



## ESTUDO DE VIABILIDADE PARA REAPROVEITAMENTO DO EFLUENTE TRATADO PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL

**Franceli Wiest das Dores** – [frawiest@hotmail.com](mailto:frawiest@hotmail.com); URI Santo Ângelo, RS.

**Stephany Angelica Wottrich** – [stephanyaw@gamil.com](mailto:stephanyaw@gamil.com); URI Santo Ângelo, RS.

**Tatiana Reckziegel** – [tati.reck@gmail.com](mailto:tati.reck@gmail.com); URI Santo Ângelo, RS.

**Resumo:** As indústrias, principalmente as do setor de alimentação, utilizam em seu processo produtivo um volume muito alto de água potável, o que faz com que essas indústrias busquem formas de minimizar o máximo possível esse consumo. Nos processos de abate e industrialização são originados todos os dias milhares de metros cúbicos de efluentes líquidos que sem tratamento apropriado se tornam um grave problema ambiental. Com um tratamento adequado é possível reutilizar esse efluente tratado em múltiplos processos industriais. Neste contexto, verificou a prática do reúso do efluente tratado em atividades e processos para fins não potáveis em indústria, a área de estudo aborda duas indústrias do ramo alimentício. Desta pesquisa resultaram inúmeras atividades que podem ter o reaproveitamento de água não potável. As classes definidas para o reúso foram 1, 3 e 4 para ambas as indústrias. As estimativas de consumo foram de 262,68 m<sup>3</sup>/dia para indústria A e 191,08 m<sup>3</sup>/dia para indústria B. A solução indicada nesse trabalho é a de reaproveitamento do efluente de um abatedouro de suíno a fim de diminuir a utilização de água potável e com isso reduzindo a quantidade de efluente lançado no corpo receptor.

**Palavras-chave:** Conservação de água. Reúso industrial. Gestão ambiental.

## FEASIBILITY STUDY FOR REUSE OF TREATED WASTEWATER FOR CONSUMPTION NOT DRINKING

**Abstract:** Industries, especially the food industry, use in its production process a very high volume of drinking water, which makes these industries seek ways to minimize as much as possible this consumption. The slaughter and industrialization processes are arising every day thousands of cubic meters of wastewater without proper treatment become a serious environmental problem. With proper treatment you can reuse this treated effluent in multiple industrial processes. In this context, found the practice of reuse of treated effluent in activities and processes for non-potable purposes in industry, the study area covers two industries in the food industry. This research resulted in numerous activities that can have the reuse of non-potable water. The classes defined for reuse were 1, 3 and 4 for both industries. The consumption estimates were 262,68 m<sup>3</sup> / day for Industry and 191.08 m<sup>3</sup> / day for industry B. The solution indicated in this work is the reuse of effluent from a pig slaughterhouse in order to reduce the use of drinking water and thereby reducing the amount of effluent released in the receiving body.

**Keywords:** Conservation of water. Industrial reuse. Environmental management



## 1. INTRODUÇÃO

A preservação de água pode ter como definição qualquer ato que reduz a quantidade de água removida das fontes de suprimento e seu consumo, tornar mínimo o desperdício, as perdas e aumenta a eficiência de seu uso (FIESP/CIESP, 2004).

Em categoria mundial, as indústrias representam aproximadamente 25% de todo o consumo de água, evidenciando como o segundo maior usuário da água, após a agricultura (LAZAROVA et al., 2003). No Brasil este percentual é menor e representa 7% do consumo total de água, estando atrás do consumo agrícola (70%) e urbano (9%) (CONFLITO DAS ÁGUAS, 2015).

A indústria utiliza grandes quantidades de água durante a fabricação de seus produtos e acabam descartando este efluente muitas vezes sem o correto tratamento em corpo receptor para diluição da carga remanescente. Em locais com qualidades ambientais inapropriadas, em que existem grandes variações no regime de chuvas (períodos de estiagens prolongados), áreas com intensa ocupação da bacia hidrográfica e associação desregulada de usos múltiplos para fins de diluição, pode ocorrer uma sobrecarga poluidora para os corpos d'água receptores a nível local, ou a jusante de seu lançamento.

Sobre esta ótica, levando em consideração a problemática da escassez de água no Brasil e no mundo, surge a ideia de aperfeiçoar e minimizar o uso da água, e conseqüentemente, reduzir a demanda sobre os mananciais e a geração de resíduos potencialmente poluidores na forma de efluentes.

Este tema tem motivado técnicos do setor ambiental e industrial a adaptarem seus processos às práticas de reúso de água, que diminuem o consumo no processo produtivo. As práticas de reúso e reciclagem de água também podem colaborar significativamente na qualidade da água superficial, devido à redução de emissão de efluentes.

## 2. A EXPLORAÇÃO HUMANA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.

Desde a antiguidade as populações fixam-se às margens de rios e lagos. O processo de urbanização desordenado e o crescimento da população mundial associados ao mau gerenciamento dos recursos naturais vêm contribuindo para a degradação progressiva do ambiente e particularmente dos recursos hídricos (ENSINAS, 2008 *apud* FRANCO et al., 2014).

O modelo de crescimento econômico desenvolvido com a Revolução Industrial teve como lema a busca do lucro a qualquer custo a fim de obter reflexos no aumento de produção. Para isso, este padrão capitalista-industrial explorou de forma desmedida os recursos naturais necessários a produção, sem considerar a capacidade de recuperação natural dos ecossistemas (MIRRE, 2010).

### 2.1. Conceito de reúso

Reúso de água pode ser descrito como “uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis” (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Um dos conceitos mais antigos sobre reúso de água veio através da *WHO World Health Organization* (1973) onde é definido reúso direto, indireto e reciclagem interna: (OENNING JUNIOR; PAWLOWSKY, 2007).

- ✓ Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos e água potável.
- ✓ Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída.
- ✓ Reciclagem: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.



A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) utiliza-se da classificação definida por Westerhoff (1984), segundo a qual existem duas grandes categorias de reúso: potável e não potável. Estas, por sua vez, podem ser definidas em:

✓ Reúso potável

Reúso potável direto: ocorre somente quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

Reúso potável indireto: neste caso o esgoto, após tratamento, é disposto em águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e, finalmente, utilizado como água potável.

✓ Reúso Não Potável

Para fins agrícolas quando se pratica esta modalidade de reúso, em geral, ocorre para recarga do lençol subterrâneo, mas o principal objetivo desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais ou plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

## 2.2. Reúso para fins industriais

No presente a indústria nacional está dominada a dois grandes mecanismos de força. As imposições do comércio internacional pela melhoria da concorrência e as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, individualmente as associadas à cobrança pelo uso da água FIRJAN. 2006. Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria. Rio de Janeiro. 1ª Edição. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR.

Para se adaptar a este novo cenário, a indústria vem aprimorando seus processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental a fim de atender às especificações do mercado interno e externo. Em linha com esta tendência, já se encontram bons exemplos de implantação de sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água e de minimização da geração de efluentes (FIRJAN, 2006).

## 2.3. Reúso do efluente

O modelo produtivo atual remove do meio ambiente os recursos indispensáveis para a produção de alimentos e bens de consumo, provocando em contrapartida, resíduos e poluentes, que quando não tratados perfeitamente levam a poluição e ainda a degradação dos recursos naturais. O caráter finito dos recursos naturais e os impactos de resíduos dos processos industriais, apontados por Severo, Delgado e Pedrozo (2006), derivaram em um método de desenvolvimento econômico pouco responsável com o meio ambiente.

As indústrias adotam um papel decisivo neste sentido, onde sem o envolvimento, a consciência e investimento de recursos por parte deste segmento, o uso sustentável dos recursos em extenso prazo não será possível. Implantadas neste contexto, industriais buscam se ajustar a esta nova realidade, compreendendo em suas estratégias políticas ambientais, buscando um relacionamento saudável com a comunidade, redução de custos e riscos ambientais e ainda atender as exigências impostas por mercados potenciais ao negócio. (CORAL, 2002).

O reúso de efluentes pode acarretar melhorias às indústrias que exerce a este tipo de prática através de benefícios ambientais, econômico e sociais (FIESP/CIESP, 2005).

### 2.3.1 Padrões de qualidade da água de reúso

No Brasil não existe uma legislação específica para reúso que estabeleça os padrões de qualidade da água nas suas diferentes finalidades de utilização. Na ausência desses padrões de qualidade adota-se como referência a norma brasileira NBR 13.969/1997 e nesta pesquisa as classe de reúso foram



adotado conforme descrito por OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013). Os parâmetros de qualidade de água de reúso e suas classes, referentes a estas bibliografias de referência estão descritas nos itens a seguir.

### 2.3.1.1 Águas de reúso classe 1

Este tipo de água é indicado para lavagem de roupas e veículos, além de lavagem de pisos, fins ornamentais.

Na tabela 1 constam alguns parâmetros básicos para o reúso de água classe 1 segundo OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013).

Tabela 1– Parâmetros Básicos para Água de Reúso Classe 1.

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
Coliformes fecais	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fosforo total (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013, p. 24).

### 2.3.1.2 Águas de reúso classe 2

Segundo OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013), este tipo de água de reúso é recomendado para os seguintes casos:

Preparação de concreto, lavagem de agregados, controle de poeira e compactação do solo. Os parâmetros principais de controle são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros Básicos para Água de Reúso Classe 2.

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
Coliformes fecais	≤ 1000 / mL
pH	Entre 6,0 e 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1,0 mg/L
DBO (mg/L)	≤ 30 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	30 mg/L

Fonte: Adaptado de OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013, p. 25).

### 2.3.1.3 Águas de reúso classe 3

O uso fundamental das águas de classe 3 são para a irrigação de áreas verdes e irrigação de jardins. Os mais importantes parâmetros que devem ser examinados para o uso de água para irrigação são exibidos na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros Básicos para Água de Reúso Classe 3.

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÕES
pH	Entre 6,0 e 9,0
Salinidade	$0,7 < EC(dS/m) < 3,0$
$450 < SDT(mg/L) < 1500$	
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial Sódio (SAR) Entre 3 e 9
Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
Cloro residual (mg/L)	de 1mg/L
Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR) >Ou = 3,0
Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias 0,7 mg/L
Regas de jardim e similares	3,0 mg/L
Nitrogênio total (mg/L)	5 – 30 mg/L
DBO (mg/L)	< 20 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	< 20 mg/L
Cor aparente (UH)	< 30 UH
Turbidez (UT)	< 5 UT
Coliformes fecais	$\leq 200 / 100mL$

Fonte: Adaptado de OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013, p. 26).

#### 2.3.1.4 Águas de reúso classe 4

Uso preponderante para esta classe é em sistemas de refrigeração (torres de resfriamento).

A seguir apresenta-se a tabela 4 com os parâmetros para o controle das torres de resfriamento.

Tabela 4 – Parâmetros básicos para água de reúso Classe 4 empregadas nas torres de resfriamento.

Variável (*)	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	Sem referência	0,1
Ferro	0,5	
Manganês	0,5	
Amônia	1,0	
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos em Suspensão Totais	5000	100
pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Sem referência	2,2



Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	Sem referência	1,0
Cálcio	200	50
Magnésio	Sem referência	30
O <sub>2</sub> dissolvido	Presente	Sem referência
DQO	75	75

(\*) Unidade de referência: mg/L, a menos que indicado.

Fonte: Adaptado de OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013, p. 27).

A NBR 13.969-97 define essas mesmas quatro classes, porém de forma mais resumida conforme descrito na tabela 5.

Tabela 5 – Padrão de qualidade da água para reúso.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6,0 a 8,0	-	-	-
Turbidez	UNT	< 5,0	< 5,0	< 10,0	-
Coliforme fecal	NMP/100ml	< 200	< 500	< 500	< 5.000
SDT	mg/L	<200	-	-	-
Cloro Residual	mg/L	0,5 a 1,5	>0,5	-	-
OD	mg/L	-	-	-	> 2,0

Fonte: Adaptado da NBR 13.969/ 1997.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo aborda duas indústrias do ramo alimentício, nas quais foram previstas a viabilidade da prática de reúso. As empresas localizam-se no Estado do Rio Grande do Sul. Por tratar-se de empresas privadas os dados de localização, bem como, a identificação das empresas não serão divulgados, sendo descritas neste trabalho como “indústria A” e “indústria B”.

#### 3.2 Definição das atividades e consumos de reúso

A partir de visita técnica as empresas e do levantamento das atividades possíveis do emprego de água de reúso, conforme as classes, foram estimados os consumos de cada uso. O método utilizado para estimar a vazão foi do tipo não estrutural direto, também conhecido como método volumétrico. Este método consiste em determinar o tempo necessário para encher um reservatório ou recipiente de volume conhecido, podendo este ser um tanque ou um balde (SANTOS et al., 2001).



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Visita técnica

Foram vistoriadas, em ambas as empresas, os locais de limpeza de veículos, áreas de pátios, jardins para irrigação, torres de resfriamento e outros pontos possíveis de reaproveitamento do efluente tratado, como na estação de tratamento de efluentes (ETE) e nas centrais de resíduos sólidos.

Dos levantamentos realizados nas empresas A e B, verificou-se a possibilidade de implantação de reúso nos locais descritos a seguir e que seguem as definições das classes da NBR 13.969/1997.

#### 4.1.1 Reúso classe 1

Os locais enquadrados em classe 1 descrevem áreas para a higienização de pisos, veículos e roupas. Para estas atividades a empresa A e B apresentaram a possibilidade de implantação de reúso para limpeza de pátios e veículos.

Para a empresa A, entre as áreas de pátios destacam-se os locais de circulação interna, entrada e saída de veículos para descarga, rampas de higienização dos caminhões, portaria e acesso ao almoxarifado, áreas pavimentadas da ETE e da central de resíduos sólidos. Para a empresa B foram verificados o emprego do reúso nas áreas entrada e saída de veículos para descarga, rampas de higienização dos caminhões, áreas pavimentadas da ETE, na limpeza dos decantadores e dos tanques de autoclave (remoção de graxas), além do piso da área coberta da central de resíduos sólidos.

Para limpeza de veículos foram considerados apenas os caminhões que transportam a matéria-prima tanto na empresa A quanto na B.

#### 4.1.2 Reúso classe 2

As atividades previstas para reúso classe 2 não foram identificadas nos processos de produção de ambas as empresas.

#### 4.1.3 Reúso classe 3

Para as atividades enquadradas na classe 3, estão previstas o reúso para irrigação de áreas verdes e manutenção de jardins. Foram identificados nesta classe locais de pomares e jardins, além de uma área florestal com cultivo de eucalipto, na empresa A. Na empresa B identificaram-se áreas com cultivos de árvores frutíferas e algumas espécies nativas.

#### 4.1.4 Reúso classe 4

No reúso classe 4 considera-se o resfriamento de condicionadores de ar e torres de resfriamentos. Para este uso foi verificado que as empresas A e B apresentam grande consumo de água para as torres de resfriamento.

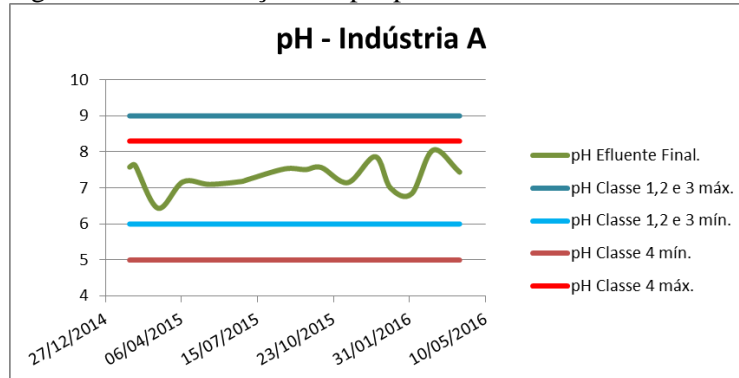
### 4.2 Caracterização do efluente pós-tratamento

Para a caracterização do efluente final, de ambas as empresas, foram acessadas os registros do automonitoramento fornecidos pelo setor técnico ambiental. Os valores de concentração do automonitoramento foram comparados aos limites das classes de reúso conforme OCEPAR (2007 *apud* TAVARES; CHRISTMANN, 2013). Utilizaram-se esses limites de referência por apresentarem maior número de variáveis envolvidas e por ser mais restritivo em comparação com os parâmetros adotados pela NBR 13.969/1997.

A figura 1 ilustra as concentrações de pH para o efluente final da Indústria A e os limites de quantificação para reúso das classes 1, 2, 3, e 4.

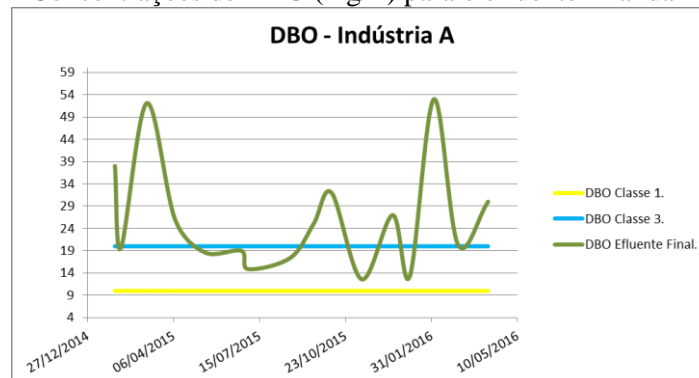
O limite de variação do pH para a classe 1, 2 e 3 é de 6 a 8,3, enquanto que para a classe 4 é de 5 a 9. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de pH dentro das faixas limitantes para todas as classes de reúso.

Figura 1 – Concentrações de pH para o efluente final da Indústria A.



Os resultados para o parâmetro DBO (mg/L) do efluente final da Indústria A, estão apresentados na figura 2.

Figura 2 – Concentrações de DBO (mg/L) para o efluente final da Indústria A.



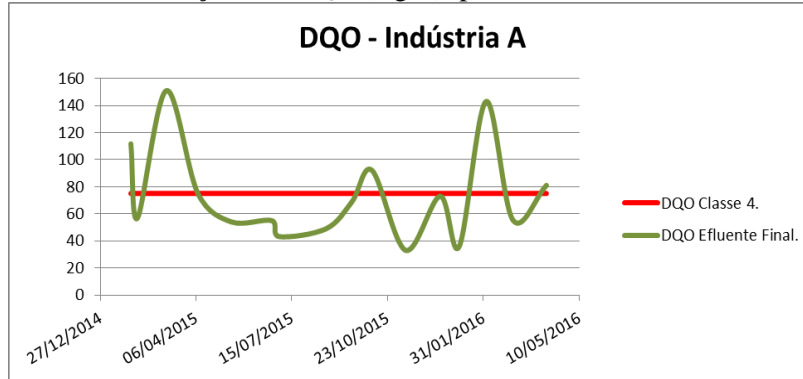
O limite de enquadramento para DBO (mg/L) em classe 1 deve ser igual ou inferior a 10 mg/L, enquanto que para a classe 3 deverá ser igual ou inferior a 20 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de DBO (mg/L) acima da faixa limitante para classe 1 em todas as campanhas de monitoramento e seis análises em classe 3 para o período considerado. Para a classe 4 o parâmetro DBO (mg/L) não apresenta limite quantificável.

Na figura 3 apresenta-se os resultados do parâmetro DQO (mg/L) para o efluente final da Indústria A, e os limites de quantificação para reúso das classes 4.

O limite de quantificação para o parâmetro DQO apresenta valores de referência apenas para reúsos enquadrados na classe 4 (75mg/L). Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de DQO dentro do limite para esta classe em 62% do tempo para o período de monitoramento.

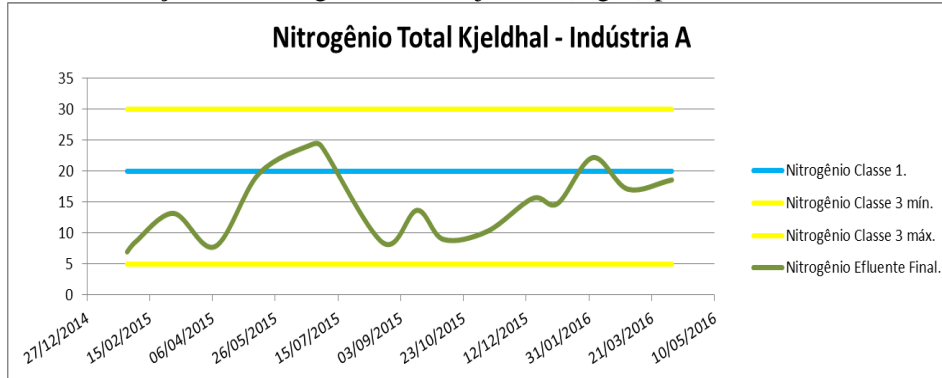


Figura 3 – Concentrações de DQO (mg/L) para o efluente final da Indústria A.



Na figura 4 esta apresentada as concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para o efluente final da Indústria A e os limites de quantificação para reúso das classes 1 e 3.

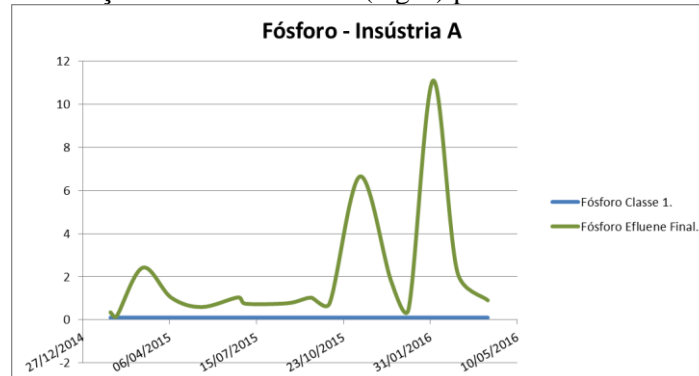
Figura 4 – Concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para o efluente final da Indústria A.



O limite de variação do Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para a classe 1, deve ser igual ou inferior a 20 mg/L, enquanto que para a classe 3 considera-se o intervalo de 5 a 30 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal dentro da faixa estabelecida para a classe 3, enquanto que para a classe 1 apresentou em apenas três campanhas valores acima do limite estipulado para esta classe. A classe de reúso 4 não apresenta limites de enquadramento para esse parâmetro.

A figura 5 ilustra as concentrações de Fósforo Total (mg/L) para o efluente final da Indústria A e os limites para reúso da classe 1.

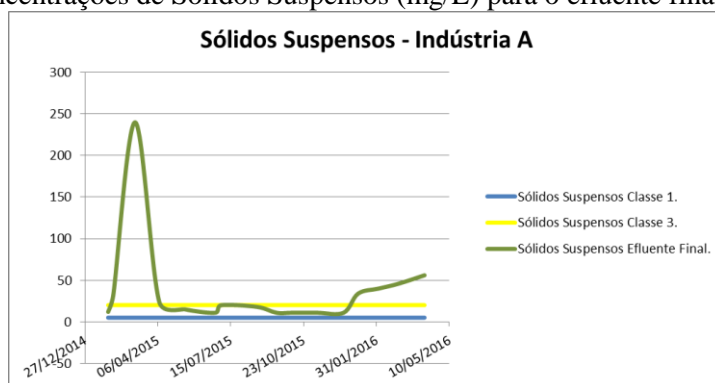
Figura 5 – Concentrações de Fósforo Total (mg/L) para o efluente final da Indústria A.



Para a aplicação do reúso em classe 1 o parâmetro Fósforo Total (mg/L) deve ser igual ou inferior a 0,1 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Fósforo Total (mg/L) acima da concentração máxima estabelecida em todas as amostras para a classe 1. Para as demais classes de reúso este parâmetro não apresenta limites de enquadramento.

A figura 6 ilustra as concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) para o efluente final da Indústria A e os limites de quantificação de reúso para a classe 1 e 3. A classe 4 não está representada devido ao limite de concentração ser de 5.000 mg/L. Logo, por questão de visualização este quantitativo não foi apresentado na figura 6.

Figura 6 – Concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) para o efluente final da Indústria A.

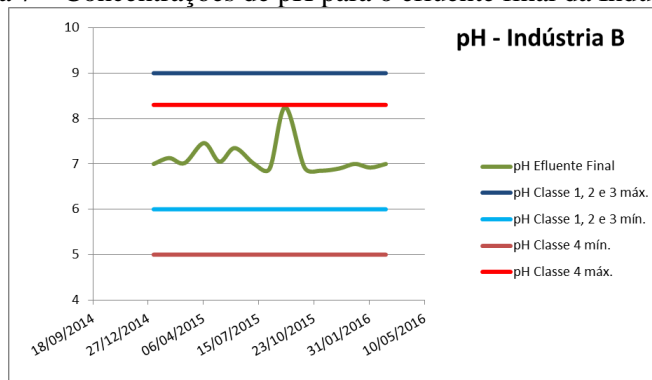


O limite para reúso em relação ao parâmetro Sólidos Suspensos (mg/L) em classe 1 deve ser igual ou inferior a 5,0 mg/L enquanto que, para a classe 3 deve ser inferior a 20 mg/L e para a classe 4 menor que de 5000 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) acima da faixa limitante para as classes 1 em todas as amostragens, para a classe 3 oito campanhas ultrapassaram o limite estabelecido, de maneira que, apenas os reúsos previstos para a classe 4 estariam aptos para reaproveitamento do efluente em relação ao parâmetro sólidos suspensos.

Os resultados a seguir apresentam os valores de monitoramento para os mesmo parâmetros descritos acima, porém para a Indústria B.

O primeiro parâmetro considerado foi o pH, e os valores de monitoramento estão apresentados na figura 7 e foram comparados com os valores limites para o reúso nas classes 1, 2, 3 que apresentam a mesma faixa de variação de pH e para a classe 4.

Figura 7 – Concentrações de pH para o efluente final da Indústria B.

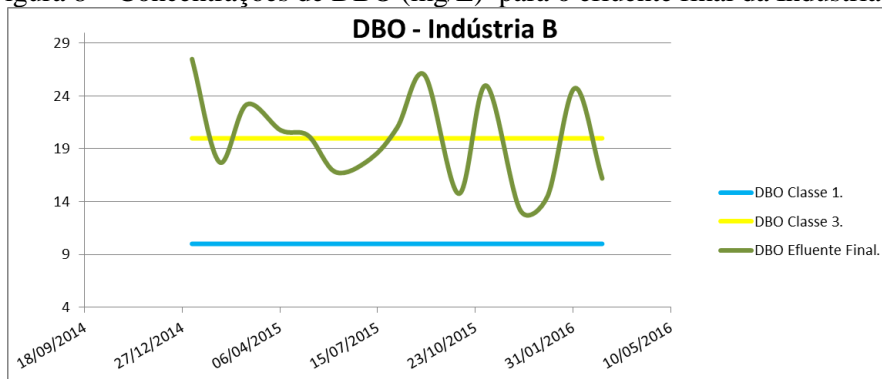


O limite de variação do pH para a classe 1, 2 e 3 é de 6 até 8,3, enquanto que, para a classe 4 é de 5 a 9. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de pH dentro das faixas limitantes para todas as classes de reúso.

Os resultados para o parâmetro DBO (mg/L) do efluente final na indústria B, estão apresentados na figura 8.

O limite de enquadramento para DBO em classe 1 deve ser igual ou inferior a 10 mg/L, enquanto que para a classe 3 deverá ser igual ou inferior a 20 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de DBO acima da faixa limitante para classe 1 em todas as campanhas de monitoramento e sete análises em classe 3 para o período considerado. Para a classe 4 o parâmetro DBO não apresenta limite quantificável.

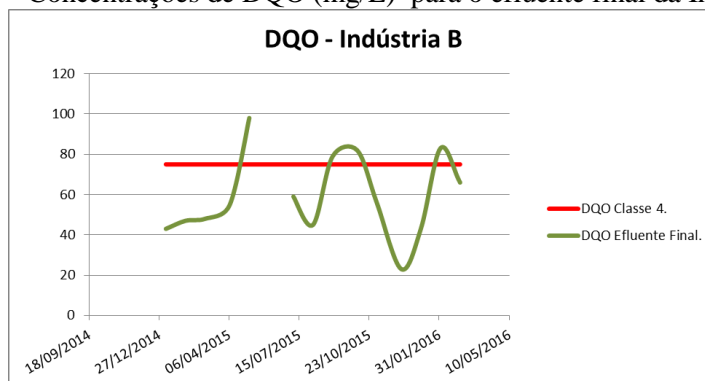
Figura 8 – Concentrações de DBO (mg/L) para o efluente final da Indústria B.



Na figura 9 apresenta-se os resultados do parâmetro DQO (mg/L) para o efluente final da Indústria B, e os limites de quantificação para reúso da classes 4.

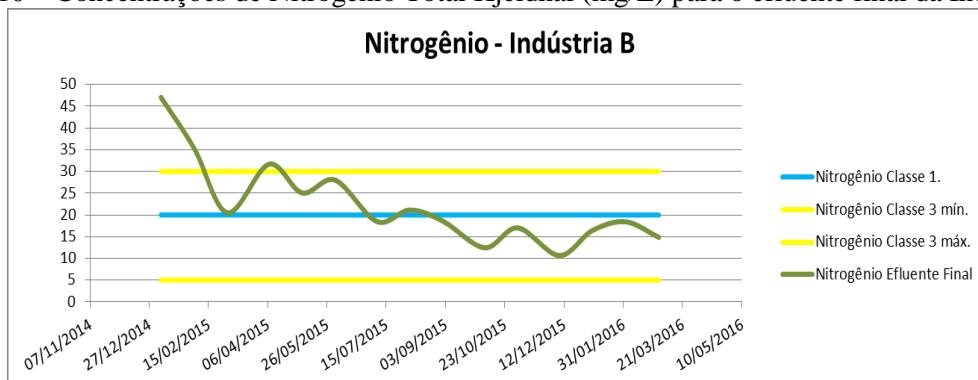
O limite de quantificação para o parâmetro DQO apresenta valores de referência apenas para a classe 4 (75mg/L) no dia 02 de Junho de 2015 não foi coletado a amostra para a análise, em virtude disso há uma descontinuidade nos valores apresentados. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de DQO dentro do limite para classe 4 em 73,4% do tempo para o período de monitoramento.

Figura 9 – Concentrações de DQO (mg/L) para o efluente final da Indústria B.



Na figura 10 esta apresentada as concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para o efluente final da Indústria B e os limites de quantificação para reúso das classes 1 e 3.

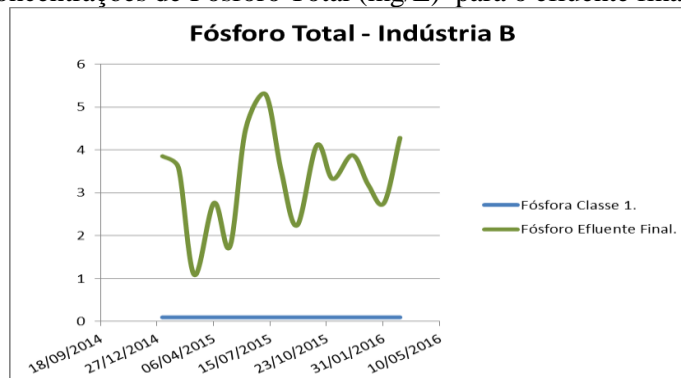
Figura 10 – Concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para o efluente final da Indústria B.



O limite de variação do Nitrogênio Total Kjeldhal (mg/L) para a classe 1, deve ser igual ou inferior a 20 mg/L, enquanto que para a classe 3 considera-se o intervalo de 5 a 30 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Nitrogênio Total Kjeldhal dentro da faixa estabelecida para a classe 3 mínima, enquanto que para a classe 3 máxima apresentou em apenas uma campanha valor acima do limite estipulado para esta classe. Referente à classe 1, sete campanhas exibiram valores superiores para enquadramento nesta classe, e que estão associadas a períodos anteriores a julho de 2015, período em que, a ETE passou por alterações no sistema de tratamento para melhorar a eficiência de remoção especificamente para este parâmetro. Sendo assim, pela análise mais atual, a partir desta data, o reúso classe 1 estaria de acordo com o estabelecido para as concentrações limites. A classe 4 não apresenta parâmetro limite de enquadramento para NTK.

A figura 11 ilustra as concentrações de Fósforo Total (mg/L) para o efluente final da Indústria B e os limites para reúso da classe 1.

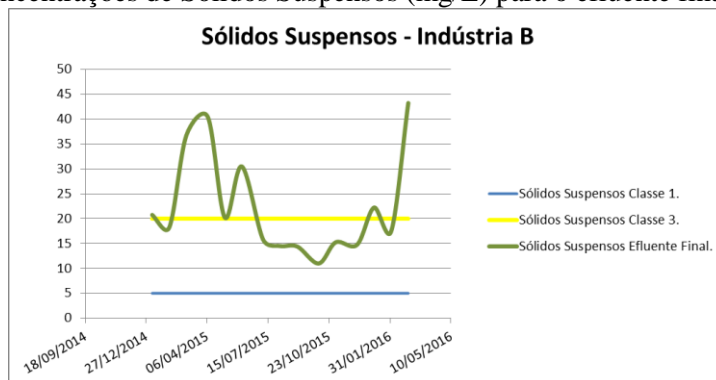
Figura 11 – Concentrações de Fósforo Total (mg/L) para o efluente final da Indústria B.



Para a aplicação do reúso em classe 1 o parâmetro Fósforo Total (mg/L) deve ser igual ou inferior a 0,1 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Fósforo Total (mg/L) acima da concentração máxima estabelecida em todas as amostras para a classe 1. Para as demais classes de reúso este parâmetro não apresenta limites de enquadramento.

A figura 12 ilustra as concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) para o efluente final da Indústria B e os limites de quantificação de reúso para a classe 1 e 3. A classe 4 não está representada devido ao limite de concentração ser de 5.000 (mg/L).

Figura 12 – Concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) para o efluente final da Indústria B.



O limite de concentração para o parâmetro Sólidos Suspensos (mg/L) para a classe 1 deve ser igual ou inferior a 5,0 mg/L enquanto para a classe 3 deve ser inferior a 20 mg/L e para a classe 4 é de 5000 mg/L. Para os limites de enquadramento de reúso o efluente final apresentou concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) acima da faixa limitante para as classes 1 enquanto para a classe 3 seis campanhas ultrapassaram o limite estabelecido.

#### 4.3 Atividades possíveis para a utilização da água de reúso.

Para o levantamento dos prováveis locais de implantação de reúso foram realizados testes de medições de consumo, por meio do método volumétrico, conforme descrito no capítulo 3.1.3. O teste para a Indústria A foi realizado no dia 31 de março de 2016 e para Indústria B no dia 28 de abril de 2016. Os locais dos testes estão descritos a seguir.

##### 4.3.1 Vazão de consumo para os locais de reúso classe 1

Para o reúso classe 1 a indústria A apresentou um consumo médio diário de 62,68 m<sup>3</sup>/dia para as atividades identificadas como potenciais ao reaproveitamento do efluente tratado.

A mesma metodologia de ensaio foi desenvolvida na Indústria B para atingir possíveis valores de consumo nas atividades desenvolvidas neste outro local.

Para o reúso classe 1 a indústria B apresentou um consumo médio diário de 41,08m<sup>3</sup>/dia para as atividades identificadas como potenciais ao reaproveitamento do efluente tratado.

Cabe ressaltar que, este reúso só é adequado, desde que se cumpram com os limites de enquadramento para os parâmetros de qualidade definidos na classe 1 para ambas indústrias.

##### 4.3.2 Vazão de consumo para os locais de reúso classe 4

O único local a agregar consumo às estimativas de reúso classe 4 são as torres de resfriamento, as quais são monitoradas os consumos por meio de hidrômetros instalados na rede e que, conforme os quantitativos da empresa.

As torres de resfriamento apresentam um consumo médio diário de aproximadamente 200m<sup>3</sup>. Considerou-se nesta estimativa que o horário de funcionamento é de domingo a segunda-feira, totalizando sete dias da semana.

A mesma metodologia de estimativa emprega-se na indústria B, para a Indústria B o consumo monitorado mensalmente nas torres de resfriamento apresentam um total de 150m<sup>3</sup> e o tempo de funcionamento é de 24 horas por dia, sete dias por semana.

Após a realização de todas as medições no local para estimar os consumos possíveis para reúso obteve-se um quantitativo expresso pela soma de todos os locais testados e que contabilizaram



262,68m<sup>3</sup>/dia na Indústria A e de 191,09 m<sup>3</sup>/dia na Indústria B empregados no reúso classe 1 e classe 4.

Durante o levantamento das atividades possíveis de reaproveitamento do efluente, foram ainda identificados áreas definidas na classe 3, no entanto estes locais de irrigação, tanto de jardins, como pomares e áreas verdes não foram considerados pois admitem grande variabilidade de consumo, visto que, torna-se necessária a irrigação a partir de dias consecutivos sem evento de precipitação para que seja possível a prática. Ainda, por questão de segurança frente a projetos de preservação de água para reúso, ambas as empresas decidiram não computar estes valores nos quantitativos de consumo diário.

## 5 CONCLUSÃO

Pelo levantamento das possíveis atividades para o emprego do reúso, constatou-se tanto para a indústria A, quanto para a indústria B a viabilidade para esta prática. Ambas as indústrias apresentaram atividades para as classes 1, 3 e 4 sendo que para a classe 1 as atividades possíveis para a utilização do reúso foram higienização dos pisos e veículos. A classe 3 o uso para irrigação de áreas verdes e jardins, no entanto esta prática foi desconsiderada para o levantamento quantitativo em ambas as indústrias. E, por conseguinte a classe 4, que foi identificada tanto na indústria A quanto na B e classifica-se por reaproveitar água nos sistemas de refrigeração.

Para os parâmetros definidos nas respectivas classes de reúso, o automonitoramento apontou que a situação atual do tratamento do efluente necessita de ajustes operacionais para a indústria no que se refere ao uso da classe. Sendo considerados os parâmetros DBO, nitrogênio total Kjeldhal, fósforo total, sólidos suspensos e coliformes termotolerantes, pois obtiveram valores acima do permitido para a classe. Os parâmetros classe 3 obtiveram concentrações acima do limite quantificável para DBO, Sólidos Suspensos e coliforme termotolerantes, enquanto para a classe 4 o parâmetro com concentrações acima do limite permitido foi a DQO.

Para a indústria B os parâmetros com concentrações acima da faixa limitante para a classe 1 foram DBO, fósforo total, sólidos suspenso e coliformes termotolerantes, enquanto para a classe 3 os parâmetros que obtiveram valores superiores ao limite da faixa foram DBO, sólidos suspensos e coliformes termotolerantes. Para a classe 4 o parâmetro DQO obteve concentrações acima do limite admitido.

Referente ao teste de vazão definiu-se para a indústria A um consumo de 262,68m<sup>3</sup>/dia, sendo que deste total 200m<sup>3</sup>/dia é o consumo para as torres de resfriamento (classe 4). Para a indústria B o consumo estimado para os possíveis locais de implantação de reúso foram de 191,08 m<sup>3</sup>/dia, significando que desse total 150m<sup>3</sup>/dia são utilizados também pelas torres de resfriamento.

Após todo o levantamento realizado constatou-se que o efluente final não está adequado ao reúso para todas as classes, sendo necessários investimentos nas estações de tratamentos (ETE) para ambas as indústrias. Mesmo com uma estação de reúso em operação, os fatores de aproveitamento frente a emissão diária de efluente tratado, que para a indústria A é de 1.800m<sup>3</sup>/dia e a indústria B é de 1.650m<sup>3</sup>/dia tornam a implantação do sistema inviável frente aos custos de execução e manutenção (rede de distribuição e sistema de recalque).

Cabe destacar ainda, que os padrões considerados para reúso classe 1 são muito semelhantes as restrições ambientais referentes a emissão de efluente líquido em águas superficiais, de modo que, sendo o efluente para reúso classe 1 adequado, o lançamento em corpo receptor certamente também estaria. Esta possibilidade não deve ser descartada, caso não haja interesse no reaproveitamento pelo baixo consumo estimado.

## 6 REFERÊNCIAS



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). Reúso da Água. **Revista DAE**, SABESP, São Paulo, n.167, set/out 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969:1997**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=003633>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CONFLITO DAS ÁGUAS. **Folha de São Paulo**, São Paulo, ed. 29 de janeiro de 2015.

COSTA, R. H. P. G. **Reúso da Água**: Conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Blucher, 2007.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2005. Disponível em: <[www.fiesp.org.br](http://www.fiesp.org.br)>. Acesso em: 05 nov. 2015.

FIESP / CIESP. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO / CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo.– V. 1 – 2004.

MANCUSO, Pedro C.S.; SANTOS, Hilton F. dos. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. IN: MANCUSO, Pedro C.S.; SANTOS, Hilton F. dos. (eds.) **Reúso de água**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Faculdade de Saúde Pública: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA. **Divisão de Documentação e Normas** – Biblioteca Sistema FIRJAN. Rio de Janeiro: DIM, 2006. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143p.

MIRRE, R. C. **Metodologia para o gerenciamento sustentável do reúso de águas e efluentes industriais por meio da integração de processos**. 2010. Tese (Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/gerenciamento-sustentavel-do-reuso-de-aguas.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

PACHECO, J. W. 2006. **Guia Técnico ambiental de Frigoríficos – Industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo. CETESB 2006. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos/frigorifico.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/frigorifico.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2015.

SANTOS I. et al. **Hidrometria aplicada**. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, 2001. 372p.

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Princípios Básicos de Produção mais Limpa em Matadouros Frigoríficos**. Coord. Paulo Fernando Presser. Porto Alegre: 2003. 58p.



SEVERO, L.S.; DELGADO, N.A.; PEDROZO, E.A. A emergência de “inovações sustentáveis”: questão de opção e percepção. In: **Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais**, São Paulo, FGV, v. 9, 2006.

**SOARES, Cristiane da Silva; ALVES, Thays de Souza. Sociedade da informação no Brasil: inclusão digital e a importância do profissional de TI.** Centro Universitário Carioca, [s.d.]. Disponível em: <<http://monografias.brasilecola.com/computacao/sociedade-informacao-no-brasil-inclusao-digital-a.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

STEPHANOU, João. **1.13 Gestão de Resíduos Sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais.** 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?cat=15>>. Acesso em: 08 nov. 2015.