



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*: UM ESTUDO DE CASO NA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS, SANTA MARIA, RS

**Fernanda Dias dos Santos** – fernandadiotti@hotmail.com – Universidade Federal de Santa Maria  
**Varlen dos Santos Nassinhack** – varlennassinhack@gmail.com – Universidade Federal do Pampa  
**Roberta Aparecida Fantinel** – fantinel.ar@gmail.com – Universidade Federal de Santa Maria  
**Camila Andrzejewski** – camila\_andrzejewski@hotmail.com - Universidade Federal de Santa Maria  
**Elenice Broetto Weiler** – elenicebroettoweiler@gmail.com – Universidade Federal de Santa Maria

**Resumo:** As atividades antrópicas em geral, geram inúmeros efeitos negativos, causando impactos ao meio ambiente e ao próprio bem-estar do homem. Partindo deste pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a ferramenta de Análise de Modo e Efeito de Falha (do inglês *Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*) para fins de análise dos aspectos e dos impactos ambientais em uma área de influência de despejos de efluentes líquidos e de resíduos sólidos, no município de Santa Maria – RS. A coleta dos dados foi realizada in loco, em uma área de 1.700m<sup>2</sup> nos meses de maio a junho de 2016. Considerou-se os aspectos e os impactos ambientais; após aplicou-se a ferramenta FMEA, bem como a definição de medidas mitigadoras. As informações e dados levantados foram reunidos em uma tabela, no qual permitiu a compreensão e avaliação dos resultados obtidos. A área do estudo apresenta características de falta de: saneamento básico e disposição correta dos resíduos sólidos. O descarte irregular de resíduos sólidos teve como gravidade nota 8, que representa o impacto baixo ao meio ambiente e a saúde das pessoas envolvidas na aplicação da FMEA; enquanto para o lançamento dos efluentes líquidos a nota considerada foi 10, (impacto imediato ao meio ambiente e a saúde dos vizinhos locais da área). Na ocorrência do lançamento de efluente líquidos e dos resíduos sólidos obteve-se a nota 10 (ocorre sempre que é executada as tarefas de descarte) e a nota 3 (ocorreu pelo menos uma vez no período observado) respectivamente. Quanto ao Índice de Risco Ambiental (IRA) considerado alto em relação à contaminação do meio ambiente foram o lançamento de efluentes e descarte dos resíduos sólidos com índices de 800 e 336 respectivamente. A FMEA pode ser utilizada como uma importante metodologia para uma estrutura de identificação dos aspectos e impactos ambientais, envolvidos em qualquer atividade a ser analisada.

**Palavras-chave:** Efluentes, impacto ambiental, resíduos sólidos.

## USE OF THE TOOL *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*: A CASE STUDY IN ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSIS, SANTA MARIA, RS

**Abstract:** Anthropic activities in general, generate many negative effects, causing impacts to the environment and the well-being of man. Based on this assumption, the objective of this work is to apply the *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* tool to analyze aspects and environmental impacts in an area of influence of liquid effluents and solid waste in the municipality of Santa Maria - RS. The data collection was performed in loco, in an area of 1,700 m<sup>2</sup> in the months of May to June of 2016. It was considered the environmental aspects and impacts; after applying the FMEA tool, as well as the definition of mitigating measures. The information and data collected were collected in a table, which allowed the understanding and evaluation of the results obtained. The study area presents

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

*characteristics of lack of: basic sanitation and correct disposal of solid waste. The irregular disposal of solid wastes was classified as grade 8, which represents the low impact on the environment and the health of the people involved in the application of FMEA; while for the discharge of the liquid effluents the note considered was 10 (immediate impact on the environment and the health of the local neighbors of the area). In the occurrence of the discharge of liquid effluents and solid waste, note 10 (occurs whenever the discharge tasks are performed) and note 3 (occurred at least once in the observed period), respectively. Regarding the Environmental Risk Index (ARI) considered high in relation to the contamination of the environment were the discharge of effluents and disposal of solid wastes with indexes of 800 and 336 respectively. The FMEA can be used as an important methodology for a structure to identify the environmental aspects and impacts involved in any activity to be analyzed.*

**Keywords:** *Effluents, environmental impact, solid waste.*

Realização

 ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento dos riscos e dos impactos ambientais tem adquirido grande importância e visibilidade na sociedade; nas avaliações e nos estudos de cunho acadêmico e empresarial. O impacto ambiental pode ser caracterizado como qualquer ação de intervenção humana que altere as propriedades químicas, físicas ou biológicas do ecossistema, de forma direta ou indireta (CONAMA, 1986).

Alguns impactos ambientais causados por atividades antrópicas resultam na disposição inadequada dos resíduos sólidos e líquidos, provocando alterações na qualidade do solo, dos corpos hídricos e do ar, além de representar um risco para a saúde pública (ANTUNES, 2003). A poluição das águas é a adição de substâncias ou formas de energia que diretamente alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dela são feitos (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Lei Federal 6.938 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a poluição pode ser conceituada como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Desta forma, a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), (Análise de Modo e Efeito de Falha), que foi projetada inicialmente para estudar as falhas em potencial de produtos da indústria aeronáutica; no entanto, tem-se mostrado atualmente uma metodologia muito eficaz para a realização na análise de risco ambiental, possuindo notável eficiência na identificação e diagnóstico de problemas ambientais (ANDRADE, 2000).

O processo da FMEA para Vandenberg (1998) pode ser facilmente adaptado para estudos dos riscos potenciais do ambiente, uma vez que, ao usar uma tabela de pontuação de gravidade, o número de prioridade ambiental pode ser calculado da mesma forma que o número de riscos.

Conforme Silva et al. (1997) a FMEA pode ser utilizada para assegurar a análise e priorização dos impactos ambientais; também pode ser usada para solucionar problemas de forma sistemática na identificação das causas fundamentais. Para Helman e Andery (1995) o FMEA é um método gerencial que fornece critério de priorização das ações a serem adotadas na solução dos problemas identificados.

Assim, podem ser incluídos as falhas, a prevenção dos problemas ambientais ou a minimização das consequências geradas pelos possíveis problemas, além de propor medidas mitigadoras. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) para fins de análise dos aspectos e dos impactos ambientais em uma área de influência de despejos de efluentes líquidos e dos resíduos sólidos, no município de Santa Maria – RS.

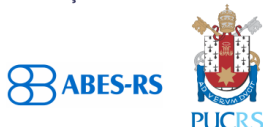
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área do estudo

A área do estudo possui aproximadamente 1.700 m<sup>2</sup> e está localizado no município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Localização do município de Santa Maria – RS.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

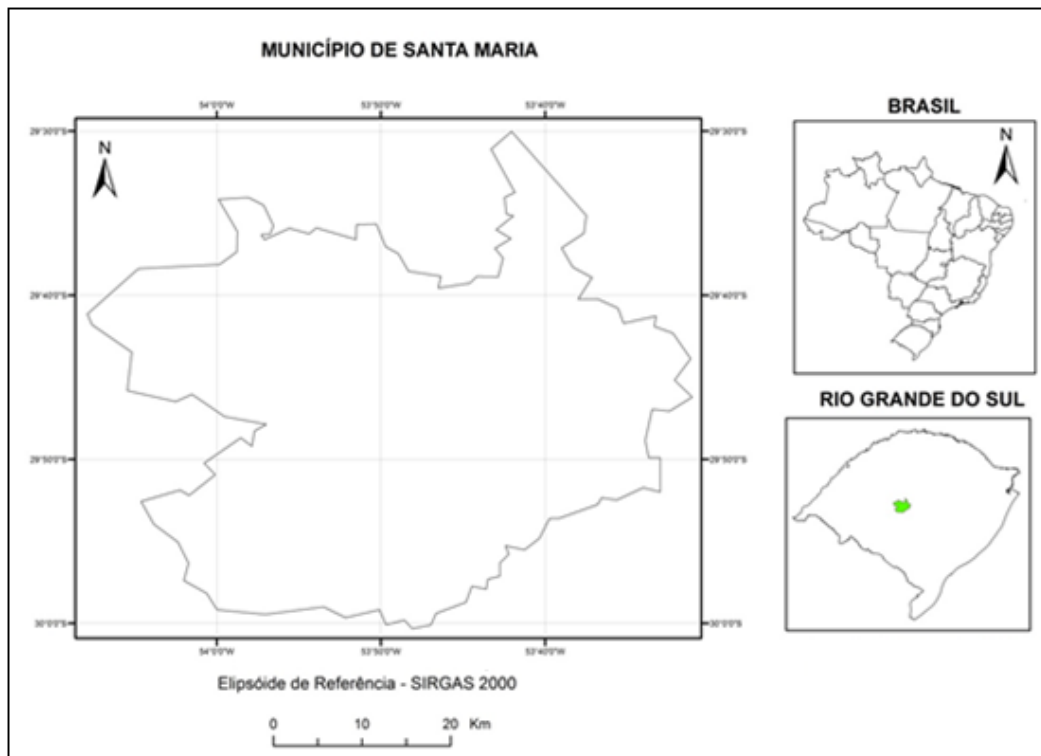


11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia



Fonte: Autores (2018).

O clima da região, segundo Rossato (2011), é subtropical, as chuvas oscilam entre 1500 e 1700 mm anuais, distribuídos em 90 e 100 dias de chuva. A temperatura média anual varia entre 17 e 20 °C. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 11 e 14 °C e a temperatura média do mês mais quente variam entre 23 e 26 °C.

Por meio do levantamento fitossociológico realizado na área do estudo, identificou-se que a mesma possui uma vegetação com formações arbóreas, arbustivas, herbáceas e de campo, sendo notável a influência da ação antrópica nessa composição florística. De acordo com Solon et al. (2000, p. 60), “no município de Santa Maria, ocorrem basicamente dois tipos de formações vegetais, os campos limpos e a floresta estacional decidual que cobre as escarpas da Serra Geral e vários morros testemunhos, situados na Depressão Central”.

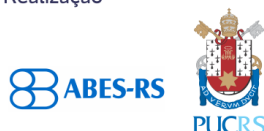
## 2.2. Aplicação da *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

A análise da situação ambiental da área do estudo foi realizada por meio da observação *in loco*, nos meses de maio a junho de 2016; considerando os aspectos e os impactos ambientais, para posteriormente aplicar a ferramenta FMEA, bem como definir as medidas mitigadoras.

Segundo Morreti e Bigatto (2004), todas as informações e dados levantados são reunidos em uma tabela, no qual permite a rápida compreensão e avaliação dos resultados obtidos. Deste modo, para a aplicação da FMEA, a identificação dos aspectos e os impactos associados, levou-se em consideração os seguintes itens adaptados de Andrade (2000), Tibor et al. (1996), Vandenbrande (1998).

**1. Definição da equipe responsável:** uma equipe multidisciplinar na avaliação dos impactos é de suma importância para que diferentes pontos de vista sejam convergidos para a avaliação do impacto e sua magnitude. Ferreira et al. (1998) salientam que inúmeros são os problemas levantados, sendo muitas vezes necessários conhecimentos técnicos específicos para seu adequado estudo.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

**2. Identificação das atividades, processos e função a ser analisado:** descreve-se o processo ou função onde serão analisados os aspectos ambientais.

**3. Identificação dos impactos ambientais:** está associado à identificação das atividades, processos e função. Os aspectos mais prontamente aparentes são aqueles regulamentados por legislação, tais como emissões atmosféricas, lançamentos de efluentes nos corpos d'água, disposição de resíduos no solo.

**4. Índice de gravidade do impacto (G):** resulta de uma análise do efeito do risco para a avaliação de sua gravidade, que é estimado em uma escala de 1 a 10.

**5. Causa potencial:** está relacionada aos aspectos causadores dos danos ambientais.

**6. Índice de ocorrência de causa (O):** parte de uma análise do efeito do risco para a avaliação de sua probabilidade de ocorrência, que é estimado em uma escala de 1 a 10.

**7. Forma atual de controle:** corresponde as atividades que estão sendo realizadas para minimizar ou solucionar o dano ambiental.

**8. Grau de detecção (D):** parte da avaliação de uma causa do risco, exprimindo o grau de controle possível de ser exercido sobre ele.

**9. Ações recomendadas:** corresponde ao que poderá ser feito, em termos de que possa ser corrigido ou controlado.

**10. Determinação dos índices de criticidade:** corresponde a gravidade do impacto ambiental e facilidade de implantação de ações recomendadas.

**11. Índice de Risco Ambiental (IRA):** este índice é obtido pela multiplicação dos valores estimados para cada um dos três índices anteriores (G, O e D), variando entre 1 e 10000.

**12. Determinação da ordem de prioridade nas ações:** é dada pelos valores obtidos no IRA.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equipe na qual realizou a aplicação da ferramenta FMEA constitui-se de duas engenheiras florestais, uma tecnóloga em gestão ambiental e um gestor ambiental. Por meio do levantamento *in loco* foi possível averiguar a ocorrência do despejo dos efluentes líquidos (domésticos e sanitários) sem tratamento e descarte de resíduos sólidos.

Esses despejos irregulares contaminam as águas superficiais e subterrâneas, o solo, e conseqüentemente afetam também a flora e a fauna local. Além disso, causam maus odores, proliferação de ratos, baratas, e outros animais que integram a cadeia de transmissão de doenças. O tratamento de efluentes segundo Cikoski et al. (2008) é uma das mais importantes questões ambientais no que diz respeito ao atendimento da legislação e a proteção ao meio ambiente.

Em uma planilha agrupou-se os aspectos e os impactos ambientais, suas causas potenciais de ocorrência, a forma atual de controle, a determinação dos índices de criticidade e as ações recomendadas pela equipe multidisciplinar; tanto no sentido preventivo quanto no sentido mitigador dos aspectos ambientais levantados (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros analisados, em função dos aspectos ambientais levantados, Santa Maria -RS.

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	G	O	D	F	IRA	Ordem
-------------------	-------------------	---	---	---	---	-----	-------

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

			Causa Potencial		Forma de Controle				
Descarte irregular de resíduo sólido	Poluição do solo-água, proliferação de animais que transmitem doenças.	8	Falta de conscientização	3	Nenhuma	2	7	336	2
Lançamento de efluentes líquidos. Não atendimento aos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental.	Contaminação do corpo d'água e do solo.	10	Falta de gestão	10	Nenhuma	4	2	800	1

**G=** Gravidade do impacto; **O=** Ocorrência do impacto; **D=** Detecção do impacto; **F=** Facilidade de implantação da ação; **IRA=** Índice de risco ambiental.

**Fonte:** Autores (2018).

O descarte irregular de resíduos sólidos teve como gravidade nota 8, que segundo Zambrano e Martins (2007) representa impacto baixo ao meio ambiente e a saúde das pessoas envolvidas na aplicação da FMEA; enquanto para o lançamento dos efluentes líquidos a nota considerada foi 10, sendo considerado impacto imediato ao meio ambiente e a saúde dos vizinhos locais da área onde o despejo é realizado de forma irregular.

Referente as atividades de ocorrência do lançamento de efluente líquidos obteve-se a nota 10, pois esse lançamento ocorre sempre que é executada as tarefas de descarte, enquanto para o descarte dos resíduos sólidos (nota 3), ocorreu pelo menos uma vez no período observado (ZAMBRANO & MARTINS, 2007).

As atividades que tiveram o Índice de Risco Ambiental (IRA) considerado alto em relação à contaminação do meio ambiente foram o lançamento de efluentes e descarte dos resíduos sólidos com índices de 800 e 336 respectivamente.

A partir da proposta da ferramenta FMEA, a área do estudo apresentou duas ordens de impactos ambientais significativo, sendo o lançamento de efluentes líquidos e o descarte de resíduos sólidos respectivamente.

### O Lançamento de efluentes líquidos:

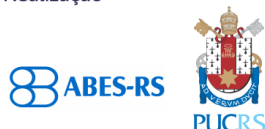
**a) Primeira ordem:** Observaram-se pontos de escoamento de efluentes líquidos (sanitários e domésticos), sem devido tratamento, ocasionando a contaminação do solo, corpos d'água, afetando a fauna e a flora. A causa potencial desse impacto não atende aos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental da CONSEMA 128/06, a qual é utilizada pela Secretaria Municipal de Proteção Ambiental onde “dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul”; já a Resolução do Conama n° 357/05, em seu Art. 25, “é vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução”.

As ações propostas foram à educação ambiental, sensibilização dos gestores quanto à realização de um plano de controle, incluindo a implantação e manutenção de sistemas para o tratamento dos efluentes dispostos na área de estudo.

### Descarte de resíduos sólidos:

**b) Segunda ordem:** Averiguaram-se resíduos sólidos como resto de parquet (madeira), sobras de material de instalação elétrica, sacos e recipientes plásticos, entre outros resíduos, acarretando

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

na contaminação do meio ambiente, na poluição visual, bem como a proliferação de animais causadores de doenças.

As ações recomendadas foram a educação ambiental, a conscientização dos moradores e a gestão dos resíduos sólidos no município.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da metodologia proposta do uso da ferramenta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) foi possível identificar, avaliar e indicar soluções mitigadoras de riscos por meio da determinação da causa, do efeito e risco de cada tipo de análise realizada no lançamento de efluentes e descarte de resíduos sólidos, auxiliando assim em ações mais eficazes contra o dano ambiental. Portanto, a FMEA pode ser utilizada como uma importante metodologia para uma estrutura de identificação dos aspectos e impactos ambientais, envolvidos em qualquer atividade a ser analisada.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. R. S. **Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização do FMEA.** In ENEGEP, USP-SP 2000.

BRASIL. Legislação Ambiental. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, de 17 de fevereiro de 1986, p. 2548-2549. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso: 01 de mai. de 2018.

CIKOSKI, A.; ROTTA, M.; BECEGATO, V.; MACHADO, W. C. P.; ONOFRE, S. B. Caracterização de efluentes gerados no processo agroindustrial: caso da indústria frigorífica. **Geoambiente On-line**, n. 11, p. 01-11 2008.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006.** Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2006.

FERREIRA, A. C. A.; ANDERY, P. R. P. **Análise de riscos em sistemas de concessão de serviços públicos**, Anais do XVIII ENEGEP, Niterói, RJ, 1998.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas. Aplicação de FMEA e FTA.** Belo Horizonte: Editora Fundação Cristiano Ottoni, 1995. 156 p.

MORETTI, D. de C.; BIGATTO, B. V. **Aplicação do FMEA: estudo de caso em uma**

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
**meio ambiente,  
política & economia**

**empresa do setor de transporte de cargas.** Disponível em:  
<<http://files.qualysistem.webnode.com.br/200000067-898e78a889/Trabalho%20de%20FMEA.pdf>>.  
Acesso: 01 de mai. de 2018.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia.** 2011. 240p. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LONGHI JONAS, S.; ARAUJO, M., M.; KELLING B., M.; HOPPE M., J.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, 2000.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. **ISO 14000: A Guide to the New to the New Environmental Management Standards**, Irwin, Professional Publishing, Chicago, IL., 1996.

VANDENBRANDE, W. W. How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox; **Quality Progress**. v.31, n.11, 1998, p. 97-100.

VON SPERLING, M. (2005). **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 295-309. 2007.

Realização



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375