



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Centro de Tecnologias e Recursos Naturais – CTRN.

Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UAEC.

**LUCAS KAUÊ PESSOA BARROS**

**ANÁLISE DE MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA ADOTADAS EM  
INDÚSTRIA TEXTIL DE CAMPINA GRANDE-PB**

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2019

LUCAS KAUE PESSOA BARROS

**ANÁLISE DE MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA ADOTADAS EM  
INDÚSTRIA TEXTIL DE CAMPINA GRANDE-PB**

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

Área de habilitação: Recursos Hídricos.

Orientadora: Dra. Gledsneli Maria de Lima Lins

Co- Orientadora: Dra. Zédna Mara de Castro Lucena Vieira

CAMPINA GRANDE-PB

Fevereiro de 2019

LUCAS KAUÊ PESSOA BARROS

**ANÁLISE DE MEDIDAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA ADOTADAS EM  
INDÚSTRIA TEXTIL DE CAMPINA GRANDE-PB**

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

Área de habilitação: Recursos Hídricos.

**Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.**

**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: Ronaldo Amâncio de Meneses

Superintendente da Regional Borborema da CAGEPA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus avós, Francisca Otacília Rodrigues, Rita Moreira Sobral Pessoa e Aluísio Pessoa de Lima, que me deram forças nos momentos difíceis que tive que superar durante a minha graduação e a todo apoio, educação e ensinamentos importantes que eles me deram durante a minha infância e adolescência.

Agradeço também ao meu pai, Geraldo Barros Rodrigues, minha mãe, Audilene Sobral Pessoa, e ao meu irmão, Kennedy Pessoa Barros, pelo apoio, conselhos e paciência que tanto me ajudaram a alcançar meu objetivo de me tornar engenheiro.

À minha professora e orientadora, Gledsneli Maria de Lima Lins, que com paciência e carinho, mostrou seu amor à profissão, me orientando em todas as etapas deste trabalho nas diversas reuniões enriquecedoras que tivemos durante o semestre.

À professora Zédna Mara de Castro Lucena Vieira, que teve uma participação decisiva na elaboração deste trabalho, com sugestões que tiveram a finalidade de enriquecer este trabalho.

Gostaria de fazer um agradecimento especial aos funcionários da COTEMINAS e da CAGEPA, que disponibilizaram dados importantes para a elaboração deste trabalho.

E a um amigo em especial, Marronney Figueiredo, que sempre me aconselhou, sempre acreditou no meu sucesso e me motivou nos momentos de alegria e nos momentos difíceis. Aos amigos que fiz durante a graduação, e aos técnicos da COTEMINAS, que me atenderam e me auxiliaram na obtenção de dados deste trabalho.

## RESUMO

O acesso à água potável é um dos mais sérios problemas enfrentados hoje no mundo inteiro, principalmente nos centros urbanos. Nas regiões semiáridas, a disponibilidade hídrica é muito baixa e o risco de ocorrência de crises é alto. Além disso, ocorre ainda o mau gerenciamento dessa água nas áreas de abastecimento urbano, agricultura e industrial. Com o crescimento populacional das cidades e a crescente demanda por água para as atividades humanas, o uso eficiente desse recurso se torna ainda mais importante. A cidade de Campina Grande-PB, localizada na região semiárida nordestina, vem enfrentando, desde 2012, a maior crise hídrica de sua história, evidenciando a necessidade de um gerenciamento eficiente da demanda urbana de água. Muitos trabalhos de pesquisa já foram realizados no âmbito do gerenciamento da demanda de água da cidade mas são encontradas poucas pesquisas diretamente relacionadas aos setores industriais. Felizmente, após o enfrentamento de sucessivas crises hídricas, a sociedade está consiente da importância do uso racional desse recurso. Assim, algumas medidas de gestão da demanda de água tem sido implementadas para preservar a água em processos agrícolas, industriais e no consumo doméstico. Neste trabalho, buscou-se apresentar algumas dessas medidas adotadas por uma indústria têxtil de grande porte, na cidade de Campina Grande. Os resultados obtidos mostraram a efetividade das medidas de gestão de água adotadas ao se observar a redução do consumo de água com a implantação dessas medidas.

**Palavras - chave:** Crise hídrica. Medidas de gerenciamento. Demanda industrial de água. Redução do consumo. Coeficiente de Consumo.

## ABSTRACT

Access to drinking water is one of the most serious problems faced today worldwide, especially in urban centers. In semiarid regions, water availability is very low and the risk of crises is high. In addition, the poor management of this water is also occurring in the areas of urban, agriculture and industrial supply. With the population growth of cities and the growing demand for water for human activities, the efficient use of this resource becomes even more important. The city of Campina Grande-PB, located in the Semiarid region of northeastern Brazil, has been facing, since 2012, the largest water crisis in its history, evidencing the need for an efficient management of urban water demand. Many research studies have been conducted in the area of water demand management in the city but few researches are found directly related to the industrial sectors. Fortunately, after coping with successive hydric crises, society is of the importance of the rational use of this resource. Thus, some water demand management measures have been implemented to preserve water in agricultural, industrial and domestic consumption processes. In this work, we sought to present some of these measures adopted by a large textile industry in the city of Campina Grande. The results obtained showed the effectiveness of the water management measures adopted when observing the reduction of water consumption with the implementation of these measures.

**Keywords:** Hydric crisis. Management measures. Industrial water demand. Reduced consumption. Consumption coefficient.

**LISTA DE SIGLAS**

ANA	Agência Nacional de Águas
CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CNARH	Classificação Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos
CTA	Central de Tratamento de Ar
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETA	Estação de Tratamento de Água
FIEP	Federação das Indústrias do Estado da Paraíba
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
Kc	Coeficiente de Consumo
ONU	Organização das Nações Unidas
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
VR	Vazão de Refrigeração

**LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1:</b> CONSUMO MENSAL DE ÁGUA (COTEMINAS). .....	14
<b>TABELA 2:</b> CONSUMO MENSAL DE ÁGUA (CAGEPA). .....	14
<b>TABELA 3:</b> COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (COTEMINAS). .....	15
<b>TABELA 4:</b> COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (CAGEPA). .....	15
<b>TABELA 5:</b> PRODUÇÃO MENSAL E CONSUMO DE ÁGUA (COTEMINAS). .....	19
<b>TABELA 6:</b> PRODUÇÃO MENSAL E CONSUMO DE ÁGUA (CAGEPA). .....	19
<b>TABELA 7:</b> RELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE DE CONSUMO POR QUILO DE PRODUÇÃO. ....	23



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> DEMANDA DE VAZÃO INDUSTRIAL.....	3
<b>FIGURA 2:</b> DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS REGIÕES BRASILEIRAS.....	3
<b>FIGURA 3:</b> REDUÇÃO DE CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA.....	13
<b>FIGURA 4:</b> CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA.....	13
<b>FIGURA 5:</b> COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (COTEMINAS).....	15
<b>FIGURA 6:</b> COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (CAGEPA).....	16
<b>FIGURA 7:</b> LINHA DE TENDÊNCIA (COTEMINAS).....	17
<b>FIGURA 8:</b> LINHA DE TENDÊNCIA (CAGEPA).....	18
<b>FIGURA 9:</b> DIAGRAMA DE DISPERSÃO PRODUÇÃO VS KC (COTEMINAS) .....	19
<b>FIGURA 10:</b> DIAGRAMA DE DISPERSÃO PRODUÇÃO VS KC (CAGEPA).....	20
<b>FIGURA 11:</b> DIAGRAMA DE DISPERSÃO (COTEMINAS) .....	21
<b>FIGURA 12:</b> DIAGRAMA DE DISPERSÃO (CAGEPA). .....	22
<b>FIGURA 13:</b> RELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE DE CONSUMO POR QUILO DE PRODUÇÃO.....	23
<b>FIGURA 14:</b> BOMBAS DE CONDENSAÇÃO.....	32
<b>FIGURA 15:</b> AJUSTE DE DAMPERS DA CTA'S: ANTES.....	33
<b>FIGURA 16:</b> AJUSTE DE DAMPERS DA CTA'S: DEPOIS.....	33
<b>FIGURA 17:</b> ALTERAÇÃO DA VAZÃO DAS VR'S (ANTES). .....	34

<b>FIGURA 18: ALTERAÇÃO DA VAZÃO DAS VR'S (DEPOIS).</b> .....	34
<b>FIGURA 19: ALTERAÇÃO DAS VAZÃO DOS VENTILADORES</b> .....	34
<b>FIGURA 20: TUBULAÇÃO ANTIGA.</b> .....	35
<b>FIGURA 21: TUBULAÇÃO NOVA.</b> .....	35
<b>FIGURA 22: DESATIVAÇÃO DE CHILLER.</b> .....	36
<b>FIGURA 23: TORRE DE RESFRIAMENTO.</b> .....	37

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>O CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA</b> .....	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>COEFICIENTE TÉCNICO DE CONSUMO (KC)</b> .....	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>REGRESSÃO LINEAR SIMPLES</b> .....	<b>9</b>
<b>4.4</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>ESTUDO DE CASO: COTEMINAS</b> .....	<b>11</b>
<b>5.2</b>	<b>VERIFICAÇÃO TENDÊNCIA DO COEFICIENTE DE CONSUMO (KC)</b>	<b>14</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Cálculo da Linha de Tendência do Coeficiente de Consumo</b> .....	<b>16</b>
<b>5.3</b>	<b>ANÁLISE DA TENDÊNCIA DO (Kc) EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Cálculo da Linha de Tendência</b> .....	<b>20</b>
<b>5.4</b>	<b>VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COEFICIENTE (Kc)</b> .....	<b>22</b>

<b>5.5</b>	<b>ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5.6</b>	<b>COMPARAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES DE CONSUMO .....</b>	<b>24</b>
5.6.1	Cálculo da Média dos Coeficientes de Consumo (kc).....	25
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>
	<b>ANEXO A .....</b>	<b>31</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Apesar de o Brasil possuir as maiores reservas de água doce do mundo, sabe-se que ela é má distribuída. Existe um contraste forte entre a demanda industrial de água e sua disponibilidade nas regiões brasileiras, como mostra as Figuras 1 e 2, disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, SNIRH (2018). A Figura 1 indica uma predominância dos estados da região sudesta na demanda de vazão industrial, principalmente no Estado de São Paulo. Em contra-partida, a Figura 2 revela a disponibilidade hídrica maior em estados da região Norte, com destaque para os estados do Amazonas e do Pará. Além disso, a região Norte possui aproximadamente 8,72% da população brasileira (IBGE, 2018).

**FIGURA 1: DEMANDA DE VAZÃO INDUSTRIAL**



Fonte: SNIRH (2018).

**FIGURA 2: DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS REGIÕES BRASILEIRAS.**



Fonte: SNIRH (2018).

Além da distribuição irregular, a água não é gerenciada de forma eficiente pelo Poder Público. Do ponto de vista estritamente econômico, a melhor forma de lidar com escassez pontual e decorrente de eventos extremos é racionar a demanda. Assim, a atual dificuldade em atender as diversas demandas de água (abastecimento de água, irrigação, etc.) guarda maior relação com a incapacidade institucional dos governos em lidar com déficits temporários e excepcionais de água, apelando então para medidas de racionamento, do que com uma alegada falta de investimentos para a construção de reservatórios, por exemplo. Além disso, o percentual do desperdício de água tratada no País, em razão de falhas nas tubulações, fraudes e ligações clandestinas, corresponde a 37% de toda a água tratada (CERQUEIRA et al., 2015).

Estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017) apontou um crescimento expressivo da demanda hídrica industrial nos últimos anos, acompanhando a conjuntura econômica do País: as vazões de retirada, estimadas em 2013, apresentaram um pico de 207,1 m<sup>3</sup>/s, representando um aumento de 70% em relação às vazões contabilizadas em 2002. As maiores demandas estão localizadas no Sudeste e, juntas, as regiões Sudeste, Sul e Nordeste foram responsáveis por 85% da demanda de água do setor industrial no Brasil. As maiores vazões de retirada estão em São Paulo (59,71 m<sup>3</sup>/s), Minas Gerais (17,95 m<sup>3</sup>/s), Paraná (16,45 m<sup>3</sup>/s), Alagoas (10,89 m<sup>3</sup>/s), Pernambuco (10,32 m<sup>3</sup>/s) e Rio Grande do Sul (10,05 m<sup>3</sup>/s).

Além do aumento da demanda de água pela indústria, foram observadas sucessivas crises hídricas em diversas regiões e cidades no Brasil, agravadas pelo desperdício nas redes de abastecimento de água. Em 2010, por exemplo, Campina Grande, segunda maior cidade do Estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil, apresentava perdas de cerca de 42,5% na distribuição do abastecimento urbano (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Considerando um quadro severo de crise hídrica – desencadeada pela seca que atingiu a região Nordeste brasileira, no período de 2012 a 2018, e agravada por problemas de gestão de recursos hídricos – este trabalho analisa medidas de gestão da demanda de água, adotadas por uma indústria têxtil, de grande porte, na cidade de Campina Grande.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O histórico hídrico da cidade de Campina Grande, com periódicas crises no abastecimento de água, em contraposição ao crescimento industrial ocorrido nas últimas décadas, torna muito

importante a análise de medidas de gestão da demanda de água para esse setor, as quais conduzam ao uso racional e mais eficiente da água disponível.

Muitos trabalhos de pesquisa já foram realizados no âmbito do gerenciamento da demanda de água da cidade de Campina Grande, mas são encontradas poucas pesquisas diretamente relacionadas aos setores industriais da cidade. Um dos exemplos desse tipo de pesquisa é o trabalho de SOUSA (2018), que faz a análise da demanda de água em uma indústria têxtil de grande porte – considerando a maior indústria têxtil da cidade e do Estado da Paraíba (COTEMINAS), para o ano de 2017 –, de maneira a validar os coeficientes de consumo de água, definidos pela ANA (2017).

A chegada à Paraíba, em abril de 2017, das águas transpostas da bacia hidrográfica do rio São Francisco, veio aumentar a oferta de água e permitiu a suspensão do racionamento a que a cidade de Campina Grande estava submetida, desde o ano de 2014. No entanto, com a previsão da implantação da cobrança pelo uso desse recurso hídrico, há preocupação quanto aos impactos expressivos que podem ocorrer sobre os custos da produção industrial da cidade.

Neste sentido, considerando que a indústria têxtil apresenta grande demanda de água em seus processos produtivos, é importante analisar os resultados da adoção de medidas de gestão da demanda de água nesse tipo de empresa. Assim, dando continuidade à pesquisa de SOUSA (2018), e considerando as medidas de gestão da demanda de água adotadas pela COTEMINAS – no período de julho de 2016 a dezembro de 2017 – este trabalho busca contribuir para a maior eficiência da gestão da demanda industrial de água no setor têxtil.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a efetividade de medidas de gestão da demanda d'água para a redução do consumo em indústrias têxteis, usando a empresa COTEMINAS, unidade Campina Grande-PB, como estudo de caso.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar as medidas de gestão da demanda de água adotadas na empresa escolhida como caso de estudo;

- Analisar o grau de eficiência no uso da água, tanto nos processos produtivos quanto nos setores administrativos
- Identificar a evolução da redução do consumo de água da empresa a partir da adoção dessas medidas.
- Medir o grau de relação entre a produção e o consumo de água da empresa em estudo.
- Comparar coeficientes técnicos de consumo de água, considerando valores de literatura especializada e aqueles calculados para o caso de estudo.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O embasamento do trabalho desenvolvido exigiu uma ampla revisão de literatura, abrangendo tópicos diversos, quais sejam: o consumo de água na indústria brasileira, o coeficiente de consumo ( $k_c$ ) para a indústria de transformação, e ferramentas da Estatística (regressão linear simples e coeficientes de correlação) que foram utilizadas na metodologia adotada.

### **4.1 O CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA**

A demanda global por água no setor industrial deve aumentar, até 2050, cerca de 400%. No Brasil, a cada segundo, 2,3 milhões de litros são retirados dos rios para uso industrial, sendo a maior parte destinada à fabricação de bebidas, alimentos e cosméticos, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016).

De acordo com o Manual de Orientações para Conservação e Reuso de Água (FIESP/CIESP, 2004), nas últimas décadas houve uma intensificação de estratégias e práticas, nas empresas, para reduzir ou racionalizar o uso do recurso hídrico e diminuir os impactos negativos de geração de efluentes. Isso ocorreu em virtude de diversos fatores, como o aumento do consumo humano e agrícola – o qual está entrelaçado ao aumento da população mundial –, a alta concentração populacional em áreas urbanas (que encarece cada vez mais o abastecimento humano e industrial, obrigando à busca de novas e mais distantes fontes de abastecimento), o expressivo crescimento da produção industrial, entre outros.



Para a melhor compreensão de medidas de racionalização do uso ou práticas de reuso de água na indústria, torna-se necessário o esclarecimento dos processos industriais que se utilizam desse recurso. Usualmente, é necessário relativizar o consumo de recursos hídricos em indústrias, já que tanto a sua quantidade quanto a sua qualidade dependem do porte da empresa, seu ramo de atuação, de sua capacidade de produção e, principalmente, de seu gerenciamento (FIESP/CIESP, 2004). Desse modo, empresas do mesmo ramo podem utilizar diferentes níveis de qualidade de água, enquanto empresas de diferentes portes (em relação à sua capacidade de produção) podem usar quantidades iguais ou diferentes de água nos seus processos produtivos. Mesmo filiais de empresas, atuando em diversas localidades, poderão apresentar um gerenciamento de recurso hídrico diferenciado.

Segundo FIESP/CIESP (2004), de uma maneira genérica, pode-se dizer que a água encontra as seguintes aplicações na indústria:

- **Consumo humano:** água utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança (lava-olhos, por exemplo) ou em 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; ou, então, a água é utilizada para a obtenção de outros produtos, como, por exemplo, o hidrogênio resultante da eletrólise da água.
- **Uso como fluido auxiliar:** a água, como fluido auxiliar, pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem.
- **Uso para geração de energia:** Para este 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 de aquecimento e/ou resfriamento:** Nestes casos, a água é utilizada na refrigeração de salas ou ambientes, ou como fluido de transporte de energia térmica 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 de 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.

## 4.2 COEFICIENTE TÉCNICO DE CONSUMO (K<sub>C</sub>)

A Agência Nacional de Águas buscou manter atualizada a informação de uso da água no setor e concluindo o estudo *Água na Indústria: Uso e Coeficientes Técnicos*, que mapeia a demanda da indústria de transformação no Brasil. O objetivo desse estudo é atualizar as informações sobre uso da água do setor industrial, para subsidiar o planejamento e a gestão de recursos hídricos (por exemplo, a elaboração de planos de bacia e a emissão de outorgas de direito de uso da água, respectivamente). (ANA, 2017).

Para a obtenção dos coeficientes do estudo foi utilizada a base de dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (ANA, 2017 *apud* SOUSA, 2018). Na falta de dados sobre a demanda regional por água, as demandas hídricas em base municipal foram determinadas com a aplicação dos coeficientes aos dados da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais), onde consta o número de empregados, por tipologia industrial e por município. Assim, foi possível determinar a retirada e o consumo de água diária, em litros por empregado.

De acordo com ANA (2017), o cálculo considera o número de empregados das tipologias industriais da divisão CNAE 2.0 (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), presentes na RAIS, com os respectivos dados de vazões constantes no CNARH (Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos), conforme a Equação 1:

$$K_c = \frac{86400000 * Q, \text{ ind consumo}}{E} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$K_c$  → Coeficiente de consumo (litros/empregados.dia);

$Q, \text{ ind consumo}$  → Vazão de consumo total, por município ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); e

$E$  → Número de empregados da indústria.

O Quadro 1 apresenta a matriz de coeficientes técnicos de consumo para o setor têxtil nacional.

**QUADRO 1: COEFICIENTES TÉCNICOS DE CONSUMO DE ÁGUA**

Divisão	Grupo	Classe	Denominação	Coefficiente de consumo Litros.empregado.dia <sup>-1</sup>
13			<b>Fabricação de produtos têxteis</b>	
	131		<b>Preparação e fiação de fibras têxteis</b>	
		13111	<b>Preparação de fiação de fibras de algodão</b>	<b>263</b>
		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		<b>Tecelagem, exceto malha</b>	
		13219	<b>Tecelagem de fios de algodão</b>	<b>233</b>
		13227	Tecelagem de fios de fibras têxteis naturais, exceto algodão	220
		13235	Tecelagem de fios de fibras artificiais e sintéticas	127
	133		<b>Fabricação de tecido de malha</b>	<b>382</b>
	134		Acabamento em fios, tecidos e artefatos têxteis	791
	135		Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário	504

Fonte: ANA (2017, p 32).

### 4.3 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

Segundo Peternelli (2003), a análise de regressão consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação do(s) nível(is) da(s) variável(is) independente(s).

Para tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo, pode-se fazer um gráfico, chamado de diagrama de dispersão, para verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) em função da variação da variável independente (X). (Peternelli, 2003).

Também será utilizado linhas de tendência em gráficos de barras para se verificar o declínio de consumo de água na empresa.

A reta linear é representada por:

$$Y = aX + b \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$a$  , é o coeficiente angular da reta

$b$  , ponto onde a reta intercepta o eixo y

Y, variável dependente representada pelo Coeficiente de Consumo (Kc).

X, variável independente representada pelo enésimo mês.

De acordo com Peternelli (2003), sejam duas amostras relativas às variáveis X e Y, dadas a seguir:

X	X1	X2	X3	X4	X5	...	Xn
Y	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	...	Yn

Obtém-se:

$$a = \frac{n(\sum_{i=1}^n X(i)Y(i)) - (\sum_{i=1}^n X(i))(\sum_{i=1}^n Y(i))}{n(\sum_{i=1}^n X(i)^2) - (\sum_{i=1}^n X(i))^2} \quad \text{Equação 3(a)}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n Y(i) - a \sum_{i=1}^n X(i)}{n} \quad \text{Equação 3(b)}$$

#### 4.4 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO

Para Peternelli (2003), o coeficiente de correlação é um valor numérico, uma medida, para o grau de associação entre duas variáveis. Se for observada uma associação entre as variáveis quantitativas (a partir de um diagrama de dispersão, por exemplo), é muito útil quantificar essa associabilidade.

De acordo ele, o coeficiente de correlação entre os valores X e Y é dado por:

$$R_{xy} = \frac{n(\sum_{i=1}^n X(i)Y(i)) - (\sum_{i=1}^n X(i))(\sum_{i=1}^n Y(i))}{\sqrt{n(\sum_{i=1}^n X(i)^2) - (\sum_{i=1}^n X(i))^2} \sqrt{n(\sum_{i=1}^n Y(i)^2) - (\sum_{i=1}^n Y(i))^2}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde  $-1 \leq R_{xy} \leq 1$ .

Para valores de  $R_{xy}$  próximos a -1, maior será a correlação negativa e quanto mais próximo de 1, maior será a correlação positiva. Por fim, quanto mais próximo a 0, menor a correlação.

## 5 DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Muito se discute a importância de medidas de gestão de água em diversos tipos de atividades econômicas, num momento em que crises hídricas são cada vez mais frequentes, em virtude de diversos fatores que aumentam a demanda de água. Neste contexto, este trabalho

buscou estudar e compartilhar algumas medidas de gestão da demanda de água na empresa COTEMINAS-PB, através de um estudo de caso.

Posteriormente, serão demonstradas a eficiência dessas medidas, utilizando a Teoria de Regressão Linear em duas fontes de dados distintas: COTEMINAS e CAGEPA a fim de se obter resultados precisos e confiáveis. Em seguida, serão analisados o grau de associação entre os pares ordenados Coeficiente de Consumo (Kc) vs Tempo (meses) e os pares Coeficiente de Consumo (Kc) vs Produção (kg de tecido + fio).

Por fim, serão comparados os coeficientes técnicos de consumo de água, considerando valores de literatura especializada e aqueles calculados para este de estudo.

## **5.1 ESTUDO DE CASO: COTEMINAS**

A fábrica da COTEMINAS, unidade de Campina Grande-PB, está localizada no bairro Distrito Industrial. Ela possuía cerca de 1400 funcionários em 2018 e uma área construída de 686.140 m<sup>2</sup>. Ela utiliza processos de fiação e tecelagem para produzir fios e tecidos para cama, mesa, banho e decoração.

Durante a crise hídrica, diversos cenários contextualizavam o período crítico pela qual a empresa estava passando. Em dezembro de 2016, por exemplo, quando o açude Epitácio Pessoa estava com apenas 5% de sua capacidade, havia a possibilidade de racionamento durante quatro dias da semana ou até restrição total do fornecimento de água para a empresa, o que a levaria a buscar outras fontes alternativas de água para que suas atividades não fossem afetadas. Entretanto, nos meses seguintes, as projeções de recuperação do volume do açude com a Transposição do Rio São Francisco ou com o período chuvoso mais próximo eram mínimas. Diante disso, a empresa antecipou-se aos cenários críticos e implantou o projeto “Redução do Consumo de Água no Ramo Têxtil”, utilizando o ciclo PDCA. (COTEMINAS, 2018).

O Ciclo PDCA é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo a otimização dos processos por meio de um circuito de quatro ações: planejar (Plan), fazer (Do), checar (Check) e agir (Act). O intuito deste ciclo é ajudar a entender e a solucionar os problemas decorrentes do processo de gestão empresarial, focando na causa e não nas consequências. (JÚNIOR, 2017).

No mês de outubro de 2018, foi realizada uma visita técnica à fábrica. Esta visita foi orientada pelo coordenador de projetos que, atenciosamente, explicou e detalhou todos os

processos de produção e de redução de consumo de água da empresa. Em seguida, o supervisor de projetos disponibilizou um material auxiliar que complementava a visita técnica.

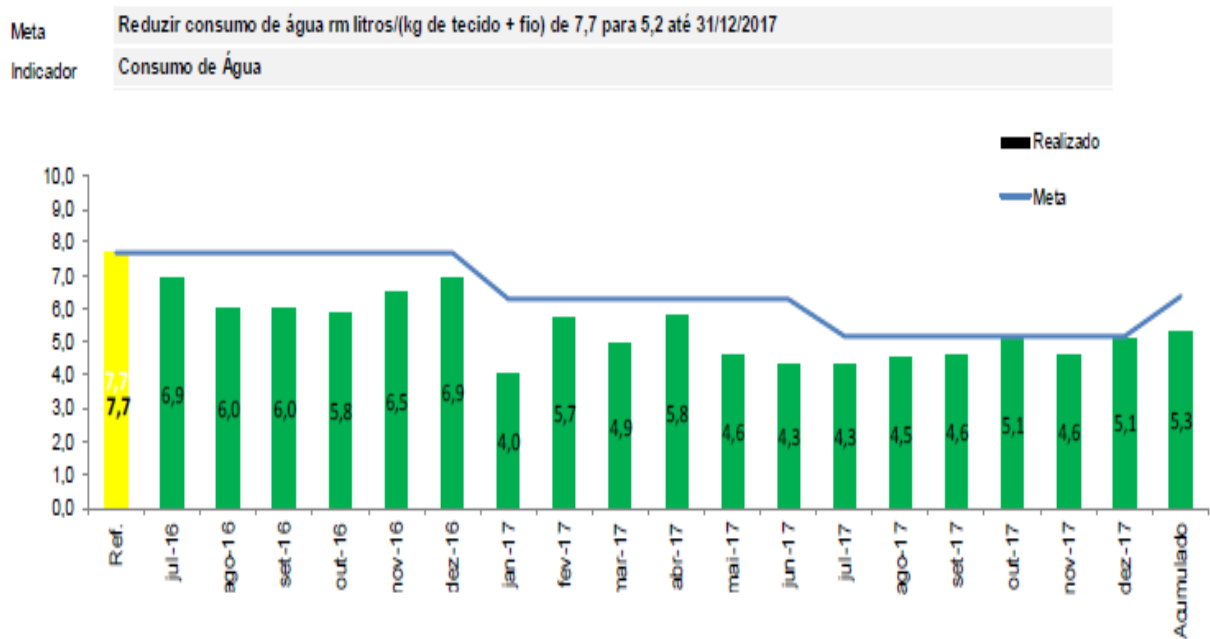
Em virtude da iminência de desabastecimento de água e do colapso na produção, a empresa adotou, a partir de julho de 2016, uma série de medidas que visavam efetuar o reuso de água e modificar as formas de produção que garantissem o menor consumo hídrico. A lista, abaixo, de procedimentos adotados pela empresa, resume as principais mudanças operacionais e estruturais:

- Redução da quantidade de bombas de condensação em operação de 5 para 3.
- Desligamento de trocadores de serpentinas do ar tecnológico.
- Redução da quantidade de chillers em operação de 2 para 1.
- Redução da quantidade de torres de resfriamento de 3 para 2.
- Reaproveitamento de água de descarte da Tecelagem nas torres.
- Substituição e ajuste de gaxetas das bombas d'água.
- Substituição e reposição dos dutos dos Ventiladores de Insuflamento das CTAs (Central de Tratamento de Ar).
- Substituição da tubulação de água potável por problemas de vazamentos
- Desativação do filtro abrandado da ETA (Estação de Tratamento de Água).

Os resultados das medidas de gestão da demanda implantadas na empresa foram analisadas durante os períodos de Julho de 2016 a Dezembro de 2017 junto aos números de produção da empresa. Estes, no entanto, não foram divulgados no primeiro semestre de 2018.

O início real de implantação do projeto PDCA aconteceu no segundo semestre de 2016. Até o mês de dezembro de 2017, houve uma redução do consumo médio de água de 7,7 litros / (kg de tecido e fio) para 5,2 litros / (kg de tecido e fio). A Figura 3, abaixo, resume os resultados obtidos durante os meses em que as medidas de gestão da demanda, no projeto PDCA foram implantadas.

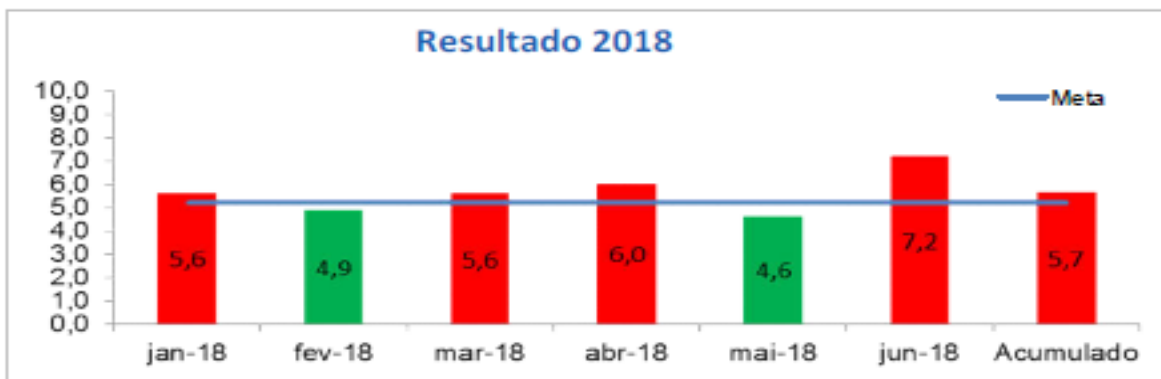
**FIGURA 3: REDUÇÃO DE CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA.**



Fonte: COTEMINAS (2018).

Em 2018, a meta inicial de 5,2 litros / (kg de tecido e fio) foi superada nos meses de janeiro, março, abril e junho. Desse modo, houve um aumento no consumo médio de água no primeiro semestre daquele ano: de 4,8 litros / (kg de tecido e fio) em 2017, para 5,7 litros / (kg de tecido e fio). Isso corresponde a um aumento de 18,75% no consumo médio mensal de água. A COTEMINAS não informou por qual motivo ocorreu esse salto no consumo. A Figura 4 detalha os consumos médios mensais de água no primeiro semestre de 2018.

**FIGURA 4: CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA.**



Fonte: COTEMINAS (2018).

## 5.2 VERIFICAÇÃO TENDÊNCIA DO COEFICIENTE DE CONSUMO (KC)

Para identificar a redução do consumo de água, foram adquiridos dados de consumo mensal de água através de duas fontes distintas: COTEMINAS e CAGEPA. Nesta etapa, utilizando os dados divulgados por essas duas fontes, serão calculados os coeficientes de consumo mensal e gerados, posteriormente, o gráfico de barras Coeficiente de Consumo (Kc) vs Tempo, em litros / expregado x dia e meses, respectivamente. Serão calculados e traçados suas respectivas linhas de tendência, aplicando na Equação 2 os dados adquiridos. Utilizando este mesmo processo, traça-se um diagrama de dispersão para mostrar a tendência de consumo em relação a quantidade de fio e tecido produzidos.

As Tabelas 1 e 2, mostram dados do consumo mensal de água, em m<sup>3</sup>, considerando o período de julho de 2016 a dezembro de 2017, fornecidos pela COTEMINAS e CAGEPA, respectivamente.

**TABELA 1: CONSUMO MENSAL DE ÁGUA (COTEMINAS).**

<b>Mês</b>	<b>Julho/16</b>	<b>Agosto/16</b>	<b>Setembro/16</b>	<b>Outubro/16</b>	<b>Novembro/16</b>	<b>Dezembro/16</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	29.879,00	26.010,00	26.868,00	26.107,00	24.256,00	7.491,00
<b>Mês</b>	<b>Janeiro/17</b>	<b>Fevereiro/17</b>	<b>Março/17</b>	<b>Abril/17</b>	<b>Mai/17</b>	<b>Junho/17</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	14.472,00	25.432,00	21.061,00	26.335,00	20.019,00	19.854,00
<b>Mês</b>	<b>Julho/17</b>	<b>Agosto/17</b>	<b>Setembro/17</b>	<b>Outubro/17</b>	<b>Novembro/17</b>	<b>Dezembro/17</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	18.599,00	18.555,00	18.632,00	23.328,00	19.362,00	21.017,00

Fonte: COTEMINAS (2018).

**TABELA 2: CONSUMO MENSAL DE ÁGUA (CAGEPA).**

<b>Mês</b>	<b>Julho/16</b>	<b>Agosto/16</b>	<b>Setembro/16</b>	<b>Outubro/16</b>	<b>Novembro/16</b>	<b>Dezembro/16</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	29.879,00	26.010,00	26.868,00	26.107,00	24.256,00	7.491,00
<b>Mês</b>	<b>Janeiro/17</b>	<b>Fevereiro/17</b>	<b>Março/17</b>	<b>Abril/17</b>	<b>Mai/17</b>	<b>Junho/17</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	14.472,00	25.432,00	21.285,00	25.793,00	19.966,00	19.970,00
<b>Mês</b>	<b>Julho/17</b>	<b>Agosto/17</b>	<b>Setembro/17</b>	<b>Outubro/17</b>	<b>Novembro/17</b>	<b>Dezembro/17</b>
Consumo (m <sup>3</sup> )	18.465,00	18.677,00	18.528,00	23.287,00	18.324,00	21.301,00

Fonte: CAGEPA (2018).

Aplicando a equação 1, calcula-se o coeficiente de consumo (kc) correspondente a cada mês. As Tabelas 3 e 4 mostram os resultados obtidos.



**TABELA 3: COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (COTEMINAS).**

Mês	Julho/16	Agosto/16	Setembro/16	Outubro/16	Novembro/16	Dezembro/16
Kc (L /E x dia)	696,48	606,29	626,29	608,55	565,41	174,62
Mês	Janeiro/17	Fevereiro/17	Março/17	Abril/17	Mai/17	Junho/17
Kc (L /E x dia)	337,34	592,82	490,93	613,87	466,64	462,80
Mês	Julho/17	Agosto/17	Setembro/17	Outubro/17	Novembro/17	Dezembro/17
Kc (L /E x dia)	433,54	432,52	434,31	543,78	451,33	489,91

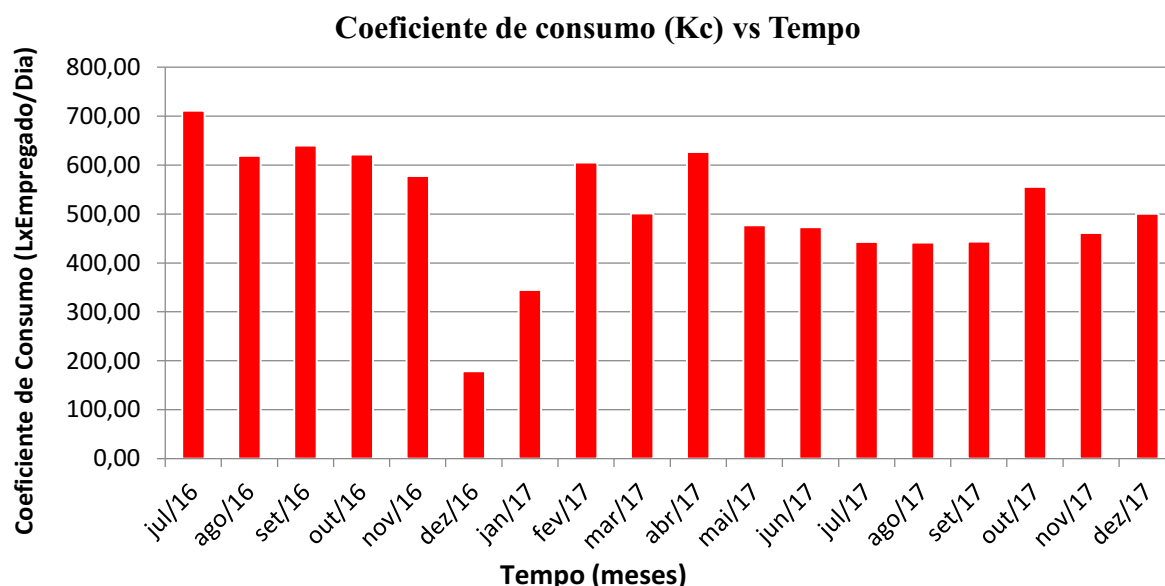
**Obs.:** A partir dos dados fornecidos pela COTEMINAS (2018).

**TABELA 4: COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (CAGEPA).**

Mês	Julho/16	Agosto/16	Setembro/16	Outubro/16	Novembro/16	Dezembro/16
Kc (L /E x dia)	696,48	606,29	626,29	608,55	565,41	174,62
Mês	Janeiro/17	Fevereiro/17	Março/17	Abril/17	Mai/17	Junho/17
Kc (L /E x dia)	337,34	592,82	496,15	601,24	465,41	465,50
Mês	Julho/17	Agosto/17	Setembro/17	Outubro/17	Novembro/17	Dezembro/17
Kc (L /E x dia)	430,42	435,36	431,89	542,82	427,13	496,53

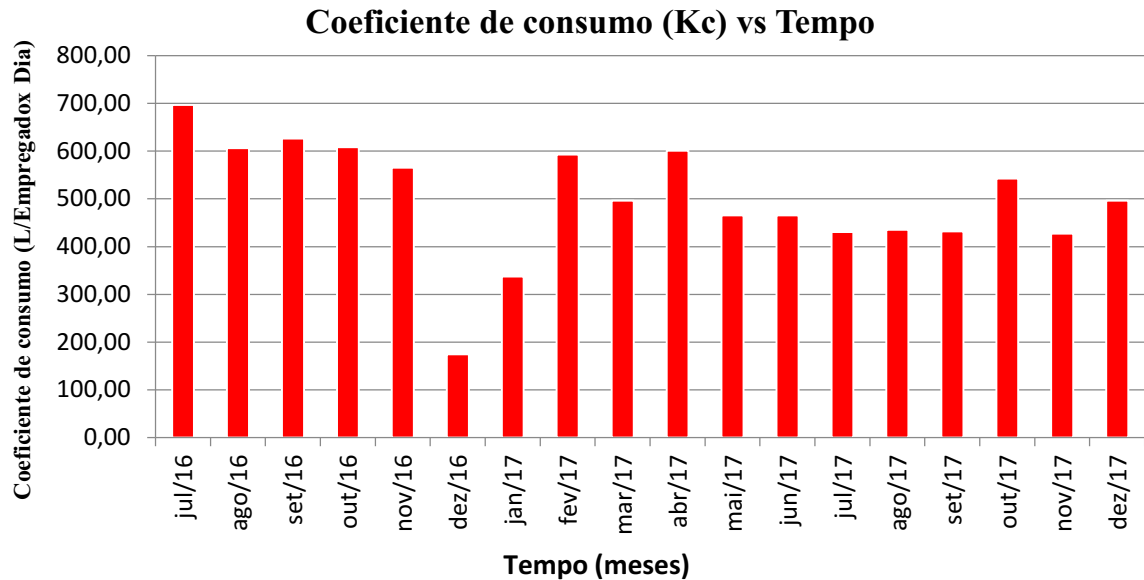
**Obs.:** A partir dos dados fornecidos pela CAGEPA (2018).

A partir dos valores constantes nas Tabelas 3 e 4, foram gerados, respectivamente, os gráficos de barras correspondentes (Figuras 5 e 6):

**FIGURA 5: COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (COTEMINAS)**

**Obs.:** Coeficientes calculados a partir dos dados fornecidos pela COTEMINAS (2018).

FIGURA 6:COEFICIENTE DE CONSUMO MENSAL (CAGEPA)



**Obs.:** Coeficientes calculados a partir dos dados fornecidos pela CAGEPA (2018).

### 5.2.1 Cálculo da Linha de Tendência do Coeficiente de Consumo.

Aplicando as equações 3 (a) e 3 (b), obtém-se, respectivamente, para as duas fontes de dados:

COTEMINAS:

$$a = \frac{18 \times 81841,97 - 171 \times 9027,43}{18 \times 2109 - 171^2} = -8,09$$

$$b = \frac{9027,43 - (-8,09) \times 171}{18} = 578,38$$

Substituindo os coeficientes a e b na equação 2, tem-se:

$$Y = -8.09X + 578.38$$

Equação 5 (a)

CAGEPA:

$$a = \frac{18 \times 81436,82 - 171 \times 9000,25}{18 \times 2109 - 171^2} = -8,39$$

$$b = \frac{9000,25 - (-8,39) \times 171}{18} = 579,72$$

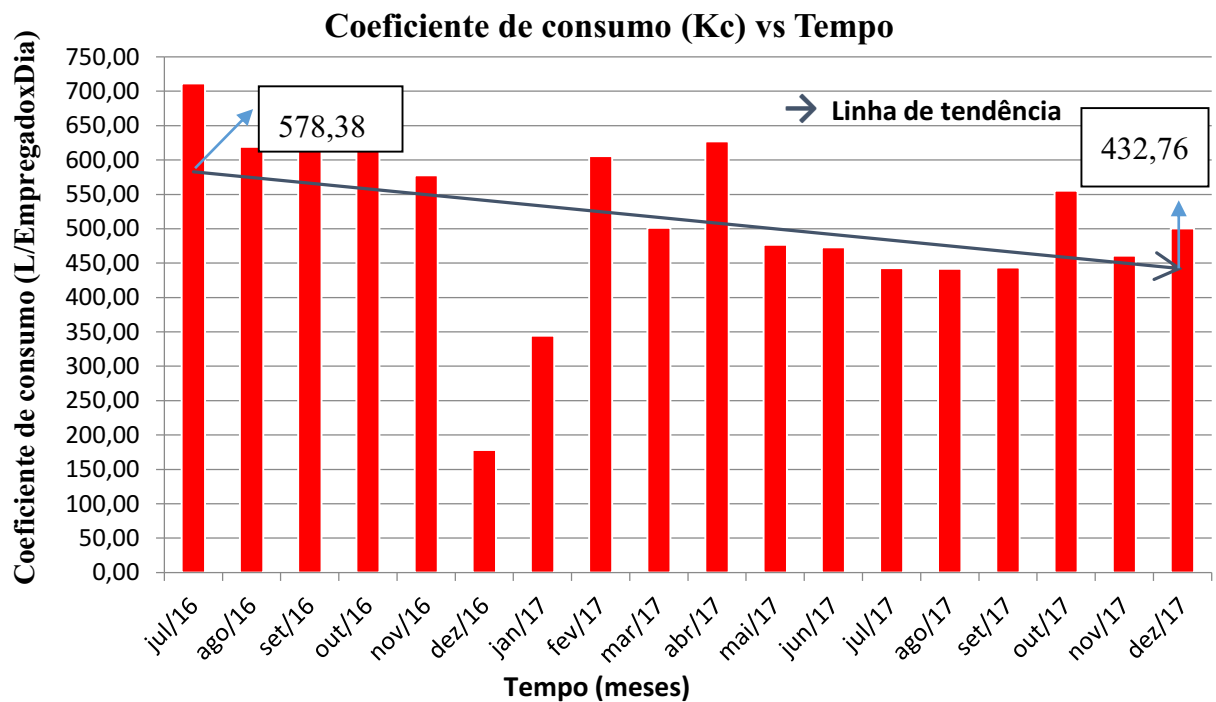
Substituindo os coeficientes a e b na Equação 2, tem-se:

$$Y = -8.39X + 579.72$$

Equação 5 (b)

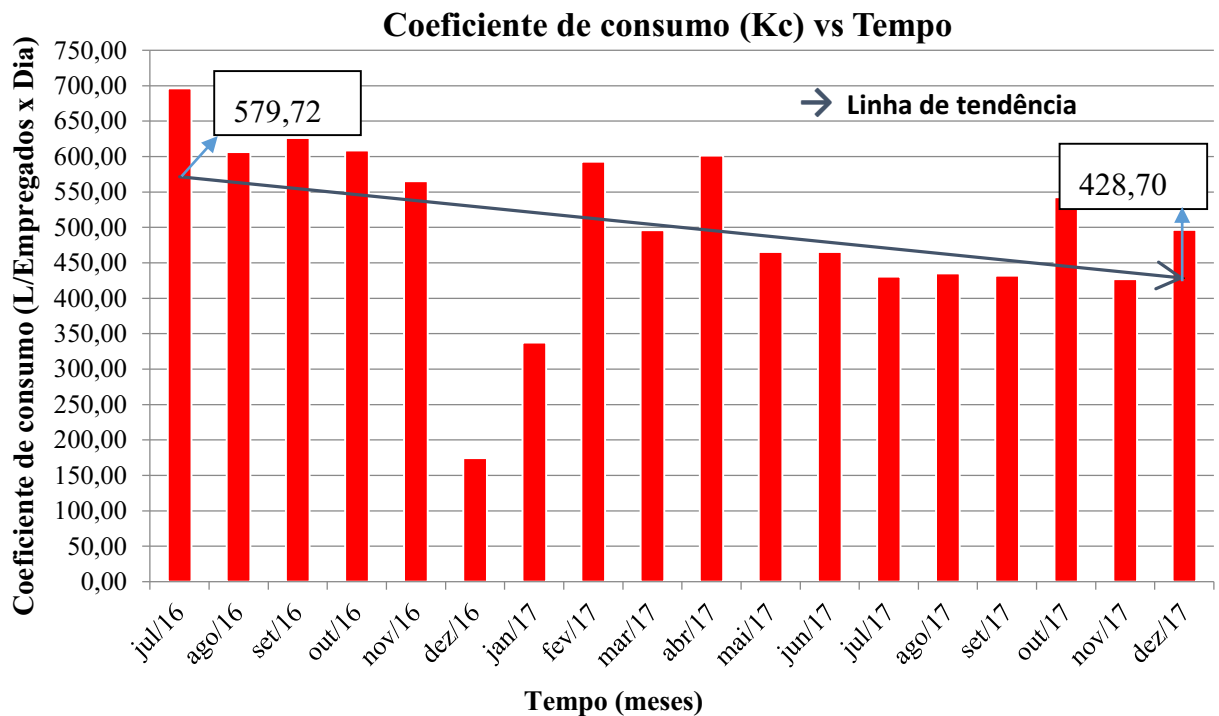
As Linhas de Tendência calculadas pelas equações 5 (a) e 5 (b), estão exibidas nos gráficos das Figuras 7 e 8, respectivamente.

**FIGURA 7: LINHA DE TENDÊNCIA (COTEMINAS).**



Obs.: Cálculo realizado a partir dos dados fornecidos pela COTEMINAS (2018).

FIGURA 8: LINHA DE TENDÊNCIA (CAGEPA).



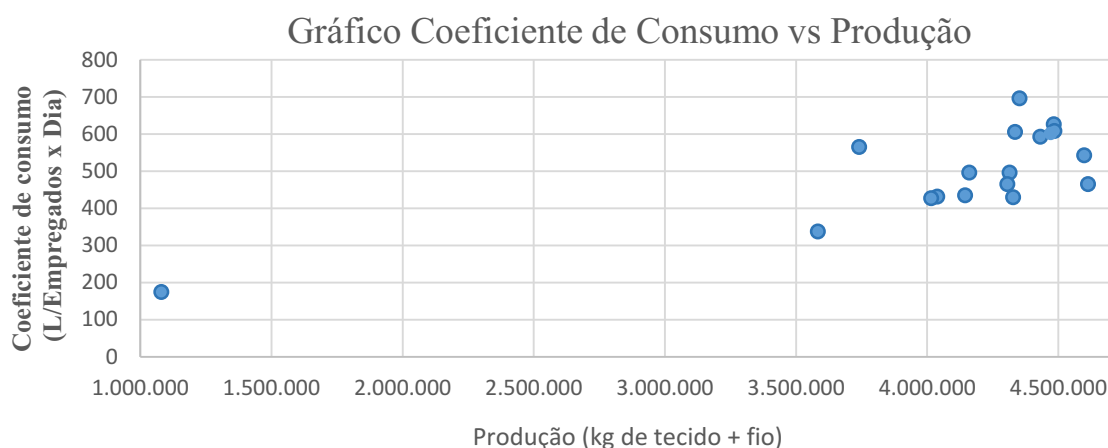
Obs.: Cálculo realizado a partir dos dados fornecidos pela CAGEPA (2018).

Podem-se verificar os cálculos substituindo  $X = 0$  e  $X = 18$  na Equação 5 (a), o que corresponde aos valores de  $K_c$  iguais a 578.38 e 432.76, (Figura 7), respectivamente. Fazendo a mesma substituição para o gráfico da Figura 8, encontram-se os valores de  $K_c$  iguais a 579.72 e 428.7, respectivamente.

### 5.3 ANÁLISE DA TENDÊNCIA DO ( $K_c$ ) EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO

As Tabelas 5 e 6, abaixo, mostram os dados referentes à produção industrial (tecido e fio) e os correspondentes Coeficientes de consumos mensais de água ( $K_c$ ), fornecidos, respectivamente, pela COTEMINAS e CAGEPA.



**FIGURA 10:**DIAGRAMA DE DISPERSÃO PRODUÇÃO VS KC (CAGEPA)

**Fonte:** Cálculo feito a partir de dados fornecidos pela CAGEPA (2018).

### 5.3.1 Cálculo da Linha de Tendência

As Tabelas 5 e 6 fornecem dados para a elaboração da linha de tendência que melhor se ajusta aos pares ordenados do gráfico de dispersão. Desse modo, aplicando as Equações 3 (a) e 3 (b), obtém-se os valores dos coeficientes angulares e dos pontos onde as retas interceptam o eixo vertical, para os gráficos das Figuras 9 e 10, respectivamente.

COTEMINAS:

$$a = \frac{18 \times 3,81 \times 10^{10} - 73485816 \times 9027,43}{18 \times 3,11 \times 10^{14} - 73485816^2} = 0,000117$$

$$b = \frac{9027,43 - (0,000117) \times 73485816}{18} = 25,15$$

Substituindo os coeficientes a e b na Equação 2, tem-se:

$$Y = 0,000117X + 25,15$$

Equação 6 (a)

CAGEPA:

$$a = \frac{18 \times 3,88 \times 10^{10} - 73485816 \times 9194,56}{18 \times 3,11 \times 10^{14} - 73485816^2} = 0,000117$$

$$b = \frac{9194,56 - (0,000117) \times 73485816}{18} = 31,43$$

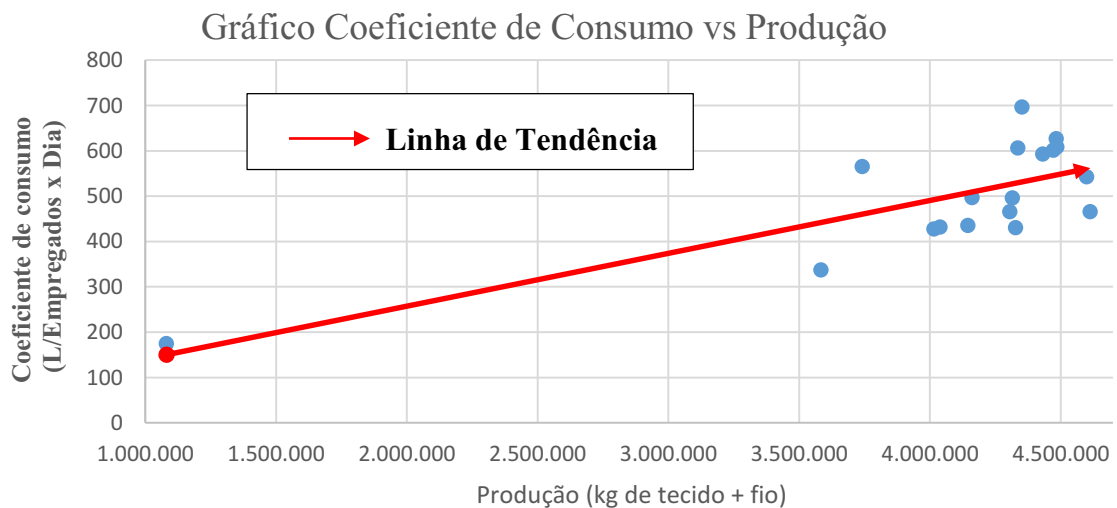
Substituindo os coeficientes a e b na Equação 2, obtém-se:

$$Y = 0,000117X + 31,43$$

Equação 6 (b)

Finalmente, as Linhas de Tendência, representadas pelas equações 6 (a) e 6 (b), estão exibidas nas Figuras 11 e 12, respectivamente.

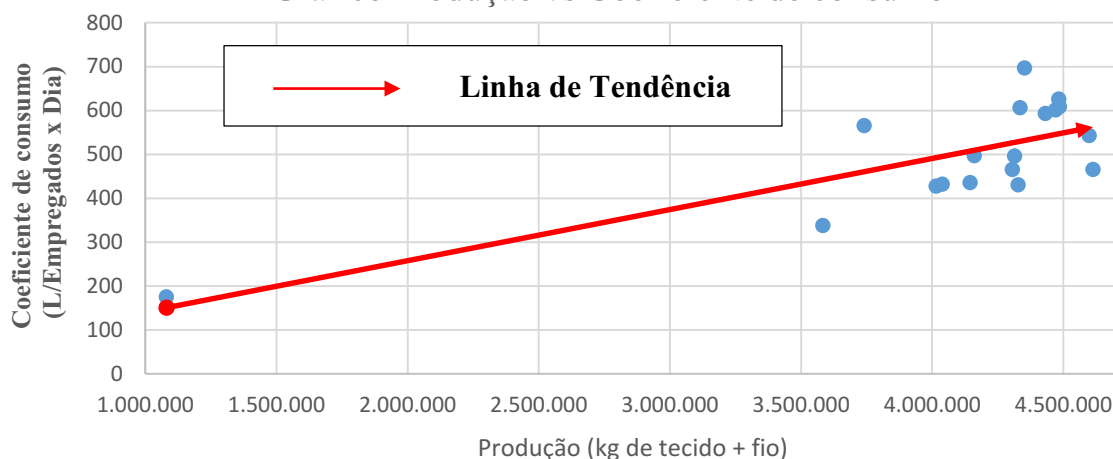
**FIGURA 11: DIAGRAMA DE DISPERSÃO (COTEMINAS)**



**Obs.:** Elaborado a partir de dados fornecidos pela COTEMINAS (2018).

**FIGURA 12: DIAGRAMA DE DISPERSÃO (CAGEPA).**

Gráfico Produção vs Coeficiente de consumo



**Obs.:** Elaborado a partir de dados fornecidos pela CAGEPA (2018).

Podem-se verificar os cálculos da mesma forma que no tópico anterior: substituindo  $X = 1.000.000,00$  e  $X = 4.500.000,00$  na equação 6(a) encontra-se valores de  $K_c$  iguais a 142,15 e 551,65 Litros/ Empregado x Dia, na Figura 11, respectivamente. Fazendo a mesma substituição para o gráfico da Figura 12, encontra-se um  $K_c$  de 148,43 e 557,93, respectivamente.

#### 5.4 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO COEFICIENTE ( $K_c$ )

Para analisar a eficiência do uso da água, será calculada a quantidade de água (em L / empregado x dia) necessária para produzir 1 quilo de fio e tecido, através de dados de consumo mensal de água e de produção fornecidos pela empresa. Posteriormente, um gráfico de barras e uma linha de tendência irão mostrar se o consumo cresceu ou decresceu durante a implantação das medidas de gestão da demanda de água.

A Tabela 7, abaixo, mostra o consumo de água através da razão entre Coeficiente de Consumo Técnico ( $K_c$ ) e Quilo de tecido e fio produzidos, cuja unidade,  $\frac{L}{\text{Emprega x Dia x Kg}}$ , representa uma importante informação a respeito da redução do consumo de água na empresa.

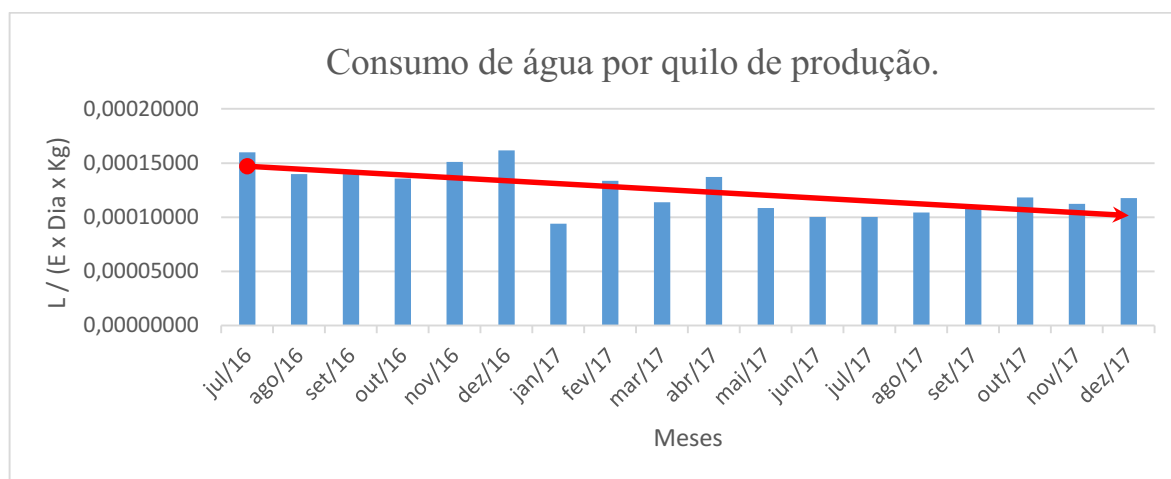


**TABELA 7: RELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE DE CONSUMO POR QUILO DE PRODUÇÃO.**

MÊS	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
<b>Prod. (kg de tecido + fio)</b>	<b>4.352.031</b>	<b>4.335.633</b>	<b>4.482.860</b>	<b>4.485.825</b>	<b>3.741.119</b>	<b>1.080.884</b>
Kc (L /E x dia)	696,48	606,29	626,29	608,55	565,41	174,62
Kc / kg	0,00016	0,0001398	0,0001397	0,0001357	0,0001511	0,0001616
MÊS	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17
<b>Prod. (kg de tecido + fio)</b>	<b>3.583.452</b>	<b>4.431.752</b>	<b>4.314.827</b>	<b>4.471.322</b>	<b>4.305.973</b>	<b>4.613.173</b>
Kc (L /E x dia)	337,34	592,82	490,93	613,87	466,64	462,8
Kc / kg	9,414E-05	0,0001338	0,0001138	0,0001373	0,0001084	0,0001003
MÊS	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
<b>Prod. (kg de tecido + fio)</b>	<b>4.327.913</b>	<b>4.144.799</b>	<b>4.038.474</b>	<b>4.599.372</b>	<b>4.015.936</b>	<b>4.160.471</b>
Kc (L /E x dia)	433,54	432,52	434,31	543,78	451,33	489,91
Kc / kg	0,0001	0,000104	0,000108	0,000118	0,000112	0,000118

Fonte: COTEMINAS (2018).

A seguir, a Figura 13 mostra a redução, no período analisado, da quantidade de água consumida por quilo, por dia e por empregado.

**FIGURA 13: RELAÇÃO ENTRE COEFICIENTE DE CONSUMO POR QUILO DE PRODUÇÃO.**

Fonte: COTEMINAS (2018)

## 5.5 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Será medido o grau de dependência entre as variáveis produção e coeficiente de consumo a fim de confirmar se existe relação entre diminuição da produção e diminuição de consumo.

Para ressaltar essa hipótese, será calculado o grau de dependência entre coeficiente de consumo e tempo, esperando-se que o coeficiente de correlação entre estas variáveis próximo a zero. Os dados desta etapa serão aplicados na Equação 4.

A partir da equação 4, calculam-se os coeficientes de correlação para cada uma das duas fontes de dados, com a finalidade de averiguar a relação de dependência entre os coeficientes de consumo e o tempo. Assim, pelos dados dos Tabelas 3 e 4, respectivamente, obtêm-se:

COTEMINAS:

$$R_{xy} = \frac{18x81841,97 - 171x9027,43}{\sqrt{18x2109 - 171^2} \sqrt{18x4783507 - 81494492}} = -0,350$$

CAGEPA:

$$R_{xy} = \frac{18x81436,82 - 171x9000,25}{\sqrt{18x2109 - 171^2} \sqrt{18x4756574 - 81004500}} = -0,365$$

Para o cálculo do grau de dependência entre produção e coeficiente de consumo, procedimento de cálculo é o mesmo do anterior. Assim, pelos dados das Tabelas 5 e 6, obtêm-se, respectivamente:

COTEMINAS:

$$R_{xy} = \frac{18x3,81x10^{10} - 73485816x9027,43}{\sqrt{18x3,11x10^{14} - 73485816^2} \sqrt{18x4783507 - 81494492}} = 0,759$$

CAGEPA:

$$R_{xy} = \frac{18x3,88x10^{10} - 73485816x9194,56}{\sqrt{18x3,11x10^{14} - 73485816^2} \sqrt{18x4756574 - 81004500}} = 0,758$$

## 5.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES DE CONSUMO

Por fim, através do Quadro 1, calculou-se o Coeficiente de Consumo (Kc) através do mapeamento da Agência Nacional de Águas, ANA (2017). Posteriormente, de posse dos dados de consumo mensal da empresa analisada, calcula-se a média do consumo no período analisado e comparam-se os dois valores encontrados.

Segundo ANA (2017), a indústria analisada está inserida nas classes 13111 e 13219 (Quadro 1), as quais correspondem, respectivamente, à preparação de fiação de fibras de algodão e à tecelagem de fios de algodão. Desse modo, os coeficientes dessas duas classes devem ser somados. Portanto, obteve-se um coeficiente de consumo dado por:

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

### 5.6.1 Cálculo da Média dos Coeficientes de Consumo (kc)

Foi calculado o coeficiente de consumo médio, com base em dados fornecidos pela COTEMINAS e pela CAGEPA, de maneira a compará-los ao valor definido para o setor têxtil, segundo o trabalho da ANA (2017) e obtido no tópico 5.6. Assim, foi calculada a média aritmética simples dos dados das Tabelas 3 e 4, obtendo-se os seguintes valores:

COTEMINAS:

$$Kc = \frac{\sum_{i=1}^n Kc(i)}{n} = \frac{9027,43}{18} = 501,52 \text{ Litros/ Empregado x Dia}$$

CAGEPA:

$$Kc = \frac{\sum_{i=1}^n Kc(i)}{n} = \frac{9000,25}{18} = 501,01 \text{ Litros/ Empregado x Dia}$$

Verifica-se que os valores calculados, a partir dos dados fornecidos pela COTEMINAS e pela CAGEPA, são bem próximos, mas superiores à soma dos coeficientes definidos pela ANA (2017).

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verifica-se que houve redução do consumo de água. No entanto, puderam ser observados acentuados picos de consumo, no período analisado, alguns dos quais quase atingiram os

mesmos níveis dos meses iniciais de implantação das medidas de redução de consumo e reuso de água. De acordo com informações da empresa, esses picos no consumo resultaram da intensificação das atividades de produção, já que a quantidade de água consumida depende da quantidade de tecidos e fios produzidos. No mês de dezembro de 2016, por exemplo, houve uma intensa baixa na produção, devido a fatores como a crise hídrica. Já nos seis primeiros meses de 2018, houve uma intensificação das atividades que refletiram na alto do consumo de água e acabaram superando a média de consumo de 5,2 L / Empregado x dia, que era a meta a ser atingida.

As linhas de tendência traçadas mostram essa redução do consumo de água da empresa. Porém, os resultados dos coeficientes de correlação linear estão próximos a zero, o que pode ser deduzido que não existe uma relação de dependência entre o consumo e o tempo. Portanto, a relação de dependência  $K_c$  vs Tempo não se verifica. Diante desse resultado, não se deve inferir projeções de consumos de água nos meses seguintes ao período de análise (jul/2016 a dez/2017).

Esse resultado já era esperado, visto que o consumo de água está intrinsicamente relacionado à produção e não a quantidade de meses do período analisado. Isso pode ser visualizado nos resultados obtidos nos cálculos dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis produção e consumo: ambos os valores calculados estavam próximos de 1, ao contrário do que se verifica entre os coeficientes de correlação linear calculados para as variáveis consumo e tempo, que estavam próximas a 0.

Quanto aos coeficientes de consumo calculados, houve uma grande aproximação entre os resultados da COTEMINAS e CAGEPA. Os dados de consumo mensal estão diferentes entre essas duas fontes, o que pode decorrer do fato de que o intervalo de tempo, entre medições, variou para as duas empresas: elas realizaram medições que variavam entre os dias 1 a 4 de cada mês. Seria esperado que essas medições ocorressem no mesmo dia e na mesma hora de cada mês para se obter consumos mensais iguais entre elas, o que não aconteceu.

Por fim, verificou-se o que o consumo de água (em L / empregado x dia x kg) decaiu gradativamente no período entre Julho de 2016 a Dezembro de 2017, o que mostra a efetividade das medidas de gestão da demanda de água. Devido a falta de informações sobre a quantidade de fios e tecidos produzidos no primeiro semestre de 2018, não se pode deduzir que houve aumento do rendimento de água nesse período.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral a análise do gerenciamento da demanda de água na empresa COTEMINAS durante a crise de abastecimento de água na cidade de Campina Grande-PB. Foi mostrado que boas práticas de gestão possibilitaram, para a empresa, a redução dos custos de operação – quando foi reduzida a quantidade de máquinas em funcionamento, como chillers, torres de resfriamento e bombas de condensação –, ao mesmo tempo em que permitiram a redução do consumo de água.

Os dados de consumo mensal de água, fornecidos tanto pela empresa em análise, quanto pela concessionária de abastecimento público de água, tornaram possível verificar a eficácia das medidas de gestão adotadas pela empresa, conforme indicado pelos gráficos Consumo vs Tempo e suas correspondentes linhas de tendência (decrecentes no período analisado, apesar de haver picos de consumo em alguns meses, ocasionados pelo aumento da produção).

As ferramentas estatísticas indicaram a relação de independência entre consumo e tempo, o que torna inconcebível a projeção de consumos de água dos meses seguintes ao analisado neste trabalho, indicando, no entanto, a dependência entre consumo e produção, o que explica as quedas e os saltos no consumo de água. Além disso, pôde-se verificar que, apesar do aumento ocorrido na produção no final do ano de 2017, o consumo de água, neste período, estabilizou-se em nível inferior ao dos meses de julho a setembro de 2016, comprovando, mais uma vez, a eficácia das medidas de gestão da demanda de água levadas a efeito na empresa.

Por fim, ao serem comparados os coeficientes de consumo médios da COTEMINAS com a soma de coeficientes definidos pelas classes 13111 e 13219 e obtidos no tópico 5.6, para indústrias têxteis, verificou-se uma diferença inferior a 1,2%, o que indica que o consumo de água na empresa analisada insere-se no padrão considerado para o setor.

Os resultados obtidos corroboram a importância da gestão da demanda de água e a sua contribuição para o uso racional e eficiente dos recursos hídricos disponíveis, em especial em indústrias localizadas em regiões semiáridas, sujeitas a secas periódicas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **ÁGUA NA INDÚSTRIA: USO E COEFICIENTES TÉCNICOS**. Brasília-DF. ANA, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2S5RCDe>>.

Acesso em 14 de Novembro de 2018.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA. (CAGEPA). **Relatório Resumo de Ligações, Economias e Micromedição**. Campina Grande- PB, 2018. Material não publicado. Acesso em 20 de Outubro de 2018.

CERQUEIRA, G. A. et al. **A CRISE HÍDRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS**. Brasília-DF. Consultoria Legislativa, Abril de 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2S1Lzzd>>. Acesso em 30 de Novembro de 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **INDÚSTRIA É UMA DAS VILÃS NO DESPERDÍCIO DE ÁGUA**. São Paulo. CNI, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>>. Acesso em 12 de Novembro de 2018.

COTEMINAS. **COTEMINAS - REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO RAMO TÊXTIL**. Campina Grande-PB, 2018. Material não publicado. Acesso em 17 de Outubro de 2018.

FIESP/CIESP. - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO/ CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CONSERVAÇÃO E REUSO DA ÁGUA – MANUAL DE ORIENTAÇÕES PARA O SETOR INDUSTRIAL**. SÃO PAULO-SP. FIESP, 30. Jul. 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2HIJOCr>>. Acesso em 15 de Novembro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO BRASIL E UNIDADES DA FEDERAÇÃO COM DATA DE REFERÊNCIA EM 1º DE JULHO DE 2018**. Brasília-DF. IBGE, 2018.

Disponível em: < <https://bit.ly/2PFKXxb>>.

Acesso em 10 de Fevereiro de 2019.

JÚNIOR, C. **CICLO PDCA: UMA FERRAMENTA IMPRESCINDÍVEL AO GERENTE DE PROJETOS**. Project Builder, Abril de 2017. Disponível em:<<https://bit.ly/2FsZPGp>>.

Acesso em 05 de Fevereiro de 2019.

FRANCISCO, W. C. **ÁGUA**. Brail Escola, entre 2000 e 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2NyJJD2>>.

Acesso em 13 de Novembro de 2018.

HYDRONICS. **HYDRONICS - PROJETOS E EQUIPAMENTOS LTDA**.

HYDRONICS, 2009. Disponível em: <<http://www.hydronics.com.br/insuflamento.html>>.

Acesso em 26 de Outubro de 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB). **TRATA BRASIL - SANEAMENTO É SAÚDE**.

Tratabrasil, 2015. Disponível em: < <https://bit.ly/1Pp4dDg>>.

Acesso em 15 de Novembro de 2018.

PETERNELLI, P. L. **REGRESSÃO LINEAR E CORRELAÇÃO**. Viçosa-MG.

Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Informática (Graduação em Ciências da Computação), 2003. Disponível em: <<https://bit.ly/2G2KvVC>>.

Acesso em 15 de Novembro de 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. **ÁGUA SUPERFICIAL**. Brasília-DF. SNIRH, 2018. Disponível em < <https://bit.ly/2RUZX7P>>.

Acesso em 10 de Fevereiro de 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. **DEMANDAS**. Brasília-DF. SNIRH, 2018. Disponível em < <https://bit.ly/2GkMIky>>.

Acesso em 10 de Fevereiro de 2019.

SOUSA, A. M. C. **GESTÃO DA DEMANDA INDUSTRIAL DE ÁGUA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2018.

Acesso em 17 de Novembro de 2018.

TERMOPLAST. **TERMOPARTS- DIVISÃO TORRES DE RESFRIAMENTO**. TERMOPLAST, 2009. Disponível em: <<https://www.termoparts.com.br/torre-resfriamento/enchimento-para-torre-de-resfriamento/>>.

Acesso em 15 de Novembro em 2018.



## **ANEXO A**

### **O PROJETO DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO RAMO TÊXTIL**

## O PROJETO DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO RAMO TÊXTIL

Em 2016, a COTEMINAS adotou uma série de atividades que visavam reduzir o consumo de água durante os processos de preparação da fiação, fiação, preparação da tecelagem e tecelagem. Algumas dessas atividades serão expostas a seguir junto a algumas explicações básicas sobre equipamentos e processos de produção e dos planos de redução do consumo de água.

### REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE BOMBAS DE CONDENSAÇÃO

As bombas de condensação ou bombas de condensado são utilizadas para bombear água condensada proveniente de sistemas de refrigeração. Segundo a COTEMINAS (2018), havia alta quantidade de bombas ligadas que eram ineficientes, pois funcionavam fora da curva de operação, havendo alto consumo de água. Desse modo, a empresa reduziu a quantidade de bombas ligadas de cinco para três, como ilustra a Figura 14.

**FIGURA 14:** BOMBAS DE CONDENSAÇÃO.



**Fonte:** COTEMINAS (2018).

## AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE TROCA DE AR

A COTEMINAS utiliza sistema de insuflamento para manter o ambiente de produção livre de intempéries que possam prejudicar a qualidade do algodão. Num sistema de insuflamento típico, ar atmosférico é aspirado por um ventilador e distribuído num ambiente através de uma rede de dutos. No arranjo mais comum, o ar aspirado passa por uma bateria de filtros, eventualmente de vários estágios, impedindo que poeiras do ambiente externo sejam insuflados. O ar insuflado escapa pelas aberturas (portas, janelas, etc.) do local. Em ambientes fechados pode-se controlar a saída do ar – através, por exemplo, de venezianas de sobre-pressão – de forma a manter uma ligeira sobre-pressão no local, impedindo a entrada de contaminantes presentes nos ambientes adjacentes. (HYDRONICS, 2009).

De acordo com a COTEMINAS (2018), havia baixa eficiência de troca térmica (climatização) gerando necessidade de ligar equipamentos de refrigeração, já que havia falta de dutos de ventiladores de insuflamento; baixa vazão de ar climatizado e consumo excessivo de água devido os dutos dos ventiladores de insuflamento terem sido danificados por oxidação.

Para reduzir a quantidade de água consumida e melhorar a eficiência das CTAs, foram realizadas duas etapas de atividades. Na etapa 01, a empresa realizou o ajuste das janelas tipo Damper para a extração e coleta de ar do sistema de refrigeração industrial. Isso reduziria a quantidade de energia retirada do ambiente para promover conforto térmico aos usuários. As seguintes Figuras 15 e 16 mostram o antes e o depois do ajuste.

**FIGURA 15:** AJUSTE DE DAMPERS DA CTA'S:  
ANTES.



Fonte: COTEMINAS (2018).

**FIGURA 16:** AJUSTE DE DAMPERS DA CTA'S:  
DEPOIS.



Fonte: COTEMINAS (2018).

Na etapa 02, a empresa ainda realizou o aumento de vazão dos ventiladores de retorno das Centrais de Tratamento de Ar através (Figuras 17 e 18) da mudança de relação entre as polias dos ventiladores do Ar tecnológico da área de Fiação para reduzir a quantidade de energia retirada do ambiente e melhorar a eficiência da refrigeração. Conforme a Figura 19 abaixo, foi alterada o ponto de operação da curva característica dos ventiladores. Isso aumentou a VR (vazão de refrigeração) de 110.000 m<sup>3</sup>/h para 118.280 m<sup>3</sup>/h substituindo a motora de Ø265mm para Ø285mm.

**FIGURA 17: ALTERAÇÃO DA VAZÃO DAS VR'S (ANTES).**



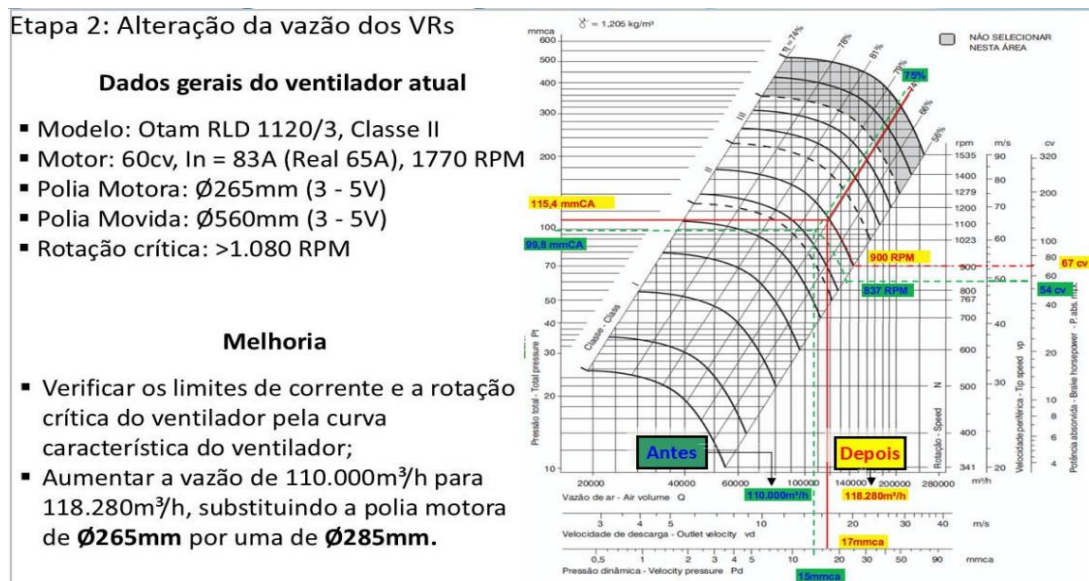
**FIGURA 18: ALTERAÇÃO DA VAZÃO DAS VR'S (DEPOIS).**



Fonte: COTEMINAS (2018)

Fonte: COTEMINAS (2018)

**FIGURA 19: ALTERAÇÃO DAS VAZÃO DOS VENTILADORES**





Fonte: COTEMINAS (2018).

### TROCA DAS TUBULAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL

A COTEMINAS (2018) necessitou substituir a tubulação de alimentação de água potável fornecida pela CAGEPA, pois havia problemas de vazamentos. Nesse caso, houve a substituição de tubulações de polipropileno por tubulação de PVC. As Figuras 20 e 21, abaixo resumem as principais trocas de tubulações ocorridas na unidade fabril de Campina Grande - PB.

FIGURA 20: TUBULAÇÃO ANTIGA.



FONTE: COTEMINAS (2018).

FIGURA 21: TUBULAÇÃO NOVA.



FONTE: COTEMINAS (2018).

## REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE CHILLERS

Os Chillers são, basicamente, resfriadores de água. Equipamento destinado à produção de frio geralmente associado à refrigeração industrial ou de conforto humano. Indicado para refrescar o ar, produtos e equipamentos, o sistema de refrigeração Chiller auxilia na climatização e controle da temperatura e da umidade relativa em ambientes de grandes dimensões, além de circular, filtrar e renovar o ar. (TERMOPLAST, 2009)

As melhorias ocorridas através do aumento da eficiência de troca de ar nas CTA, a empresa decidiu desativar um aparelho Chiller, já que a carga térmica (calor) a ser retirada da água diminuiu. A Figura 22 mostra o Chiller desativado nos processos de produção.

**FIGURA 22: DESATIVAÇÃO DE CHILLER.**



Fonte: COTEMINAS (2018).

## REDUÇÃO DAS TORRES DE RESFRIAMENTO

A torre de resfriamento é um equipamento que se utiliza processos de evaporação e transferência de calor para resfriar a água provenientes de equipamentos e maquinaria em geral que geram uma certa quantidade de calor durante sua operação. O fluido geralmente utilizado

para dissipar esse calor gerado é a água, devido às suas características físicas (alto calor específico, baixa viscosidade, alta condutibilidade térmica e alta densidade), além da facilidade de obtenção e a sua atoxicidade. Após sua utilização pode-se eliminar a água do sistema, ou então, resfriá-la e reaproveitá-la no sistema de resfriamento. Há tempos atrás era usual optar-se pela primeira alternativa, porém com a dificuldade crescente em se obter água a custos reduzidos, e com maiores rigores nas leis que regem a poluição de mananciais, chegou-se à conclusão de que o uso de circuitos semifechados de resfriamento seria a melhor solução. (TERMOPLAST, 2009).

Já que houve redução do número de chillers e de bombas de condensação em funcionamento, houve, em consequência, a redução de energia (calor) a ser retirada da água nas torres de resfriamento. Desse modo, não havia necessidade de manter a mesma quantidade de torres em funcionamento. Portanto, a empresa decidiu reduzir de três para duas as torres ligadas, o que gerou uma economia de 4.000 m<sup>3</sup> de água por mês. A Figura 23, a seguir, mostra uma das torres de resfriamento desativada.

**FIGURA 23:** TORRE DE RESFRIAMENTO.



**Fonte:** COTEMINAS. (2018).

A empresa informou ainda que havia desperdício de água nas torres devido ao processo natural de evaporação da água.

