



REVISTA

CIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE

ISSN 2447-4606

Estimativa das contribuições de carga orgânica doméstica e impactos ambientais das ligações inadimplentes de esgoto em Juazeiro do Norte – Ceará

Estimate of the load organic contributions and environmental impacts of defaulters connections sewage in Juazeiro do Norte – Ceará

Letícia Lacerda Freire

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Bacharel em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE - Campus Juazeiro do Norte). Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC. Atua como Técnica em Meio Ambiente do IFCE - Campus Sobral.

E-mail: leticia.l.arquivos@gmail.com

Yannice Tatiane da Costa Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo CEFET-CE e Mestre em Engenharia Sanitária com área de concentração em Saneamento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária - UFRN.

E-mail: yannicesantos@yahoo.com.br

Recebido em: 27/06/2018 | Aceito em: 18/12/2018

RESUMO

A matéria orgânica é um dos principais indicadores da poluição por esgoto doméstico nos corpos aquáticos e pode ser utilizada para mensurar falhas nas eficiências de estações de tratamento de esgoto de grau secundário. Com o intuito de determinar a carga orgânica doméstica de Juazeiro do Norte - CE foram realizadas estimativas de carga total e de outras parcelas, definidas em seis grupos, contemplando dados de DBO 5,20, vazão de produção de esgoto e vazão de operação do afluente da ETE local, considerando período seco e chuvoso, entre os anos de 2014 e 2015. As cargas médias calculadas, para cada grupo, foram: Grupo A (Total) = 11.895,6 KgDBO/d; Grupo B (com acesso à rede) = 4.592,9 KgDBO/d; Grupo C (sem acesso à rede) = 7.302,7 KgDBO/d; Grupo D (Ligações inadimplentes) = 2.158,9 KgDBO/d; Grupo E (remanescente da ETE) = 496,3 KgDBO/d; Grupo F (retida pela ETE) = 1.937,7 KgDBO/d. Com os valores obtidos estima-se que a produção per capita para o município é de 0,047 KgDBO/hab.d. A carga orgânica da população desassistida é considerável. Os valores de carga orgânica tratada são aproximadamente seis vezes menores do que o montante produzido, não obstante, o risco evidente de contaminação do aquífero de abastecimento exige medidas emergenciais como a educação sanitária para interligação dos imóveis inadimplentes, a ampliação do sistema coletor de esgoto e das próprias alternativas de tratamento. Foram listados os

principais impactos ambientais negativos decorrentes do quadro verificado, como a alteração da qualidade dos corpos aquáticos, o déficit financeiro municipal e do prestador de serviço e problemas de saúde pública. A adesão ao sistema poderia estimular maiores investimentos para a universalização de atendimento ao esgotamento sanitário, para tanto há uma responsabilidade mútua onde o prestador deve ser atuante no controle social e na qualidade dos serviços ofertados.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário. Tratamento de esgoto. Matéria orgânica.

ABSTRACT

Organic matter is one of the main indicators of domestic sewage pollution in aquatic bodies and may indicate failures in the efficiencies of sewage treatment plants of secondary grade. In order to determine the domestic organic load of Juazeiro do Norte - CE, estimates of total and other plots were carried out, defined in six groups, considering data of BOD_{5,20}, sewage production flow and affluent of the local of sewage treatment plants, considering dry and rainy period, between the years 2014 and 2015. The calculated average loads for each group were: Group A (Total) = 11,895.6 KgBOD/d; Group B (with collection system access) = 4,592.9 KgBOD / d; Group C (without collection system access) = 7,302.7 KgBOD/ d; Group D (Defaulters) = 2,158.9 KgBOD/ d; Group E (remainder of sewage treatment plants) = 496.3 KgBOD/d; Group F (retained by ETE) = 1,937.7 KgBOD/ d. With the values obtained it is estimated that the per capita production for the municipality is 0.047 KgBOD/inhab.d. The organic load of the unassisted population is considerable. The organic load values treated are approximately six times lower than the amount produced, however, the obvious risk of contamination of the aquifer supply requires emergency measures such as sanitary education, interconnection of impaired properties, expansion of the sewage collection system and the treatment alternatives themselves. The main negative environmental impacts resulting from the situation were listed, such as changes in the quality of aquatic bodies, municipal and service provider financial deficits, and public health problems. The interconnection by system could stimulate a wider advances for universalization of sanitary exhaustion, for this there is a mutual responsibility where the provider must be active in the social control and quality of the services offered.

Keywords: Sanitary sewage system. Sewage treatment. Organic matter.

1 INTRODUÇÃO

A universalização do acesso, a integralidade, promoção de saneamento adequado, articulação, controle social, segurança, qualidade e regularidade são alguns dos princípios do marco regulatório do saneamento – a Lei Nº 11.445:2007. Para verificar o atendimento ao que recomenda a política, é necessário utilizar aferições e descrições acerca dos equipamentos disponíveis, do seu uso e manutenção, seja no abastecimento de água, no esgotamento sanitário, na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos ou no gerenciamento das águas pluviais.

A avaliação de impactos ambientais, muito utilizada nos estudos ambientais para o licenciamento, é uma ferramenta da formulação de interpretações acerca da conformidade dos sistemas, assim como para a visualização dos interferentes desses na qualidade ambiental.

As metodologias de avaliação de impacto ambiental podem ser divididas, basicamente, em oito linhas de abordagem: espontâneas ou *ad hoc*, listagens ou *checklist*, matrizes de interações, redes de interação (*networks*), métodos quantitativos, modelos de simulação, mapas de sobreposição ou *overlays* e a projeção de cenários (ALMEIDA; LINS, 2010).

Na classificação dos impactos é necessário que haja impessoalidade e a melhor adequação à realidade local, sendo o critério de magnitude um dos mais variáveis quando se é comparado ao ponto de vista dos avaliadores. Se a magnitude for atrelada a um aspecto quantitativo mensurável e contextualizada para o cenário local, possivelmente essa possa ser mais confiável e representativa.

Por exemplo, o impacto da operação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para o corpo receptor. Ora, se a estação estiver em condições adequadas de operação e houver o lançamento conforme recomendado pela legislação vigente, tal impacto é positivo, mas em uma situação de deficiência de tratamento, por falhas operacionais, haverá um impacto negativo. A magnitude de tal impacto poderá variar de acordo com as condições climáticas, a carga de poluentes lançada, a concentração da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) no corpo hídrico e a sua

vazão, assim como de outros aspectos particulares a cada situação. Logo, uma série de elementos precisam ser investigados para que o melhor atestado seja fornecido.

Considerando-se importante o uso de dados qualitativos e quantitativos para descrever a dimensão do impacto para os meios físico, biótico e antrópico, como ferramenta de gestão e de educação ambiental, realizou-se uma análise a partir de estimativas de geração de carga orgânica para o município de Juazeiro do Norte, discutindo-se com aspectos sociais e de gerenciamento das unidades, como por exemplo, a quantidade de ligações ativas e a eficiência das unidades de tratamento de esgoto. Destaca-se que a matéria orgânica é um dos parâmetros mais utilizados para verificação do potencial poluidor de um efluente, bem como é um indicador de contaminação das águas naturais por esgoto, estando relacionada aos processos de desoxigenação e autodepuração dos corpos aquáticos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Juazeiro do Norte, localizado no sul do Estado do Ceará - Brasil, com população de 249.939 habitantes (IBGE, 2010), possui notadamente, na maioria dos bairros, o lançamento irregular das águas servidas nas vias de drenagem de águas pluviais. Dos 249.939 habitantes, segundo informações da prestadora de serviços de água e esgoto no município, a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), existiam 82.778 fontes de produção de esgoto (ligações reais de água), das quais 21.699 imóveis possuíam ligações reais de esgoto à rede no ano de 2014.

Para estimar a carga orgânica produzida foram utilizados dados de concentrações da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) medidas no Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária do IFCE - Campus Juazeiro do Norte, levantados durante os anos de 2014 e 2015, pelo método respirométrico, utilizando o equipamento DBO *Trak II Hach*.

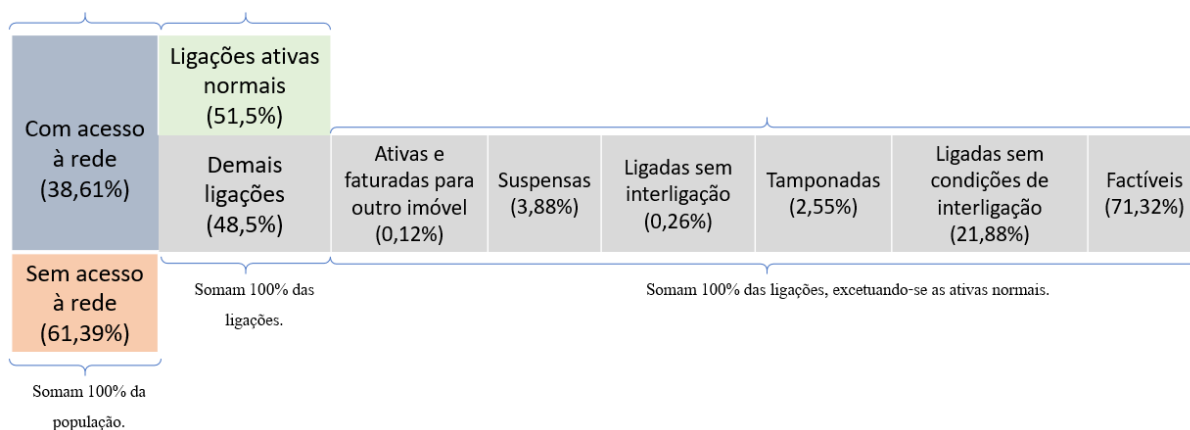
A DBO é um parâmetro que indica indiretamente as concentrações de matéria orgânica. O método de medição adotado consiste no preenchimento de garrafas com um volume determinado de amostra. No recipiente os micro-organismos degradam a matéria orgânica produzindo dióxido de carbono. Um manômetro instalado no

Ciência e Sustentabilidade – CeS. v. 4, n. 2, p. 5-24, jul./dez. 2018

equipamento mede as variações de pressão dentro do frasco e a programação do sistema converte os valores para a quantidade de Oxigênio consumida durante cinco dias sob uma temperatura de 20°C (JOUANNEAU *et al.*, 2014).

Os percentuais de atendimento aos serviços de coleta e tratamento de esgotos, apresentados na Figura , foram coletados para o ano de 2014 e 2015 para que fosse possível manter a coerência da estimativa realizada com os dados disponíveis de vazão e de concentração da DBO do esgoto afluente e efluente da ETE Malvas, a qual, de acordo com Freire (2017), foi projetada para receber 78,5% da vazão de projeto total das ETEs municipais existentes. No entanto, a vazão média de operação da ETE Malvas, no ano de estudo, era de apenas 56,87 L/s.

Figura - Percentuais de atendimento do sistema de esgotamento sanitário de Juazeiro do Norte – CE no ano de 2014



Fonte: baseado em Cagece (2014).

Segundo dados da concessionária responsável, a capacidade total do Sistema de Esgotamento Sanitário é de 260,77 L/s, da qual, conforme Rodrigues (2005), 204,7 L/s seriam equivalentes à vazão de projeto da ETE Malvas, que recebe os efluentes das localidades indicadas no Quadro 1, onde são também apontadas as das outras estações existentes no município, cujos dados de vazão não foram disponibilizados.

Quadro 1 - Distribuição dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) do município de Juazeiro do Norte/CE

Localidade		Tipo de rede	Quantidade de Elevatórias
SES do Bairro Frei Damião (Multirão)		Condominial	1
SES Minha Casa Minha Vida Tenente Coelho		Convencional	-
SES Vila Três Marias		Convencional	-
SES PROURB		Condominial	-
SES Malvas	Centro e São Miguel	Convencional	1
	Manoel Santana	Convencional	1
	Pirajá, Santa Tereza, Limoeiro, Vila Fátima	Convencional	1
	João Cabral, Pio IX e Franciscanos	Condominial	
	Conjunto habitacional Almino Loiola	Convencional	1
	Salesiano e Socorro	Convencional	1
	Multifuncional	Convencional	1

Fonte: Freire (2017).

Os cálculos da carga orgânica foram determinados em seis grupos de interesse, sendo efetuados conforme as equações dispostas no Quadro 2.

Quadro 2 - Definição dos grupos de interesse para avaliação da carga orgânica

Grupo	Carga Orgânica (C.O.) em kg/d	Equação utilizada	Objetivo
A	Doméstica potencial produzida pelo município	$A = CPCa \times n \times ir \times DBOa_{5,20}$	C.O. Total produzida
B	Dos imóveis com acesso à rede coletora de esgoto	$B = CPC \times n \times ia \times ir \times DBOac_{5,20}$	C.O. teórica coletada pelo sistema de esgotamento
C	Dos imóveis sem acesso à rede coletora de esgoto	$C = A - B$	C.O. lançada no meio ambiente (infiltração ou lançamento superficial)
D	Dos casos inadimplentes	$D = B - (Q_{ETE} \times DBOac_{5,20})$	C.O. dos atendidos pela rede, mas não usuários
E	Não tratada pela ETE Malvas	$E = (Q_{ETE} \times DBOec_{5,20})$	C.O. remanescente ao tratamento da ETE Malvas
F	Retida pela ETE	$D = (Q_{ETE} \times DBOac_{5,20}) - E$	C.O. tratada que não é lançada para o ambiente

Fonte: elaborado pelos autores (2018).

Legenda:

CPCa: Consumo per capita média de água do município de Juazeiro do Norte

n: número de habitantes

ir: coeficiente de produção de esgoto a partir da água consumida (80%)

ia: índice de atendimento municipal de 38,61%(IPECE, 2015)

DBO_{a5,20}: Demanda Biológica de Oxigênio média do esgoto bruto

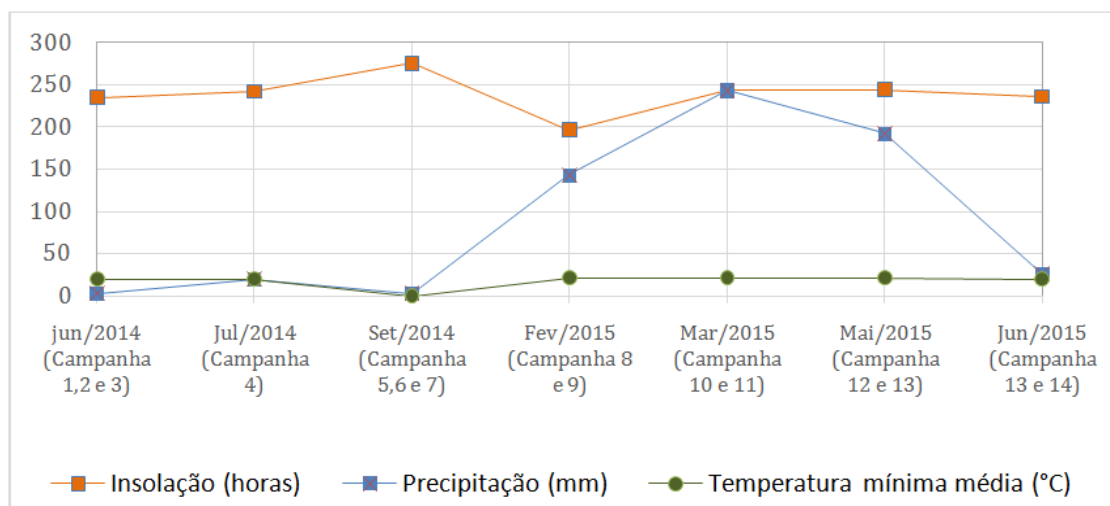
DBO_{ac5,20}: Demanda Biológica de Oxigênio do esgoto bruto na referida campanha.

Q_{ETE}: Vazão da ETE

DBO_{ec5,20}: Demanda Biológica de Oxigênio do esgoto tratado na referida campanha.

As variáveis ambientais (Precipitação (mm), Temperatura média mínima (°C) e Insolação (horas)), indicadas no Gráfico 1, para verificação de amostragem em período seco e chuvoso, foram pesquisadas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Estação Barbalha - CE (OMM: 82784), que se localiza em município fronteiro com Juazeiro do Norte.

Gráfico 1 - Variação das condições ambientais no período das campanhas



Fonte: baseado em INMET (2014; 2015).

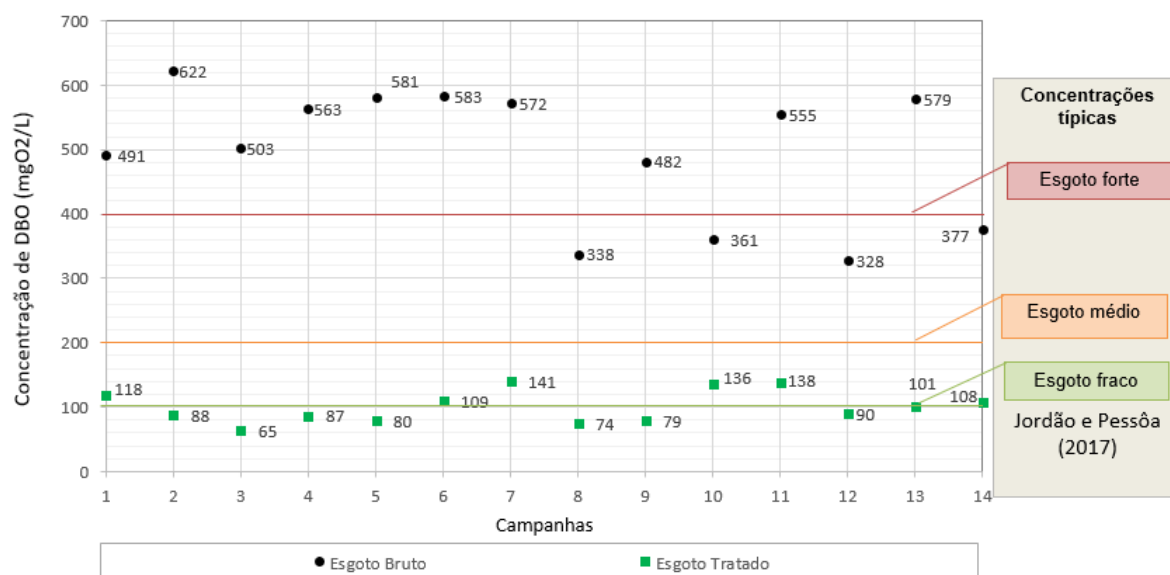
A matriz dos impactos foi formulada com base na matriz de Leopold que, de acordo com Gomes (2009), foi a primeira matriz de interação desenvolvida para levantamento de impactos de projetos, em 1971, nos Estados Unidos. Não foram definidas as magnitudes, reversibilidades, temporalidade e outras avaliações por se reconhecer que tais componentes variam com outros fatores a serem investigados, como a capacidade de autodepuração do corpo receptor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

A partir dos dados obtidos da Demanda Biológica de Oxigênio (Gráfico 3) afluente e efluente à estação de tratamento, verificou-se a eficiência (Gráfico 4) e discutiu-se as comparações acerca de valores típicos mencionados em literatura reconhecida.

Gráfico 2 - Variação das concentrações de demanda biológica de oxigênio afluente e efluente à estação



Fonte: elaborado pelos autores (2018).

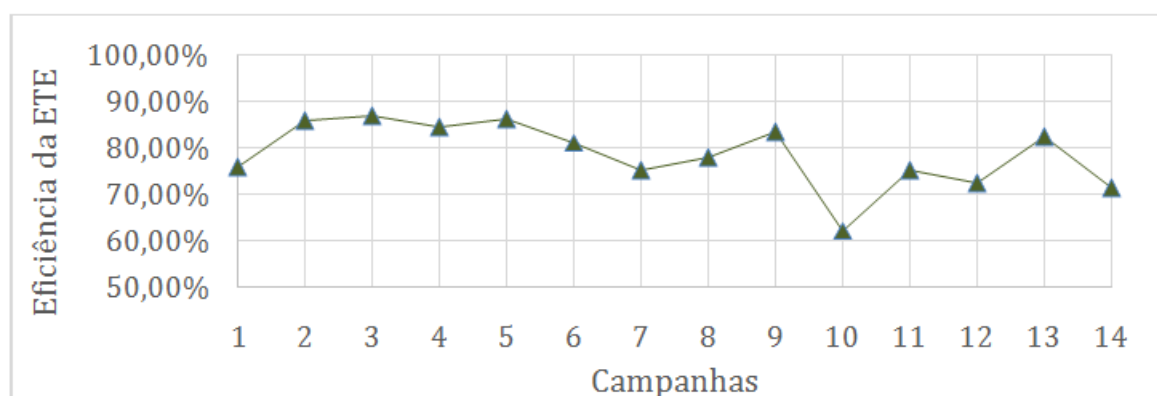
As concentrações de matéria orgânica afluente são classificadas como superiores ao indicado por Jordão e Pessôa (2017) para esgoto doméstico forte. Isso pode ser explicado pelo recebimento de esgoto oriundo de empresas imunizadoras de caminhão limpa-fossa do município (CASTRO, 2014) e de outras abrangências regionais, além de possíveis interligações clandestinas ao sistema.

O valor médio da DBO afluente foi de 495,36 mgO₂/L, o que se aproxima da concentração típica de esgoto forte, tal valor foi utilizado para os cálculos de carga orgânica em substituição a variável $DBO_{a_{5,20}}$. Em termos de máximo e mínimo, foram verificados os respectivos valores de 622 mgO₂/L (mês de menor precipitação) e 328 mgO₂/L (em período chuvoso).

Para DBO média efluente obteve-se o correspondente a 101 mgO₂/L. Não é possível fazer comparações com o valor máximo permitido pela legislação, tendo em vista que a mesma tem seus limites a partir da DBO filtrada.

As eficiências de remoção esperadas para o sistema australiano (lagoa anaeróbia + facultativa), seguido de lagoa de maturação variam entre 75% a 85%, com DBO típica do efluente variando entre 50mg/L a 60mg/L (VON SPERLING, 2005). Tais valores mostram que a estação pode ter o seu desempenho melhorado, mas que apresentou, na maioria das campanhas, uma eficiência dentro do esperado, embora essa não seja suficiente para garantir a qualidade do efluente final desejada.

Gráfico 3 - Variação da eficiência de remoção de matéria orgânica da ETE Malvas no período de campanha



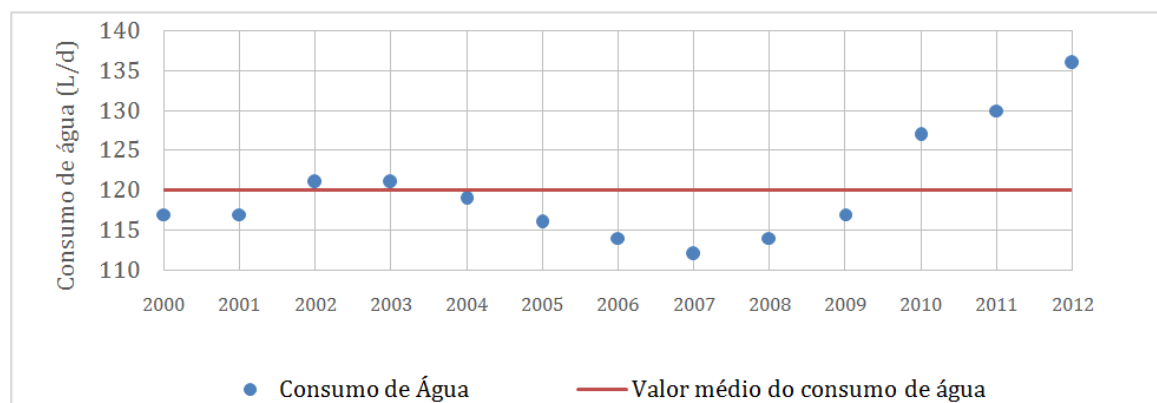
Fonte: elaborado pelos autores (2018).

É possível observar ainda que no período chuvoso as estações possuem maior instabilidade e menor eficiência, esse fato pode ter sido ocasionado pelo carregamento de materiais para as lagoas, como a areia, que podem dificultar a degradação biológica, além da redução da temperatura, embora esse parâmetro não tenha sofrido variações abruptas. A avaliação do desempenho do sistema envolve muitos aspectos e variáveis, podendo sofrer alterações com mudanças na dinâmica operacional. Para o período do estudo, cabe destacar a ocorrência do uso de biorremediadores e a operação de microaeradores superficiais na lagoa anaeróbia para o desprendimento de gases.

3.2 ESTIMATIVAS DO ESGOTO PRODUZIDO

Para preencher a *CPCa* na mensuração da carga, optou-se por utilizar a média dos valores médios mensais micromedidos (faturados), ou seja, registrados pelos hidrômetros, durante os anos de 2000 a 2012, apresentados por Moura (2014), dispostos na Figura 5. A média foi equivalente ao valor de 120,1 L/hab.d. Quando aplicado o coeficiente de retorno de 80%, obteve-se uma produção de esgoto de 96,1 L/hab.d. Multiplicando-se ainda pela população de 249.939 habitantes (IBGE 2010), totaliza-se uma produção de esgoto diária superior a 24m³. A partir dos valores da Figura 5, observa-se uma tendência de aumento do consumo de água, em relação ao valor médio utilizado, representando que a produção de esgoto atual pode ser ainda maior.

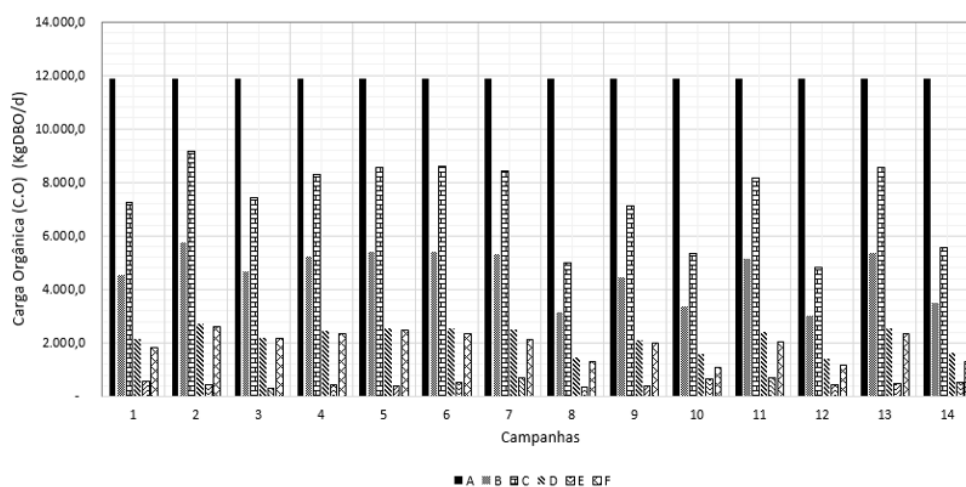
Gráfico 4 - Variação do consumo de água micromedido no município de Juazeiro do Norte



Fonte: adaptado de Moura (2014).

3.3 ESTIMATIVAS DE CARGA ORGÂNICA

Estimou-se a carga orgânica para cada um dos grupos definidos, onde a média e as variações de carga ao longo das campanhas, baseadas nas variações de concentração de DBO, encontra-se na Gráfico 5.

Gráfico 5 - Variação da carga orgânica no período das campanhas

Valores médios de carga orgânica (KgDBO/d) por grupo					
A	B	C	D	E	F
11895,6	4332,4	7563,2	1898,4	469,3	1937,7

Fonte: elaborado pelos autores (2018).

A não universalização do sistema faz com que a carga orgânica do grupo C (C.O. dos imóveis sem acesso à rede coletora de esgoto) seja superior a de B (C.O. dos imóveis com acesso à rede coletora de esgoto), e um caso ainda mais preocupante decorre das ligações inadimplentes (D) que possuem uma carga orgânica superior até mesmo ao que é retido pela ETE (F). Significa dizer que de toda a carga orgânica produzida na cidade, 66% (53% do grupo C e 13% do grupo D) é diretamente disposta no ambiente, tendo como primeiro responsável a população que não é assistida com rede coletora de esgoto, e em segundo os usuários inadimplentes. A ETE mesmo operando em eficiências que variaram de entre 62,33% a 87,08%, no período amostrado, ainda contribuiu com 469,3 kg/d.

Para encontrar o valor da carga orgânica total, considerou-se as fontes de emissão de efluentes e a $DBO_{5,20}$ gerada pelas mesmas, logo ela seria o somatório da carga doméstica, industrial e de infiltração; como a carga de infiltração possui valores desprezíveis ela é considerada nula (VON SPERLING, 2005). Juazeiro do Norte tem se destacado pelo polo industrial, sendo esse um dos fatores de seu desenvolvimento nos últimos anos, a contribuição de lançamento de efluentes pela indústria é um fator crítico, principalmente quando considerados os elevados valores

já encontrados pelas estimativas das frações de efluente doméstico. Todavia essa quantificação não foi contabilizada no estudo, e, portanto, a carga potencial total da cidade é ainda superior aos 11.895,6kgDBO/d.

É observado que se fosse utilizada a carga per capita doméstica sugerida para projetos de 0,054kgDBO/hab.d (VON SPERLING, 2005) e a população (249.939 habitantes), o grupo A teria 13.496,71 KgDBO/d, não tão distante do calculado por este trabalho (11.895,6kgDBO/d) utilizando-se a concentração média do esgoto produzido e a produção teórica de esgoto da população.

A carga orgânica produzida estimada pela população juazeirense (0,047 KgDBO/hab.d) não é superior aos valores identificados em outras ETEs. Martinelli *et al.*, (2002) encontraram para carga orgânica de 7.594 kgDBO/d, um valor per capita de 0,037 kgDBO/hab.d em São José dos Dourados – SP, e 0,026 KgDBO/hab.d para a cidade de Aguapeí/SP com carga total de 15.554 kgDBO/d, sendo suas populações de 206.056 e 587.425 habitantes, respectivamente.

Considerando o somatório das cargas médias das contribuições dos Grupos C, D e E, são lançados no meio ambiente 9.930,9 KgDBO/d, para as estimativas realizadas com os anos base 2014 e 2015. É importante ressaltar que nesse estudo não foi avaliada a eficiência das demais estações de tratamento, que podem favorecer a uma redução desse lançamento.

Em um cenário atual, considerando uma carga de 0,054 Kg/hab.d e a população estimada na plataforma IBGE Cidades, para 2017, seriam gerados 14.600,7 KgDBO/d, como não foram viabilizados os valores atuais de vazão da estação ou a determinação das concentrações de DBO do esgoto, portanto, não foi possível conhecer as demais frações mais recentes. Mas foi possível identificar um aumento de 2.717 de ligações entre 2014 e 2016, através dos dados do perfil básico municipal fornecido pelo IPECE 2015 e 2017, respectivamente, havendo um aumento de ligações ativas de 2.519.

Quando os valores são contrastados com a variação das estimativas de crescimento populacional, verifica-se um aumento de 6.679 habitantes. Ou seja, quando colocadas em termos percentuais do quantitativo da população total, as adesões aos sistemas ainda não possuem boa representatividade, sendo esse um dos principais percalços da universalização, atrelado ao mau uso das unidades já

existentes, o que pode agravar a magnitude dos impactos negativos enunciados decorrentes do lançamento inadequado da carga orgânica.

Os usuários inadimplentes caracterizam o grupo que mais rapidamente poderia amenizar essa fonte de poluição caso se interligassem ao sistema de esgotamento. Contudo, essa ação não tem sido praticada pela população, o que implica na redução da arrecadação pelo prestador de serviço e, portanto, em menos investimentos no setor.

Em Juazeiro do Norte, mesmo as residências com cobertura de rede optam por soluções individuais, como a fossa séptica, mas há predominância de fossas absorvente (sumidouro). Esse último não possui mecanismos de tratamento, apenas ocorre a disposição. Na maioria dos casos as águas cinzas não tratadas, são transportadas para as galerias pluviais, escoando a céu aberto pelas canaletas das vias públicas, presentes nas proximidades das calçadas, principalmente nos bairros que cresceram desordenadamente em consequência da falta de planejamento urbano (MOREIRA *et al.*, 2012).

Santos *et al.* (2013) analisaram a qualidade de águas cinzas dispostas nas canaletas em 21 bairros de Juazeiro do Norte, questionando a problemática do município em estudo, e identificou ovos de *Enterobius vermiculares* e *Ancylostoma duodenales*, causadores da Enterobíase ou Oxiúro e Ancilostomíase, respectivamente.

O Rio Salgado e o Riacho dos Macacos são os principais recursos hídricos que drenam as águas superficiais e estão sendo afetados diretamente pela poluição. O Riacho dos Macacos está localizado próximo a zonas de recargas de poços tubulares, embora atualmente também são pontos de contaminação das águas subterrâneas. Por determinação, com o aplicativo computacional MODPAH, estima-se que o tempo de percolação do manancial superficial ao subterrâneo varia de 15 a 100 dias, mas isto é relativamente reduzido quando se analisa a elevada carga bacteriana, que pode ser agravada com as frações orgânicas (FRANCA, 2006).

Gonçalves *et al.* (2012) avaliaram a autodepuração no Rio Simão após o recebimento de uma carga de 696,65 KgDBO/d correspondente ao lançamento do esgoto doméstico *in natura* de 95% (13.686 habitantes) da população total, o que

configura uma contribuição per capita de 0,051KgDBO/ hab.d. A partir dos resultados gerados pelo modelo de Streeter-Phelps e de verificações *in loco*, os autores constaram que, após o lançamento das águas residuárias, são necessários 18 Km para o início da etapa de recuperação, tal distância é superior ao trecho do rio à jusante do lançamento, logo o mesmo estava em estágio com decomposição ativa, apresentando odor forte, proliferação de insetos, óleos e espumas. Próximo ao exutório do rio, a concentração média do oxigênio dissolvido era inferior a 5 mg/L, o que pôde comprometer a sobrevivência das espécies aeróbias, em especial dos peixes de maior porte. Os valores apresentaram tendência para um meio anóxico.

A modelagem da autodepuração depende de uma série de fatores, principalmente da vazão e da DBO do rio. Em regiões semiáridas como os rios possuem leito normal reduzido, sendo ainda perenes ou intermitentes, havendo uma predominância de baixas vazões na maior parte do ano, agravando a magnitude dos impactos causados pelo lançamento inadequado do esgoto sanitário.

Segundo a Carta Cariri (ARCE, 2013), documento elaborado após reunião conjunta de órgãos das diferentes esferas públicas como o Ministério Público do Ceará, da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Ceará (ARCE), Companhia de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), Autarquia de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), Instituto Trata Brasil, Universidade Federal do Cariri, Instituto Federal do Ceará e outras prefeituras, realizada em dezembro de 2013, águas subterrâneas são a única forma de abastecimento do município de Juazeiro do Norte e estão apresentando contaminação por nitrato e outros poluentes. A carta justifica que isso ocorre devido a infiltração de esgotos domésticos, seja pelas fossas ou por lançamentos a céu aberto, havendo ainda traços de metais pesados, que pode indicar lançamentos industriais irregulares.

O aumento da matéria orgânica está relacionado ao aumento do número de microrganismos, ao consumo do oxigênio dissolvido, e a sua decomposição pode estar relacionada a presença de compostos nitrogenados, interferindo ainda em outros parâmetros como pH, turbidez, alcalinidade e cor (CUNHA; FERREIRA, 2006).

A manutenção, operação e ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário geram onerações ao prestador, as quais, muitas vezes, não são perceptíveis à população. Uma maior transparência das demandas de investimentos para que

sejam minimizados os impactos decorrentes da situação verificada pode auxiliar como ferramenta de controle social, de incentivo à interligação e facilitar a compreensão da taxa percentual de esgoto cobrada.

O conhecimento dos impactos ambientais decorrentes de ligações inadimplentes, estando incluídas as factíveis, também pode ser um aspecto motivador à interligação. Segue no Quadro 3 a demarcação dos impactos ambientais dessas e as suas relações com os meios físico, biótico e socioeconômico. Em observância ao contexto analisado e à evolução do quadro de interligações, as ocorrências são severas e prejudicam consideravelmente a qualidade ambiental, afetando direta ou indiretamente a saúde pública e o equilíbrio dos ecossistemas.

Dentre os impactos que mais se destacaram, estão os riscos de contaminação da água de abastecimento da cidade, que representa 100% do fornecimento através de poços tubulares. Trabalhos que datam desde o ano de 2006 (FRANCA *et al.*, 2006) já sinalizavam a contaminação da água subterrânea por efluentes domésticos, sendo ainda encontrados indícios por Costa *et al.* (2012), Santos *et al.* (2014) e Alves *et al.* (2017), este último trabalho utilizou dados microbiológicos fornecidos pela Cagece e chegou a atingir 48% de desconformidade microbiológica no ano de 2014. Já no manancial superficial, Souza (2014) avaliou o Índice de Qualidade da Água (IQA) do Rio Batateiras com nascente na cidade de Crato até a cachoeira de Missão Velha e sinalizou que os trechos urbanos apontam os IQAs mais baixos, incluindo os do Rio Salgadinho dentro do território juazeirense.

Quadro 3 - Impactos ambientais negativos para os meios físico, biótico e socioeconômico das ligações inadimplentes

		Risco de Contaminação do solo	Risco de Contaminação dos recursos hídricos	Assoreamento do corpo receptor	Eutrofização do corpo receptor	Risco de contaminação de mananciais subterrâneos	Lançamento de esgoto não tratado de forma irregular	Adoção de fossas negras	Queda na eficiência do tratamento	Impacto sobre a biota aquática	Risco de contaminação da fauna edáfica	Impacto sobre a fauna terrestre da vizinhança	Aumento de gastos com saúde	Não geração de empregos no setor de saneamento	Dificuldades de acessibilidade	Problemas no trânsito em períodos chuvosos	Impactos nas despesas com infraestrutura física	Não expansão do Sistema de Esgotamento Sanitário
MEIO FÍSICO	Solo	X				x	x	X	x		x	x						x
	Recursos Hídricos		x	x	x	x	x	X	x		x	x						x
MEIO BIÓTICO	Fauna e Flora	X		x	x	x	x	X	x	x	x	x						x
MEIO SOCIOECONÔMICO	Infraestrutura estética urbana	X	x		x		x		x	x				x	x	x	x	x
	Atividades econômicas	X	x		x	x	x	X	x	x			x	x	x	x	x	x
	Uso ocupação do solo	X	x		x	x	x		x	x					x	x	x	x
	Finanças Públicas	X	x			x	x	X	x	x			x	x	x	x	x	x

Fonte: elaborado pelos autores (2018).

As ações de combate à poluição por lançamento indevido de esgoto na cidade ainda são muito sutis, mesmo o impacto mais imediato sentido sendo na qualidade

da água que abastece a população, a prática aplicada não reflete em mudanças positivas, atribuindo uma situação preocupante para a cidade que está em constante crescimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carga orgânica per capita calculada (0,047 kgDBO/hab.d) foi inferior às faixas típicas citadas pela literatura (0,050 – 0,060 kgDBO/hab.d). Estimou-se que cerca de 63% da carga orgânica total produzida pela população juazeirense é disposta no meio ambiente, seja no solo ou em manancial superficial. Se considerar a participação da carga tratada remanescente da ETE Malvas, esse percentual se eleva para 66%.

A fração da população desassistida pelo sistema de coleta de esgoto contribui majoritariamente na geração de carga orgânica. Não obstante, os usuários inadimplentes que compõe o Grupo D, representaram quase a metade daqueles assistidos pela rede, e que poderiam de forma imediata, amenizar essa fonte de poluição tão nociva. Logo, o problema não está somente na quantidade gerada frente a capacidade de tratamento da ETE estudada, pois as quantidades calculadas são menores e/ou equivalentes aos valores típicos para cidades com população semelhante à de Juazeiro do Norte. A disposição inadequada desse montante de matéria orgânica no ambiente é o fator mais preocupante.

O crescimento populacional tem se mostrado mais representativo que o número de adesões ao sistema, realizadas as comparações em uma perspectiva mais atual entre o número de habitantes acrescido desde 2015 até 2017 e a quantidade de adesões ao sistema para o mesmo período. A não interligação ao sistema incide em déficits de arrecadação pelo prestador de serviço, podendo ser uma barreira para ampliação de investimentos na expansão da oferta de atendimento. Em contrapartida, é necessário que o prestador de serviço seja atuante no controle social e na busca operacional de eficiência das suas unidades, evitando importunos ao usuário e estimulando a responsabilidade de ambas as partes para o desempenho ambiental, diretamente relacionado à saúde pública.

Dos impactos observados, o comprometimento da água subterrânea para a condição do abastecimento humano se destaca como alerta, conforme constatada a presença de contaminantes possivelmente advindos do esgoto doméstico atestado pela literatura.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO CEARÁ - ARCE. **Carta Cariri**. 2014. Disponível em: <http://www.arce.ce.gov.br/index.php/publicacoessaneamento?download=4885%3Acarta-do-cariri-2013>. Acesso em: 30 abr. 2015.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro; LINS, Gustavo Aveiro. Impactos Ambientais. In: TOCCHETTO, Domingos (org.). **Perícia ambiental criminal**. Campinas, SP: Millennium Editora, 2010.

ALVES, William Santana *et al.* Avaliação da qualidade da água do abastecimento público do município de Juazeiro do Norte, CE. **DESAFIOS**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 112-119, maio, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n2p112>. Acesso em: 18 jun. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 15 dez. 2018.

CASTRO, I. M. P. **Composição dos resíduos esgotados por imunizadoras no município de Juazeiro do Norte**: estudo das características físico-químicas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2014.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F.; PAIXÃO, G. C.; PAMTOJA, D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 2, p.171-180, 2012.

CUNHA, C. de L. da N.; FERREIRA, A. P. Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais. **Cadernos de Saúde Pública**, 22(8), p.1715–1725, 2006. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0102-311X2006000800020>. Acesso em: 18 jun. 2018.

FRANCA, R. M. da; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. da C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Eng. sanit. ambient**, 11(1), 92–102. 2006.

FREIRE, L. L. **Panorama dos Sistemas de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana do Cariri/ Ceará**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2017.

GOMES, M. P. Matriz de interação qualitativa de aspectos e impactos ambientais no seguimento de rochas ornamentais: estudo de caso - São Rafael/RN. **Revista da FARN**, Natal, v. 8, n. 1-2, p. 135-159, jan./dez. 2009. Disponível em <http://www.revistaunirn.inf.br/revistaunirn/index.php/revistaunirn/article/view/192/213>. Acesso em: 18 jun. 2018.

GONÇALVES, Julio César de Souza Inácio *et al.* Water quality spatial and temporal evaluation and auto-purification simulation from the São Simão stream watershed, SP. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 141-154, dec. 2012. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/894>. Acesso em: 08 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 30 abr. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Básico Municipal de Juazeiro do Norte**. Governo do Estado do Ceará. Secretaria de Gestão e Planejamento, 2015.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constatino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 8. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017. 916p.

JOUANNEAU, J.; RECOULES, L.; DURAND, M.J.; BOUKABACHE, A. PICOTV.; PRIMAULTY.; LAKEL. A.; SENGELIN, M.; BARILLON, B.; THOUAND, G. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): a review. **Water Research** **49**. 2014. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH058/2014_Jouanneau_metodos_DBO.pdf. Acesso em: 15 dez. 2018.

MARTINELLI, L. A. *et al.* Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo. **Biota Neotrópica**, v. 2, n. 2, p. 1-18, 2002.

MOREIRA, A. Á. C.; SANTOS, D. M. D.; COSTA, C. T. F. D.; TAVARES, P. R. L. Caracterização dos sistemas de disposição local de excretas e esgotos do município de Juazeiro do Norte – CE. **Revista Águas Subterrâneas**. 2012. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27549>. Acesso em: 18 jun. 2018.

MOURA, L. B. de. **Estudo do consumo per capita na cidade de Juazeiro do Norte – Ceará no período de 2000 a 2012**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2014.

SANTOS, Manoel Roberval Pimentel *et al.* Modelagem do transporte de cloreto proveniente de esgoto urbano em um aquífero sedimentar usando MT3D: o caso da bateria de poços de Juazeiro do Norte (CE). Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 283-292, sept. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000698>. Acesso em: 18 jun. 2018

SANTOS, Y. T. C.; GOMES, J. P. M.; ZUZA, A. P. B.; CASTRO, I. M. P. Qualidade sanitária e ambiental das águas cinzas (servidas) lançadas a céu nas vias públicas de Juazeiro do Norte – Ceará. In: ALENCAR, G. S. S.; GUERRA, I. (org.). **Diversidade do saber científico: reflexões sobre ciência, saúde e esporte**. Juazeiro do Norte – CE: IFCE – Campus Juazeiro do Norte, 2013. 353p.

SOUZA, D. N. **Comportamento temporal do iqa (índice de qualidade da água) e sua relação com a precipitação em um trecho dos rios batateiras e Granjeiro – Ceará**. 2014. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais: DESA, 2005.