

Uso de sistemas construidos de humedales tipo ascendente/descendente para tratamiento de efluentes avícolas.

Using built systems of up / down type wetlands for poultry wastewater treatment.

Autores: Dra. C. Samia Maria Tauk-Tornisielo¹, Ing. Felipe Niero-Costa¹, Lic. Eleni Nadai-Malagutti¹, Dr. C. Eduardo Beraldo-de Moraes²

Organismo: Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus de Rio Claro, Brasil¹. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil.²

E-mail: seb@rc.unesp.br, goiaba.felipe@hotmail.com, eleninm@rc.unesp.br, dubmoraes@yahoo.com.br

Resumen.

Estudio de prototipos a escala de laboratorio, simulando sistemas de humedales construidos - CWS de ascenso y descenso tipo, con macrófitos acuáticos, vegetación *Eichhornia crassipes* y agregados del suelo en tratamiento de efluentes industriales procedentes de mataderos de aves de corral. La caracterización inicial del efluente se realizó para verificar componentes como: conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez, nitrito, nitrato, amoníaco, sulfuro, sulfato, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total y nitrógeno total, estableciendo tamaño, sistema de flujo continuo y suelo. Las colecciones se hicieron periódicamente en refrigeración FRICOCK Aves Industria y Comercio Ltd. simulando el sitio de tratamiento. El efluente de esta industria fue tratado en 12 prototipos CWS y analizados determinando: temperatura, pH, OD, STD, conductividad y salinidad. Se constató tendencia hacia mayor eficacia del tratamiento del efluente en sistema de flujo ascendente que contiene el suelo y malezas acuáticas.

Palabras clave: frigoríficos avícolas; aguas residuales; sistemas humedales.

Abstract.

This work aimed to study the laboratory scale prototypes, simulating constructed wetland systems - CWS ascent and descent type, aquatic macrophytes *Eichhornia crassipes* vegetation and soil aggregates in the treatment of industrial effluents from poultry slaughterhouses corral. Initial characterization of the effluent was carried out to verify their components such as conductivity, salinity, total dissolved solids, total suspended solids, turbidity, nitrite, nitrate, ammonia, sulfur, sulfate, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, total nitrogen and total phosphorus, to set the size, the continuous flow system and the ground. The collections are periodically made in refrigeration FRICOCK Birds Industry and Trade Ltd. to simulate the treatment site. The effluent from this industry was treated in 12 prototypes CWS and analyzed for temperature, pH, OD, STD, conductivity and salinity. Initial results showed tendency toward bigger efficacy of the treatment of the effluent in ascendant system that contains the soil and aquatic weeds.

Keywords: refrigerated poultry; wastewater; wetlands systems.

Introducción.

Las características de los efluentes industriales son inherentes a la composición de la materia prima, el abastecimiento de agua y procesos industriales (Giordano, 2003). Dependiendo de la diversidad industrial, su tamaño y la naturaleza, los efluentes tienen mayor o menor concentración de materia orgánica, material tóxico, metales pesados y otros. Muchos efluentes industriales también contienen mezclas de hidrocarburos que actualmente se tratan con técnicas, que en su mayoría no son capaces de eliminar por completo (Scholz y Fuchs, 2000).

Se hace necesario entonces, realizar estudios técnicos y económicos para determinar la forma más efectiva y menos costosa para cumplir con los requisitos legales. En muchos casos, el tratamiento tiene que ser necesariamente particular debido a la gran diversidad de desechos químicos de las fábricas. Se pueden definir procedimientos generales, tales como: la neutralización de los residuos ácidos y básicos, pero muchos son tratados de la misma industria, para la recuperación de materiales valiosos y subproductos (Shreve y Brink, 1977).

Los efluentes de las industrias son descargados en ríos o suelos, en el sistema de alcantarillado, cuando se les permite, y están generalmente precedidos por un tratamiento previo (Costa, 2004).

La búsqueda de nuevas tecnologías para el tratamiento de los efluentes se ha convertido en un tema de gran interés industrial, debido a que las organizaciones ambientales se vuelven más activas que la sociedad, que exige una mejor calidad de vida.

Posteriormente, viene la necesidad de utilizar sistemas alternativos que pueden minimizar los efectos de la industrialización y el desarrollo desenfrenado de la humanidad, la solución de problemas del hombre contemporáneo. De ahí, que los humedales sistemas construidos (CWS) se han investigado y usado cada vez más por ser simple y fácil operar la tecnología, haciendo uso de los principios básicos de la eliminación de contaminantes, un alto grado de control sobre sus actividades y el medio ambiente, así como económicamente viable, en el tratamiento de aguas en general (Anzola *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2006; Calhoun *et al.*, 2007 ; Chikoski *et al.*, 2008; Chagas, 2008; Khan *et al.*, 2009; Vymazal, 2009; Copetti, 2010).

Colletti (2008) definió el CWS como un sistema natural basado en la asociación entre las malas hierbas, microorganismos tales como: hongos, bacterias y algas, interactuando dinámicamente entre sí y con los elementos físico-químicos en el suelo. Desde el punto de vista de la eliminación de nutrientes Kadlec y Knight (1996) informaron que estos sistemas tienen la capacidad de eliminar contaminantes, tales como: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), organismos patógenos, sólidos suspendidos, nutrientes, metales pesados y compuestos tóxico-orgánicos. Además, la retirada de los contaminantes puede verse afectada por diversas circunstancias, entre ellos el tipo de suelo, sustrato (soporte de la matriz) de los empleados, la meteorología, la hidrología, la hidrodinámica, la flora y la fauna y la operación y administración del sistema.

Entre los residuos trabajados con el CWS, es decir de la industria de la carne consisten principalmente de material orgánico, en solución, ya sea con altas cantidades de grasas y proteínas, tales como sólidos suspendidos, resultando en una alta demanda química de contenido oxígeno (COD) (Rinzema *et al.* 1994 citado por Rigo, 2004).

Los lípidos causan gran daño al medio ambiente y promueven la muerte de organismos acuáticos, con la formación de películas de aceite en la superficie de los ríos y lagos, la prevención de la propagación de aire para este medio. Los valores de concentración de lípidos en los efluentes de los mataderos y las aves de corral superiores a 500 mg l^{-1} , un valor mucho mayor que el de los residuos domésticos (Mendes *et al.*, 2006).

Son los aspectos mencionados anteriormente como la eficiencia CWS y tratamiento de los lípidos, que estimuló la investigación sobre el uso de una técnica que contempla la combinación de estos dos métodos para el tratamiento de efluentes de la industria de la carne de aves de corral, ubicados en la ciudad Rio Claro, São Paulo, Brasil. En la primera fase se estudian los factores ambientales que ocurren en el proceso de tratamiento de efluentes refrigerador de aves de corral a través de CWS.

Desarrollo.

Materiales y métodos

Localización de los experimentos

Los experimentos se llevaron a cabo en las instalaciones del Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la Universidad Estadual Paulista , UNESP - Rio Claro , en sus laboratorios de Microbiología y Química y su efecto invernadero (figura 1), ubicado en las proximidades del mismo .



Figura 1. Invernadero donde se llevaron a cabo los experimentos en este estudio.
Efluente

El efluente tratado en prototipos CWS fue proporcionado amablemente por la refrigeración FRICOCK empresa Avícola Industria y Comercio Ltda., que tiene la actividad de masacre y preparación de las aves y pequeños animales, y productos enlatados. Se encuentra ubicada en la misma ciudad de Río Claro - SP, cerca de la CEA, facilitando muestreo periódico del efluente.

Macroorganismos

Uso que se hace de macrófitas flotantes acuática *Eichhornia crassipes* - conocido como el jacinto de agua, debido a sus características de robustez asociados con una gran capacidad de crecimiento vegetativo. Este macrófitos se obtuvo en la presa del bosque del estado Edmundo Navarro de Andrade (ex Horto Florestal) donde el tratamiento de agua de río Ribeirão Claro.

Materiales para la construcción del sistema de humedales, protótipos: un tanque con 1000 litros; tres embalses con una capacidad de 500 litros cada uno; doce cajas de plástico con capacidad de 55 litros (490 mm de largo x 340 mm de alto x 330 mm de ancho) y 10 galones de 40 litros cada uno. El tamaño de grano pequeño y mediano teja (grava o gravilla) fueron adquiridos de la Casa de Piedras, en la misma ciudad de Río Claro. El suelo se recogió en zona campus UNESP en Río Claro, en las coordenadas UTM: 7520739, 0238094 23K, altitud: 638 m. Antes de la recogida de muestras de suelo, se quitó la capa de hojarasca. Se analizó el suelo por su porcentaje de humedad y la arena, limo y arcilla.

Recoger el efluente de la industria de las aves de corral: el muestreo se llevó a cabo en dos puntos: 1) los efluentes crudos, procedente del reactor aeróbico refrigeración FRICOCK Aves Industria y Comercio Ltda.; 2) El efluente tratado, después del paso a través del sistema de CWS. Las colecciones se realizaron al mismo tiempo. Se utilizaron diez galones de plástico de 40 L, junto con cinco tambores de 200 litros de capacidad de almacenamiento, lo que facilitó la recolección y redujo su frecuencia.

Prototipos de CWS: este efluente fue recogido y tratado por prototipos CWS utilizando 12 contenedores (contenedores de plástico de 55 L), dividido en adelante y flujo inverso; también hubo un control para verificar los posibles cambios naturales del efluente y el papel de los macrófitos en el sistema. El montaje del prototipo se realizó como sigue:

Los tratamientos (figura 2):A) 4 reservorios descendente tipo, que contienen filtro efluente + PB + malezas acuáticas ;B) 4 de abajo a los tanques, que contienen filtro efluente + PB + malezas acuáticas ;C) 2 depósitos que contienen los efluentes + agregada, descendente y tipo 2 depósitos también contienen efluentes + agregada, de abajo hacia arriba , llamado EXPERIMENTO DE BLANCO o control.



Figura 2. Aspectos de las colecciones del efluente en prototipos ascendentes, especialmente botellas de polietileno utilizadas para la colección.

En los tanques de procesamiento descendente ordenar, está montado un sistema de drenaje de la tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada y un sistema de tubería de sifón con 200 mm con el fin de dirigir el flujo de agua que pasa a través del sistema, incluyendo las capas de tierra y agregados (tratamiento A) de acuerdo con la metodología descrita por Bitar (2006). Por lo tanto, el efluente recogido ya presentan características distintas de las aguas residuales en bruto, tal como fue aprobado por las diferentes capas.

El tratamiento con tanque ascendente fue un sistema diseñado en forma de "U". En los tratamientos A y B, las capas de filtro de suelo (suelo de fragmentos de baldosas y dos tamaños diferentes de grava) se prepararon como sigue: 1. 3.0cm baldosas fragmento - se usa para evitar la obstrucción del sistema de trampa; 2. 4,5 cm roca (roca 12,8-25 mm); 3. 6.0 cm de suelo +

boulder (3.2 a 8.6 mm) - Mixta para evitar la compactación del suelo y evitar el paso de agua a través del sistema; 4. Mezcla grava 3,0 cm (5,2 a 13,6 mm).

Métodos de análisis del efluente antes y después de la CWS: en las variables temperatura del agua, sólidos disueltos totales (TDS) , conductividad y pH, el equipo de análisis fue reemplazado por un Horiba de sonda YSI , considerado más eficiente y preciso en los análisis (tabla 1) . Las muestras fueron pre - filtrada; para el amoníaco, una dilución 1:10 se hizo para los de nitrito y nitrato y una dilución de 1:25 para el sulfuro, una dilución de 1 : 1. Para el análisis de nitrógeno total, se utilizaron únicamente 10 ml de muestra, mientras que para el fósforo total fue de 20 ml .

Tabla 1. Metodología, equipo y referencias utilizadas para las características física, química y biológicas del agua.

Variables	Métodos	Referencias de equipos
Temperatura da agua (°C)	Método automatizado –	Termistor – Sonda YSI
Oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	Método automatizado –	Oxímetro – Sonda YSI
Conductividad (µS.cm ⁻¹)	Método automatizado –	Conductivímetro– Sonda YSI
Salinidad (%)	Método automatizado –	Potenciométrica - YSI
Sólid. Tot. Disuelto (mg.L ⁻¹)	Método automatizado –	Sonda YSI
Turbidez (UNT)	Método automatizado –	Turbidímetro–HACH
Amonio (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica	- Korolef (1976)
Nitrito (mg.L ⁻¹) e Nitrato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica	- Mackereth et al. (1978)
Nitrógeno Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica	- APHA (1998)
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica	- APHA (1998)
Sólidos Suspensos Totales(mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	Matheus (1995)
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica/Dicromato	- APHA (1998)
Sulfito y Sulfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrica Colorimétrica	- APHA (1998)
Demanda Química de Oxígeno (DBO ₅) (mg.L ⁻¹)	Incubação Winkler	APHA (1998)
Coliformes Totales (NMP.100 mL ⁻¹)	Cromofluorogênico (colilert – INDEXX/USA)	APHA (1998)
<i>Escherichia coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	Cromofluorogênico (colilert – INDEXX/USA)	APHA (1998)

En los tratamientos propuestos se utilizaron cuatro ejemplares con el fin de obtener unos resultados más fiables. Los valores obtenidos fueron representados por sus promedios, a

excepción de pH que tiene valor logarítmico, por lo que es conveniente para representarlo por su valor absoluto. La eficiencia de los sistemas se calcularon por el modelo de cálculo presentado por Bitar (2006), a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \left[\frac{\text{Valor de Efluentes} - \text{Valor después del tratamiento}}{\text{Valor de Efluentes}} \right] \times 100$$

Resultados y discusión

La caracterización inicial del efluente: el análisis inicial del efluente se llevó a cabo mediante el uso de parámetros que demostraron sus características principales (tabla 2). Así los resultados iniciales mostraron una alta carga orgánica del efluente después de pasar por el tanque de flotación y venir de los frigoríficos, también mostró un alto contenido de ácidos grasos y grasas, que pueden afectar el desempeño de tratamiento biológico (Rigo 2004). Esto probablemente puede ser debido a sus bajas tasas de biodegradabilidad (Ribeiro, 2005) y la consiguiente formación de incrustaciones en el sistema y la inhibición del metabolismo microbiano.

Por esta razón, no es una opción atractiva tratar el efluente después de pasar a través del tanque de flotación con CWS. Después de pasar el decantador en la industria, existe una disminución drástica en la mayoría de las variables analizadas, la reducción de la carga de contaminación del efluente.

Tabla 2. Valores resultantes de la caracterización inicial del efluente de FRICOCK.

Variables	Efluentes industrial después de tanque de flotación	Efluentes industrial después del reactor aeróbico	Efluente industrial después del decantador
pH	5.73	6.67	6.29
Conductividad ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	959	1275	1486
Salinidad (%)	0.47	0.64	0.74
Turbidez (UNT)	531	415	130
Cor Aparente (mg Pt.L^{-1})	3040	2359	980
Sólidos Totales Disueltos (mg.L^{-1})	0.623	0.829	0.963
Oxígeno Disuelto (mg.L^{-1})	5.57	5.30	6.88
DQO (mg.L^{-1})	1637	954	202
DBO ₅ (mg.L^{-1})	1072	656	144
Amonio (mg.L^{-1})	93	80	85
Nitrito (mg.L^{-1})	0.069	0.034	ND
Nitrato (mg.L^{-1})	2.5	1.4	0.4
Nitrógeno Total (mg.L^{-1})	92.4	92.4	75.2
Fósforo Total (mg.L^{-1})	2.91	2.52	0.61

Análisis del suelo: el análisis del suelo en cuanto a su contenido de humedad y el porcentaje de arena, limo y arcilla se describe en la tabla 3. A partir de los datos observados, se puede deducir que el contenido de humedad del suelo recogida en promedio fue de aproximadamente 23,37%.

En cuanto al porcentaje de arena, limo y arcilla, los resultados mostraron que el suelo para ser utilizado en prototipos de CWS contiene 20% de arena, 8% de limo, la materia orgánica 20% y 18% de arcilla.

Días antes del inicio del experimento, se observó que debido a su alta carga contaminante era necesario utilizar el goteo situado en la entrada de los prototipos para el sistema de control de flujo. Por lo tanto, la descarga cambió, permaneciendo en el rango de 12-17 ml min⁻¹, lo que causó el tiempo de retención hidráulico (HRT), definido antes a 2,55 días alojarse entre 2 25 a 3,18 días siguientes.

Tabla 3. Resultados de humedad del suelo con la utilización de CWS.

Muestras	Alidade (%)
1	23,32
2	23,33
3	23,47

Las variables seleccionadas indican mejor la eficiencia de CWS, incluso a escala de laboratorio, y hacer posible la comparación con otros trabajos ya realizados (Monteiro, 2005; Borges 2005; Bitar, 2006).

En cuanto a los valores de los factores estudiados, en relación con el primer y último día de los experimentos, es decir, el primer día y después de 77 días de tratamiento se describen en la Tabla 4.

Los valores de temperatura del agua dependieron directamente de la temperatura del aire. La intensa incidencia de la luz solar justifica la elevada media encontrada, con valores que oscilaron entre 16,4 y 27,9 ° C durante los 77 días de experimento (tabla 4). También se observó que no hubo gran diferencia entre la temperatura de las aguas residuales en bruto, almacenadas en tanques de agua y el efluente recogido en prototipos CWS, ya que la incidencia de la luz solar fue casi uniforme.

Los valores de pH obtenidos en los sistemas de tratamiento variaron desde 6,6 hasta 10, 2, que se producen al mínimo y el máximo en "bruto" y "blanco arriba", respectivamente, después de 56 días de tratamiento. En general, los valores de pH fueron altos (tabla 4), incluyendo las aguas residuales, que pueden ser generados por cualquier etapa del proceso de producción de la industria de aves de corral o estar asociada con la proliferación de algas, dando los niveles excesivos de nutrientes. Se encontró que los valores de pH más altos durante el muestreo en prototipos llamados "blanco ascendente", donde la cantidad de nutrientes también fue mayor, y por lo tanto la proliferación de algas fue notable, lo que apoya la hipótesis acerca de los valores de pH más altos relacionados con estos.

Se observó para el oxígeno disuelto (OD) que hubo una mejoría significativa en los mismos niveles, especialmente en los prototipos de "abajo hacia arriba" y "abajo", donde se constató la presencia de valores macrófitas. El suelo y filtro variaron en los diferentes tratamientos entre 3,0 6,5 mg L⁻¹ (tabla 4). El oxígeno es un factor limitante en el ciclo del nitrógeno, con gran importancia para el crecimiento de las bacterias responsables de la amonificación y nitrificación. Los valores de sólidos disueltos (STD) mg l⁻¹ y conductividad eléctrica µS.cm⁻¹ se encontraron estrechamente relacionados.

Tabla 4. Valores iniciales y finales de los factores estudiados en el efluente con diferentes tratamientos. Leyenda: 1- efluentes crudos; 2- sistema con el suelo y el jacinto de agua ascendente; 3- sistema con el suelo y el jacinto de agua descendente; 4- Control (blanco) desde el sistema de abajo hacia arriba; 5- Control (blanco) desde el sistema de arriba hacia abajo .

Tratam. Factores	1		2		3		4		5	
	Inicial	Final								
Temp. (°C)	16,4	22,0	19,0	22,0	18,0	21,0	19,0	22,0	18,0	27,9
pH	6,6	7,0	6,5	7,0	6,5	7,5	6,5	9,5	6,5	10,2
O.D. (mg.L ⁻¹)	5,6	3,0	5,7	6,7	5,5	6,0	5,0	5,6	5,0	6,0
STD (g.L ⁻¹)	0,70	0,90	0,62	0,43	0,60	0,51	0,65	0,51	0,61	0,60
C.E. (µS.cm ⁻¹)	960	1350	1000	650	960	740	970	750	970	850
Salin. (%)	0,48	0,65	0,50	0,35	0,45	0,38	0,50	0,40	0,46	0,42

Hubo una mayor eficiencia (49,62%) en el tratamiento de "abajo hacia arriba", que contenía suelo filtro y malas hierbas. Solo el valor obtenido en el prototipo de "abajo hacia arriba", día T77 estaba por debajo del límite (500 g L⁻¹) prescrito por la ley para la clase de agua dulce 2 de la Resolución 357 (Brasil, 2005). Los prototipos "ascendente" son ligeramente mayores en cuanto a eficiencias que de tipo "arriba hacia abajo"; sin embargo, los mejores resultados se encontraron en el prototipo "blanco arriba". Bezerra *et al.* (2001) analizó el efluente de un matadero de aves en Mato Grosso do Sul, tratada por el sistema de algunas de estabilización, y encontraron una reducción de 64,1% para este parámetro, superior a lo obtenido en este trabajo.

Los valores medios obtenidos para la conductividad fueron entre 650 y 1350 µS.cm⁻¹ (tabla 4) considerado muy superior a la recomendada (40 a 70 µS.cm⁻¹) de acuerdo Sipaúba-Tavares (1994). Estos altos valores de conductividad eléctrica pueden estar relacionados con la gran cantidad de materia orgánica de las vísceras de las aves (Marques *et al.*, 2007). La interrupción del tracto gastrointestinal durante esta etapa del proceso es el responsable de la contaminación con materia orgánica de origen fecal (Oliveira *et al.*, 2009) y el aumento de la conductividad eléctrica. La eficiencia más alta (49,59%) se logró después de 77 días por el sistema de "abajo hacia arriba", con un comportamiento similar a lo observado para el total de sólidos disueltos. Los prototipos de "abajo hacia arriba" mostraron una mayor eficiencia infinitamente que los prototipos "descendientes". Reidel *et al.* (2005) evaluaron el desarrollo de la tilapia en el efluente tratado con refrigerador macrófitos acuáticos, se obtuvieron valores de conductividad del orden de 1.779,7 µS.cm⁻¹, superiores a los encontrados aquí.

Conclusiones.

1. Los resultados iniciales mostraron grandes cargas orgánicas en los efluentes.
2. Los valores de temperatura del agua dependieron de la temperatura del aire, el oxígeno disuelto (O.D) mejoró en ambos prototipos, mientras que los sólidos totales disueltos (S.T.D) y la conductividad eléctrica estuvieron íntimamente relacionados.
3. De manera general, el prototipo ascendente mostró mayor eficiencia que el prototipo descendente.

Bibliografía.

- Ansola, G.; González, J. M.; Cortijo, R.; Luis, E. (2003). Experimental and full-scale pilot plant constructed wetlands for municipal wastewaters treatment. *Ecological Engineering: Ecotechnology*, 21, 43-52. Oxford.
- Apha-American Public Health Association. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: American Public Health Association, AWWA, WPCF, 1569.
- Bezerra, L. P., Barbedo, A.G.A., Imolene, L. M.; Oliveira, K. R. F., Castro, R. A. (2001). *Efluentes agroindustriais em Mato Grosso do Sul – características*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS.
- Bitar, A. L. (2006). Utilização de protótipos para simulação de sistema construído de áreas alagadas (constructed wetland) para tratamento de efluentes de pesque-pague. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 125.
- Borges, A. K. P. (2005). Despoluição de águas superficiais e efluentes de piscicultura através de sistemas construídos de áreas alagadas (Constructed Wetland). Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 140.
- Calheiros, C. S. C., Rangel, A. O. S. S., Castro, P. K. L. (2007). Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. *Water Environment Research*, New York, 41, 1790-1798.
- Cikoski, A., Rotta, M., Becegato, V., Machado, W.C.P., Onofre, S.B. (2008). Caracterização de efluentes gerados no processo agroindustrial – caso da indústria frigorífica. *Geoambiente on-line*, Universidade Federal de Goiás, Jataí - GO, (11), 92-102.
- Colletti, M. P. B. (2008). Sistemas construídos de áreas alagadas: levantamento bibliográfico sobre eficiência de redução das variáveis químicas e físicas da água. 76 p. Monografia (Especialista em Sustentabilidade Ambiental), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- Conselho Nacional Do Meio Ambiente – Conama. (2005). Resoluções do CONAMA de (357), 5 ed. Brasília, DF. SEMA, 23. Brasil.
- Copetti, A. C. C. (2010). Resíduos de agroindústrias familiares: impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo – área de concentração: Processos Químicos e Ciclagem de Elementos), Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria – RS, 139.
- Costa, S.M.S.P. Avaliação do potencial de plantas nativas do Brasil no tratamento de esgotos domésticos e efluentes industriais em “wetlands” construídos. 2004. 102 p. Tese (Doutorado em Sistemas de Processos Químicos e Informática). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- Chagas, T. W. G. (2008). Sistemas construídos de áreas alagadas: levantamento bibliográfico sobre legislação e padrões de qualidade da água. 2008. 102 p. Monografia (Especialista em Sustentabilidade Ambiental), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Chen, T. Y.; Kao, C.M.; Yeh, T. Y.; Chien, H.Y.; Chao, A. C. (2006). Application of a constructed wetland for industrial wastewater treatment: A pilot-scale study. *Chemosphere*. Oxford, 64, 497-502.
- Giordano, G. (2003). Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado (Engenharia

- Metalúrgica e de Materiais), PUC – Rio, Rio de Janeiro – RJ, 257.
- Kadlec, R.H.; Knight, R.L. (1996). Treatment wetlands. Boca Raton: Lewis Publishers, 893.
- Khan, S.; Ahmad, I.; Tahir Shah, M.; Rehman, S.; Khaliq, A. (2009). Use of constructed wetland for the removal of heavy metals from industrial wastewater. *Environmental Management*, 90, 3451-3457. London.
- Korolef, F. Determination of nutrients. (1976). In: GRASSHOFF, K. (Ed). Methods of seawater analysis. Verlag: Chemie Weinheim, 171-181.
- Mackereth, F. J. H.; Heron, J.; Talling, J. F. (1978). Water analysis: some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association. *Scientific Publication*, (36), 121.
- Marques, V.; Kato, M. T.; Florencio, L. (2007). Caracterização e avaliação da eficiência do tratamento de efluentes de abatedouro avícola na região do semi-árido. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG.
- Matheus, C. E. (1995). *Manual de análises limnológicas*. Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, São Carlos, 62.
- Mendes, A. A., Pereira, E. B., Castro, H. F. (2006). Biodegradação de Águas Residuárias de Laticínios Previamente Tratadas por Lípases. *Brazilian. Food Technology*, 9 (2), 143-149.
- Monteiro, R. C. M. (2005). Protótipos para sistemas construídos de áreas alagadas para tratamento de efluente de piscicultura – redução de bactérias e nutrientes. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Oliveira, A. L.; Pereira, M. T. B.; Bueno, P. H. S.; Oliveira, R. B. P.; Pinto, F. C.; Correia, R. F.; Machado, M. M. (2009). Qualidade microbiológica da carne de frango irradiada em embalagem convencional e a vácuo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61 (5), 1210–1217.
- Ribeiro, A. C. P.; Conceição Jr., J. C.; Rosa, D. R.; Freire, D. M. G.; Cammarota, M. C. (2005). Aplicação de enzimas hidrolíticas no tratamento aeróbio de efluentes de laticínio. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Campinas, Brasil.
- Rigo, E. (2004). Aplicação de lípases como auxiliar no pré-tratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim - RS, 84 .
- Scholz, W.; Fuchs, W. (2000). Treatment of oil contaminated wastewater in a membrane bioreactor. *Journal of the American Water Resources Association*, Malden, 34 (14), 3621-3629,
- Shreve, R.N.; Brink, J.A. Jr. (1977). *Indústrias de processos químicos*. 4 ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara, 717.
- Vymazal, J. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. *Ecological Engineering: The Journal Of Ecotechnology*, Oxford, 35, 1-17.

Fecha de recibido: 12 abr. 2015

Fecha de aprobado: 10 jun. 2015