



Sociedade & Natureza

ISSN: 1982-4513

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Santos, Sizabeli Amaral dos; Gastaldini, Maria do Carmo  
Cauduro; Pivetta, Glaucia Ghesti; Schmidt, Osmar  
Integração das curvas de probabilidade e carga máxima total  
diária(CMTD) na gestão da qualidade da água de uma bacia urbana  
Sociedade & Natureza, vol. 30, núm. 3, 2018, Setembro-Dezembro, pp. 1-17  
Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia

DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-1>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321363060001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em [redalyc.org](http://redalyc.org)

UFGV [redalyc.org](http://redalyc.org)

Sistema de Informação Científica Redalyc  
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal  
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa  
acesso aberto

# Integração das curvas de probabilidade e carga máxima total diária (CMTD) na gestão da qualidade da água de uma bacia urbana

## Probability curves of integration and total maximum daily loads (TMDL) on quality management of a urban watershed

*Sizabeli Amaral dos Santos<sup>1</sup>*  
*Maria do Carmo Cauduro Gastaldini<sup>2</sup>*  
*Glaucia Ghesti Pivetta<sup>3</sup>*  
*Osmar Schmidt Filho<sup>4</sup>*

### Resumo

Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e resíduos sólidos nos recursos hídricos promovem a poluição gradativa das águas. Este estudo teve como objetivo a integração das informações quali-quantitativas em uma bacia hidrográfica altamente urbanizada e com intensa atividade antrópica prejudicial à qualidade da água. A bacia situa-se na área urbana do município de Santa Maria-RS, com área de 2,7 km<sup>2</sup>. As curvas de probabilidade foram construídas para demanda bioquímica de oxigênio e coliformes totais, *E. coli* e oxigênio dissolvido, nitrito e nitrato. As curvas de permanência foram utilizadas para a obtenção das curvas de carga máxima total diária (CMTD) referente aos parâmetros de qualidade de água. Os resultados obtidos mostram que o Arroio Cancela-Tamandaí recebe diariamente elevadas cargas de matéria orgânica, coliformes totais, *E. coli*, nitrito, nitrato e que a concentração de oxigênio dissolvido em 90% do tempo é inferior a 1,0 mg/L. As curvas de probabilidades das cargas diárias em conjunto com as curvas de CMTD são alternativas para o planejamento de ações de despoluição no arroio, ou seja, são ferramentas que podem vir a auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos e na gestão da qualidade da água na bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí. As curvas de CMTD apresentam uma metodologia simples e os resultados podem ser facilmente aplicados, possibilitando o uso prático na gestão das águas.

**Palavras-chave:** Bacia urbana, Poluição hídrica, Carga Máxima Total Diária.

### Abstract

Inadequate releases of sanitary sewage and solid waste in water resources promote the gradual contamination of the water. This study aimed at the integration of qualitative and quantitative information in a watershed highly urbanized and intense human activity detrimental to water quality. The basin is located in the urban area of the municipality of Santa Maria-RS, with 2.7 km<sup>2</sup> area. The probability curves were constructed for total BOD and coliforms, *E. coli*, DO, nitrite and nitrate. The retention curves

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. [sizabeli@gmail.com](mailto:sizabeli@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. [mcarmocg@gmail.com](mailto:mcarmocg@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. [glaucia.pivetta@gmail.com](mailto:glaucia.pivetta@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. [schmidt.agro@gmail.com](mailto:schmidt.agro@gmail.com)

Artigo recebido em: 07/10/2016. Aceito para publicação em: 03/10/2018.

were used to obtain the TMDLs curves relating to water quality parameters. The results obtained show that the Cancela Tamandaí creek receives daily high loadings of organic matter, TC, EC, nitrite, nitrate and the concentration of DO in 90% of the time is less than 1.0 mg / L. The curves of probability of daily loads together with the TMDL curves are alternatives to the planning of remediation actions in the creek, or are tools that may assist in the management of water resources and water quality management in the Cancela-Tamandaí watershed. The TMDL curves have a simple methodology and results can be easily applied, enabling the practical use in water management.

**Keywords:** Urban watershed, Water quality, Total maximum daily

## Introdução

O monitoramento e a avaliação quali-quantitativa dos corpos hídricos são importantes, pois estes influenciam diretamente na variedade de usos consuntivos e não consuntivos e na sua capacidade de autodepuração. De acordo com Cruz e Tucci (2008), a determinação das vazões mínimas é fundamental para a instrução de processos de gestão de recursos hídricos relativos ao enquadramento, à outorga e à cobrança pelo uso da água, segundo preveem as legislações federais e estaduais.

No Brasil cada estado brasileiro adota critérios particulares para as vazões de referência para a outorga. Geralmente a vazão de referência é oriunda das vazões representativas da curva de permanência de vazões, tais como Q50, Q90, Q95. De acordo com Silva et al. (2006), os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia estabelecem a referência para outorga em 90% da vazão regularizada. Os estados de Paraná, Minas Gerais e São Paulo adotam critérios mais conservadores, onde a vazão de referência é a Q7,10. Já no estado do Rio Grande do Sul, a outorga de uso dos recursos hídricos está condicionada às prioridades de uso estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacia Hidrográfica (Rio Grande do Sul, 1996) significando que a vazão de referência poderá variar de uma bacia para outra, respeitando as particularidades de cada local.

Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e de resíduos sólidos nos recursos hídricos promovem a poluição gradativa das águas,

transformando em um grave problema de saúde pública. Atualmente, os esgotos domésticos representam um dos principais problemas dos recursos hídricos no Brasil, em função da falta de rede coletora, de tratamento ou do tratamento ineficiente dos efluentes coletados.

De acordo com o último diagnóstico dos serviços de água e esgotos (Brasil, 2016), apenas 57,6% das áreas urbanas dos municípios brasileiros são atendidas por rede coletora de esgotos. Quando se fala em tratamento de esgotos, os índices são ainda menores, onde apenas 44,9% dos esgotos gerados são tratados. Dos esgotos coletados, 74,9% são tratados, evidenciando a ineficiência da gestão dos efluentes em nosso país.

O conhecimento da carga máxima de poluentes permitida para determinado curso de água em distintos períodos é uma maneira eficaz de verificar o atendimento à legislação. A utilização de curvas de Carga Máxima Total Diária (CMTD) (do inglês, Total Maximum Daily Loads – TMDL) consiste de uma estratégia importante para atingir as metas de qualidade da água em gestão de bacias hidrográficas (NOVOTNY, 2003; ZHANG e YU, 2008).

A curva de CMTD é o principal instrumento de controle da qualidade da água previsto na Lei Federal de Controle de Poluição da Água dos Estados Unidos da América (Federal Water Pollution Control Act ou “Clean Water Act – CWA”). É o cálculo da quantidade máxima diária de um determinado poluente que pode ser lançada em um corpo hídrico por fontes pontuais e difusas para que o corpo hídrico ainda continue a atender aos padrões de qualidade da água. No entanto, no Brasil, esta abordagem ainda é pouco desenvolvida no âmbito da gestão das águas e manutenção ou melhoria da qualidade dos corpos hídricos.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº357 de 2005 indica os limites de vários parâmetros para o enquadramento de corpos hídricos no Brasil. Os parâmetros mais utilizados para avaliar a qualidade da água são o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio

(DBO) (indicadores de proteção da vida aquática e da contaminação por matéria orgânica biodegradável); o nitrogênio, o fósforo e a clorofila (indicadores de eutrofização), os coliformes totais, coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli* (*E. coli*) (indicadores biológicos).

As curvas de CMTD vêm sendo objeto de estudo por vários autores, tais como, Dupuis et al. (2001), Walker (2003), Silva e Jardim (2007) Oliveira et al. (2011), Gulate et al. (2014), Zhang et al. (2015) e Wang e Bi (2016). Estes estudos destacam a relevância destas curvas para o monitoramento e a gestão da qualidade da água, pois corpos hídricos contaminados ou poluídos podem tornar-se vetores de doenças com transmissão hídrica, gerando graves problemas de saúde pública, e podem afetar a demanda futura por água de boa qualidade. Os autores destacam ainda que as curvas CMTD podem ser utilizadas para auxiliar o órgão ambiental no monitoramento e fiscalização da qualidade da água.

De acordo com Cunha et al. (2012) a integração entre as curvas de quantidade e qualidade oferece subsídios a concessões de outorga, à cobrança pelo uso da água, ao monitoramento ambiental e ao enquadramento dos cursos de água. Outro aspecto positivo é que essas curvas podem incorporar variações no clima e no uso e ocupação do solo, o que permite o estabelecimento de cenários ambientais.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi a integração das informações quali quantitativas visando a construção das curvas de probabilidade de atendimento aos padrões de qualidade da água expressos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e a elaboração de curvas CMTD, com intuito de apresentar ferramentas que auxiliem o gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica urbanizada e com intensa atividade antrópica.

## Metodologia

### Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho foi a bacia hidrográfica do arroio Cancela-Tamandaí (ACT), situada na área urbana do município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul/Brasil, Figura 1. A bacia Cancela-Tamandaí, com área de 2,7 km<sup>2</sup>, encontra-se entre as coordenadas geográficas 53°47'11" e 53°48'17" de longitude oeste e 29°41'35" e 29°42'07" de latitude sul. De acordo com IBGE (2010) a bacia apresenta uma população contribuinte de 14.293 habitantes e 6.231 domicílios. Ressalta-se que o exutório da bacia coincide com a estação fluviométrica e a estação de monitoramento da qualidade da água na bacia.

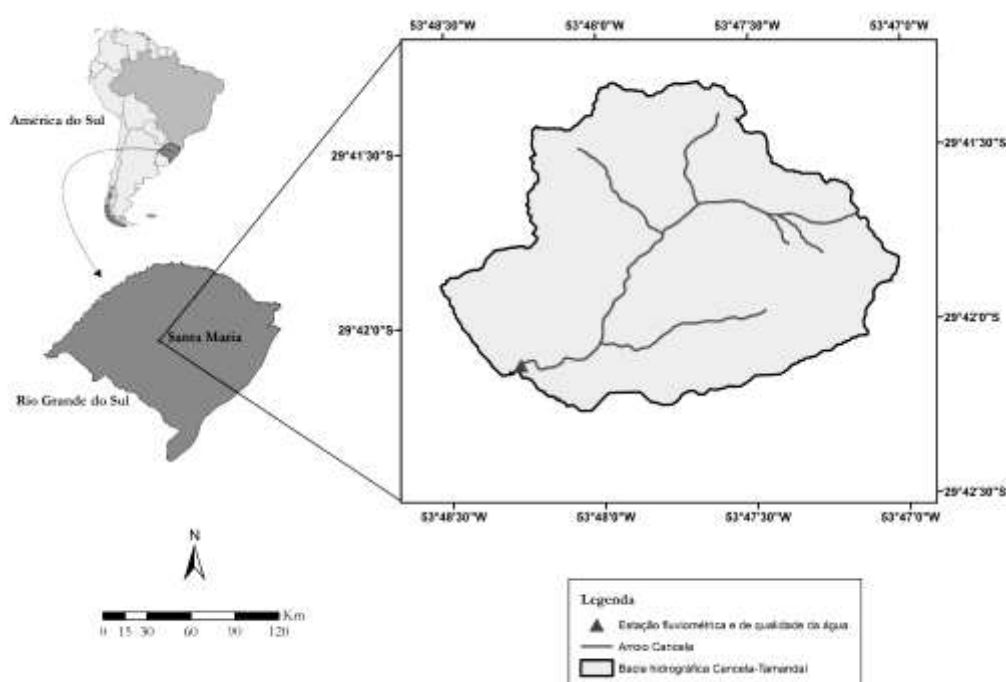
O município de Santa Maria conta com 261.031 habitantes, com mais de 90% da população situada na zona urbana (IBGE, 2010). Para Martins et al. (2005) o município de Santa Maria apresenta uma ocupação urbana acelerada e desordenada, cuja expansão, em alguns aspectos, desconsidera o meio físico e na maioria dos casos há o uso indiscriminado de espaços como: encostas íngremes, topos de morros, faixas marginais de cursos fluviais, áreas alagáveis e inundáveis, gerando deterioração ambiental.

Segundo Santos et al. (2014a) a bacia hidrográfica do Arroio Cancela-Tamandaí apresenta elevada contaminação por matéria orgânica, principalmente por efluentes domésticos, apresentando elevadas cargas médias de poluente de DBO (556,74 Kg/d), e de *E. coli* (2,76E+05 Org/d). A relação entre a demanda bioquímica de oxigênio e a demanda química de oxigênio (DBO/DQO) igual a 0,7 também indicou que os esgotos são lançados no corpo hídrico sem tratamento adequado prévio.

De acordo com Santos et al. (2014b) no Arroio Cancela-Tamandaí as variáveis demanda DBO e *E. coli* não atendem aos padrões de qualidade exigidos para a Classe 3, evidenciando que há um elevado grau de comprometimento da qualidade da água. Conforme a Resolução CONAMA nº 357/05, as variáveis de qualidade da água mais críticas em função do atendimento em relação às classes de qualidade, são DBO e *E. coli*.

As águas superficiais na bacia hidrográfica Cancela Tamandaí são classificadas como péssimas na maior parte do tempo, considerando os parâmetros *E. coli*, de DBO e OD, pois estes foram os parâmetros determinantes para os baixos índices de qualidade da água observados na bacia (PIVETTA et al., 2015).

**Figura 1** - Localização da bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí e estação de monitoramento da qualidade da água no Arroio Canceta-Tamandaí



Org.: dos autores, 2016

Ressalta-se que o arroio Cancela-Tamandaí recebe grande parte do esgotamento cloacal e pluvial dos arredores, contribuindo para a degradação da qualidade da água. O arroio não apresenta enquadramento conforme resolução CONAMA nº 357/2005 e seu curso não se encontra canalizado.

### Monitoramento qualitativo e quantitativo

Para a avaliação qualitativa e quantitativa das águas foram realizadas 34 campanhas, em tempo seco, no período de 31/01/2013 a

31/03/2014, salienta-se que destas 34 campanhas, em 17 campanhas houve a avaliação de nitrito e nitrato. O ponto de amostragem para o monitoramento da qualidade da água está junto à estação fluviométrica Cancela-Tamandaí.

Os parâmetros de qualidade da água avaliados, metodologia utilizada e limite de detecção estão descritos, resumidamente, na Tabela 1. A metodologia utilizada para as análises seguiu a descrita no Standard Methods for the Examination of the water and wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 2012).

**Tabela 1** . Parâmetros de qualidade da água, metodologia analítica, limite de detecção das análises

Parâmetros de qualidade da água	Metodologia analítica	Mínimo para detecção
Oxigênio dissolvido (OD)	Oxímetro	0,1 mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Winckler	0,1 mg/L
Coliformes Totais (CT)	Ideex-colilert	1 NMP/100 mL
Escherichia coli (E.coli)	Ideex-colilert	1 NMP/100 mL
Nitrito, Nitrato	Cromatografia iônica	0,1 mg/L

Org.: dos autores, 2016.

O monitoramento qualitativo e quantitativo na bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí consistiu de coletas manuais e medição do perfil de velocidade do fluxo no arroio, sendo:

- Coleta manual na seção de monitoramento: a coleta manual foi realizada no centro da seção de amostragem em um ponto representativo da massa líquida, utilizando-se de recipientes plásticos limpos, previamente identificados, com enxágue dos frascos três vezes com a própria amostra e evitando aeração excessiva no momento da coleta.
- Medições dos perfis de velocidade na seção de monitoramento: para determinação das descargas líquidas, por meio do método da meia seção.

### Curvas de probabilidade para cargas diárias

As curvas de probabilidade dos parâmetros de qualidade da água foram construídas a partir da avaliação qualitativa para cada variável avaliada no ponto de amostragem, considerando as probabilidades de



atendimento em relação às classes de qualidade associadas aos riscos de não atendimento, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05.

As curvas de probabilidade foram construídas para as seguintes variáveis de qualidade da água: DBO e CT, *E. coli* e OD, nitrito e nitrato. Para a elaboração das curvas de probabilidade os valores de cada variável foram ordenados de forma crescente, mantendo suas cargas correspondentes associados à frequência de excedência, conforme tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Ordenamento e cargas de DBO, CT, EC e OD

Ordem	%	DBO (kg/dia)	CT (NMP/dia)	EC (NMP/dia)	OD (mg/L)
1	2,86	120	4,00E+06	1,15E+06	6,85
2	5,71	219	7,29E+06	2,09E+06	6,05
3	8,57	219	7,29E+06	2,09E+06	5,73
4	11,43	269	8,94E+06	2,56E+06	5,30
5	14,29	296	9,84E+06	2,82E+06	5,14
6	17,14	296	9,84E+06	2,82E+06	5,09
7	20,00	347	1,15E+07	3,30E+06	4,61
8	22,86	347	1,15E+07	3,30E+06	4,50
9	25,71	349	1,16E+07	3,32E+06	3,46
10	28,57	360	1,20E+07	3,43E+06	2,45
11	31,43	431	1,43E+07	4,11E+06	2,37
12	34,29	476	1,58E+07	4,53E+06	2,30
13	37,14	502	1,67E+07	4,78E+06	2,25
14	40,00	502	1,67E+07	4,78E+06	2,10
15	42,86	515	1,71E+07	4,91E+06	2,02
16	45,71	522	1,74E+07	4,98E+06	1,80
17	48,57	536	1,78E+07	5,11E+06	1,75
18	51,43	557	1,85E+07	5,31E+06	1,62
19	54,29	557	1,85E+07	5,31E+06	1,60
20	57,14	571	1,90E+07	5,44E+06	1,44
21	60,00	586	1,95E+07	5,58E+06	1,34
22	62,86	645	2,15E+07	6,15E+06	1,31
23	65,71	645	2,15E+07	6,15E+06	1,24
24	68,57	653	2,17E+07	6,22E+06	1,10
25	71,43	676	2,25E+07	6,44E+06	0,98
26	74,29	684	2,27E+07	6,51E+06	0,98
27	77,14	765	2,54E+07	7,28E+06	0,97
28	80,00	765	2,54E+07	7,28E+06	0,95
29	82,86	781	2,60E+07	7,44E+06	0,75
30	85,71	792	2,63E+07	7,55E+06	0,74
31	88,57	792	2,63E+07	7,55E+06	0,63
32	91,43	868	2,89E+07	8,27E+06	0,54
33	94,29	978	3,25E+07	9,31E+06	0,41
34	97,14	1006	3,35E+07	9,59E+06	0,36

Org.: dos autores, 2016.

**Tabela 3 . Ordenamento e carga de Nitrito e nitrato**

Ordem	%	Nitrito (Kg/dia)	Nitrato (Kg/dia)
1	5,6	0,00	0,00
2	11,1	0,00	0,00
3	16,7	0,00	0,00
4	22,2	0,37	0,00
5	27,8	0,42	0,21
6	33,3	0,54	0,32
7	38,9	0,58	0,41
8	44,4	0,59	0,67
9	50,0	0,63	0,76
10	55,6	0,64	0,85
11	61,1	0,67	1,43
12	66,7	0,90	2,06
13	72,2	1,12	9,44
14	77,8	1,19	10,83
15	83,3	1,24	16,16
16	88,9	1,35	19,08
17	94,4	26,78	39,70

Org.: dos autores, 2016.

### Curvas CMTDs

As curvas de permanência foram utilizadas para a obtenção das curvas de CMTDs referente aos parâmetros de qualidade de água avaliados neste estudo. Estas curvas foram obtidas pelo produto entre as vazões (tabela 4) da curva de permanência e os padrões de qualidade de água definidos na resolução CONAMA n. 357/2005.

**Tabela 4 . Ordenamento da vazão para curva de permanência**

Ordem	%	Vazão (L/s)	Ordem	%	Vazão (L/s)
1	2,86	142,3	22	62,86	71,0
2	5,71	138,2	23	65,71	67,2
3	8,57	122,7	24	68,57	61,0
4	11,43	112,0	25	71,43	50,9
5	14,29	112,0	26	74,29	49,3
6	17,14	110,5	27	77,14	49,0
7	20,00	108,1	28	80,00	49,0
8	22,86	108,1	29	82,86	41,8
9	25,71	96,7	30	85,71	41,8
10	28,57	95,6	31	88,57	38,0
11	31,43	92,3	32	91,43	31,0
12	34,29	91,2	33	94,29	31,0
13	37,14	91,2	34	97,14	17,0
14	40,00	82,8			
15	42,86	80,8			
16	45,71	78,7			
17	48,57	78,7			
18	51,43	75,8			
19	54,29	73,8			
20	57,14	72,9			
21	60,00	71,0			

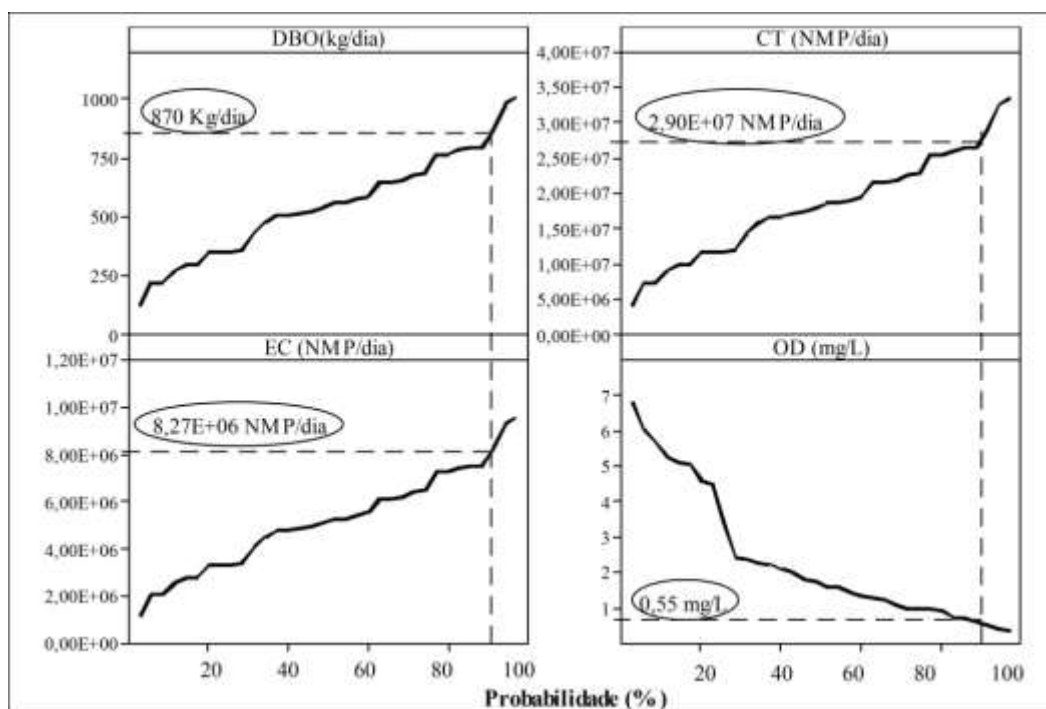
Org.: dos autores, 2016.

Foram utilizadas informações do padrão de DBO e *E. coli*, nitrito e nitrato para a construção das CMTDs. Destaca-se que, visando um cenário de melhoria da qualidade da água, em função da redução de poluentes lançados ou carregados no arroio Cancela-Tamandaí, foram levados em consideração os padrões de qualidade da água referentes à Classe 3 da resolução CONAMA n. 357/2005 e a vazão de 90% de permanência, que é 0,046 m<sup>3</sup>/s.

## Resultados e discussão

A figura 2 ilustra as curvas de probabilidade das cargas diárias de DBO, CT e *E. coli* e concentração diária de OD para o Arroio Cancela-Tamandaí. Destaca-se que o comportamento crescente das curvas, (figuras 2 e 3) é em virtude de este estudo avaliar a probabilidade que as variáveis avaliadas apresentam-se com elevadas cargas, exceto a variável OD, pois está ilustra a baixa carga de OD ao longo do tempo.

**Figura 2** - Curvas de probabilidade das cargas diárias de DBO, CT e *E. coli* e concentração diária de OD

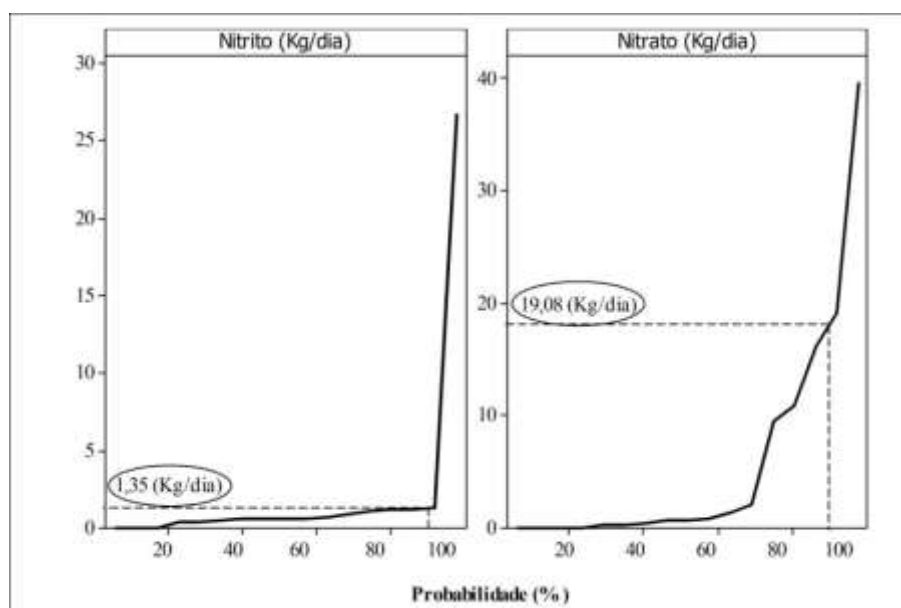


Org.: dos autores, 2016.

A degradabilidade da água é evidenciada pela curva de probabilidade de carga diária de DBO, onde 90% do tempo o arroio recebe altas cargas diárias de DBO (em torno de 870 kg/dia). As curvas de probabilidade de CT e *E. coli* mostram o grau de comprometimento das águas do arroio. Assim como DBO, os CT e *E. coli* apresentam elevadas cargas diárias em 90% do tempo,  $2,90\text{E}+07$  e  $8,27\text{E}+06$  NMP/dia, respectivamente. A curva de probabilidade do parâmetro OD ilustra que em 90% do tempo a concentração de OD é inferior a 1,0 mg/L (aproximadamente 0,55 mg/L  $\text{O}_2$ ).

Em relação aos nutrientes nitrito e nitrato, as curvas de probabilidade das cargas diárias são mostradas na figura 3.

**Figura 3** - Curvas de probabilidade das cargas diárias de nitrito e nitrato



Org.: dos autores, 2016.

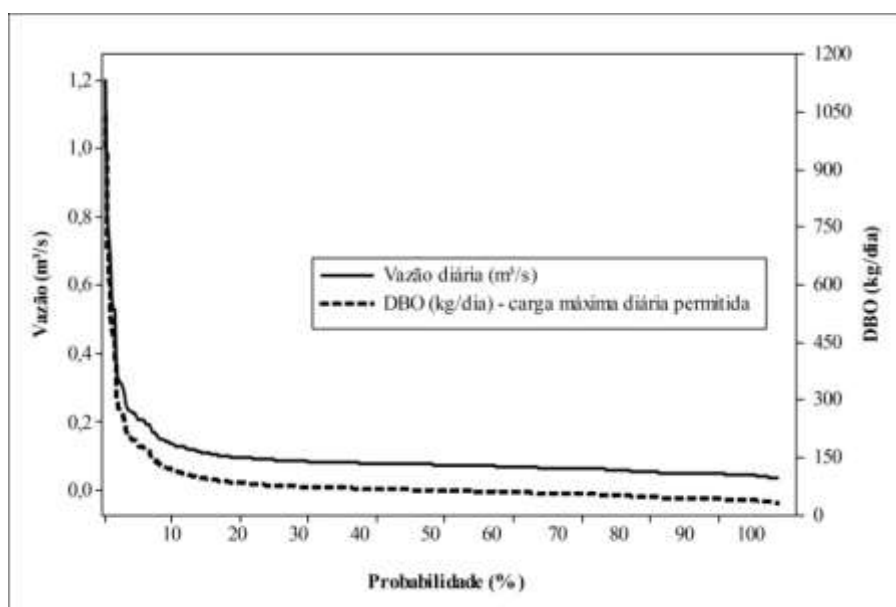
Constatou-se que durante 90% do tempo o Arroio Cancela-Tamandaí recebe cargas inferiores ou iguais a 1,35 Kg/dia de nitrito e 19 kg/dia de nitrato.

As curvas de probabilidades das cargas diárias DBO, CT, EC, nitrito, nitrato e da concentração diária de OD para o ACT podem contribuir significativamente com gestão da qualidade da água no arroio. A análise conjunta das vazões e dos parâmetros de qualidade da água permite

visualizar as alterações de qualidade no corpo hídrico de acordo com os períodos secos e úmidos, proporcionando a compreensão do comportamento de parâmetros relevantes para a qualidade do arroio em diferentes períodos.

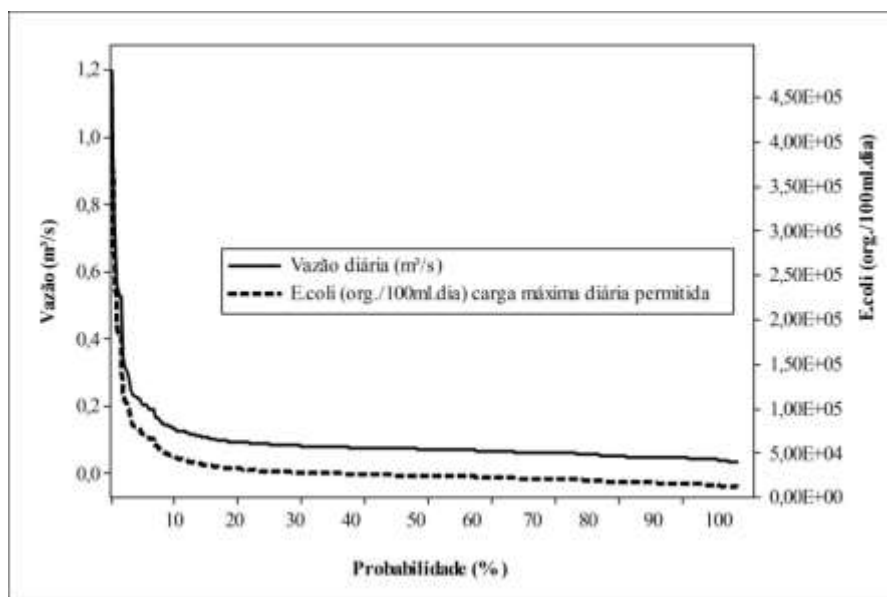
As figuras 4 e 5 ilustram as curvas de CMTDs obtidas para o ACT, destaca-se que estas foram construídas em função dos valores limítrofes de DBO, EC para a Classe 3, estabelecidos da resolução CONAMA 357/2005 e a vazão diária observada no arroio.

**Figura 4** - Curva CMTD para DBO de acordo com concentração limite estabelecida para a Classe 3 em CONAMA nº 357/2005



Org.: dos autores, 2016.

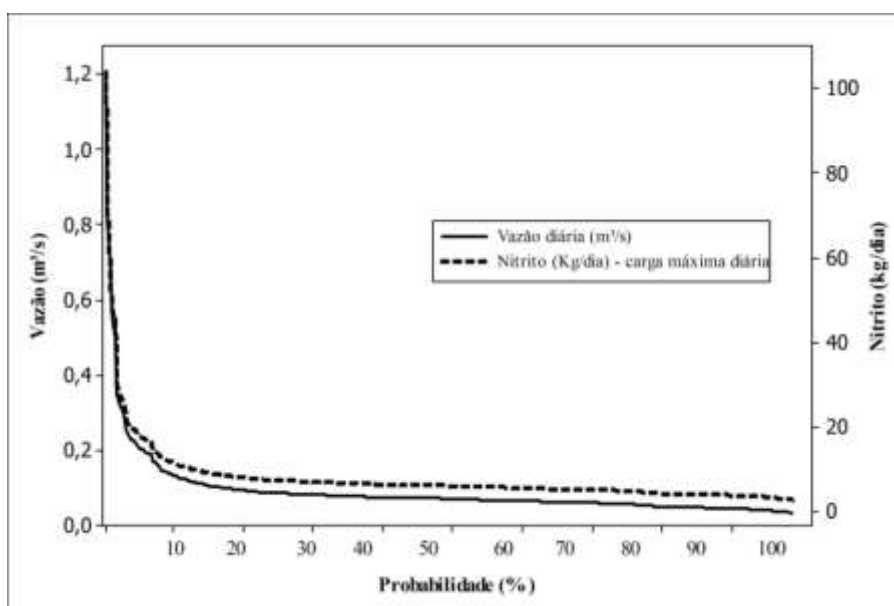
**Figura 5** - Curva CMTD para *E. coli* de acordo com concentração limite estabelecida para a Classe 3 em CONAMA nº 357/2005



Org.: dos autores, 2016.

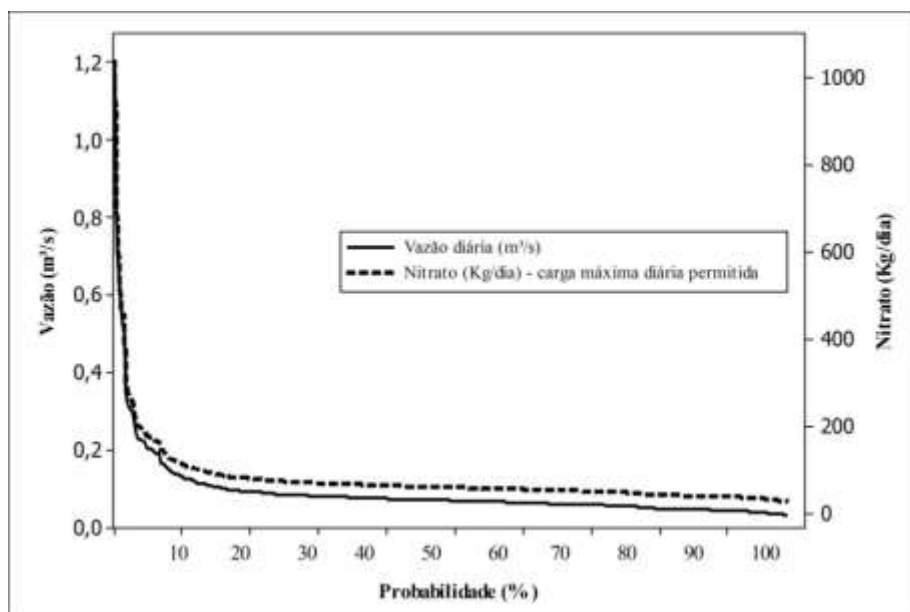
As figuras 6 e 7 ilustram as curva de CMTD para nitrito e nitrato, de acordo com concentração limite estabelecida para a Classe 3 em CONAMA nº 357/2005.

**Figura 6** - Curva de CMTD para nitrito, de acordo com concentração limite estabelecida para a Classe 3 em CONAMA nº 357/2005



Org.: dos autores, 2016.

**Figura 7** - Curva de CMTD para nitrato, de acordo com concentração limite estabelecida para a Classe 3 em CONAMA n° 357/2005



Para uma melhoria da qualidade da água constatou-se que o ACT deverá receber em 90% do tempo a carga máxima diária de 4 Kg/dia de nitrato. Ou seja, deve ocorrer uma redução de 2,65 kg/dia para que a carga máxima diária de nitrato esteja dentro do permitido na resolução CONAMA 357/2005 para a Classe 3.

Em relação à carga máxima permitida para nitrato observa-se que em 90% do tempo é de 40 Kg/dia. A partir da probabilidade da carga diária de nitrato (aproximadamente 19 kg/dia), constata-se que deverá ocorrer uma redução de 21 kg/dia para que a carga máxima diária de nitrato permaneça dentro do permitido na resolução CONAMA 357/2005 para a Classe 3.

Para uma melhoria da qualidade da água constatou-se que o ACT deverá receber em 90% do tempo, para uma vazão de 0,046 m³/s, a carga máxima diária permitida de DBO de 40 Kg/dia. A partir da análise conjunta da curva de permanência e da curva de CMTD de DBO, tem-se que deve haver uma redução de 830 kg/dia para que a carga máxima diária esteja dentro do permitido na resolução CONAMA 357/2005 para a Classe 3.

Em relação aos EC observa-se que em 90% do tempo a carga máxima diária de EC permitida é  $1,60\text{E}+04$  org./100 mL.dia. Diante da probabilidade da carga diária de EC ( $5,10\text{E}+06$  org./100 mL.dia), constata-se que deverá ocorrer uma redução de  $5,08\text{E}+06$  org./100mL.dia para que a carga máxima diária de EC permaneça dentro do permitido na resolução CONAMA 357/2005 para a Classe 3.

As curvas de CMTD construídas para o ACT reforçam o grau de comprometimento da qualidade das águas no arroio, apresentando em 90% do tempo parâmetros acima das cargas máximas totais diárias para a Classe 3. Destaca-se que as curvas de CMTD mostraram-se como ferramentas úteis na obtenção de um melhor cenário da qualidade da água na bacia.

## Conclusões

O Arroio Cancela-Tamandaí recebe diariamente elevadas cargas de matéria orgânica, CT, EC, nitrito e nitrato. Destaca-se que a concentração de OD em 90% do tempo é inferior a 1,0 mg/L.

As curvas de probabilidades das cargas diárias em conjunto com as curvas de CMTD sugerem que deve haver uma grande redução no aporte das cargas de DBO, EC, CT, nitrito e nitrato no arroio Cancela-Tamandaí. Com isso, a integração dessas curvas é uma alternativa para o planejamento de ações de despoluição no arroio, ou seja, são ferramentas que podem vir a auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos e na gestão da qualidade da água na bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí.

As curvas de CMTD apresentam uma metodologia simples e os resultados podem ser facilmente aplicados, possibilitando o uso prático na gestão das águas.



## Referências

- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22ª ed., Washington: American Public Health Association; 1360 pp, 2012.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.
- Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução CONAMA nº 357 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005.
- CRUZ, J.C.; TUCCI, C.E.M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.1, 2008, pp.111-124. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p111-124>
- CUNHA, D.G.F., CALIJURI, M.D.C., MENDIONDO, E. M. Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, n.4, 2012, pp. 369-376. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000400003>
- CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos–estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.4, 2010, pp. 337-346. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000400006>
- DUPUIS, T., PATWARDHAN, A., DONIGIAN JR, A. **Total Maximum Daily Load and Modeling Tools**. In Integrated Surface and Ground Water Management: Proceedings of the Specialty Symposium Held in Conjunction with the World Water and Environmental Resources Congress, May 20-24, 2001, Orlando, Florida (p. 258). American Society of Civil Engineers. [https://doi.org/10.1061/40562\(267\)28](https://doi.org/10.1061/40562(267)28)
- GULATI, S., STUBBLEFIELD, A.A., HANLON, J.S., SPIER, C.L., STRINGFELLOW, W.T. Use of continuous and grab sample data for calculating total maximum daily load (TMDL) in agricultural watersheds. **Chemosphere**, v.99, 2014, pp. 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.026>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Censo Demográfico. 2010. Rio de Janeiro. 2013.** Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas\\_pdf/total\\_populacao\\_rio\\_grande\\_do\\_sul.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_rio_grande_do_sul.pdf)
- MARTINS, F.B. Zoneamento Ambiental da Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria-RS - (Estudo de caso). **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, 2005, pp.315-322.
- NOVOTNY, V. **Water quality: Diffuse pollution and watershed management**. 2. ed. Wiley: Hoboken, 2003. 864 p.
- OLIVEIRA, RODRIGUES, D.B.B., SOBRINHO, T.A., PANACHUKI, E. Integração de informações quali-quantitativas como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos. **Revista de Estudos Ambientais**, v.13, n.1, 2011, pp. 18-27.
- PIVETTA, G.G.; SANTOS, S.A; GASTALDINI, M.C.C. Aplicação do índice de qualidade da água (IQA) em uma bacia hidrográfica urbanizada na região sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Rio de Janeiro RJ, 2015.

- Rio Grande do Sul. **Decreto no 37.033, de 21 de novembro de 1996**, regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos arts. 29, 30 e 31 da Lei n o 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, em 22 de novembro de 1996.
- SANTOS, S.A; PIVETTA, G.G.; GASTALDINI, M.C.C; SCHMIDT FILHO, O. Avaliação da carga de poluentes veiculados no arroio cancela em período de tempo seco. Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Natal RN, 2014a.
- SANTOS, S.A; PIVETTA, G.G.; SCHMIDT FILHO, O; VIEGAS, M.; GASTALDINI, M.C.C. Curvas de probabilidade dos parâmetros de qualidade da água na bacia hidrográfica do Arroio Cancela. Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Natal RN, 2014b.
- SILVA, G.S.D., JARDIM, W.F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para a amônia no Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. **Eng. sanit. ambient**, v.12, n.2, 2007, pp. 160-168. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000200007>
- SILVA, A.M.; OLIVEIRA, P.M.; MELLO, C.R.; PIERANGELI, C. Vazões mínimas e de referência para a outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, 2006, pp. 374-380. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200019>
- WALKER, W.W. Consideration of variability and uncertainty in phosphorus total maximum daily loads for lakes. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.129, n.4, 2003, pp. 337-344. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2003\)129:4\(337\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:4(337))
- WANG, C.; BI, J. TMDL development for the Taihu Lake's influent rivers, China using variable daily load expressions. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v.30, n.3, pp. 911-921, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1076-7>
- ZHANG, H.; YU, S. Critical flow-storm approach to total maximum daily load (TMDL) development: an analytical conceptual model. **Frontiers of Environmental Science & Engineering in China**, v.2, n.3, 2008, pp.267-273. <https://doi.org/10.1007/s11783-008-0058-0>
- ZHANG, S., LI, Y., ZHANG, T., PENG, Y. An integrated environmental decision support system for water pollution control based on TMDL—A case study in the Beiyun River watershed. **Journal of environmental management**, v.156, 2015, pp. 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.021>