	Consumo geral de água	33,52	0,22	0,00891
	Consumo de energia na Divisão Fundição	113,50	0,15	0,02135
	Consumo de energia elétrica/quantidade metal líquido descarregado na fundição	99,71	0,11	0,01323
	Consumo de água na Divisão Fundição	117,24	0,08	0,01092
	Consumo de energia na Divisão Usinagem	123,53	0,05	0,00803
	Consumo de água na Divisão Usinagem	105,26	0,04	0,00475
	Consumo de energia na Divisão Compressores	104,61	0,03	0,00331
Efluentes Líquidos 0,06 (peso)	Consumo de água na Divisão Compressores	114,00	0,02	0,00263
	Geração de água de lavagem de piso	103,33	0,90	0,05291
	Geração de efluente no sistema de pintura automotiva	109,62	0,10	0,00624

Σ Resíduos Sólidos

Σ Gestão Ambiental

Σ Consumo de Recursos Naturais

Σ Efluentes Líquidos

Fonte: Elaboração própria.



## ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL DA CORPORAÇÃO

$$IDA = 0,06. \sum \text{efluentes} + 0,56. \sum \text{resíduos} + 0,26. \sum \text{gestão} + 0,12. \sum \text{recursos\_naturais}$$

ANO	IDA (%)
2007	69,71
2008	74,57
2009	83,05
2010	91,53
2011	100

} **Projeção**



## CONCLUSÃO

O resultado da Avaliação do Desempenho Ambiental da indústria relativo aos anos de 2007 e 2008 foi positivo,  $IDA_{2007}=69,71\%$  e  $IDA_{2008}=74,57\%$ , mostrando que a corporação está desenvolvendo e aplicando programas visando à sustentabilidade ambiental.

O resultado do desempenho dos indicadores ambientais dentro de cada construto apontou onde ocorreram melhorias e pioras nos respectivos anos. Verificou-se também a necessidade de mudanças em algumas metas, pois estavam superdimensionadas prejudicando o desempenho ambiental do respectivo construto e, conseqüentemente, da empresa. Além disso, apontou os locais físicos que precisavam de planos de ação.

A determinação do IDA forneceu informações sobre as condições do meio ambiente. Estas informações ajudaram a organização a entender melhor o impacto potencial ou efetivo de seus aspectos ambientais.

Com esta avaliação, pode-se verificar se e em qual grau a missão empresarial, no período, estava sendo cumprida, sendo o IDA a base para o estabelecimento de novas metas ambientais.



## CONCLUSÃO

A indústria pôde projetar anualmente a evolução do seu desempenho ambiental esperados até 2011 em: IDA2009=83,05%, IDA2010=91,53% e IDA2011=100%. Após esse período novas metas serão estabelecidas para todos os indicadores ambientais.

A fim de monitorar o seu desempenho anual a indústria adotou esta metodologia também para avaliar mensalmente seus indicadores ambientais.

*Através de mecanismos de produção mais limpa e avaliações periódicas do desempenho ambiental a corporação pode ser ambientalmente responsável permanecendo competitiva e rentável.*



## AGRADECIMENTOS

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)



Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC)



Schulz S.A





18 a 21 de agosto de 2009

## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE UMA CORPORAÇÃO ATRAVÉS DE INDICADORES AMBIENTAIS UTILIZANDO O MÉTODO AHP**

*ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF A CORPORATION THROUGH ENVIRONMENTAL INDICATORS USING THE METHOD AHP*

**Por:**

Valéria Vidal de Oliveira<sup>1</sup>

Schirlene Chegatti

Tatiane Cristina da Silva

Henrique de Melo Lisboa

<sup>1</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC (2008). Mestranda em Engenharia Ambiental PPGEA/UFSC. Pesquisadora do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar LCQAr/UFSC e professora substituta da UFSC. e-mail: [valeria.vidal.oliveira@gmail.com](mailto:valeria.vidal.oliveira@gmail.com).