



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Centro de Tecnologias e Recursos Naturais – CTRN.

Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UAEC.

**GESTÃO DA DEMANDA INDUSTRIAL DE ÁGUA:
COEFICIENTES E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO
(CASO DE ESTUDO: INDÚSTRIA TÊXTIL EM CAMPINA GRANDE – PB)**

ALEX MARTINS SOUSA CARDOSO

Campina Grande –PB

Agosto de 2018.

ALEX MARTINS SOUSA CARDOSO

**GESTÃO DA DEMANDA INDUSTRIAL DE ÁGUA:
COEFICIENTES E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO
(CASO DE ESTUDO: INDÚSTRIA TÊXTIL EM CAMPINA GRANDE – PB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande como
requisito para obtenção do grau de bacharel
Engenheiro Civil.

Área de habilitação: Recursos Hídricos.

Orientadora: Dra. Gledsneli Maria de Lima Lins
Co-orientadora: Zédna Mara de Castro Lucena Vieira

Campina Grande - PB

Agosto de 2018.

ALEX MARTINS SOUSA CARDOSO

**GESTÃO DA DEMANDA INDUSTRIAL DE ÁGUA:
COEFICIENTES E MEDIDAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO
(CASO DE ESTUDO: INDÚSTRIA TÊXTIL EM CAMPINA GRANDE – PB)**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Dra. Gledsneli Maria de Lima Lins
Profa. Efetiva da AERH/UAEC/CTRN/UFCG

Co-orientadora: Dra. Zédna Mara de Castro Lucena Vieira
Doutora em Recursos Naturais – CTRN/UFCG

Membro Interno: Dra. Dayse Luna Barbosa
Profa. Efetiva da AERH/UAEC/CTRN/UFCG

Membro Interno: Francisco de Assis Costa Neto
Mestrando - UAEC/CTRN/UFCG

Membro Externo: José Augusto Souza
Coordenador de Gestão Comercial e Atendimento ao Público – CAGEPA

Campina Grande – PB

Agosto de 2018.

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, pois tudo se tornou possível graças às suas bênçãos e a sua presença sempre guiando o meu caminho e me ajudando a superar os obstáculos nessa caminhada.

Aos meus pais, minha irmã, minha namorada, aos amigos e a todos os familiares que me apoiaram nessa jornada de graduação, sempre com muito afeto, carinho e compreensão.

Dedico também à minha orientadora, Gledsneli Maria de Lima Lins, por sua dedicação nos seus ensinamentos durante a graduação, todo o apoio e atenção e por ter estado sempre prestativa em ajudar na elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua benção e por me dar forças para concluir essa etapa tão importante da minha vida.

Aos meus pais, meu maior tesouro, Maria de Fatima Sousa Cardoso e Jaider Martins Cardoso, pelo amor e dedicação. Agradeço por sempre estarem ao meu lado, por me ensinarem a ser um homem honrado e por tornarem possível a realização de meu sonho.

Agradeço à minha irmã, Suelen Martins de Sousa Froes, pelos seus conselhos, pelo carinho, dedicação e por ter me ajudado tanto a concluir meu objetivo de me tornar engenheiro.

Agradeço à minha namorada, Raquel de Sousa Porto, que esteve presente nos melhores e nos momentos mais difíceis nesses quase oito anos, com muito amor e dedicação e por sempre acreditar no meu sucesso.

À minha professora e orientadora, Gledsneli Lins, por quem guardo um carinho muito especial, principalmente pela sua compreensão, por sua solidariedade enquanto enfrento os problemas de saúde de meu pai, além de toda a dedicação e ensinamentos.

À minha co-orientadora, Zédna Mara de Castro Lucena Vieira, pela fundamental colaboração nas várias etapas desse trabalho.

Agradeço a um amigo em especial, Dean Vilela Dourado, que sempre me aconselhou, sempre acreditou no meu sucesso e me motivou nos momentos de alegria e nos momentos difíceis. Aos prezados amigos que fiz durante a graduação, Hugo Cavalcante, Fernando Estigarribia, Bruno Dourado, Pedro Lucas Dourados, Marcelo Guilherme, Reginaldo Rocha, Flavio Régis, Diego, Sávio José, Mateus Rodrigues e outros que estiveram presentes no decorrer dessa jornada.

RESUMO

A gestão de recursos hídricos tem por finalidade garantir o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, reduzindo os conflitos entre os múltiplos usos do recurso hídrico e proporcionando a sustentabilidade das bacias hidrográficas. Em um cenário de mudanças climáticas, que provocam a ocorrência de eventos extremos (inundações e secas), torna-se cada vez mais importante a adoção de medidas de gestão da demanda de água, de modo a aumentar a eficiência do uso, reduzindo o consumo de água, em todos os setores usuários; essa gestão ganha maior relevância em regiões semiáridas, onde as secas recorrentes conduzem à maior competição entre os múltiplos usos da água. Este estudo, de forma pioneira, foca no consumo de água pelo setor industrial da cidade de Campina Grande - PB e, adotando como caso de estudo a maior indústria têxtil ali instalada, busca validar uma metodologia de determinação de coeficientes de consumo – em função do tipo de indústria e do número de empregados – e analisar os efeitos da aplicação de medidas de gestão da demanda de água. Os resultados indicam que a metodologia adotada é válida – permitindo, quando necessária, a estimativa de consumo de água para indústrias carentes de dados técnicos – e que a adoção de aparelhos poupadores, além do controle de vazamentos em equipamentos hidráulicos, pode levar a uma expressiva redução de consumo de água na indústria têxtil analisada, no tocante às atividades indiretamente ligadas à produção industrial. Como limitações deste estudo, podem ser apontadas a dificuldade de obtenção das informações necessárias e a ausência de dados referentes às atividades diretamente ligadas à produção na indústria analisada. Sugere-se a continuidade da linha de pesquisa, considerando outras empresas do setor têxtil, ou mesmo de outras tipologias, de maneira a permitir o mapeamento do consumo industrial para a cidade de Campina Grande.

Palavras chave: Gestão hídrica, consumo industrial de água, combate ao desperdício, uso consciente.

ABSTRACT

Water resources management aims to ensure the balance between supply and demand of water, reducing conflicts over the multiple water uses, and providing the watershed sustainability. In a scenario of climate change, which causes the occurrence of extreme events (like floods and droughts), it becomes increasingly important the adoption of water demand management measures in order to augment water use efficiency, reducing water consumption in all user sectors; such management gains greater relevance in semiarid regions, where the recurring droughts lead to greater water uses competition. This study, in a pioneer manner, focuses on water consumption by the industrial sector of the city of Campina Grande – PB and, adopting the largest textile industry there installed as case of study, seeks to validate a methodology for determining water consumption coefficients – based on the type of industry and number of employees – and analyses the effects of applying water demand management measures. The results indicate that the methodology is valid – allowing, when required, the estimation of water consumption to industries in need of technical data – and that the adoption of sparing devices, allied to hydraulic equipment water leaks control, can lead to a significant reduction of water consumption in the analyzed textile industry, regarding to those activities indirectly linked to the industrial production. As this study limitations one can points to the difficulty in obtaining the necessary information and the absence of data relating to activities directly linked to the production in the analyzed industry. It is suggested the continuity of this research line, considering other companies in the textile sector, or even of other typologies, to allow the mapping of industrial water consumption to the city of Campina Grande.

Keywords: Water management, industrial water consumption, water wasting combat, conscious water use.

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CAGEPA	Companhia de Água e esgoto do Estado da Paraíba
CNI	Cadastro Nacional das Indústrias
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
FIEPB	Federação das Indústrias do Estado da Paraíba
GFN	Global Footprint Network
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PCRA	Programa de Conservação e Reuso da Água
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SABESP	Companhia de Saneamento Básico de São Paulo
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma de gerenciamento de água na indústria	9
Figura 2 Evolução das vazões de retirada para uso na indústria	12
Figura 3 Distribuição percentual de recursos hídricos, superfície e população do Brasil.....	13
Figura 4 Utilização da água no setor industrial.	14
Figura 5 Vazões de consumo e retorno em relação à vazão de retirada, por tipo de indústria	16
Figura 6 Localização da Cidade de Campina Grande-PB	19
Figura 7 Consumo de água e PIB industrial para cidades do semiárido nordestino	23
Figura 8 Percentual de consumo das atividades da indústria	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Estudos nacionais e internacionais para a estimativa de demanda para o setor industrial	11
Quadro 2 Principais usos da água pela indústria	15
Quadro 3 Processos que utilizam água na indústria têxtil	17
Quadro 4 Reflexo de práticas ambientais no meio ambiente e na empresa	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Número de empresas e atividade industrial nas cidades comparadas.....	22
Tabela 2 Matriz de coeficientes técnicos de uso da água para o setor têxtil	24
Tabela 3 Vazões mensais de consumo da indústria analisada.....	25
Tabela 4 Usos da água na indústria analisada, ligados indiretamente à produção	26
Tabela 5 Uso da água, por equipamentos poupadores, ligada indiretamente à produção.....	28
Tabela 6 Estimativa de desperdício de vazão sanitária e para o refeitório	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 JUSTIFICATIVA.....	6
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 Objetivo Geral	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Gestão da Demanda de Água para o Setor Industrial.....	8
2.2 Estimativa da Demanda de Água para o Setor Industrial.....	10
2.3 A Demanda de Água da Indústria Brasileira.....	11
2.4 Diferentes Formas de Uso da Água em Setores Industriais	14
2.5 Gestão de Recursos Hídricos Para a Indústria Têxtil	17
3 ESTUDO DE CASO	19
3.1 Campina Grande.....	19
3.2 Características da Indústria Analisada	20
4 DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	21
4.1 Etapas Metodológicas.....	21
4.2 Comparação da Demanda de Água entre Parques Industriais.....	22
4.3 Comparação dos Coeficientes de Consumo para a Indústria Têxtil.....	23
4.4 Análise do Uso e das Perdas Hídricas na Indústria Estudada	26
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
5.1 Comparação da Demanda de Água entre Parques Industriais.....	29
5.2 Comparação dos Coeficientes de Consumo para a Indústria Têxtil.....	29
5.3 Análise do Uso e das Perdas Hídricas na Indústria Analisada	30
6 CONCLUSÕES	31
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A água é recurso natural essencial à existência e manutenção da vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento econômico. Sua distribuição na superfície da terra não é igualitária e, devido a isso, existem regiões no mundo em que a escassez desse recurso é um fato inevitável, MMA (2006).

Este é o caso da região Nordeste do Brasil, em que 1.262 municípios encontram-se inseridos na região do semiárido, e onde o aumento da demanda de água – provocada principalmente pelo crescimento da população e sua consequente pressão sobre o abastecimento humano de água e a produção de alimentos –, aliado à ocorrência de secas periódicas, torna cada vez mais severa a escassez hídrica, SUDENE^a (2017). Além disso, há um problema que agrava ainda mais o quadro, que é o mau uso dos recursos hídricos, envolvendo desperdício e contaminação da água em áreas de contribuições das bacias hidrográficas.

A água é sem dúvida um dos principais recursos que possibilitam o funcionamento adequado dos setores da sociedade, seja para o consumo humano, para cultivo ou fazendo parte de algum processo produtivo. Sendo assim, informações sobre consumo de água fornecem um parâmetro de análise de como esse recurso vem sendo explorado por cada setor, inclusive o setor industrial no Brasil e no mundo.

De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – WWDR4 (ONU, 2014), o consumo de água para o setor industrial corresponde a 20% do consumo total de água doce, em escala global, embora, em muitos países, esse percentual seja superior, a depender do nível de industrialização. No Brasil, segundo estudos do relatório pleno de Conjuntura dos Recursos Hídricos, ANA^a (2017), esse percentual corresponde a 9,2% do total retirado, com a região Sudeste sendo a responsável pela maior parcela, sendo as regiões Sudeste, Sul e Nordeste responsáveis por 85% da demanda de água do setor industrial brasileiro.

Para (GFN, 2012), sustentabilidade é a relação entre a taxa de produção e a quantidade de recursos naturais utilizada, atentando-se que, para que se tenha uma ação sustentável é necessária uma utilização racional dos recursos naturais pela sociedade tendo em vista o poder de recomposição da natureza.

Segundo (Setti, 2001), a gestão de recursos hídricos tem por finalidade equacionar e solucionar a situação de escassez e promover o uso adequado da água de modo a proporcionar benefícios a seus usuários. Para isso é necessário o uso de práticas de planejamento e

administração, considerando o balanço hídrico (disponibilidade/demanda) como medida de controle para o seu potencial de uso.

A gestão de recursos hídricos oferece ferramentas para encarar os desafios regionais, sejam eles físicos, ambientais, socioculturais ou político-institucionais, e garantir a segurança hídrica para o setor. Em um cenário de mudanças climáticas, que provocam a ocorrência de eventos extremos (inundações e secas), torna-se cada vez mais importante a adoção de medidas de gestão da demanda industrial de água, de modo a aumentar a eficiência do uso, reduzindo o consumo de água (ANA^a, 2017). Essa gestão ganha maior relevância em regiões semiáridas, onde as secas recorrentes conduzem à maior competição entre os múltiplos usos da água.

É nesse contexto que este trabalho se desenvolve, buscando analisar os ganhos no uso eficiente da água, em decorrência da adoção de medidas de gestão da demanda, em um ramo industrial de uso intensivo de água, considerando, como caso de estudo, uma indústria têxtil, de grande porte, instalada na cidade de Campina Grande - PB.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cidade de Campina Grande, situada no semiárido nordestino brasileiro, tem sido palco de crises hídricas recorrentes – as duas últimas tendo ocorrido nos períodos de 1998-2003 e 2012-2017 –, submetendo a população a severos racionamentos de água e causando prejuízos às atividades econômicas, entre as quais a atividade industrial. Tal conjunção de fatores torna importante e necessária a avaliação dos efeitos da adoção de medidas de gestão da demanda de água para o setor industrial campinense, ainda mais quando se sabe que esse tipo de análise nunca foi aplicado à cidade de Campina Grande.

No entanto, para a realidade brasileira e, em especial a realidade paraibana, há dificuldade em se obter dados das medições de vazões de plantas industriais, devido à indisponibilidade de dados de vazões medidas e vazões outorgadas, e dados para consolidação das estimativas da demanda hídrica. Estudo realizado pela ANA^b, (2017), buscando superar essa dificuldade, implica na aplicação de métodos indiretos para o cálculo da estimativa dessas vazões para o setor industrial, através da determinação de coeficientes técnicos, de forma a complementar e validar bases cadastrais e de outorga.

Desta maneira, a aplicação dessa metodologia a uma indústria de grande porte, cujas características – produção, número de empregados, consumo e utilização da água – sejam conhecidas, além de permitir a validação do método de estimativa de consumo, garante a confiabilidade dos coeficientes determinados para aplicação a indústrias cujas características

não sejam totalmente conhecidas, ampliando, desta forma, a possibilidade de serem analisados os efeitos da adoção de medidas de gestão da demanda de água para essas indústrias.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a metodologia de cálculo dos coeficientes de consumo de água na indústria (ANA^b, 2017), aplicando-a para uma indústria têxtil e os efeitos da adoção de medidas de gestão de demanda de água.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os usos da água na indústria analisada e o seu consumo real;
- Verificar a modificação de coeficientes calculados, em função da adoção de medidas de gestão da demanda de água na indústria analisada;
- Estimar os ganhos de eficiência que poderiam ser obtidos a partir das medidas de gestão da demanda de água sugeridas para a indústria analisada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão da Demanda de Água para o Setor Industrial

A gestão de recursos hídricos é de fundamental importância na gestão ambiental de qualquer indústria, principalmente daquelas que utilizam a água na sua fase de produção (Araujo, 2017). O objetivo dessa política é diminuir a demanda de água – criando gestões adequadas para cada subsetor, controlando o desperdício operacional e a modernização dos processos – e, conseqüentemente, possibilitar que os recursos naturais, especificamente a água, possam ser protegidos e preservados (SILVA, 2011).

As gestões buscam mitigar, através de leis específicas, os impactos da industrialização sobre os recursos hídricos, frente à constância da participação das indústrias na demanda total de água nos dias atuais. Em geral, nas indústrias brasileiras, as medidas aplicadas de gestão de recursos hídricos se concentram na prática do reuso de água, diminuindo a demanda proveniente do abastecimento público e os impactos causados pelo lançamento dos efluentes nos corpos hídricos receptores (Mierwza, 2002).

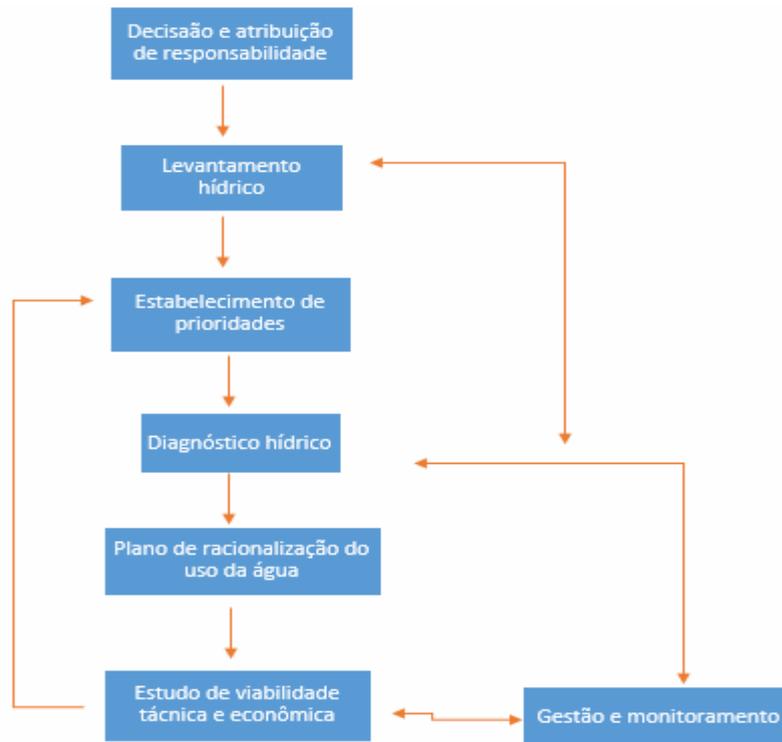
Mierwza e Hespanhol (2005, p38) abordam o tema da seguinte maneira:

“A demanda de água, ou seja, o consumo e a quantidade de água requerida pelas diversas atividades industriais no segmento industrial são sempre influenciados por fatores ligados ao par, produtividade x oferta”. Fatores esses ligados diretamente ao ramo de atividade da indústria, capacidade de produção, disponibilidade, “[...] método de produção, idade da instalação, práticas operacionais, cultura da empresa, e comunidade local e condições climáticas da região” (MIERWZA e HESPANHOL 2005, p.38).

Nos dias atuais, é a tecnologia adotada na produção que proporciona maior aproveitamento da água, bem como menores desgastes, vazamentos e, conseqüentemente, menor volume de água desperdiçado. Conhecer a distribuição do consumo de água, por atividade, de um setor industrial é de fundamental importância para que haja uma gestão dos recursos hídricos, pois possibilita desenvolver estratégias adequadas para o uso eficiente desses recursos, de modo a minimizar a degradação dos mesmos.

Para o uso racional da água dentro das indústrias, fruto de uma boa gerência, as tarefas podem ser desempenhadas seguindo o cronograma: decisão e atribuição de responsabilidades; levantamento hídrico, estabelecimento de prioridades, diagnóstico hídrico, plano de racionalização do uso da água, estudo de viabilidade técnica e econômica, e gestão e monitoramento (figura 1). (MARTINS et al., 2006).

Figura 1 Fluxograma de gerenciamento de água na indústria



Fonte: Martins et al. (2006).

- **Levantamento hídrico:** Consiste no levantamento de todos os dados referentes ao sistema hídrico da empresa através de plantas de instalações ou checagem de campo, passível de setorização visando a complexidade das instalações, para que se tenha uma avaliação do uso e do custo da água na indústria.
- **Diagnóstico hídrico:** Interpretação dos dados coletados e localização dos principais pontos consumidores e de desperdício de água dentro da indústria provocados por desatenções ou falha humana, assim como a análise dos efluentes quanto a qualidade e a possibilidade de reutilização em determinado processo conforme sua característica.
- **Plano de racionalização do uso da água:** Medidas tomadas visando a economia, evitando o desperdício e promovendo o reuso da água de duas formas: O reuso em cascata que é o reuso da água de um setor diretamente para o outro e o reuso pós tratamento em que pode ser feito uma correção do pH da água antes de ser reutilizada.
- **Estudo da viabilidade técnica:** A utilização de equipamentos que utilizam menos água ou até mesmo o processo de reutilização da água dentro da indústria, podem gerar um custo elevado que, por vezes pode inviabilizar a sua implantação. Para um bom

planejamento de implantação do projeto de reuso, faz-se necessário o estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Uma das ações que contribuem para uma boa gestão de recursos hídricos dentro da unidade industrial é o Programa de Conservação e Reuso da Água – PCRA. O PCRA é composto por um conjunto de ações específicas de racionalização do uso de água dentro das indústrias, detalhadas a partir de uma análise de demanda e oferta, em função dos usuários e atividades consumidoras, considerando a viabilidade econômica e técnica da sua aplicação (SILVA, 2011). Para se obter todos os benefícios do programa, é necessária uma análise sistêmica das atividades onde a água é empregada e naquelas onde há geração de efluentes. Como esperado, a implantação do PCRA gera benefícios econômicos que permitem aumentar a eficiência produtiva, além de consequências diretas, como a redução do consumo de água e volume gerado de efluentes, e consequências indiretas, como a redução do consumo de energia, de produtos químicos, a otimização de processos e redução de despesas com manutenção. De acordo com o Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil, (FIEMG, 2014), a água de reutilização é cerca de 75% mais barata que a água potável.

2.2 Estimativa da Demanda de Água para o Setor Industrial

Para uma estimativa da demanda industrial de água, em base municipal, foi utilizado, no Brasil, um coeficiente técnico único de 3.500 litros/empregado.dia, com a aplicação de fatores de correção, de acordo com a unidade federativa em que se localizava o pátio industrial (ANA, 2003) ou ainda o porte do município (ANA, 2012), presente no quadro 1. Para as estimativas de usos consuntivos do Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), foram adotados coeficientes únicos de consumo (20%), com base em referências bibliográficas.

Em uma investigação mais recente, (ANA^b, 2017), foram utilizados dados da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS e do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH. Com base no número de empregados, foram adotadas as novas tipologias industriais agrupadas na hierarquia de Divisão da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0), propondo 24 tipologias industriais para coeficientes de retirada e de consumo, onde são enfatizadas as atividades mais hidroativas. Além disso, são consideradas, nessa nova matriz, relações entre vazões retiradas e de consumo do processo de produção (MMA, 2011). O quadro 1 apresenta um compilado dos métodos para a estimativa da demanda hídrica do setor industrial, desenvolvidos no Brasil e nos Estados Unidos da América, identificando os fatores limitantes de sua aplicação.

Quadro 1 Estudos nacionais e internacionais para a estimativa de demanda para o setor industrial

Referência	Local	Variáveis	Limitações para a aplicação em escala nacional
IWR, 1987	EUA	Número de empregados, produtividade média, nível de emprego e outras variáveis por tipologia industrial.	Coefficientes refletem a realidade do setor industrial norte-americano. Disponibilidade de dados do setor industrial restrita para o Brasil.
IDWR, 2001	Idaho, EUA	Número de empregados, matriz para 13 tipologias industriais.	Coefficientes refletem a realidade para o setor norte-americano.
Gleick et al., 2003	Califórnia, EUA	Número de empregados por tipologia industrial.	Coefficientes refletem a realidade para o setor norte-americano.
ONS, 2003	Brasil	Valor da produção industrial municipal, matriz para 22 tipologias industriais.	Conversão de unidades monetárias, flutuação cambial e aderência US\$ versus demanda hídrica.
ANA, 2003	Brasil	Número de empregados (coeficiente médio).	Coefficiente técnico ajustado de acordo com a unidade federativa.
Shaffer & Runkle, 2007; Shaffer, 2009a; Shaffer, 2009b (USGS)	Ohio, Indiana, Wisconsin e bacia dos Grandes Lagos (EUA)	Vazões medidas a partir de monitoramento das captações e estimativa indireta.	Ampla base cadastral de vazões do setor industrial. Estimativas indiretas das vazões consumidas por tipologia industrial.
Maupin et al., 2014 (USGS)	EUA	Vazões medidas e informadas pelos usuários e estimativa indireta a partir do número de empregados por tipologia.	Coefficientes refletem a realidade do setor industrial norte-americano.
MMA, 2011	Brasil	Volume produzido, elaborado em conjunto com o setor industrial por tipologia industrial (divisões, grupos e classes).	Ausência de dados de produção industrial em escala regional e municipal, matriz não contempla todas as divisões CNAE, limitações de levantamentos censitários e compatibilidade de unidades de produção.
ANA, 2012	Bacia Amazônica (margem direita, Brasil)	Número de empregados (coeficiente médio)	Coefficiente técnico ajustado de acordo com o número de habitantes do município.
ANA, 2017	Brasil	Número de empregados por tipologia industrial (24 tipologias)	Matriz agrupada para o nível hierárquico Divisão (CNAE 2.0)

Fonte: ANA^b (2017).

2.3 A Demanda de Água da Indústria Brasileira

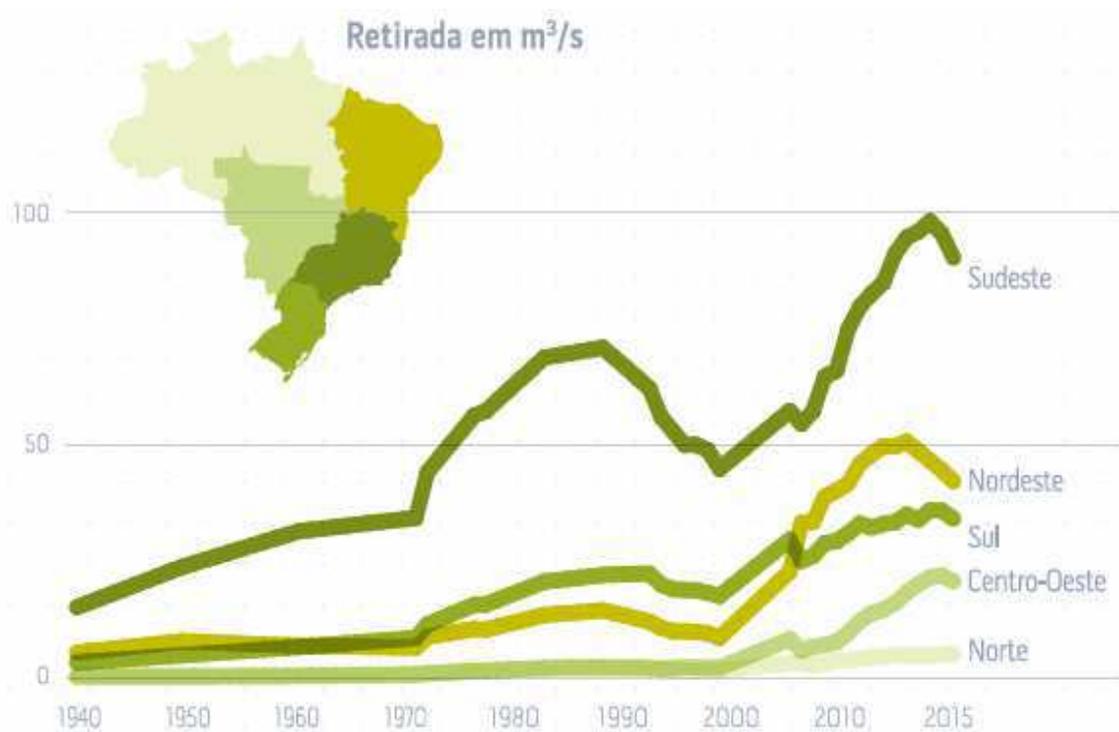
O Brasil é um dos países mais industrializados do mundo. Em 2015, o setor industrial foi responsável pela geração de R\$ 1,3 trilhões em divisas, correspondendo a 22,7% do PIB;

empregou mais de 10 milhões de trabalhadores, em 512.436 indústrias; e contribuiu com cerca de 40% das exportações realizadas (CNI, 2017).

A maior concentração e diversificação das indústrias está na região Sudeste – nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais –, seguida pela região Sul, segunda mais industrializada e com foco para a agroindústria. Os setores industriais mais expressivos são: Alimentos e bebidas (21%), Derivados do petróleo e biocombustíveis (11%), Químicos (10%), Veículos automotores (9%) e Metalurgia (6%), (CNI, 2017).

No que se refere à utilização de água no processo produtivo, existem diversas funções como, por exemplo: matéria prima e reagentes, solventes de substâncias sólidas, líquidas e gasosas, lavagem e retenção de materiais contidos em misturas, veículo de suspensão, operações envolvendo transmissão de calor, entre outras, (Hespanhol e Gonçalves, 2004). Segundo Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA^a, 2017), a indústria é responsável por 9,2% da vazão de água retirada de todo o país (192,4 metros cúbicos por segundo), ocupando o terceiro lugar em consumo; à frente estão a agropecuária, com 54,1 %, e o abastecimento urbano, com 23,3%. A Figura 2 apresenta a evolução das vazões retiradas para uso na indústria, por região do Brasil.

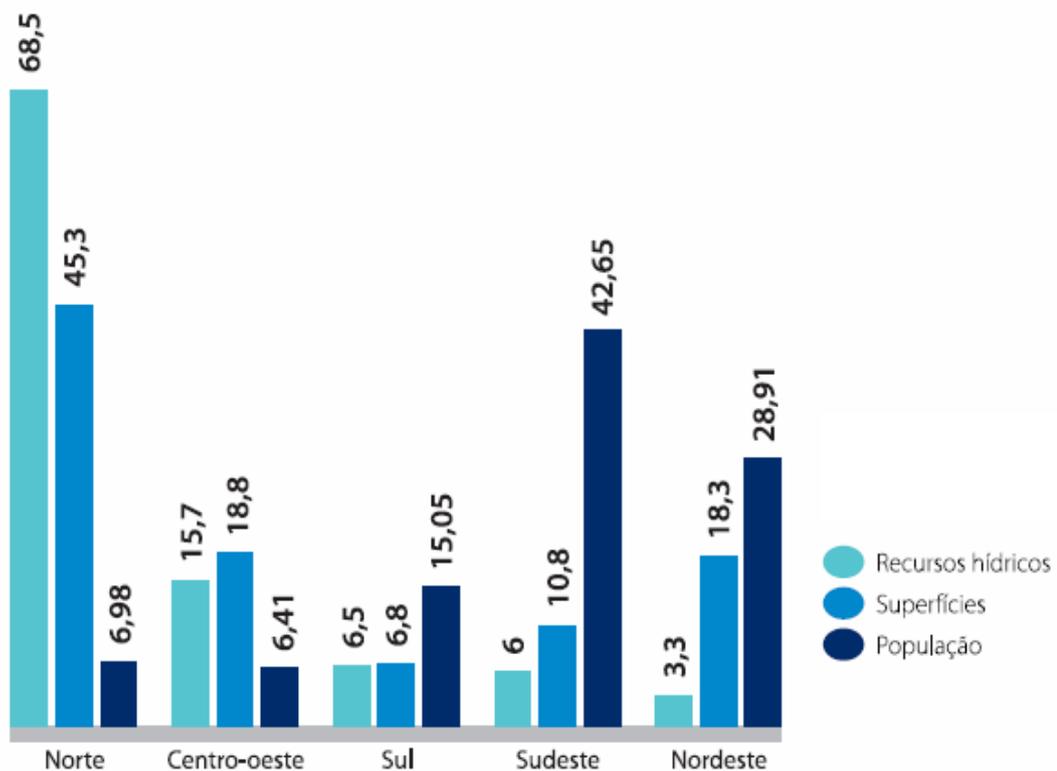
Figura 2 Evolução das vazões de retirada para uso na indústria



Fonte: ANA^a (2017).

A Figura 3 mostra a distribuição dos recursos hídricos, a superfície e a população, por região brasileira, notando-se que a região Nordeste, embora apresente a segunda maior população, tem a menor disponibilidade hídrica. Assim, apesar de o Brasil possuir 13% da água doce disponível de todo o planeta, sua distribuição é desigual, sendo 81% concentrados na região Hidrográfica Amazônica, onde o contingente populacional é bem menor (cerca de 5% da população brasileira), enquanto nas regiões Hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, onde se concentram 45,5% da população e a maior parte das indústrias do país, a disponibilidade de recursos hídricos é de apenas 2,7% (ANA, 2014).

Figura 3 Distribuição percentual de recursos hídricos, superfície e população do Brasil



Fonte: MMA (2005).

Uma das principais preocupações do setor industrial está na eficiência do uso d'água, capaz de gerar estratégias competitivas das empresas nacionais, especialmente para aquelas que têm a água como um dos principais insumos. A preocupação com o uso d'água está disseminada nas cadeias de suprimento, no caso de indústrias localizadas em zonas de escassez hídrica, e essa preocupação vem se irradiando para o conjunto da indústria brasileira (CNI, 2012).

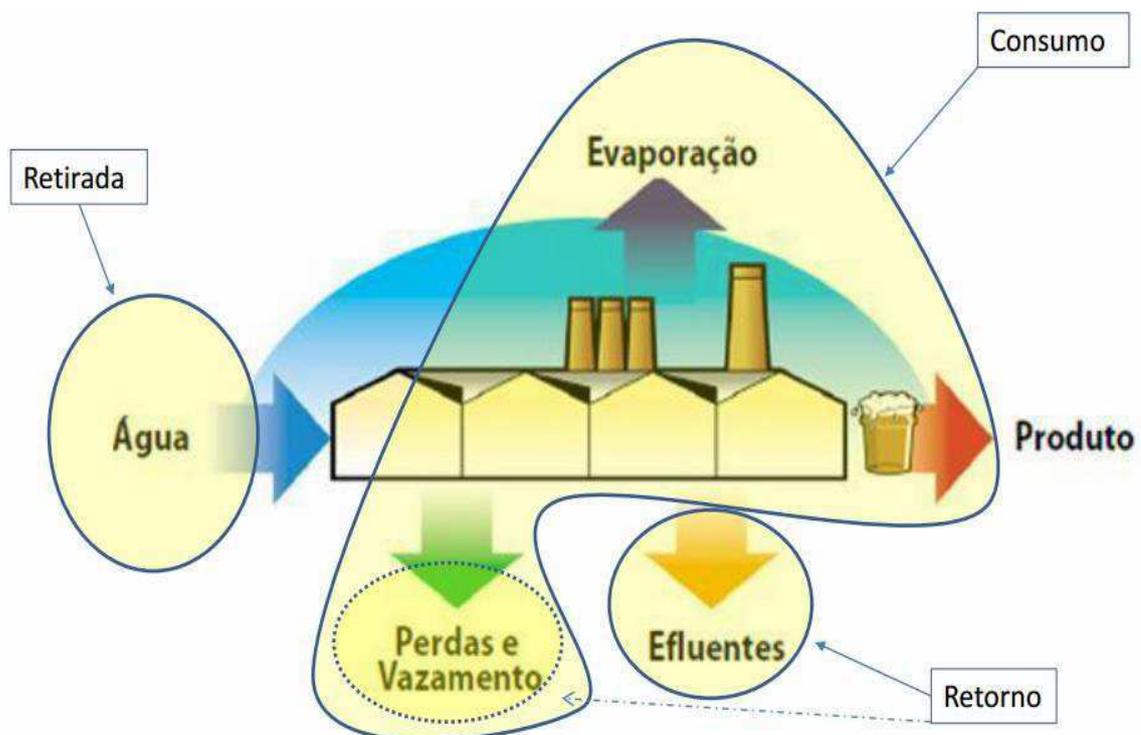
2.4 Diferentes Formas de Uso da Água em Setores Industriais

A demanda de água na indústria reflete o tipo de produto ou serviço que está sendo produzido e os processos industriais associados. A intensidade do uso da água depende de vários fatores, dentre eles o tipo de processo e de produtos, tecnologias empregadas, boas práticas e maturidade de gestão (ANA^a, 2017).

Segundo Mierwza e Hespanhol (2005), o maior consumo de água pelas indústrias deve-se ao processo de resfriamento dos equipamentos, representando uma parcela de cerca de 70% do volume total consumido pela indústria. Por meio do conhecimento dos fatores relacionados à distribuição do consumo de água por atividade industrial, se obtém o suporte para a tomada de decisões referentes à implantação de racionamento com eficiência e ao direcionamento da demanda adequada para cada tipo de segmento industrial, evitando o desperdício.

O que se vem observando é que, à medida que as legislações ambientais se tornam cada vez mais restritivas e ocorre o surgimento de novas tecnologias de uso mais eficiente da água, as indústrias tendem a consumir cada vez menos esse recurso. A Figura 4 ilustra, para o setor industrial, o procedimento genérico da utilização da água e o retorno desta para o meio ambiente.

Figura 4 Utilização da água no setor industrial.



Fonte: ANA (2014)

A Tabela 2, a seguir, apresenta as características dos principais usos industriais da água.

Quadro 2 Principais usos da água pela indústria

Consumo humano	Água utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança (lava-olhos, por exemplo) ou qualquer atividade doméstica com contato humano direto
Matéria-prima	Como matéria-prima, a água será incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de cervejas e refrigerantes, de produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, de cosméticos, de alimentos e conservas e de fármacos, o hidrogênio por meio da eletrólise da água
Uso para a geração de energia	Para esse tipo de aplicação, a água pode ser utilizada por meio da transformação da energia cinética, potencial ou térmica acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica
Uso como fluido auxiliar	Utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para operações de lavagem
Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento	Utilizada como fluido de transporte de calor para remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor, ou então, devido às condições de operação estabelecidas, pois a elevação de temperatura pode comprometer o desempenho do sistema, bem como danificar algum equipamento
Outros usos	Utilização da água para combate a incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa

Fonte: Adaptado de Hespanhol e Gonçalves (2004).

A qualidade da água utilizada nos processos é também um fator de grande importância. Nemerow e Dasgupta (1991) classificam os requisitos de qualidade para a água, de acordo com o tipo de atividade desempenhada. No setor têxtil, são exigidas, na produção, boas especificações de qualidade (em relação a outros ramos da indústria de transformação), como turbidez, dureza, sólidos suspensos, etc.

Em relação à quantidade de água, a Figura 5 apresenta os dados de vazões (retiradas, consumidas e retornadas ao sistema hídrico), para os setores mais expressivos da indústria nacional, de acordo com a ANA^b (2017).

Figura 5 Vazões de consumo e retorno em relação à vazão de retirada, por tipo de indústria



Fonte: ANA^b (2017).

2.5 Gestão de Recursos Hídricos Para a Indústria Têxtil

Na indústria têxtil a água tem participação em quase todas as fases do processo, como mostrado no quadro 3, e por isso faz-se necessário o balanço hídrico para acompanhamento e controle do uso (Araujo, 2017).

Quadro 3 Processos que utilizam água na indústria têxtil

Processo Produtivo da Indústria Têxtil	
Engomagem	Repelência água/óleo
Tecimento (tecido)	Acabamento antirruga
Chamuscagem	Encorpamento
Desengomagem (tecidos planos)	Acabamento anti-chama
Purga/limpeza	Gerador de vapor
Alvejamento	Compressores de ar
Efeito “seda”	Sistema de climatização
Tingimento	Cozinha de cores ou química
Estamparia	Estação de tratamento de água – ETA
Compactação e sanforização	Sist. Tratamento de águas residuais
Felpagem	Armazenamento de produtos perigosos
Amaciamento	Atividades administrativas

Fonte: Bastian (2009).

O setor industrial têxtil do Brasil conta com 31.900 indústrias, emprega 1,6 milhão de pessoas e produz cerca de 2,2 milhões de toneladas por ano (IEMI, 2014).

De acordo com Araujo (2017), o processo produtivo da indústria têxtil é amplo e composto basicamente por quatro etapas inter-relacionadas. 1) fiação: produção de fios ou filamentos que serão preparados para a etapa de tecelagem; 2) tecelagem: fabricação de tecidos planos ou tecidos de malha (malharia) e de tecnologia de não-tecidos; 3) acabamento: operações que conferem ao produto conforto, durabilidade e propriedades específicas; 4) confecção: desenho, confecção de moldes, gradeamento, encaixe, corte e costura.

Boas práticas na utilização da água pela indústria, resulta em benefícios ambientais e financeiros devido à redução na utilização de produtos químicos, Araujo (2017). As operações de limpeza, tingimento e acabamento resultam em uma grande quantidade de despejos e um

dos maiores desafios da indústria têxtil internacional está na recirculação da água no setor produtivo e reutilização desses efluentes, Braile e Cavalcante (1993).

Segundo Rosa e Lunkes (2012), a melhoria ambiental, dentro da indústria têxtil, pode ser obtida por um conjunto de ações que refletem direta e indiretamente no meio ambiente da empresa, como por exemplo: a substituição de insumos e equipamentos, venda de resíduos, redução de água e energia etc. O quadro 4 mostram o reflexo das medidas adotadas na indústria têxtil.

Quadro 4 Reflexo de práticas ambientais no meio ambiente e na empresa

Ações	Efeitos no Meio Ambiente	Reflexos na empresa
Substituição de insumos.	Redução ou eliminação de danos.	Redução de custos, multas e indenizações, melhora da imagem. Aumento de eficiência e produtividade.
Subst. de equipamentos.	Minimização ou eliminação de danos.	Redução de consumo de energia, água, manutenção, multas e indenizações. Aumento de eficiência e produtividade. Melhora da imagem.
Vendas de resíduos, Reciclados.	Redução no consumo de recursos naturais e de resíduos.	Ampliação da receita, redução de multas e indenizações, melhora da imagem.
Gestão de consumo de água e energia.	Redução de consumo de recursos naturais.	Redução de custos.
Reaproveitamento de materiais, insumos, água e energia	Redução de consumo de recursos naturais, de resíduos, e de impactos negativos	Redução de custos, melhora na imagem, aumento de eficiência e produtividade.

Fonte: Adaptado de Rosa (2011).

3 ESTUDO DE CASO

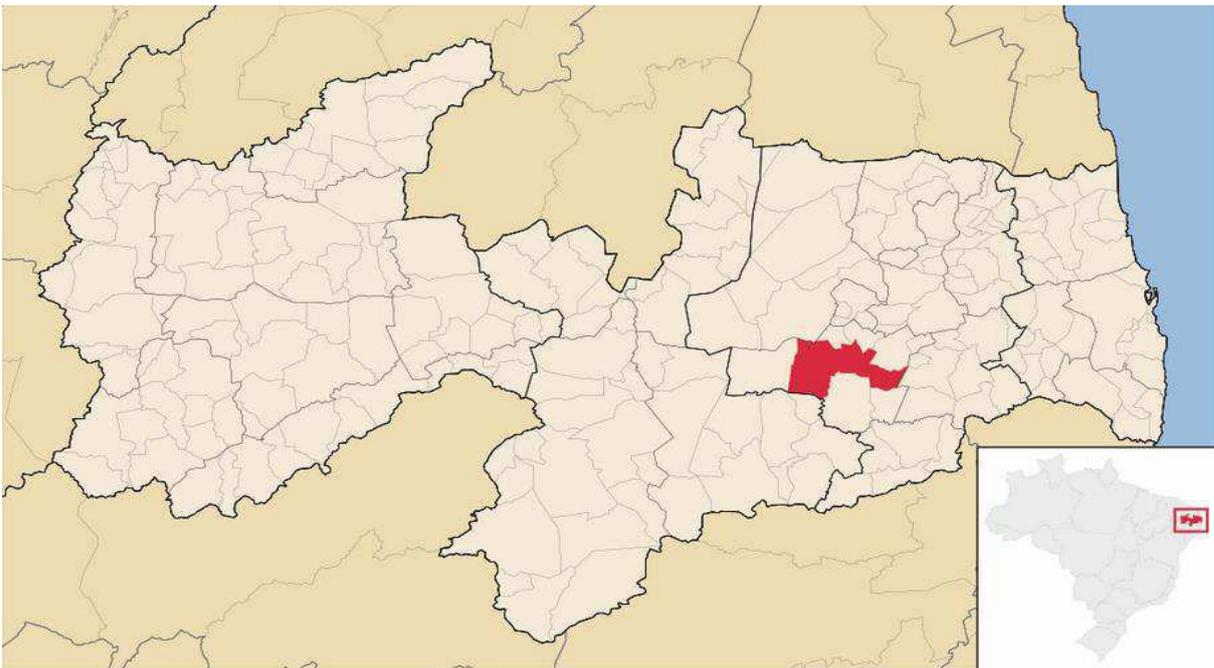
O caso de estudo deste trabalho é o setor têxtil da cidade de Campina Grande – PB, considerando a indústria de maior porte ali instalada.

3.1 Campina Grande

A cidade de Campina Grande é a segunda maior cidade do Estado da Paraíba e considerada um dos principais polos educacionais, industriais do Nordeste brasileiro, além de principal polo tecnológico da América Latina, segundo a revista americana Newsweek (2001).

O município situa-se no Agreste paraibano, entre a Zona da Mata e o Sertão (Figura 6), a uma altitude de 500 metros acima do nível do mar, e está incluído na área geográfica de abrangência do clima semiárido brasileiro, (SUDENE, 2017). Possui uma área de 593,026 km² e, de acordo com estimativas do (IBGE, 2017), uma população de 410.332 habitantes.

Figura 6 Localização da Cidade de Campina Grande-PB



Fonte: Google Earth (2006)

Campina Grande possui o segundo maior PIB do Estado, com um PIB per capita de R\$19.696,95 (IBGE, 2017), além de apresentar cerca de 80% de domicílios com esgotamento sanitário adequado. As principais atividades econômicas do município são as de extração

mineral, beneficiamento e desenvolvimento de softwares para exportação, comércio varejista, culturas agrícolas, pecuária, indústrias de transformação, atacadista e serviços.

De acordo com o Cadastro Industrial da Paraíba (FIEP, 2018), a cidade conta com um parque industrial diversificado, reunindo indústrias têxteis, de móveis, de artefatos de material plástico para uso na construção civil, de produtos alimentícios, de aguardentes e de bebidas destiladas, de calçados (de couro e de material sintético), entre outras. O setor industrial do município tem a segunda maior participação no PIB do Estado, no total de R\$1.590.602,31 (x1000) (IBGE, 2015). Ocupa o segundo lugar em número de empresas atuantes no Estado, com um total de 8299, (IBGE, 2015). De acordo com dados do perfil sócio econômico do município (FIEP, 2005), o município já apresentava cerca de 95 estabelecimentos industriais de couro, peles, calçados e artigos de couro; 56 estabelecimentos industriais de tecidos, e confecções; além de um polo tecnológico em várias áreas de conhecimento nas áreas de informática e ciências da computação contando com 12 indústrias de tecnologia (FIEP, 2005). O município conta com 17 indústrias atuantes no ramo têxtil, sendo classificada como de grande porte apenas a indústria analisada, segundo o Cadastro Industrial da Paraíba (FIEP, 2018).

3.2 Características da Indústria Analisada

O caso de estudo ficou restrito a uma indústria de grande porte do ramo têxtil, localizada na zona sudoeste da cidade de Campina Grande. A Companhia de Tecidos Norte de Minas - COTEMINAS é uma indústria têxtil verticalmente integrada, produtora de fios, tecidos, produtos têxteis de cama, mesa e banho, uniformes profissionais, brins e jeans que atendem o mercado nacional e internacional. De acordo com informações obtidas do website da empresa, a COTEMINAS é responsável por cerca de 20% do consumo nacional de algodão e conta com 15 fábricas em todo o Brasil, 5 nos EUA, uma na Argentina e uma no México, contando com mais de 15 mil colaboradores, tendo como controladoras diretas da sociedade as Companhias SPRINGS GLOBAL e SANTANENSE.

Segundo Silva (2018), em Campina Grande, a indústria iniciou suas atividades em 1985 e conta atualmente com uma área de instalação de 700 mil metros quadrados, com aproximadamente 300 mil metros quadrados de área construída. Emprega 1.430 funcionários, distribuídos em três turnos de trabalho – de 06:00 às 14:00; de 14:00 às 22:00 e de 22:00 as 06:00 – e sua produção fica restrita à fabricação de fios de algodão e tecelagem de fios de algodão.

A indústria possui uma cisterna com capacidade de 60 m³ para armazenamento da água da chuva captada de 177.000 m² de área coberta, destinada à jardinagem, e possui poços artesianos, mas não faz uso dos mesmos. Para o ano de 2017, apresentou um consumo médio anual de 0,00788 m³/s, segundo histórico de consumo disponibilizado pela CAGEPA.

Segundo Silva (2018), a segurança hídrica é um fator fundamental para garantir a produção em escala permanente, bem como permitir projeções futuras de crescimento com a geração de empregos no setor, visto que, para desempenhar as atividades, há um consumo de água considerável dentro da indústria. Relata, ainda, que a crise hídrica passou a afetar mais significativamente as atividades da empresa a partir do ano de 2011 e a situação só voltou a normalidade com a inauguração das obras da transposição do Rio São Francisco (abril de 2017). No ano de 2017, a indústria apresentou, nos meses de janeiro e fevereiro, um consumo abaixo do normal, que coincide com o pior momento da crise hídrica na cidade, de acordo com o histórico de consumo da CAGEPA (2018), para o ano de 2017. Desde então houve esforços da administração para a conscientização dos colaboradores no uso da água, na aplicação de métodos de redução de consumo, com a diminuição da vazão, e revisões das instalações hidráulicas (mas não foi informada a quantidade de água economizada).

A caracterização do consumo de água foi feita a partir de dados: de consumo mensal, fornecidos pela CAGEPA (2018); de órgãos governamentais (SNIRH, ANA e MMA), obtidos em seus portais eletrônicos; fornecidos pela própria indústria; e de pesquisa bibliográfica, considerando a literatura especializada no tema de estudo.

4 DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

4.1 Etapas Metodológicas

Considerando os objetivos Geral e Específicos definidos, a metodologia adotada constituiu-se das etapas relacionadas a seguir.

- Comparação da demanda de água entre parques industriais localizados em estados do semiárido nordestino e em Campina Grande-PB;
- Comparação dos coeficientes de consumo (ANA e calculados) para a indústria têxtil;
- Análise do uso e das perdas hídricas ligadas indiretamente à produção da indústria analisada.

4.2 Comparação da Demanda de Água entre Parques Industriais

Para esta etapa metodológica foram selecionadas três cidades – Feira de Santana-BA, Teresina-PI e Caruaru-PE – situadas no semiárido nordestino.

Para permitir a comparação entre os respectivos parques industriais, foram consideradas informações obtidas a partir: do mapa interativo da demanda pela água do SNIRH (2017); da lista de informações das cidades do semiárido brasileiro, SUDENE^b (2017); e do cadastro central de empresas do IBGE (2016).

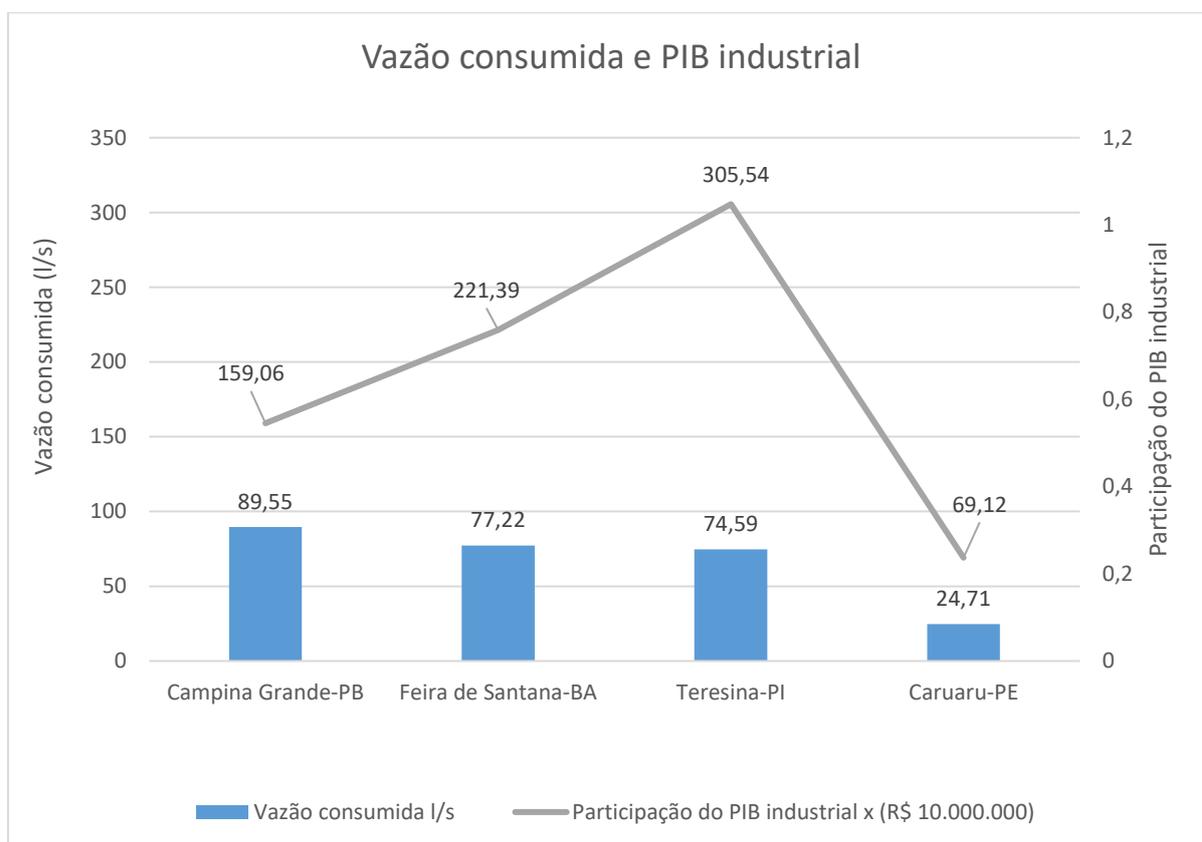
A Tabela 3 apresenta informações relativas ao número de empresas e aos tipos de atividade industrial dessas cidades.

Tabela 1 Número de empresas e atividade industrial nas cidades comparadas

Cidade	Número de Empresas	Atividades industriais
Campina Grande-PB	8.299	Têxtil, extração mineral, artefatos de material plástico para a construção civil, alimentos, bebidas, couro.
Feira de Santana-BA	14.538	Química, material elétrico, transportes, bebidas, alimentos, vestuário, metalurgia, papel, papelão e embalagem, pneumático, farmacêutico
Teresina-PI	17.876	Bebidas, vestuário, construção civil, alimentos, metalúrgica, produção de produtos de minerais não-metálicos
Caruaru-PE	8.215	Embalagens de material plástico, confecção.

Fonte: IBGE (2016), FIEP (2018), SILVA (2015) e CDLFS (2017).

A Figura 7 apresenta informações sobre o consumo de água e o PIB do setor industrial dessas cidades.

Figura 7 Consumo de água e PIB industrial para cidades do semiárido nordestino

Fonte: SINRH (2018), SUDENE^b (2017) e IBGE (2015).

Observa-se que o setor industrial de Campina Grande apresenta o maior consumo de água, muito embora não tenha o maior PIB industrial, entre as cidades selecionadas.

4.3 Comparação dos Coeficientes de Consumo para a Indústria Têxtil

Nesta etapa metodológica, busca-se analisar a metodologia de estimativa de consumo de água na indústria, com base em coeficientes técnicos e número de empregados, desenvolvida pela ANA^b (2017), aplicando-a à indústria analisada em Campina Grande-PB.

O cálculo das vazões estimadas por ANA^b (2017), assim como em trabalhos anteriores (ANA, 2003; ANA, 2012), relaciona o número de funcionários da indústria de transformação, servindo de base para estimativas em escala nacional, regional e municipal. O cálculo considera o número de empregados das tipologias industriais da divisão CNAE 2.0, presentes na RAIS, com os respectivos dados de vazões constantes no CNARH.

O coeficiente técnico de consumo é, então, dado pela equação 1:

$$k_c = \frac{86400000 * Q_{\text{ind consumo}}}{E} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: k_c é o coeficiente de consumo (litros/empregados.dia);

Q_{consumo} é a vazão de consumo total, por município (m^3/s); e

E é o número de empregados da indústria.

Na Tabela 4 encontram-se os valores da matriz de coeficientes técnicos de uso da água para o uso industrial do CNAE 2.0, para o setor têxtil.

Tabela 2 Matriz de coeficientes técnicos de uso da água para o setor têxtil

Divisão	Grupo	Casse	Denominação	Coeficiente de consumo
				Litros.empregado.dia ⁻¹
13			Fabricação de produtos têxteis	
	131		Preparação e fiação de fibras têxteis	
		13111	Preparação de fiação de fibras de algodão	263
		13120	Preparação de fiação de fibras naturais, exceto algodão	567
		13128	Fiação de fibras artificiais e sintéticas	1.262
		13146	Fabricação de linhas para costurar e bordar	351
	132		Tecelagem, exceto malha	
		13219	Tecelagem de fios de algodão	233
		13227	Tecelagem de fios de fibras têxteis naturais, exceto algodão	220
		13235	Tecelagem de fios de fibras artificiais e sintéticas	127
	133		Fabricação de tecido de malha	382
	134		Acabamento em fios, tecidos e artefatos têxteis	791
	135		Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário	504

Fonte: ANA^b (2017)

A análise dessa metodologia consiste, então, na comparação do coeficiente de consumo calculado (Equação 1) – a partir dos dados históricos de consumo, fornecidos pela CAGEPA

(2018), para a indústria analisada – com aquele(s) constante(s) na Tabela 2, verificando-se que a indústria analisada se insere nas tipologias industriais 13111 (fiação de fibras de algodão) e 13219 (tecelagem de fios de algodão), conforme CNAE 2.0.

A Tabela 3 mostra as vazões de consumo da indústria analisada para o ano de 2017, podendo ser notada a falta de correlação dos consumos apresentados para os meses com e sem racionamento de água em Campina Grande.

Tabela 3 Vazões mensais de consumo da indústria analisada

mês/ano	m³/mês	m³/segundo
Janeiro/2017	7.491	0,00289
Fevereiro/2017	14.472	0,00558
Março/2017	25.432	0,00981
Abril/2017	21.285	0,00821
Mai/2017	26.164	0,01009
Junho/2017	19.966	0,00770
Julho/2017	19.970	0,00770
Agosto/2017	18.465	0,00712
Setembro/2017	18.677	0,00721
Outubro/2017	18.528	0,00715
Novembro/2017	23.287	0,00898
Dezembro/2017	18.324	0,00707
Média anual	20.415	0,00788

Fonte: CAGEPA (2018)

A aplicação da Equação 1 para a indústria analisada, considerando 1.430 funcionários e uma vazão de consumo médio anual de 0,00788 m³/s, resultou em um coeficiente de consumo (k_c) igual a **476,11 litros/empregados.dia**

Destaca-se que o coeficiente de consumo encontrado para a indústria de Campina Grande contempla atividades de produção de fios e tecelagem. Portanto, para a comparação será necessária a soma dos coeficientes das respectivas atividades da matriz de coeficientes técnicos constantes da Tabela 2. Assim:

$$\Sigma kc = 263 + 233 = 496 \text{ litros/empregados.dia}$$

4.4 Análise do Uso e das Perdas Hídricas na Indústria Estudada

Com base na média anual de consumo (0,00788 m³/s), calculada a partir dos dados fornecidos pela CAGEPA (2018) – considerando os meses de fevereiro a dezembro de 2017, tendo em vista o valor atípico indicado para o mês de janeiro desse ano, o qual poderia ser explicado pela redução de turnos de produção, dada a gravidade da crise hídrica no reservatório Epitácio Pessoa –, foi estimada a sua distribuição para os diferentes usos da água na indústria analisada (sanitários, bebedouros, preparação de alimentos, higiene pessoal), considerados indiretos, por não estarem vinculados ao processo produtivo e apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Usos da água na indústria analisada, ligados indiretamente à produção

Aplicação	Demanda específica	Número de funcionários (un)	Frequência de uso (vez/dia.funcionário)	Demanda diária (m ³)
Descarga em sanitários	12 l/ descarga	1430	2	34,32
Banho de Chuveiro e Lavagem de mãos	30 l/utilização	1430	1	42,90
Uso em refeitório	25 l/refeição	1430	2	71,50
Uso em bebedouros	0,402 l/utilização	1430	3	1,72
Total diário (m³/dia)				150,44
Total mensal (m³/s)				0,00174

Fonte: Adaptado, Tomaz, (1999) e Brasileiro et al. (2011).

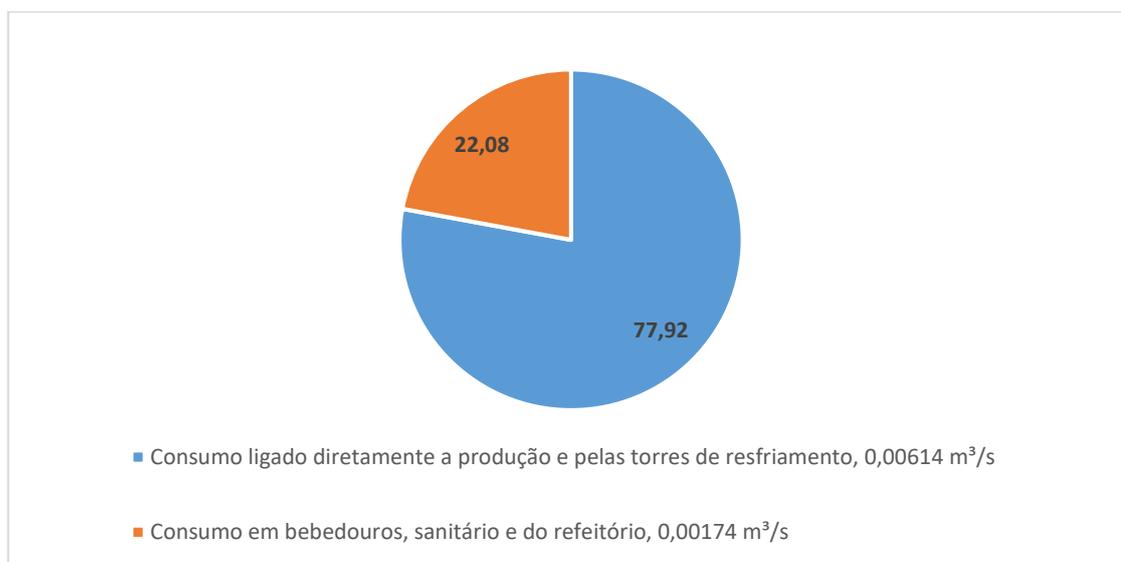
Com relação ao consumo diretamente vinculado ao processo produtivo, segundo Silva (2018) o maior percentual fica por conta da climatização das instalações. Assim, tendo em vista a relevância do consumo das torres de resfriamento, a indústria pretende reutilizar a água que é hoje destinada à estação de tratamento da CAGEPA, situada a 7 km do local. A água será, então, transportada para uma estação de tratamento da própria indústria, que opera pelo sistema de osmose reversa para a retirada de sais, para que atinja os padrões de qualidade compatível com a destinação. Com essa medida, a indústria prevê uma redução considerável no consumo da água da rede de abastecimento da CAGEPA e, conseqüentemente, uma redução de gastos, visto que o uso de água de reutilização pode ser até 75% mais barata do que a água potável (FIEMG,

2014). Além disso, a água tem participação fundamental em etapas de vaporização do fio e na aplicação de jatos d'água na inserção da trama na tecelagem.

Atividades como jardinagem são desenvolvidas com o uso de água de reutilização de lagoas existentes no local e, portanto, não entram na estimativa de consumo.

A Figura 8 apresenta os percentuais de consumo das atividades da indústria analisada, definidos a partir da média anual de consumo e da estimativa do consumo nos usos indiretos.

Figura 8 Percentual de consumo das atividades da indústria



Fonte: Elaboração própria.

A utilização de equipamentos poupadores resulta em redução no consumo industrial (indireto) e, conseqüentemente, em benefícios ambientais e financeiros.

Considerando os percentuais de economia de cada aparelho poupador, de acordo com Martins e Júnior (2015), e as demandas diárias por tipo de aparelho hidrossanitário (Tabela 4), foi estimada a economia passível de ser obtida com a instalação desses aparelhos poupadores. Os resultados estão apresentados na Tabela 5, sendo possível a constatação de que a utilização de equipamentos poupadores gera uma economia de aproximadamente 36,78 % do consumo total em sanitários, bebedouros e refeitório.

Além disso, assumindo a hipótese de que medidas de controle de vazamentos não tenham sido devidamente adotadas, utilizando os valores de perdas indicados por SABESP (2018), e considerando que 5% dos aparelhos hidrossanitários estejam com defeito, foi estimado o desperdício de água (perdas por vazamentos) para usos indiretamente ligados à produção (sanitários e refeitório). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 Uso da água, por equipamentos poupadores, ligada indiretamente à produção

Equipamento poupador	Consumo convencional (m ³ /dia)	Economia (%)	Economia total (m ³ /dia)
Bacia VDR para os sanitários	34,32	50	17,16
Redutor de vazão de 8 l/min no chuveiro	42,90	32	29,17
Arejador de 6 l/min e regulador de vazão para as pias de uso geral e pias do refeitório	71,50	30	50,05
	Total diário (m³/dia)		96,38
	Total mensal (m³/s)		0,0011

Fonte: Martins e Júnior (2015).

Tabela 6 Estimativa de desperdício de vazão sanitária e para o refeitório

Aparelho hidrossanitário e tipo de vazamento		Qtde. aparelhos c/vazamento (5% do total)	Total de aparelhos (un)	Perda estimada p/ aparelho (litro/dia)	Perda total (litro/dia)
Torneira pingando	Gotejamento lento	3	52	8	24
Torneira de uso geral	Vazamento no flexível	1	10	0,86	0,86
Mictório	Filetes visíveis	13	256	144	1.872
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	23	460	144	3.312
Chuveiro com vazamento	No registro	2	36	0,86	1,72
	No tubo de alimentação	2	36	0,86	1,72
Total (m³/dia)					5,51
Total (m³/mês)					165,37

Fonte: SABESP (2018).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Comparação da Demanda de Água entre Parques Industriais

O que se nota, com a comparação do consumo industrial entre Campina Grande e outras cidades do semiárido nordestino, é que não há uma relação entre a geração de renda (PIB) e o consumo de água do setor industrial, como mostrado na Figura 7, pois, embora Campina Grande ocupe a terceira posição em participação do PIB industrial, possui o maior consumo de água.

É possível, no entanto, afirmar que a tipologia industrial é um dos fatores condicionantes à demanda hídrica, corroborando afirmativa do estudo *Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos* (ANA^b, 2017).

5.2 Comparação dos Coeficientes de Consumo para a Indústria Têxtil

A comparação entre os coeficientes técnicos de consumo – cujos valores foram, respectivamente, 496 litros/empregado.dia (ANA^b, 2017) e 476,11 litros/empregado.dia (calculado) – mostrou valores próximos, indicando, portanto, que a metodologia do estudo realizado pela ANA, aplicada à indústria selecionada para estudo de caso, foi válida.

O coeficiente de consumo calculado foi ligeiramente menor do que aquele definido para a tipologia industrial, indicando que a indústria analisada apresentou, no ano de 2017, um consumo abaixo do esperado para o setor têxtil de produção de fios e tecelagem de fios de algodão. Observando o consumo mensal informado pela CAGEPA (2018), (Tabela 3), não se pode fazer qualquer correlação entre esses valores e a existência (ou não) de racionamento de água na cidade, pois há valores altos para meses com racionamento e valores baixos para meses sem racionamento de água. No entanto, como não se obteve detalhes das etapas do processo de produção adotado na indústria analisada, ou de variações na quantidade de fios e tecelagens, não há como inferir se o consumo menor é resultante de uso de automação, da maior produtividade dos funcionários ou, mesmo, de variações na quantidade produzida.

Aqui, então, surgem questionamentos quanto à necessidade de considerar a interferência da automação e/ou da produtividade do setor industrial nos valores dos coeficientes de consumo, determinados pela metodologia desenvolvida pela ANA^b (2017), uma vez que ambos os fatores teriam como consequência a redução do valor desses coeficientes.

5.3 Análise do Uso e das Perdas Hídricas na Indústria Analisada

A estimativa de consumo proveniente de bebedouros, uso sanitário e de refeitório apontou, como mostrado na Tabela 4, para um valor de 0,00174 m³/s, representando 22,08% do consumo total da indústria analisada.

A partir desse resultado, foi possível determinar o consumo diretamente ligado à produção de fios e tecelagens e das torres de resfriamento, o qual representa 77,92% do consumo total da indústria analisada, ou seja, 0,0061 m³/s (Figura 8).

A estimativa da redução de consumo alcançada com a utilização de aparelhos poupadores, considerando os usos indiretos (uso sanitário e do refeitório), conduziu ao percentual de 36,78%, o que significaria uma economia de, aproximadamente, 8,12% do consumo médio anual de água contabilizado para a indústria estudada. A ausência de informações mais detalhadas sobre o processo produtivo impediu, novamente, que medidas de gestão fossem ali consideradas; no entanto, o plano de reuso da água de resfriamento já permite prever uma futura e significativa economia de água nessa atividade.

Na estimativa de perdas por vazamento das peças hidráulicas de sanitários e refeitórios, foi possível chegar ao valor de 165,37 m³/mês (Tabela 6). Medidas de gestão de recursos hídricos – especificamente, o controle de vazamentos nas instalações hidráulicas e a utilização dos equipamentos poupadores – poderiam proporcionar uma redução no consumo total de água na indústria de, aproximadamente, 8,93%, ou seja, 1.823,06 m³/mês.

Subtraindo esta redução da média anual de consumo da indústria analisada, foi feito o cálculo do novo coeficiente de consumo para a empresa.

O novo valor obtido foi **$k_c = 435,02$ litros/empregado.dia.**

6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho (pioneiro) para análise de aplicação de medidas de gestão da demanda de água ao setor industrial de Campina Grande – PB, adotando como caso de estudo a maior empresa têxtil da cidade, permitiu que fossem inferidas algumas conclusões:

- O tipo de atividade desempenhada é fator condicionante ao consumo de água nas indústrias, visto que o setor industrial de Campina Grande, colocado em terceiro lugar na geração de PIB, é aquele que apresenta a maior demanda de água entre as cidades do semiárido nordestino selecionadas para comparação. Nesse sentido, também se destaca a ausência de diferenças perceptíveis no consumo da indústria analisada, na comparação entre os meses com racionamento (janeiro a julho, com exceção dos meses de janeiro e fevereiro, para os quais o consumo de água foi bastante reduzido) e sem racionamento (agosto a dezembro de 2017);
- A diferença entre os coeficientes de consumo referentes à indústria estudo de caso (ANA e calculado), sem a adoção de medidas de gestão da demanda de água, foi de apenas 4%, de modo que pode ser considerada validada a metodologia desenvolvida pela ANA (2017). No entanto, quando foi considerada a adoção de medidas de controle de vazamentos nos equipamentos hidráulicos e a instalação de equipamentos poupadores, o novo valor calculado foi de 435,02 litros/empregado.dia, aumentando essa diferença para 12,29 %;
- A adoção de medidas de gestão que proporcionam a redução do consumo e prevenção de desperdícios, aplicada às atividades consumidoras de água ligadas indiretamente à produção, possibilitaria uma economia de 8,93% no consumo total da indústria analisada.

Apesar de algumas limitações, as quais dificultaram e limitaram a análise feita – ressaltando-se a dificuldade de obtenção de dados da indústria, em especial aqueles atinentes ao processo produtivo, e a impossibilidade de explicar eventuais inconsistências em dados referentes ao consumo de água –, sugere-se a continuidade da linha de pesquisa aqui iniciada, de maneira a permitir, entre outros resultados, a validação dos coeficientes de consumo para indústrias têxteis de menor porte, bem como para outros tipos de indústrias, com e sem a adoção de medidas de gestão da demanda de água; e o mapeamento do parque industrial de Campina Grande – PB, em termos do consumo de água, por tipo de indústria.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA^b - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2017). **Água na indústria: usos e coeficientes técnicos**. Brasília. p. 37.

ANA^a – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2017). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Relatório pleno. p. 169.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2014). **Uso Eficiente e Reuso da Água**. Desafios e benefícios no contexto da Gestão de Recursos Hídricos. X Fórum da Sustentabilidade do Sindipeças. São Paulo- SP. p. 43.

ARAUJO, A. R. M. (2017). **Gestão dos Recursos Hídricos: Uma Investigação na Indústria Têxtil Catarinense**. Dissertação (Mestrado em contabilidade). Universidade Federal de Santa Catarina.

BASTIAN, E. Y. O (2009). **Guia técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. Disponível em: <http://www.sinditextilsp.org.br/guia_p%2Bl.pdf.pdf> Acesso em: 09 ago. 2018.

BRAILE, P. M.; CAVANCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. Environmental Science & Tecnology, v. 34, São Paulo, 1993.

BRASILEIRO, F. A.; KUWANKINO, I. J. C.; NAVES, R. G.; ZOCCHIO, D. S. (2011). **Desperdício de água nos bebedouros da Faculdade de engenharia mecânica da Unicamp**. Revista Ciências do ambiente On-line, vol. 7. p. 2. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/download/283/219>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CAGEPA - COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA. (2018). **Relatório de Medição e Consumo da Ligação de Água**. Subgerencia de Controle Operacional da Borborema - SPBO. 05 jun. 2018.

CDLFS - CÂMARA DE DIRIGENTES LOJISTAS DE FEIRA DE SANTANA (2017). **Aspectos econômicos**. Disponível em: <http://www.cdlfs.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=222#aspectos_eco>. Acesso em: 02 ago. 2018.

CNI – CADASTRO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (2012). **Avanços da Indústria Brasileira Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Síntese dos Fascículos Setoriais – Encontro da Indústria Para a Sustentabilidade. p. 53.

CNI – CADASTRO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (2017). **Números da indústria brasileira**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/estatisticas/>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

COTEMINAS – COMPANHIA DE TECIDOS NORTE DE MINAS. Disponível em: <<http://www.coteminas.com.br/scripts/cgiip.exe/WService=coteminas/cot/emp/organograma.htm>> acesso em: 28 jun. 2018.

FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (2014). **Guia técnico ambiental da indústria têxtil.** Disponível em: <<https://www7.fiemg.com.br/sesi/noticias/detalhe/Industria-textil-e-de-rochas-ornamentais-recebem-guias-tecnicos-ambientais>> Acesso em: 27 jun. 2018.

FIEPB – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA PARAÍBA (2018). **Cadastro das indústrias em Campina Grande.** Disponível em: <<http://www.fiepb.com.br>> Acesso em: 26 jun. 2017.

FIEPB – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA PARAÍBA (2005). **Perfil sócio econômico da cidade de Campina Grande.** Disponível em: <http://www.fiepb.com.br/downloads/sessao/perfil_socio> Acesso em: 27 jul. 2018.

HESPANHOL, I; GONÇALVES, O. (2004). **Conservação e reuso da água. Manual de orientações para o setor industrial.** São Paulo: FIESP/CIESP. p. 15.

IEMI; SINTEX (2015). **Indústria Têxtil de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Sonopress: Florianópolis, 1995.

IBGE– INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017). **Panorama da Cidade de Campina Grande.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>> Acesso em: 26 jun. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2015). **Aspectos econômicos da cidade de Campina Grande.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>> Acesso em: 26 jun. 2018

JORNAL DA PARAÍBA. **Campina Grande é citada como oásis de tecnologia por revista americana.** Disponível em: <<http://www.jornaldaparaiba.com.br/ciencia-e-tecnologia/campina-grande-e-citada-como-oasis-de-tecnologia-por-revista-americana.html>> Acesso em: 02 ago. 2018.

MARTINS, V. P.; JÚNIOR, G. B. A. (2015). **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Porto alegre/RS. p. 10

MARTINS, M. V. L.; ASTORGA, O. A. M.; SIKLVEIRA, J. L. (2006). **Conservação da água na indústria.** Revista Ciências exatas, Taubaté, Vol. 12. p. 107 – 113. Disponível em: <http://https://www.researchgate.net/publication/260426505_Conservacao_de_Agua_na_Industria >. Acesso em: 30 jun. 2018.

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

MIERZWA, J. C. (2002). **O uso racional e o reuso como ferramenta para o gerenciamento das águas e efluentes na indústria estudo de caso da Kodak brasileira,** Tese (Doutorado em engenharia hidráulica e sanitária). Universidade de São Paulo.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2005). **Manual de Educação para o Consumo Sustentável.** p. 160. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2018.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2006). **Caderno setorial de recursos hídricos: indústria e turismo.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao23022011031426.pdf> Acesso em: 09 ago. 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2011). **Desenvolvimento de matriz de coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil.** p. 265.

NEMEROW, N. L.; DASGUPTA, A. (1991). **Industrial and hazardous waste treatment.** p. 743.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2014). **Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (World Water Development Report – WWDR).** p.230.

ROSA, F. S. (2011). **Gestão da Evidenciação Ambiental:** um instrumento multicritério de apoio à decisão construtivista para a gestão da divulgação das informações ambientais da empresa Eletrosul S.A. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSA, F. S.; LUNKES, R. J. **Divulgación Medioambiental.** Indicadores, control, gestión y informe para empresas hoteleras. Saarbrücken: Editorial Académica Española es una marca comercial de: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. K, 2012, v.1. p.59. 2012.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO (2018). **Tabela de referência para identificar as perdas por vazamentos.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=244>> Acesso em 31. Jul. 2018.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. (2001). **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Agência Nacional de Águas. 3ª. Edição. P. 642

SILVA, E. (2018). **Comunicação pessoal (entrevista e e-mails).**

SILVA, D. P. (2011). **Programa de conservação e reuso da água – PCRA, manual de orientação para o setor industrial,** Viçosa-MG, Brasil.

SILVA, B. A (2015). **A atividade industrial em Teresina-Piauí: principais agentes, processos e políticas em busca de uma sustentabilidade socioambiental.** Pesquisa de Iniciação Científica Voluntária. Universidade Federal do Piauí.

SNIRH – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (2017). **Demanda Industrial de Água para as Cidades analisadas.** Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ff60fc3bec2a4e8b988987df9444b3c2>> Acesso em: 28 jul. 2018.

SUDENE^b - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. (2017). **Lista com os municípios que integram a região do semiárido, conforme decisão divulgada na XXII Reunião do Conselho Deliberativo da Sudene, Resolução 115 de 23 de novembro de 2017.** Disponível em: <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

SUDENE^a – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. (2017). **Relatório final: grupo de trabalho para delimitação do semiárido.** Disponível em: <
http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Item_1.6.6_-_Relat%C3%B3rio_final_do_GT_Delimita%C3%A7%C3%A3o_do_Semi%C3%A1rido.pdf
>. Acesso em: 09 ago. 2018.

TOMAZ, P. (1999). **Previsão de consumo de água.** Interface nas Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos